



環 境 科 学 会
Society of Environmental Science, Japan

環境科学会 2024 年会

講演要旨集

期日： 2024 年 9 月 9 日(月)～9 月 10 日(火)

会場： 東京大学 本郷キャンパス

公 益 社 団 法 人
環 境 科 学 会

環境科学会 2024年会

日 程： 2024 年 9 月 9 日（月）～ 10 日（火）

場 所： 東京大学 本郷キャンパス

〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1

https://www.u-tokyo.ac.jp/ja/about/campus-guide/map01_02.html

交 通： 「本郷三丁目駅（地下鉄丸の内線）より徒歩8分」「本郷三丁目駅（地下鉄大江戸線）より徒歩6分」「湯島駅又は根津駅（地下鉄千代田線）より徒歩8分」「東大前駅（地下鉄南北線）より徒歩1分」「春日駅（地下鉄三田線）より徒歩10分」

※詳細はアクセス案内をご参照ください。 ※お車のご利用はお控えください

主 催： 公益社団法人 環境科学会

年会への参加登録：

- ・発表申込をされた方を含め、本年会に参加されるすべての方に「参加登録」が必要です。
- ・参加登録には、WEBシステムを利用した「事前登録／振込払い」あるいは当日受付での「当日登録／振込払い」のいずれかをご利用いただけます。事前登録では当日登録に比べて参加費・交流会費が少しお安くなります。
- ・事前登録のお申込みは、下記URL（発表申込・原稿提出と同じ）で、8月14日（水）17：00までをお願いします。締切日時以降は、「当日登録／振込払い」となります。

年会案内WEBサイト：<https://www.ses.or.jp/conference/2024conf/>

参加登録URL：https://iap-jp.org/ses/conf/member/login_portal

※ 発表申込には会員番号とパスワードが必要です。

※「事前登録／振込払い」は、8月14日（水）17：00までに【参加登録】と併せて【振込をすませた方】に限ります。事前登録をいただいても上記の期日までにお振り込みがない場合には「当日登録／振込払い」扱いになり、支払金額が変わりますので、ご注意ください。万が一、キャンセルなどにより納入いただいた参加費の返金が生じた場合、手数料を頂戴いたします。ご注意ください。

年会参加費：

- ・発表される場合（シンポジウム登壇を除いて発表には会員資格が必要です）

登録・支払日時	正会員	準会員	非会員	非会員 (学生)	名誉会員 シニアフェロー 高校生
事前登録/振込払いの 場合（8月14日17：00 まで）	6,000 円	3,000 円	9,000 円	5,000 円	無料 (参加登録は必要)
当日登録/振込払いの 場合	8,000 円	4,000 円	11,000 円	6,000 円	

※領収書は年会システムから発行可能です。

ログインして最初に表示される画面の「領収書発行」ボタンをクリックしてください。

（ご入金から1週間以内にボタンがアクティブになります）

交流会費：

交流会は山上会館地下一階の「かどや」で実施します。交流会費は以下の通りです。

正会員7,000円・賛助会員7,000円・名誉会員7,000円・非会員7,000円

準会員3,000円・非会員（学生）3,000円・シニアフェロー3,500円

※交流会の参加は事前申込（振込払い）に限り、現地申込は原則として受け付けません。

振り込み先：

参加登録をすると自動配信メールにより振込先が送信されます。

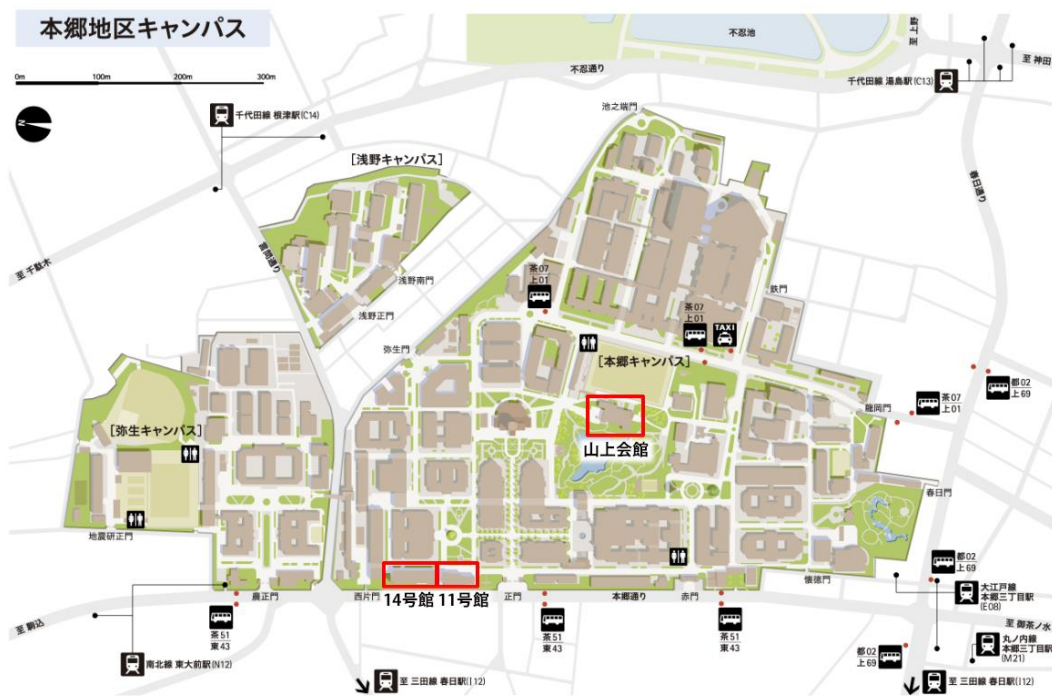
※問合わせ先※

- 1) 研究発表・参加登録・プログラム・会場・その他に関するお問い合わせ
公益社団法人 環境科学会 年会委員会（E-mail：nenkai@ses.or.jp）
- 2) 入会手続きに関するお問い合わせ
公益社団法人 環境科学会 事務局
TEL：03-6824-9383 FAX：03-5227-8631
E-mail：sesj-office@as.bunken.co.jp
- 3) 参加・発表申込システム、参加費納入に関するお問合せ
公益社団法人環境科学会 年会ヘルプデスク
E-mail：sesj-desk@conf.bunken.co.jp

東京大学 本郷キャンパス

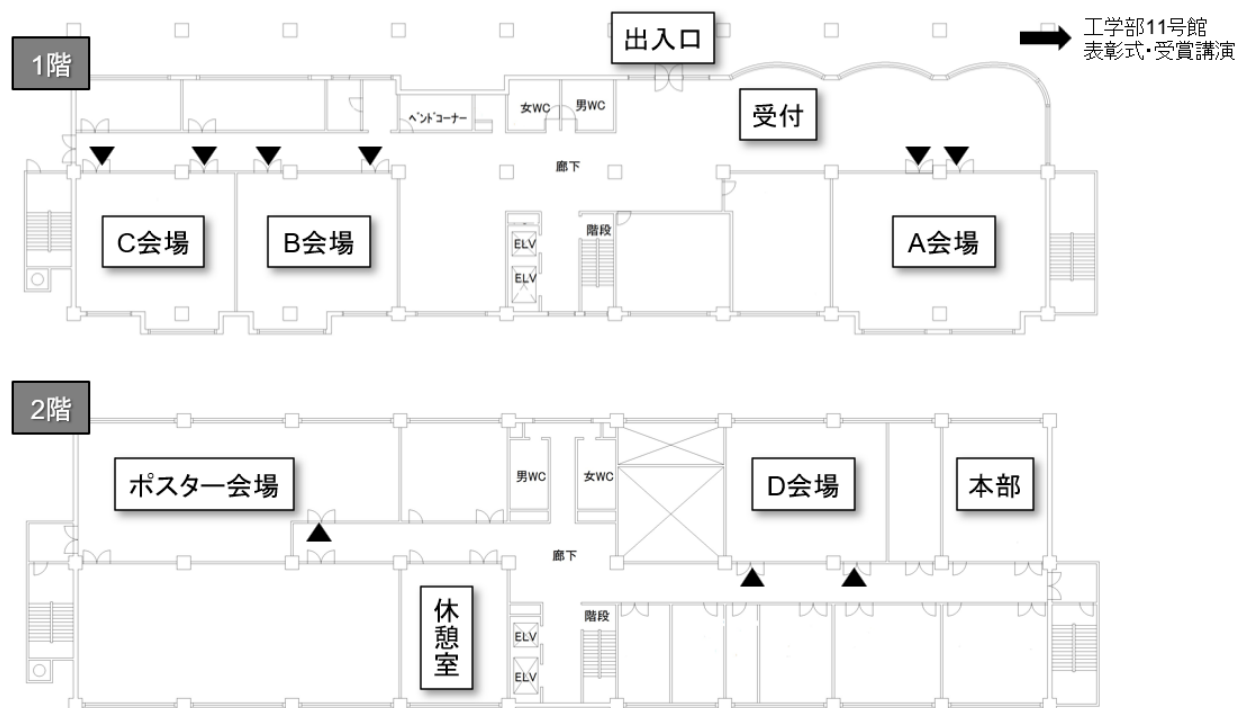


キャンパス内マップ



令和6(2024)年4月版

年会会場 工学部14号館



発表者の方々へ

1. 受付

口頭発表、ポスター発表ならびにシンポジウム、いずれへの参加も、必ず受付にて受付手続きを行ってください。

2. 発表時間

口頭発表： 15分（発表10分＋質疑応答および入れ替え含めて 5 分）

ポスター発表： 9月9日（月）11：00までにポスターを所定の場所に掲示してください。ポスター発表時間帯は9月9日（月）11：00～ 9月10日（火）15：00です。このうち、発表・討論のコアタイムは9月9日（月）12：15～13：15です。この時間帯には、発表者は必ずポスター前にて発表を行ってください。同時時間帯に『年会優秀発表賞の審査』が行われます。上記以外の時間帯は自由に閲覧できます。

シンポジウム： オーガナイザーにお問い合わせください。

3. 発表方法

口頭発表・シンポジウム

- ・各発表会場では、プロジェクタを用意致しますが、パソコンは用意致しませんので、各自でご用意ください。
- ・プロジェクタはRGB接続（ミニD-Sub15 ピンコネクタ）、HDMI接続の両方に対応しております。
- ・セッション開始前に動作確認をお願い致します。時間に余裕をもって進行にご協力ください。
- ・発表時のパソコン操作は各自で行ってください

ポスター発表

- ・掲示は受付後に9：00 から行うことができます。
- ・掲示に必要なテープ等は学会事務局で用意致します。
- ・ポスターパネルの掲示面積は横870mm×縦2070mm（内寸）です。
- ・一般的にはA0ポスターを用いて発表します。
- ・ポスターの撤去は、9月10日（火）15：00までに各自でお願い致します。
（15：00 を過ぎても撤去されていないポスターは、年会実行委員会が撤去、廃棄しますので、ご了承ください）

プログラム

公益社団法人 環境科学会 2024年会 タイムテーブル

会場名		A会場	B会場	C会場	D会場	ポスター会場	
部屋		141	142	143	144	計画系演習室	
9月9日 (月)	8:30	8:30 受付開始				ポスター発表 (閲覧のみ) ※11:00までに 掲示してください。	
	8:45						
	9:00						
	9:15	シンポジウム-1 平時から災害事故時を対象とした化学物質リスクガバナンスに向けた基盤的手法の構築	シンポジウム-2 水から人々の暮らしと価値観を探る—私たちはどのような水環境を目指すべきか—	シンポジウム-3 多世代・多地域連携による人材育成—インカレSDGsプロジェクトを例として—	口頭発表1D-1 気候変動1 9:00～10:15 松本 健一		
	9:30						
	9:45						
	10:00						
	10:15	東海 明宏 伊藤 理彩 9:15～11:45	村上 道夫 中村 高志 9:15～11:45	中口 毅博 杉本 卓也 9:15～11:45	口頭発表1D-2 気候変動2 10:30～11:45 金森 有子		
	10:30						
	10:45						
	11:00						
	11:15						
	11:30						
	11:45						
	12:00	昼休み 11:45～13:30				ポスター発表・討論 11:45～13:30 コアタイム 12:15～13:15 優秀発表賞審査・投票 13:30締切	
	12:15						
	12:30						
	12:45						
	13:00						
	13:15						
	13:30	シンポジウム-4 カーボンニュートラル地域の実現に向けての社会実装研究(デジタルトランスフォーメーションの活用)	シンポジウム-5 シチズンサイエンスと熟議を基盤とした気候変動ナラティブと態度行動変容の可能性	口頭発表1C-3 化学分析1 13:30～15:15 徳村 雅弘	口頭発表1D-3 市民活動1 13:30～15:15 沼田 大輔	ポスター発表 (閲覧のみ)	
	13:45						
	14:00						
	14:15						
	14:30	藤田 壮 松本 亨 13:45～16:15	馬場 健司 木村 道徳 13:45～16:15	口頭発表1C-4 気候変動3 15:30～16:15 阿部 直也	口頭発表1D-4 微生物利用 15:30～16:15 王 斉		
	14:45						
	15:00						
15:15							
15:30							
15:45							
16:00							
16:15							
16:30							
16:45	表彰式・学会賞受賞記念講演 16:25～17:40 会場:11号館講堂						
17:00							
17:15							
17:30							
17:45							
18:00	交流会(若手育成事業表彰式を含む)18:00～20:00 会場:山上会館						

会場名		A会場	B会場	C会場	D会場	ポスター会場
部屋		141	142	143	144	計画系演習室
9月10日 (火)	8:30	8:30 受付開始				ポスター発表 (閲覧のみ)
	8:45					
	9:00					
	9:15	シンポジウム-6 環境科学と大学の環境教育の体系化 歴史・現状・未来8-「環境冠大学院の教育改革・組織改革と現在地」-	シンポジウム-7 水質スクリーニング分析の社会実装における課題と提言	口頭発表2C-1 市民行動2 9:00～10:15 田畑 智博	口頭発表2D-1 エネルギー関連 9:00～10:15 鷺津 明由	
	9:30					
	9:45					
	10:00					
	10:15					
	10:30					
	10:45	内山 弘美 山中 康裕 9:15～11:45	小林 憲弘 栗栖 太 9:15～11:45	口頭発表2C-2 化学分析2 10:30～11:45 三宅 祐一	口頭発表2D-2 脱炭素 10:30～11:45 増井 利彦	
	11:00					
	11:15					
	11:30					
	11:45					
	12:00	昼休み 11:45～12:45				
	12:15					
	12:30					
	12:45					
	13:00	シンポジウム-8 学術賞受賞記念シンポジウム「環境配慮行動研究の展開」	シンポジウム-9 グローバルサウス諸国における環境防災	シンポジウム-10 サステナビリティの観点からみた地域の気候アクションを通じた人づくり・地域づくり	口頭発表2D-3 データ解析1 12:45～14:15 大西 暁生	
	13:15					
	13:30					
	13:45					
	14:00	村上一真 甲斐田 直子 13:00～15:30	山本 佳世子 岩本 茂子 13:00～15:30	白井 信雄 増原 直樹 13:00～15:30	口頭発表2D-4 データ解析2 14:30～15:30 棟居 洋介	
14:15						
14:30						
14:45						
15:00						
15:15						
15:30						
15:45	後片付け					

※ シンポジウムの枠内の氏名はオーガナイザー、口頭発表セッションの枠内の氏名は座長です。

口頭発表(一般発表)

[1 日目(9 月 9 日)午前]

口頭発表 1D-1「気候変動 1」D 会場(144) 9:00-10:15

座長: 松本 健一

1D-0900 社会経済・気候システムの相互作用を考慮したモデルによる気候変動
影響の分析

○松本 健一, 立入 郁, 蘇 宣銘, 高山 宏明(東洋大, JAMSTEC)

1D-0915 市街地の SSP・RCP 別将来像を対象とした気候変動下の夏季温熱環境予
測[富士電機賞受賞講演]

○山崎 潤也, 飯塚 悟, 吉田 崇紘, 似内 遼一, 真鍋 陸太郎, 村山
頭人(名古屋大学, 東京大学)

1D-0930 気候変動が引き起こす 21 世紀中の世代間・世代内衡平性に係る要因分
解分析

○田崎 智宏, 林 岳彦, 尾上 成一, 山口 臨太郎, 高倉 潤也, 塩竈
秀夫, 横畠 徳太, 高橋 潔(国立研究開発法人 国立環境研究所)

1D-0945 地域気候変動適応計画の質的評価: 改訂前後の計画における内容分析

○今井 葉子, 藤田 知弘, 真砂 佳史, 肱岡 靖明(国環研・適応セン
ター)

1D-1000 全国自治体における地域特性を考慮した気候変動リスク評価枠組みの
構築と評価

○井田 新, 栗栖 聖, 福士 謙介(東大・工, 東大・未来ビ)

口頭発表 1D-2「気候変動 2」D 会場(144) 10:30-11:45

座長: 金森 有子

1D-1030 地球温暖化対策における非国家主体の役割 一個人の環境配慮行動への
影響—

○烏 日嘎, 有村 俊秀, 中井 美和(早稲田大学, 福井県立大学)

1D-1045 在宅勤務の普及に伴う CO2 排出量への影響に関する分析

○山澤 佳那子, 金森 有子, 池田 晃一, 森田 舞, 棟居 洋介, 増井
利彦(東京工業大学, (株)オカムラ ワークデザイン研究所)

1D-1100 京都市の熱中症搬送者数動向における祇園祭の影響

○安成 哲三(総合地球環境学研究所) 何斯誠(京都大学)

1D-1115 気候変動と世界食糧危機: 新品種開発における悪循環

○今井 健一(大阪経済法科大学)

- 1D-1130 自由貿易協定が気候変動に及ぼす影響 ―日中韓 FTA を対象とした GHG 排出量の要因分解分析―
○赤堀 弘和（北大・農）

[1 日目(9 月 9 日)午後]

口頭発表 1C-3「化学分析 1」C 会場(143) 13:30-15:15

座長： 徳村 雅弘

- 1C-1330撥水剤・防曇剤に含まれる有機フッ素化合物 PFAS の包括的定量分析
○南村 紬，磯部 大斗，齋藤 隼輝，松神 秀徳，三宅 祐一（横浜国大，国立環境研究所）
- 1C-1345DGT-パッシブサンプラーに蓄積した重金属等の前処理迅速化の検討
○森 育子，矢吹 芳教（地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所）
- 1C-1400ビクトリア湖の表層水中のマイクロプラスチック
○奥田 哲士，丸山 敦（龍大・理工）
- 1C-1415ハイパースペクトルカメラを用いた水田土壌の窒素含有量の推定
○佐藤 響平，田中 優也，向高 新，木村 篤史，後藤 真太郎（立正大・地球環境）
- 1C-1430シリコンパッシブ法における環境影響の評価と補正方法の精緻化
○田川 瑛梨，王 斉，雨谷 敬史，三宅 祐一（横浜国大，労働安全衛生総合研究所，静岡県大）
- 1C-1445 包括的定量分析に基づく繊維製品に含まれる有機フッ素化合物 PFAS の経年動向解析
○齋藤 隼輝，小澤 真人，松神 秀徳，三宅 祐一（横浜国大，国環研）
- 1C-1500 労働安全衛生法に基づくリスク評価のための揮発性有機化合物パッシブ法の検討とデータベース構築
○溝渕 円香，王 斉，雨谷 敬史，深澤 英，福島 靖弘，鈴木 義浩，三宅 祐一（横浜国大，労働安全衛生総合研究所，静岡県大，柴田科学）

口頭発表 1C-4「気候変動 3」C 会場(143) 15:30-16:15

座長： 阿部 直也

Quantitative analysis of China's Certified Emission Reduction
1C-1530 (CCER) policy: Impacts on CO2 emissions and economic activities
using a CGE model

○朱 瑞康, 棟居 洋介, 金森 有子, 増井 利彦 (東京工業大学, 国立
環境研究所)

1C-1545 気候変動に関する YouTube 動画の分析評価

○大里 優佳, 栗栖 聖, 福士 謙介 (東京大学)

Impact of Climate Change on Sports: awareness and attitudes of
1C-1600 University-level Football Team members in Japan

○バラオイング ローレンクロエ, 阿部 直也 (東京工業大学)

口頭発表 1D-3 「市民活動 1」 D 会場(144) 13:30-15:15

座長: 沼田 大輔

人々の環境配慮行動とその心理構造の解析に関する研究 [奨励賞受賞
1D-1330 記念講演]

○青木 えり (地球研)

1D-1345 大学生を対象とした菜食の普及条件と GHG 排出削減効果の分析

○増原 直樹, 北条 彩夏 (兵庫県立大・環境人間)

1D-1400 マイボトルの利用を促す情報に関するアンケート調査

○沼田 大輔 (福島大・経済)

1D-1415 地域の環境基本計画に基づく環境学習の実践

○島崎 洋一 (山梨大学)

霞ヶ浦沿岸地域における住民の環境保全行動意図の意思決定過程の分
1D-1430 析

○石井 康平 (千葉大学大学院・人文公共学府・博士後期課程)

営農型太陽光発電に対する全国農業委員会調査からー2018 年度調査と
1D-1445 2023 年度調査の比較を通じてー

○倉阪 秀史 (千葉大学)

都市計画マスタープランの評価におけるフューチャー・デザイン導入
1D-1500 の効果検証 ～岩手県矢巾町での討議実践とアセスメント手法の検討～

○廣島 滉大, 渕上 ゆかり, 原 圭史郎, 吉岡 律司 (阪大・工, 岩手
県矢巾町)

口頭発表 1D-4 「微生物利用」 D 会場(144) 15:30-16:15

座長: 王 齊

1D-1530 オカラから単離した微生物の属種の特異

○石田 陽香, 竹本 直道, 諸隈 恵美, 石橋 康弘 (熊本県立大学大学院・環境共生, 福岡女子大学・国際文理)

1D-1545 水銀汚染埋立処分場における生物を用いた土壌中水銀のリスク評価

○坂井 佑圭, Soe Pyae Sone, 諸熊 恵美, 石橋 康弘 (熊本県立大学大学院 環境共生)

1D-1600 乳牛糞のメタン発酵システムを利用した脱炭素資源循環型インド社会の構築

○小林 剛, 金子 光瑠, 大門 裕之 (豊橋技術科学大学資源循環工学研究室)

[2 日目 (9 月 10 日) 午前]

口頭発表 2C-1 「市民行動 2」 C 会場 (143) 9:00-10:15

座長: 田畑 智博

2C-0900 素因・誘因に着目した集水域単位での土砂災害リスク評価 ―平成 30 年 7 月豪雨時の広島県を対象に―

○田中 優也, 後藤 真太郎 (立正大・地球)

2C-0915 社会背景と多様な立場の理解を促す公害教育ワークショップにおける態度変化

○平松 あい, 高野 誠二 (東洋大学, 東海大学)

2C-0930 自治体の取り組みによる行動変容についての考察

○岸上 祐子, 馬奈木 俊介 (九州大学)

2C-0945 社会活動量に基づく学びの効果測定のための社会的インパクト指標の検討

○中口 毅博 (環境自治体会議環境政策研究所)

2C-1000 エシカル消費・関係人口の視点からみたふるさと納税の効果検証

○田畑 智博, 大西 暁生 (神戸大・人, 横浜市大・デ)

口頭発表 2C-2 「化学分析 2」 C 会場 (143) 10:30-11:45

座長: 三宅 祐一

2C-1030 作業環境のリスク評価を指向した揮発性有機化合物用の大気サンプラーの性能評価

○今出 夢乃, 野呂 和嗣, 雨谷 敬史 (静岡県大・環)

- 2C-1045 ベトナム廃プラスチックリサイクル施設における多環芳香族炭化水素類及びハロゲン化誘導体の排出実態調査
○谷 涼那, 田川 瑛梨, 松神 秀徳, 宇智田 奈津代, 田中 厚資, Tuyen Le, Viet Pham, 国末 達也, 鈴木 剛, 三宅 祐一 (横浜国大, 国立環境研究所, ハノイ自然科学大, 愛媛大)
- 2C-1100 水環境に油膜が張った条件におけるネオニコチノイド系農薬の分析方法の開発と評価
○永長 愛華, 野呂 和嗣, 雨谷 敬史 (静岡県大・環)
- 2C-1115 海水および海洋プラスチックごみからのプラスチック添加剤の抽出法の検討
○三国 向日葵, 滝川 哲也, 野呂 和嗣, 雨谷 敬史 (静岡県大・環)
- 2C-1130 炭素材料併用型フォトフェントン反応による汚染物質除去機構の反応速度論的解析[論文賞受賞記念講演]
○徳村 雅弘, 村松 孝亮, 王 齊, 石橋 龍太郎, 安保 貴永, 皆川 正和, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和 (静岡県大, 三菱ケミカル株式会社)

口頭発表 2D-1「エネルギー関連」D会場(144) 9:00-10:15

座長: 鷺津 明由

- 2D-0900 都市と地方の連携による再生可能エネルギー導入促進に向けた経済的不平等性緩和を考慮した施策の評価
○伊達 貴彦, 栗栖 聖, 福士 謙介 (東京大学)
- 2D-0915 再生可能エネルギーを活用した水素利用システムの社会的応用にむけて
○鷺津 明由, 吉田 彬, 田山 真史 (早稲田大学)
- 2D-0930 Does Artificial Intelligence-Driven Energy Management System Reduce Electricity Consumption
○呂 冠宇, 片山 東, 有村 俊秀, 森村 将平 (早稲田大学)
- 2D-0945 将来における木質バイオマスの供給ポテンシャルの推計に係るシミュレーション手法の開発[クリタ研究賞受賞講演]
○周 俊男, 田畑 智博 (神戸大学)
- 2D-1000 デマンドレスポンス・蓄電池を組み合わせた地域電力マネジメントにおける電力需給解析
○加藤 仁志, 林 徹, 中谷 隼, 藤田 壮 (東京大学大学院)

口頭発表 2D-2「脱炭素」D 会場(144) 10:30-11:45

座長: 増井 利彦

2D-1030 国内繊維産業における環境負荷軽減に関する研究 ―炭素排出および水質汚染への環境税賦課時の価格変化に着目して―

○勝又 淳司 (法政大学大学院)

2D-1045 GHG サプライチェーン排出量の算出とネットゼロ目標

○中山 琢夫, 手嶋 進, 寺野 隆雄, 原科 幸彦, 大杉 仁 (千葉商科大学, 株式会社レナリア)

2D-1100 所得階層別の価格弾力性を考慮した炭素配当シミュレーションについて

○浜島 直子 (名古屋大学大学院)

2D-1115 ネットゼロ排出達成に向けた東アジアにおける国際連系の役割の評価

○森 翔太郎, 大城 賢, 藤森 真一郎 (京大・工)

2D-1130 鳥取県での地産地消による脱炭素と県内経済への効果の推計

○藤井 裕加, 増井 利彦 (東工大 環境・社会理工学院, 国立研究開発法人 国立環境研究所)

[2 日目(9 月 10 日)午後]

口頭発表 2D-3「データ解析 1」D 会場(144) 12:45-14:15

座長: 大西 暁生

2D-1245 建物地階の空間分布と時系列変化の分析 -東京 23 区を対象として-

○杉本 賢二 (大阪公立大学)

2D-1300 首都圏における太陽光パネル廃棄物発生量の将来推計

○藤澤 有希, 片野 博明, 小谷野 眞司 (公益財団法人東京都環境公社 東京都環境科学研究所)

2D-1315 建築物ストック動態を考慮した住宅用給湯器分野における技術普及シナリオ分析

○黄 文彦, 林 徹, 中谷 隼, 藤田 壮 (東大院・工)

2D-1330 IoT デバイス・人工衛星・市況状況に基づく水稻農家の転作支援システムの構築

○松村 寛一郎, 杉本 賢二 (金城大学, 大阪公立大学)

2D-1345 容器包装プラスチックの回収方法による回収物への影響

○佐伯 孝, 関 睦人 (富山県立大学)

2D-1400 家庭から排出されるプラスチック資源の循環利用可能量の推計

○関 睦人，佐伯 孝（富山県立大学）

口頭発表 2D-4「データ解析 2」D 会場(144) 14:30-15:30

座長： 棟居 洋介

2D-1430 日本におけるプラスチック対策をめぐる国と自治体の関係性とその政策動向ー資源循環と予防的措置の観点からー

○中山 敬太（公益財団法人日本都市センター）

2D-1445 地方自治体のプラスチック汚染をめぐる規制措置に関する現状と課題ー栃木県と宮津市(京都府)の事例からー

○中山 敬太（公益財団法人日本都市センター）

2D-1500 水道水源における化学物質流出事故に対する高度浄水処理及び対策オプションの評価[論文賞受賞記念講演]

○北本 靖子，伊藤 理彩，中久保 豊彦，東海 明宏（大阪大学，北九州市立大学）

2D-1515 マルコフ連鎖を用いた衣類リユース事業がもたらす環境負荷削減効果の評価

○山本 竜己，棟居 洋介，金森 有子，増井 利彦（東京工業大学工学院経営工学系経営工学コース）

ポスター発表(優秀発表賞応募発表を含む)

発表・質疑応答: 9月9日(月)11:45 - 13:30 (コアタイムは12:15-13:15)

- P-1 霞ヶ浦沿岸地域における住民の環境保全行動意図の意思決定過程の分析
○石井 康平 (千葉大学大学院・人文公共学府・博士後期課程)
- P-2 将来における木質バイオマスの供給ポテンシャルの推計に係るシミュレーション手法の開発
○周 俊男, 田畑 智博 (神戸大学)
- P-3 ハイパースペクトルカメラを用いた水田土壌の窒素含有量の推定
○佐藤 響平, 田中 優也, 向高 新, 木村 篤史, 後藤 真太郎 (立正大・地球環境)
- P-4 静岡県における河川・沿岸域のプラスチックごみとマイクロプラスチックの劣化評価
○滝川 哲也, 竹下 由布子, 野呂 和嗣, 雨谷 敬史 (静岡県大・環境科学, 静岡県環境衛生科学研究所)
- P-5 家庭から排出されるプラスチック資源の循環利用可能量の推計
○関 睦人, 佐伯 孝 (富山県立大学)
- P-6 オカラから単離した微生物の属種の特定
○石田 陽香, 竹本 直道, 諸隈 恵美, 石橋 康弘 (熊本県立大学大学院・環境共生, 福岡女子大学・国際文理)
- P-7 水銀汚染埋立処分場における生物を用いた土壌中水銀のリスク評価
○坂井 佑圭, Soe Pyae Sone, 諸熊 恵美, 石橋 康弘 (熊本県立大学大学院 環境共生)
- P-8 Quantitative analysis of China's Certified Emission Reduction (CCER) policy: Impacts on CO2 emissions and economic activities using a CGE model
○朱 瑞康, 棟居洋介, 金森有子, 増井利彦 (東京工業大学, 国立環境研究所)
- P-9 気候変動に関する YouTube 動画の分析評価
○大里 優佳, 栗栖 聖, 福士 謙介 (東京大学)
- P-10 シリコーンパッシブ法における環境影響の評価と補正方法の精緻化
○田川 瑛梨, 王 齊, 雨谷 敬史, 三宅 祐一 (横浜国大, 労働安全衛生総合研究所, 静岡県大)
- P-11 包括的定量分析に基づく繊維製品に含まれる有機フッ素化合物 PFAS の経年動向解析

- 齋藤 隼輝, 小澤 真人, 松神 秀徳, 三宅 祐一 (横浜国大, 国環研)
- P-12 Impact of Climate Change on Sports: awareness and attitudes of University-level Football Team members in Japan
○バラオイング ローレンクロエ, 阿部 直也 (東京工業大学)
- P-13 建築物ストック動態を考慮した住宅用給湯器分野における技術普及シナリオ分析
○黄 文彦, 林 徹, 中谷 隼, 藤田 壮 (東大院・工)
- P-14 デマンドレスポンス・蓄電池を組み合わせた地域電力マネジメントにおける電力需給解析
○加藤 仁志, 林 徹, 中谷 隼, 藤田 壮 (東京大学大学院)
- P-15 素因・誘因に着目した集水域単位での土砂災害リスク評価 ―平成 30 年 7 月豪雨時の広島県を対象に―
○田中 優也, 後藤 真太郎 (立正大・地球)
- P-16 鳥取県での地産地消による脱炭素と県内経済への効果の推計
○藤井 裕加, 増井 利彦 (東工大 環境・社会理工学院, 国立研究開発法人 国立環境研究所)
- P-17 労働安全衛生法に基づくリスク評価のための揮発性有機化合物パッシブ法の検討とデータベース構築
○溝渕 円香, 王 斉, 雨谷 敬史, 深澤 英, 福島 靖弘, 鈴木 義浩, 三宅 祐一 (横浜国大, 労働安全衛生総合研究所, 静岡県大, 柴田科学)
- P-18 人工海水中のマイクロポリエチレン・ポリプロピレンに対するポリ塩化ビフェニル異性体の吸着特性
○服部 兼真, 須之内 朋哉, Nguyen Minh Tue, 後藤 哲智, 日向 博文, 国末 達也 (愛媛大・沿環研セ)
- P-19 野生のトビに蓄積するデクロラン類及びベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤の時系列トレンド: 残留性有機汚染物質との比較解析
○服部 兼真, 後藤 哲智, 山村 紀航, 石丸 一輝, 国末 達也 (愛媛大沿環研セ)
- P-20 日本の農業生産過程における社会環境リスクの定量評価 ―コメ生産システムに対する社会ライフサイクルアセスメントの適用―
○廣井 克郎, Tuo Xinyi, 赤堀 弘和, 山本 康貴 (北大・農)

- 長鎖ペルフルオロカルボン酸(LC-PFCA)の曝露量推定及びリスク評価に必要な濃度情報の整理：魚、室内空気、ハウスダストに含まれる LC-PFCA 及び前駆物質濃度
- P-21 ○齊藤 歩太, 細田 隼基, 光崎 純, 中井 里史 (横浜国立大学大学院 環境情報学府, 独立行政法人 製品評価技術基盤機構(NITE), 横浜国立大学大学院 環境情報研究院)
- P-22 化学工場事故発生時の地方自治体における対応準備状況の把握と課題の分析
- 伊藤 拓城, 東海 明宏, 中久保 豊彦, 伊藤 理彩 (大阪大学・工学研究科)
- P-23 日本の休廃止鉱山における災害時を対象とした環境リスク評価：秋田県の事例を基にした指標の策定と適用
- 谷村 和樹, 東海 明宏, 中久保 豊彦 (大阪大学・工学研究科)
- P-24 加熱式タバコに特異的な放散物質のスクリーニング分析
- 星野 真梨彩, 野呂 和嗣, 雨谷 敬史 (静岡県立大学)
- P-25 本発表は取り下げとなりました
- P-26 種の感受性分布を用いた静岡県吉田川における農薬の生態リスク評価
- 守谷 美祐, 野呂 和嗣, 矢吹 芳教, 雨谷 敬史 (静岡県大・薬食, 大阪環農水研)
- P-27 日本からの輸出製品に含まれる化学物質が輸入国に与えるヒト健康リスクの評価
- 小林 諒真, 東海 明宏, 中久保 豊彦 (大阪大学・工学研究科)
- P-28 ポリ塩化ビフェニルの無害化処理によるリスク削減効果及び費用対効果の推定
- 宮崎 蓮太, 東海 明宏, 中久保 豊彦, 伊藤 理彩 (大阪大・工, 北九州市立大・国際環境工)
- P-29 4種のマイクロプラスチックに吸着した多環芳香族炭化水素類の光分解量子収率の評価
- 柿本 祐奈, 野呂 和嗣, 雨谷 敬史 (静岡県立大・薬食)
- P-30 Sustainable Gastronomy Tourism Development in Rural Japan
- Suleimanov Rizvon (Chiba University)
- P-31 再生可能エネルギー利用拡大に向けた市町村連携における送電容量の考慮：北九州都市圏域のケーススタディ

- 垣内 真安太, 叢 日超, 藤山 淳史, 松本 亨 (北九州市立大学)
- P-32 節水ミスト栽培の開発
○中居 くらら, 鈴木 奨梧, 平山 昊也, 赤石 紫音, 白鳥 滉弥 (青森県立名久井農業高等学校)
- P-33 日本主要河川における塩分濃度差発電の発電量予測
○渡邊 琴弓, 島 弘幸 (山梨大学 生命環境学部 環境科学科)
- P-34 韓国の急激な少子高齢化に着目した需要側の温室効果ガス削減に関する研究
○岩元 晟洋, 重富 陽介, Lee Jemyung, Suk Sunhee (長崎大・環, 立命館大・理工, 地球研, 長崎大・水・環)
- P-35 甲武信ユネスコエコパークのキシヤヤスデの行動
○穴井 音百, 加藤 美桜, 望月 夢羽 (山梨英和高等学校)
- P-36 ミジンコウキクサによるバイオエタノール生成の発酵期間の適正条件
○横谷 理央, ○佐藤 華英, ○白戸 梨央奈 (山梨英和高等学校)
- P-37 住宅における内装材・家財ストック量の推計
○林 優輝, 谷川 寛樹, 白川 博章 (名古屋大・工, 名古屋大・環境学研究科)
- P-38 未利用資源の活用ポテンシャルの定量化とその活用による脱炭素化の可能性について
○盛岡 謙太, 白川 博章, 長尾 征洋, 谷川 寛樹 (名古屋大・工, 名古屋大・環境学研究科)
- P-39 4D-GIS を用いた名古屋市中心部における TMR 推計
○丹羽 倫太郎, 白川 博章, 山末 英嗣, 谷川 寛樹 (名古屋大・工, 名古屋大・環境学研究科, 立命館大・機械工)
- P-40 気候変動対策による河道掘削量の推計
○岡田 大翔, 谷川 寛樹, 白川 博章 (名大・工, 名大・環境学研究科)
- P-41 甲府市愛宕山のアラカシ林 II~ササラダニの温度耐性を通して~
○藤原 寿羽 (山梨英和高校自然科学部)
- P-42 地方紙記事に対するテキストマイニングによる熊本県における SDGs に関する話題の把握に関する基礎的研究 —気候変動問題に着目して—
○萩本 航生, 岩見 麻子 (熊本県立大学)
- P-43 多足類の物理運動の数式化
○森山 有美菜 (山梨英和高等学校)

- P-44 カラスの生態および営巣地とねぐら
○清水 羅愛（山梨英和高等学校）
- P-45 森林による二酸化炭素吸収量を増大することで 2050 年までにカーボンニュートラルの達成は可能か？
○中村 百花，柳生 佐保，森田 久美，丸本 倍美，丸本 幸治（熊本県立水俣高等学校，国立水俣病総合研究センター）
- P-46 水俣病発生地域の高校生を対象とした水俣病及び水銀に関する理解度調査
○多久島 梨央，坂口 花菜，山口 杏華，森田 久美，柳生 佐保，丸本 倍美，丸本 幸治（熊本県立水俣高等学校，国立水俣病総合研究センター）
- P-47 鉄触媒における鉄の化学形態が空気清浄能に及ぼす影響
○池田 紫音，大森 果菜，徳村 雅弘，達 晃一，道志 智，前田 和紀，篠原 直秀，内藤 航，牧野 正和（静岡県大，いすゞ自動車株式会社，大阪産技研，産総研）
- P-48 バイオ液肥の環境影響評価に向けた残留抗菌剤の分析法の検討
○占部 杏珠，Salma Umma，三原 千穂，徳村 雅弘，野呂 和嗣，雨谷 敬史，牧野 正和（静岡県大）
- P-49 作業環境のリスク評価を指向した揮発性有機化合物用の大気サンプラーの性能評価
○今出 夢乃，野呂 和嗣，雨谷 敬史（静岡県大・環）
- P-50 乳牛糞のメタン発酵システムを利用した脱炭素資源循環型インド社会の構築
○小林 剛，金子 光瑠，山野 博之，熊倉 芹恵，大門 裕之（豊橋技術科学大学資源循環工学研究室，スズキ（株）バイオガス事業本部）
- P-51 ベトナム廃プラスチックリサイクル施設における多環芳香族炭化水素類及びハロゲン化誘導体の排出実態調査
○谷 涼那，田川 瑛梨，松神 秀徳，宇智田 奈津代，田中 厚資，Tuyen Le，Viet Pham，国末 達也，鈴木 剛，三宅 祐一（横浜国大，国立環境研究所，ハノイ自然科学大，愛媛大）
- P-52 水環境に油膜が張った条件におけるネオニコチノイド系農薬の分析方法の開発と評価
○永長 愛華，野呂 和嗣，雨谷 敬史（静岡県大・環）
- P-53 海水および海洋プラスチックごみからのプラスチック添加剤の抽出法の検討

- 三国 向日葵, 滝川 哲也, 野呂 和嗣, 雨谷 敬史 (静岡県大・環)
- P-54 撥水剤・防曇剤に含まれる有機フッ素化合物 PFAS の包括的定量分析
○南村 紬, 磯部 大斗, 齋藤 隼輝, 松神 秀徳, 三宅 祐一 (横浜国大, 国立環境研究所)
- P-55 都市環境学者とアーティストとのコラボレーション
○一ノ瀬 俊明 (国立研究開発法人国立環境研究所)
- P-56 タイヤ凍結粉砕(CMTT)試料から溶出する化学物質のノンターゲット分析
ー水温・時間・UV 劣化による溶出量の変化ー
○国末 達也, 田上 瑠美, 仲山 慶, 後藤 哲智, 田中 厚資, 高橋 勇介, 鈴木 剛 (愛媛大学・沿岸環境科学研究センター, 国立環境研究所・資源循環領域)
- P-57 アスベスト未報告工事検出手法の構築: 廃棄物データを利用した基礎的検討
○豊永 悟史 (熊本県保健環境科学研究所, 熊本県環境生活部環境局環境保全課)
- P-58 出前支出額と容器包装プラスチック廃棄物との関係把握
岡嶋 実佑, ○大西 暁生, 蔡 佩宜, 田畑 智博 (元横浜市立大学, 横浜市立大学, 九州工業大学, 神戸大学)
- P-59 家庭における容器包装プラスチックの排出・分別に関する実証分析
○田畑 智博, 蒲生 昌志, 塚原 建一郎, 玄地 裕 (神大・人, 産総研・安, 産総研・エ)
- P-60 「可愛くなりたい」は環境に悪い!?
○坂井 彩果, 濱中 千聖 (山脇学園高等学校 サイエンスクラス 2 年)
- P-61 相対取引型カーボンクレジット制度の拡大による持続可能性への影響予測
○徳永 大典, 佐々木 貴宏 (NTT SE 研 宇レ P, ソニーCSL)
- P-62 Research on the Climate Change and Regional Tourism: Case Studies of Public Bathing Beach Usage Situation in Chiba
○タン ソウニ, 栗栖 聖 (東大・工)
- P-63 埼玉県熊谷市におけるスマートクールシティワークショップの試み
○白木 洋平, 渡来 靖, 三宅 創太, 原田 勲, 大島 英司 (立正大・DS, (同) ツクル, (株) キョーリク, 熊谷市, 立正大・地球)
- P-64 ハンドウイルカ親子の諸臓器における水銀及びセレン濃度

- 丸本 倍美, 丸本 幸治, 坂本 峰至, 中村 政明 (国立水俣病総合研究センター)
- P-65 保育施設における室内外空气中微生物の遺伝子解析
○高橋 ゆかり, 岩本 玲佳, 田中 大祐 (富山国際大・現代社会, 富山大・理工, 富山大・理)
- P-66 太陽光発電量の見通しに経年劣化および気候変化が与える影響について
○河瀬 玲奈 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)
- P-67 有機化合物の皮膚透過性へのマトリックスによる影響の評価
○王 齊, 小野 恵美, 岩瀬 真喜子, 柳場 由絵 (労働安全衛生総合研究所)
- P-68 地球温暖化の影響を加味したマクロ経済シミュレーションの考察
○二本木 伸佳, 徳永 大典, 河田 博昭 (NTT 宇宙環境エネルギー研究所)
- P-69 再生プラスチックの健康リスク評価：再生プラスチック製品からの可塑剤のケーススタディ
○小島 直也, 篠原 直秀, 小栗 朋子, 小倉 勇, 小野 恭子, 梶原 秀夫, 中村 圭介, 山崎 絵理子, 羽成 修康, 蒲生 昌志 (産業技術総合研究所 安全科学研究部門, 産業技術総合研究所 物質計測標準研究部門)
- P-70 植物残渣のアップサイクルによる水質浄化材
○末松 三豪, 稲垣 靖史 (ソニーグループ株式会社 テクノロジープラットフォーム)
- P-71 新興国におけるライフスタイルと環境の変化-インドネシアバリ島を事例として-
○大野 朋子, 田畑 智博 (神戸大学)
- P-72 夏季の都市空間における街路樹から感じる「涼しさ」評価
○大野 朋子, 植竹 駿 (神戸大学)
- P-73 複数の自然災害を起因とする産業事故の 定性的リスク分析におけるハザードエリアの抽出
○大岩 竜也, 東海 明宏, 中久保 豊彦, 伊藤 理彩 (大阪大・工, 北九州市大・工)
- P-74 持続可能性評価結果に基づく土壌汚染地における浄化目標値の考え方の検討
○小林 剛, 万 晟吉, 半田 千智, 李 京 (横浜国立大学)

- P-75 オリンピックを対象とした持続可能性指標の提案とそれによる各大会
の評価
○仲澤 諒人, 棟居 洋介, 金森 有子, 増井 利彦 (東工大、増井・金
森研究室)

企画シンポジウム

シンポジウムー１ 9月9日(月) A会場(141) 9:15～11:45

「ガバナンスに向けた基盤的手法の構築」

プロジェクト名：環境研究総合推進費 1MF-2303

オーガナイザー 東海明宏（大阪大学）教授

伊藤理彩（北九州市立大学）准教授

挨拶：東海明宏（大阪大学）教授

趣旨説明：本シンポジウムは、環境省・環境再生保全機構の環境研究総合推進費 1MF-2303「平時から災害事故時を対象とした化学物質リスクガバナンスに向けた基盤的手法の構築」（2023～2024 年度）における研究成果物を報告する場として、企画致しました。自然災害に起因する化学物質リスクの評価・管理手法について、個々のケーススタディに基づく研究内容を発表致します。Natech（自然災害起因の産業事故）への対策論について、ご参加頂く皆様と議論を深めたいと考えています。

講演者：①「土砂災害を起因とした化学物質流出事故のリスク管理に向けた評価手法の構築」

森口暢人（大阪大学）招へい研究員

②「内陸直下型地震を想定した化学物質流出事象の解析に基づく浄水場での活性炭吸着性能の評価」

伊藤理彩（北九州市立大学）准教授

③「気候変動を考慮した将来の豪雨災害による化学物質流出事故のリスク評価」

平井宏明（大阪大学）招へい研究員

④「巨大地震およびそれに伴う河川遡上津波により河川に流出・拡散した化学物質の浄水場取水影響評価」

米山 望（京都大学）准教授

⑤「Natech への対策に関する調査

豊田真弘（日本エヌ・ユー・エス(株)）コンサルタント

⑥「Natech 事象後の回復期の評価」

中久保豊彦（大阪大学）准教授

総合討論

司 会：伊藤理彩（北九州市立大学）准教授

シンポジウムー2 9月9日(月) B会場(142) 9:15 ~ 11:45

「水から人々の暮らしと価値観を探る—私たちはどのような水環境を目指すべきか—」

プロジェクト名: クリタ水・環境科学振興財団

「ネットワーク構築助成」

オーガナイザー 村上道夫(大阪大学)教授

中村高志(山梨大学)准教授

挨拶: 村上道夫(大阪大学)教授

趣旨説明: 人々の暮らしと水の間に関わりや人々が水に対して抱く価値観を明らかにすることは、目指すべき社会像を社会で共有するために不可欠であり、水環境の科学を進める上での根幹となる。本シンポジウムでは、市民へのアンケートやインタビューなどを用いた調査事例を紹介すると共に、倫理的・法的・社会的課題の観点から目指すべき水環境の姿と科学の在り方を議論する。

講演者: ①「市民参画型インフラ情報プラットフォーム利用が促す水に対する誇りと認識の変化」

○村上道夫(大阪大学)教授、八木橋真央

②「能登半島地震で考えるフェーズフリーな水・インフラ・地方」

○中村高志(山梨大学)准教授、西田継、遠山忠、亀井樹

③「小規模水道組合からみた水の価値観」

○野田岳仁(法政大学)准教授

④「天水を利用した伝統的な農業水利システムの継承に向けた実践的課題」

○新田将之(新潟大学)准教授、伊藤海音

⑤「アラビア乾燥地の利水と治水: 温暖化と水害多発の時代に」

○近藤康久(総合地球環境学研究所/総合研究大学院大学)教授
黒沼太一、三木健裕

⑥「水管理をめぐる倫理的・法的・社会的課題(ELSI)の歴史事例分析」

○中村晋一郎(名古屋大学)准教授、木村匡臣、吉田武郎
西原是良、村上道夫

総合討論

コメンテータ: 武山絵美(京都大学大学院/愛媛大学大学院)教授

司会: 村上道夫(大阪大学)教授、中村高志(山梨大学)准教授

シンポジウムー3 9月9日(月) C会場(143) 9:15～11:45

「多世代・多地域連携による人材育成ーインカレSDGsプロジェクトを例としてー」

プロジェクト課題名：文科省ユネスコ活動補助金「インカレSDGsプロジェクトー異世代・多地域連携での個別最適な学び・協働的な学びを社会や人生に活かす」

オーガナイザー 中口毅博(芝浦工業大学) 名誉教授
杉本卓也(千葉商科大学) 教授

趣旨説明：大学には次世代の社会の担い手を育成するという側面から、SDGs達成に向けた学びの機会提供という社会的要請がある。SDGsの対象は広範であり、異世代・地域・学校連携型で個別最適な学びと協働的な学びを同時に実現することが効果的でありうる。そこで本シンポジウムは、多世代・多地域連携による「インカレSDGsプロジェクト」の実践報告をはじめ、SDGs達成に貢献する人材育成に携わる研究者等の意見交換の場とする。具体的には、まず、インカレSDGsプロジェクトの「課題研究支援」「合同実習」「合同実践ワークショップ」「フォローアップ」の中身について紹介した上で、芝浦工業大学、東邦大学、千葉商科大学の事例について紹介する。東邦大学の事例では理学部生命圏環境科学科のプロジェクト実習の紹介を行う。環境プロジェクトの検討を行うが、実習が終わった後も継続を試みることが増えている。今回は企業や地域と連携した事業について紹介する。千葉商科大学は大学が所在する市川市と鎌ケ谷市と包括協定を結んでおり、その協定に基づいて小学生向けの環境講座を実施している。環境講座の実践は正課講義の一環として実施する場合と、学生の課外活動のひとつとして実施している場合があるが、本報告では、自治体との包括協定に基づく活動の一環として実施した環境講座について、環境講座の企画運営に携わる学生の活動について報告する。総合討論では、他の大学における実践についてフロアからの事例紹介を求めた上で、地域や国際社会のニーズを満たしつつ学びを深めそれを人生に活かす方策について議論したい。

講演者：①インカレSDGsプロジェクトー異世代・多地域連携での個別最適な学び・協働的な学びを社会や人生に活かす

中口毅博(芝浦工業大学) 名誉教授

②環境プロジェクトと地域をつなげる実践事例

竹内彩乃(東邦大学) 准教授

③「自治体との包括協定における環境講座の企画運営ー千葉商科大学における正課講義と課外活動を活用した多様な学び」

杉本卓也(千葉商科大学) 教授、手嶋進(千葉商科大学) 准教授

総合討論

司会：中口毅博(芝浦工業大学) 名誉教授、杉本卓也(千葉商科大学) 教授

パネリスト 小澤はる奈(NPO 法人環境自治体会議環境政策研究所理事長)

竹内彩乃(東邦大学) 准教授

手嶋進(千葉商科大学) 准教授

シンポジウムー4 9月9日(月) A会場(141) 13:45～16:15

「カーボンニュートラル地域の実現に向けての社会実装研究（デジタルトランスフォーメーションの活用）」

プロジェクト名：文部科学省 大学の力を結集した、地域の脱炭素化のための基盤研究開発

「地域の脱炭素社会の将来目標とソリューション計画システムの開発と自治体との連携を通じた環境イノベーションの社会実装ネットワークの構築」

環境研究総合推進費 1-2305

「ICTを用いた地域のCO2の見える化システムと、それを用いた脱炭素事業拠点事業、脱炭素政策の評価プロセスの開発」

オーガナイザー 藤田 壮（東京大学）教授

松本 亨（北九州市立大学）教授

挨拶：藤田 壮（東京大学）教授

趣旨説明：脱炭素社会実現に向けて地域の拠点地区・施設を重層的にネットワークさせることにより、地域の短期・中長期の経済社会経済価値を高めつつ、脱炭素のグリーンイノベーションの先導事業を計画、実装するためのガイドラインと、デジタルトランスフォーメーションを実現する都市情報インフラシステムについて議論する。その際に、地域のスマートモニタリングに地域診断システムの開発と、地域自律エネルギー、次世代交通等の重層的な価値の創出による新しい脱炭素社会の構築のゴール、その実現に向けての分野横断の先導プロジェクトの計画と、合理的で実現可能な将来効果を明らかにする地域連携実装研究について議論する。

講演者：①「脱炭素地域を実現する社会実装研究にむけて」

○藤田壮（東京大学）教授

林徹、黄文彦（東京大学）

②「電力消費のモニタリングとエネルギーマネジメントへの活用可能性」

松本亨（北九州市立大学）教授

藤山淳史、叢日超（北九州市立大学）

③「時系列データに基づくエネルギー消費特性解析」

○芦名秀一（国立環境研究所）室長

牧誠也、平野勇二郎（国立環境研究所）

④「脱炭素地域づくりに貢献する地域エネルギー事業の計画・評価」

○平野勇二郎（国立環境研究所）主幹研究員

藤田壮（東京大学）、磯崎恭一郎、安達健一（国立環境研究所）

⑤「脱炭素・ストック型社会の構築に資する資源蓄積計測システムの構築」

○谷川寛樹（名古屋大学）教授

白川博章、長尾征洋、中村勇斗、長谷川正利（名古屋大学）

⑥「市民の態度・行動変容に向けたゲームの活用」

○後藤尚弘（東洋大学）教授

石河颯也、荒巻俊也、大塚佳臣、平松あい、花岡千草（東洋大学）

⑦「地域特性に応じた脱炭素施策の提案プロセスの構築」

○大塚佳臣（東洋大学）教授

嶺岸聖也、後藤尚弘、平松あい、花岡千草、荒巻俊也（東洋大学）

総合討論

司 会：松本 亨（北九州市立大学）教授

シンポジウムー5 9月9日(月) B会場(142) 13:45 ~ 16:15

「シチズンサイエンスと熟議を基盤とした気候変動ナラティブと態度行動変容の可能性」

プロジェクト名：総合地球環境学研究所実践プログラム「地球人間システムの連環に基づく未来社会の共創」FS「シチズンサイエンスと熟議を基盤としたナラティブとサイエンスの統合・態度行動変容手法の確立：気候変動を題材として」

オーガナイザー 馬場 健司（東京都市大学）教授・（総合地球環境学研究所）客員教授
木村 道徳（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）専門研究員・（東京都市大学）客員教授

挨拶：馬場健司（東京都市大学）教授

趣旨説明：本シンポジウムでは、シチズンサイエンス（市民参加型モニタリング）により収集した気候変動の影響と思しき事象に係わる伝統知・地域知を、専門家や政策担当者らと熟議を行いながら科学的知見（専門知）とをナラティブとして統合していくことにより、データや事象への理解を深め、脱炭素社会・気候変動適応社会の構築に向けて人々の態度行動変容を促進していく可能性について展望する。例えば、国内サイトにおける地域知・伝統知（史料の有無やシチズンサイエンティストの存在等）の収集可能性、オンライン熟議プラットフォームのあり方、人々の態度行動変容を促すメカニズム等の 이슈について議論する。

講演者：①「身近な環境情報が人びとの気候変動危機意識に与える影響の把握」

木村道徳（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）専門研究員

②「気候変動リスクに対する人びとの態度と行動の関係」

小杉素子（静岡大学）准教授

③「フロントランナーの実践を通じた態度行動変容の拡大波及をねらうトランジションマネジメント」

松浦正浩（明治大学）専任教授

④「オンライン熟議システムのための知識グラフ生成手法の開発」

古崎晃司（大阪電気通信大学）教授

⑤「気候変動適応のための予測情報」

石川洋一（海洋研究開発機構）センター長

総合討論

司会：小澤はる奈（東京都市大学）特別研究員

シンポジウムー6 9月10日(火) A会場(141) 9:15 ~ 11:45

「環境科学と大学の環境教育の体系化 歴史・現状・未来 8「環境冠大学院の教育改革・組織改革と現在地」

オーガナイザー 内山 弘美(千葉日大一高) 非常勤講師
山中 康裕(北海道大学地球環境科学研究院) 教授

挨拶: 内山 弘美(千葉日大一高) 非常勤講師
山中 康裕(北海道大学地球環境科学研究院) 教授

趣旨説明: 本シンポジウムは、1990年代を通して開催されたシンポジウム「全体と要素」の理念を継承し、環境科学と大学・大学院レベルの環境教育、とりわけ環境を冠する学部・学科・大学院を中心に取り上げてきた。過去10年間に、SDGsの提唱や気候変動の深刻化など、環境科学を取り巻く状況が大きく変化した。同時に、COVID-19、グローバリゼーション、高等教育政策における大学の組織改革や教育改革の中で、環境冠大学院の教育も大きく変化している。今回は、環境冠大学院の過去10年の教育改革・組織改革を振り返り、教育の現状と今後の展望について議論を進める。対象とする大学院は、環境科学研究科として設立された3大学の大学院である。

本学会でこれまで開催された、他の「大学の環境教育のシンポジウム(杉本他)」の成果も視野に入れながら、環境冠大学院の教育について議論することは、ますます重要になるものと考えられる。

講演者: ①「環境冠大学院の組織改革・教育改革」

内山 弘美(千葉日大一高) 非常勤講師

②「北海道大学大学院環境科学院における動向」

山中 康裕(北海道大学地球環境科学研究院) 教授

③「東北大学大学院環境科学研究科における気候変動教育から見えてきたこと」

明日香壽川(東北大学大学院環境科学研究科) 教授

④「日本から世界のための環境科学へ: 筑波大学大学院の国際化と将来の学位プログラムに求められる視点」

松井健一(筑波大学理工情報生命学術院、環境学学位プログラム) 准教授

総合討論:

司会: 内山 弘美(千葉日大一高) 非常勤講師

山中 康裕(北海道大学地球環境科学研究院) 教授

コメンテーター 杉本卓也(千葉商科大学) 教授

閉会の挨拶: 内山 弘美(千葉日大一高) 非常勤講師

山中 康裕(北海道大学地球環境科学研究院) 教授

シンポジウムー7 9月10日(火) B会場(142) 9:15～11:45

「水質スクリーニング分析の社会実装における課題と提言」

プロジェクト名：環境総合研究推進費【5G-2101】

「水環境中の要調査項目調査へのターゲットスクリーニング分析の実装」

オーガナイザー 小林憲弘（国立衛研）室長
栗栖 太（東京大学）教授

趣旨説明：水環境や水道水において監視が必要な化学物質は無数に存在する一方、公定法による検査は対象物質が限られ、検査に多大な労力を要することから、多物質を迅速に測定し評価する体制の構築が求められている。現在、検査機関物質の情報を予めデータベースに登録することで、検査時に標準品を用いずに網羅的に定性・定量が可能な「スクリーニング分析」の水環境や水道分野への適用が検討されている。しかし、スクリーニング分析は公定法と比べて誤同定が起りやすく定量誤差が大きい等、その実運用には様々な課題があることから、本シンポジウムではスクリーニング分析法の社会実装に向けた課題と、それらを踏まえた運用方法について提案し議論する。

講演者：①「水道水質検査におけるスクリーニング分析の社会実装に向けた進捗と課題」

小林憲弘（国立医薬品食品衛生研究所）室長

②「AIQS-GC 自動同定要件の信頼性検討」

亀屋隆志（横浜国立大学）教授

③「GC/MS スクリーニング分析による河川水中農薬の実態調査と測定精度」

木下輝昭（東京都健康安全研究センター）課長

④「LC-QTOF/MS を用いたスクリーニング分析における機種依存性低減の取り組み」

鈴木裕識（岐阜大学）准教授

⑤「LC-QTOF/MS を用いた水道水中農薬類のスクリーニング分析法の構築と課題」

高木総吉（大阪健康安全基盤研究所）主幹研究員

⑥「四重極 LC-MS/MS を用いたトリガーMRM 法による環境水中の農薬スクリーニング分析法の検討」

古川浩司（三重県環境保全事業団）部長

総合討論（講演者、会場参加者）

司 会：小林憲弘・栗栖太

シンポジウム－8 9月10日(火) A会場(141) 13:00～15:30

学術賞受賞記念シンポジウム「環境配慮行動研究の展開」

オーガナイザー 村上一真(滋賀県立大学)教授
甲斐田直子(筑波大学)准教授

趣旨説明: 環境配慮行動の規定要因の解明や促進方策の検討に係る研究は、これまで省エネや廃棄物発生抑制、環境ボランティア活動への参加や寄付など、多様な分野の行動を対象に数多く実施されてきた。近年、日本では、法律・条令の制定、世論の高まり、技術の進展などに伴い、食品ロス、容器包装プラスチック、電気自動車などの分野での研究も増えてきている。また、環境学習・教育、ライフスタイルや well-being、コミュニティ活動との関連、諸外国との比較の研究も見られる。本シンポジウムでは、これら研究に関する話題提供と、今後の研究展開について議論を行いたい。

講演者: ①「環境配慮行動研究から実験的研究への展開」

村上一真(滋賀県立大学)教授

②「環境配慮意識を形成する「きっかけ」と行動の関係性」

甲斐田直子(筑波大学)准教授

③「コミュニティ意識が環境配慮行動におよぼす影響とは?—環境意識調査で見えてきたこと—」

法理樹里(農林水産省 農林水産政策研究所)主任研究官

④「琵琶湖流域の環境保全活動に影響を与える要因」

平山奈央子(滋賀県立大学)准教授

⑤「日本・マレーシアにおけるプラスチック汚染緩和行動と促進要因:文化・信仰的背景に着目して」

糸井風音(筑波大学)社会工学学位プログラム博士後期課程

⑥「一般家庭と企業における電気自動車導入意思の要因分析」

白木裕斗(名古屋大学)准教授

総合討論

司会: 村上一真(滋賀県立大学)教授

シンポジウムー9 9月10日(火) B会場(142) 13:00 ~ 15:30

「グローバルサウス諸国における環境防災」

オーガナイザー 山本佳世子(電気通信大学)教授
岩本茂子(電気通信大学)協力研究員

挨拶: 山本佳世子(電気通信大学)教授

趣旨説明: グローバルサウスとは発展途上国と同様の意味で用いられる言葉であり、南半球に多いアフリカ、ラテンアメリカ、アジアの新興国などが当てはまる。一方、2015年の国連サミットで加盟国の全会一致で採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」に、2030年までに持続可能でよりよい世界を目指す国際目標として持続可能な開発目標(SDGs:Sustainable Development Goals)が記載された。しかし、グローバルサウス諸国は気候変動の影響を受けやすい地域に位置していることが多く、環境保全と経済発展を両立させることが急務となっている。また、気候変動の影響により、豪雨、熱波、干ばつなどの自然災害の発生が増えている。本シンポジウムでは、若手研究者のこうした地域を対象とした災害環境リスクに関する研究成果について紹介するとともに、参加者とともに、グローバルサウス諸国における災害や環境に関する対策の方向性について議論する。

講演者: ①「Temporal Prediction of Heavy Rainfall Using Total Lightning Associated with Summer Thunderstorms Over Japan」

Debrupa Mondal(電気通信大学)博士後期課程学生

②「Comparative Analysis of Ecological Vulnerability in Three Provincial Capitals in Pakistan Using Satellite Imagery」

Muhammad Kamran(電気通信大学)博士後期課程学生

③「Monitoring Greenhouse Gases (GHG) Concentration using Earth Observation Data and Google Earth Engine」

Shakir ul din(電気通信大学)博士後期課程学生

④「Integrating Citizen Science Data with Official Monitoring Efforts: Enhancing Environmental Radiation Surveillance Post-Fukushima」

Imam Ghazali Yasmint(電気通信大学)博士後期課程学生

⑤「Machine Learning Algorithms for Streamflow Prediction in CAMELS Catchments」

Manzu Gerald Simon Kenyi(電気通信大学)博士後期課程学生

総合討論

司会: 岩本茂子(電気通信大学)協力研究員

シンポジウムー１０ ９月１０日（火） Ｃ会場（１４３） １３：００ ～ １５：３０

「サステナビリティの観点からみた地域の気候アクションを通じた人づくり・地域づくり」

オーガナイザー 白井信雄（武蔵野大学）教授
増原直樹（兵庫県立大学）准教授

挨拶：白井信雄（武蔵野大学）教授

趣旨説明：ゼロカーボンや気候変動適応のための地域政策（地域の気候アクション）が急ピッチで進められるなか、大企業や行政主導の技術導入を中心とした取り組みだけではサステナビリティの規範を満たす地域づくり（持続可能な地域づくり）につながらない可能性がある。サステナビリティの観点から必要なことは、地域主体となる住民や地元企業・NPO等の参加と協働、社会的包摂や校正・公平の観点での地域づくり、地域政策と連動する気候変動教育や専門的なコーディネート人材の育成等である。本シンポジウムは、サステナビリティの観点から地域の気候アクションを通じた人づくり・地域づくりの実践の分析を共有し、あるべき施策を考える対話の場となるように開催する。

講演者：①「住民における気候変動に関する意識変化と気候変動教育の必要性～飯田市における２０１２年と２０２３年の住民アンケート調査結果を中心として」

白井信雄（武蔵野大学）教授

②「シティズンシップ力向上を目指した気候変動教育&地域づくりの方法論と成果～福井県坂井市での実践をもとに」

水上聡子（アルマス・バイオコスモス研究所）

③「神奈川県相模湾沿岸地域における気候変動に関するステークホルダーの認識と参加の仕組みづくり」

小澤はる奈（持続可能な地域創造ネットワーク）

④「ゼロカーボンシティ宣言自治体担当者との協働と政策移転～脱炭素化をめざす京都ラウンドテーブルの実践から」

青木えり（総合地球環境学研究所）

⑤「高知県での地域における気候アクション～住民等の参加・学習の視点から」

松本明（高知大学）准教授

⑥「集团的アクションを通じた気候エンパワメント～環境教育・ESDの視点から」

二ノ宮リム さち（立教大学）教授

総合討論

司会：増原直樹（兵庫県立大学）准教授

2024 年度表彰報告

表 彰 委 員 会

2024 年度の環境科学会学会賞，学術賞，奨励賞，論文賞は，次の方々に贈呈することが，理事会の議を経て決定致しました。各賞受賞者は，2024 年 9 月 9 日（月）～10 日（火）に東京大学で開催される環境科学会 2024 年会でご講演いただき，表彰式で表彰します。

学会賞（1 名）

渡辺知保（長崎大学・教授）

表彰課題：プラネタリーヘルスおよび人間の健康と環境の関係からの環境科学への貢献

学術賞（2 名）

小林憲弘（国立医薬品食品衛生研究所・室長）

表彰課題：水道水質評価における質量分析技術の研究およびその学術的普及

村上一真（滋賀県立大学・教授）

表彰課題：環境配慮行動の促進方策と意思決定プロセスに関する研究

奨励賞（1 名）

青木えり（総合地球環境学研究所・上級研究員）

表彰課題：人々の環境配慮行動とその心理構造の解析に関する研究

論文賞（2 編）

徳村雅弘*，王齊*，石橋龍太郎**，安保貴永**，皆川正和**，三宅祐一*，雨谷敬史*，牧野正和*

（* 静岡県立大学 ** 三菱ケミカル株式会社）

対象論文：炭素材料併用型フォトフェントン反応による汚染物質除去機構の反応速度論的解析
環境科学会誌, 35 巻 2 号, p. 103-112 (2022)

北本靖子*，伊藤理彩*，東海明宏*

（* 大阪大学）

対象論文：水道水源における化学物質流出事故に対する高度浄水処理及び対策オプションの評価
環境科学会誌, 35 巻 3 号, p. 121-136, (2022)

【選考経過等】

環境科学会では，学会規程により，環境科学の研究において顕著な業績をあげた研究者に学会賞，学術賞，奨励賞を，また，環境科学会誌に優秀な論文を発表した著者に論文賞を贈呈することが定められています。上記の 2024 年度各賞受賞者の選考経過は以下のとおりです。

表彰規程に従い，環境科学会 Web サイトに 2023 年 12 月 24 日を締め切りとして，各賞受賞候補者の推薦依頼を会告として告示しました。その結果を受けて，2024 年 1 月 22 日に表彰委員会を開催して各賞受賞候補者を選考し，その選考経過を 2 月 7 日に開催された理事会に報告し，理事会の議を経て各賞受賞者が正式に決定されました。

例年，学会賞受賞者には表彰式後に記念講演を，学術賞受賞者には年会において受賞記念シンポジウムを企画していただき，その中で受賞記念講演を行っていただくよう依頼することとしています。また，奨励賞および論文賞の受賞者についても，年会の関連する一般研究発表あるいはシンポジウムの中でそれぞれ受賞記念講演を行っていただくよう依頼することとしており，現在，年会委員会と協議の上，準備中です。会員の皆様の年会への多数ご参加をお待ちしています。

最後に，2025 年度表彰については，受賞候補者の推薦を 2024 年 11～12 月を締切として会員の皆様にお願ひする予定であることを記して，表彰委員会報告と致します。

[2024 年度表彰委員会]

委員長	藤田 壮	東京大学
理事	高梨啓和	鹿児島大学
	田崎智宏	国立環境研究所
幹事	村上道夫	大阪大学
	沼田大輔	福島大学
委員	加藤博和	名古屋大学
	杉本賢二	大阪公立大学
	田原麻衣子	国立医薬品食品衛生研究所
	徳村雅弘	静岡県立大学
	錦澤滋雄	東京工業大学
	肱岡靖明	国立環境研究所
	棟居洋介	東京工業大学

[2024 年度の各賞受賞者]

「学会賞」

受賞者氏名：渡辺 知保（わたなべ ちほ）

表彰課題：プラネタリーヘルスおよび人間の健康と環境の関係から
の環境科学への貢献

所属・職：長崎大学・教授

専門分野：人類生態学、環境保健学、毒性学、持続可能性と健康

略歴：

1982 年 3 月 東京大学 医学部保健学科 卒業
1984 年 3 月 東京大学 大学院医学系研究科修士課程 修了
1989 年 8 月 東京大学 大学院医学系研究科博士課程 単位取得済退学
1989 年 8 月 東北大学 医学部衛生学講座 助手
1997 年 12 月 東京大学 大学院医学系研究科 国際保健学専攻 人類生態学分野 助教授
2005 年 4 月 東京大学 大学院医学系研究科 国際保健学専攻 人類生態学分野 教授
2006 年 4 月 東京大学 Alliance for Global Sustainability 推進室 教授（兼任）
2010 年 8 月 東京大学 地球観測データ統融合連携研究機構 教授（兼任）
2015 年 4 月 東京大学 日本・アジアに関する教育研究ネットワーク 機構長（兼任）
2017 年 4 月 国立研究開発法人 国立環境研究所 理事長
2021 年 4 月 長崎大学 大学院熱帯医学・グローバルヘルス研究科 教授（現在に至る）
本学会では、副会長（2019~2020）、会長（2021~2022）、顧問（2023~）を歴任。



渡辺 知保
（わたなべ ちほ）

表彰理由：

渡辺知保氏は、人間の健康と環境の関係について多方面かつ国内外で長年研究を行ってきた。毒性学や環境保健学などの専門性に基づいて、子供や将来世代などの脆弱とされる集団を含めた幅広い対象集団への様々な影響を明らかにしてきた。例えば、内分泌攪乱物質が視床下部ニューロンのシナプス形成に与える影響、無機砒素曝露の次世代への影響、注意欠陥多動性障害(AD/HD)の感受性要因、ストレスと栄養が脳機能に及ぼす影響、西ジャワ農村部における水系の化学物質汚染と学童の健康との関係、アジア途上国における環境汚染と小児への曝露影響評価などである。そして、それらに関する論文を国内外で多数発表されている。

近年は、それらの知見をプラネタリーヘルスの研究分野へと展開し、人間・社会の健康と地球の健康は相互に関係するとの考えのもと、より幅広く、システムの地球環境およびローカルの環境を持続的に変えていく学際的な研究を推進するなど、環境科学研究の発展に大きく貢献されてきた。また、環境科学会の運営においても、副会長を2年、会長を2年務められるなど重要な役割を果たし、環境科学会の発展を支えてこられた。

渡辺知保氏のこのような業績は、環境科学ならびに環境科学会の発展に貢献した者に与えられる環境科学会学会賞にふさわしいものと評価できる。

主要業績

【論文】

1. Falk J, Attig-Bahar F, Colwell R.R., Behera S.K., El-Beltagy A.S., von Braun J., Dasgupta P, Gleick P.H., Kaneko R., Kennel C.F., Koundouri P., Lee Y.T., Lovejoy T.E., Luers A., Murray C.A., Lal R., Serageldin I., Sokona Y., Takeuchi K., Taniguchi M., Watanabe C., Yasunari T., Addressing our planetary crisis- Consensus statement from the presenters and International Advisory Committee of the Regional Action on Climate Change (RACC) Symposium held in conjunction with the Kyoto- based Science and Technology in Society (STS) Forum, 1 October 2021 Sustainability Science 17, 5-7 (2022)

2. Asayama S., Emori S., Sugiyama M., Kasuga F., Watanabe C., Are we ignoring a black elephant in the Anthropocene? Climate change and global pandemic as the crisis in health and equality. Sustainability Science 16, 695-701 (2021)
3. Wai K.M., Umezaki M., Umemura M., Ohn Mar, Watanabe C., Protective role of selenium against telomere shortening in newborns induced by in Utero heavy metal exposure. Environmental Research 183, 109202 (2020)
4. Falk J., Colwell R., El-Beltagy A., Gleick P., Kennel C., Lee Y.T., Luers A., Murray C., Serageldin I., Takeuchi K., Watanabe C., Yasunari T., Beyond 2020: converging crises demand integrated responses. Sustainability Science 16, 691-693 (2021)
5. Ebi K.L., Harris F., Sioen G.B., Wannous C., Anyamba A., Bi P., Boeckmann M., Bowen K., Cisse G., Dasgupta P., Dida G.O., Gasparatos A., Gatzweiler F., Javadi F., Kanbara S., Kone B., Maycock B., Morse A., Murakami T., Mustapha A., Pongsiri M., Suzan G., Watanabe C., Capon A., Transdisciplinary research priorities for human and planetary health in the context of the 2030 agenda for sustainable development, International Journal of Environmental Research and Public Health 17, 8890 (2020)
6. 渡辺知保, 微量元素と成長・発達, 日本健康学会誌, 83(6), 184-190 (2017)

など多数

【書籍】

- ・ 渡辺知保, 梅崎 昌裕, 中澤 港, 大塚 柳太郎, 関山 牧子, 吉永 淳, 門司 和彦: 人間の生態学, 朝倉書店 (2011)

ほか多数

学術賞

受賞者氏名：小林 憲弘（こばやし のりひろ）

表彰課題：水道水質評価における質量分析技術の研究およびその学術的普及

所属・職：国立医薬品食品衛生研究所・室長

専門分野：分析化学

略歴：

2000 年 上智大学理工学部化学科 卒業

2002 年 横浜国立大学工学研究科物質工学専攻博士課程前期修了

2004 年 横浜国立大学大学院環境情報学府環境マネジメント専攻博士課程後期 修了

2004 年 産業技術総合研究所化学物質リスク管理研究センター 研究員

2008 年 産業技術総合研究所安全科学研究部門研究員

2011 年 国立医薬品食品衛生研究所生活衛生化学部第三室研究員

2012 年 国立医薬品食品衛生研究所生活衛生化学部第三室主任研究官

2013 年 国立医薬品食品衛生研究所生活衛生化学部第三室室長（現在に至る）



小林 憲弘
（こばやし のりひろ）

表彰理由：

小林憲弘氏は、水道水質評価における質量分析技術の利活用に関し、環境科学会誌等において多くの成果を公表しており、質量分析技術の研究およびその学術的普及に大いに貢献した。その成果は、環境科学会における論文賞、奨励賞、優秀研究企画賞などで高く評価されており、一連の研究としての学術的価値が認められる。とくに、分析結果の精度や確度の管理に関する実学的・体系的な成果は有用性が高く、他に例を見ない優れた成果である。また、グルホシネートやグリホサートなどの水道工学において重要かつ時節を得た物質を対象とした点や、日常的な水道水質評価業務に適用すべく、簡易定量技術と呼べる技術の精度や確度の管理に注力するなど、実学に特化して研究を展開している点も評価に値する。以上のように、小林憲弘氏の研究業績と活動は、環境科学分野において特に優れた研究業績を挙げた者に与えられる環境科学会学術賞にふさわしいと評価できる。

主要業績：

【論文】

1. 木下輝昭, 小田智子, 栗田翔, 山崎貴子, 猪又明子, 佐久井徳広, 野原健太, 中村李, 土屋裕子, 小林憲弘, 水道水中農薬の GC/MS スクリーニング分析データベースの構築と定性・定量精度の検証. 環境科学会誌, 37(2), 53-63 (2024)
2. 小林憲弘, 土屋裕子, 五十嵐良明, GC/MS ターゲットスクリーニング分析法による水道水中農薬の定量精度の評価, 環境科学会誌, 35(2), 34-48 (2022)
3. 小林憲弘, 土屋裕子, 高木総吉, 五十嵐良明, 水道水中農薬の GC/MS スクリーニング分析法の開発と実試料への適用, 環境科学会誌, 33(5), 136-157 (2020)
4. 小林憲弘, 木下輝昭, 鈴木俊也, 高木総吉, 吉田仁, 望月映希, 小林浩, 辻清美, 上村仁, 植田紘行, 齋藤信裕, 岩間紀知, 粕谷智浩, 古川浩司, 塚本多矩, 市川千種, 久保田領志, 五十嵐良明, 水道水中のグルホシネート・グリホサート・AMPA の LC/MS/MS 一斉分析法の妥当性評価, 環境科学会誌, 29(3), 137-148 (2016)
5. 小林憲弘, 久保田領志, 齋藤信裕, 木村謙治, 宮崎悦子, 平林達也, 水田裕進, 木村慎一, 宮本紫織, 大倉敏裕, 中村弘揮, 粕谷智浩, 古川浩司, 塚本多矩, 市川千種, 高原玲華, 林田寛司, 京野完, 佐久井徳広, 山本五秋, 齋藤香織, 五十嵐良明, 水道水中のイミノクタジン・ジクワット・パラコート LC/MS/MS 一斉分析法の妥当性評価, 環境科学会誌, 29(1), 3-16 (2016)
6. 久保田領志, 小林憲弘, 五十嵐良明, 固相抽出ー液体クロマトグラフィーー質量分析計によるハロアセトアミド類の分析法の開発及び水道水中の存在実態, 環境科学会誌, 28(2), 143-152 (2015)

7. 小林憲弘, 久保田領志, 佐々木俊哉, 五十嵐良明, 水道水中のイミノクタジン・ジクワット・パラコートの LC/MS/MS 一斉分析法の開発, 環境科学会誌, 28(2), 117-125 (2015)
8. 小林憲弘, 久保田領志, 田原麻衣子, 杉本直樹, 塚本多矩, 五十嵐良明, 水道水中の農薬類の LC/MS/MS 一斉分析法の開発, 環境科学会誌, 27(1), 3-19 (2014)
9. 小林憲弘, 久保田領志, 田原麻衣子, 清水久美子, 杉本直樹, 西村哲治, 水道水質管理目標設定項目の候補とされている農薬の GC/MS 一斉分析法の開発, 環境科学会誌, 25(5), 378-390 (2012)
10. 小林憲弘, 土屋裕子, 石井一行, 馬場紀幸, 林田寛司, パージ・トラップ・ガスクロマトグラフィー質量分析による水道水中の揮発性有機化合物の分析精度に影響を与える要因の解析, 環境化学, 34, 1-8 (2024)
11. 小林憲弘, 土屋裕子, 木下輝昭, 高木総吉, 中嶋京介, 広木孝行, 平林達也, 藤井裕美, 栗原正憲, 関川慎也, 奥村学, 古口健太郎, 樋口雄一, 大瀧翔吾, 代龍之介, 古川浩司, 松巾宗平, 松澤悠, 高原玲華, 五十嵐良明, 液体クロマトグラフ質量分析計による水道水中のメチルダチオンオキシソンの分析法の検討と妥当性評価, 水道協会雑誌, 92(7), 5-17 (2023)
12. 小林憲弘, 土屋裕子, 高木総吉, 吉田仁, 大窪かおり, 北原健一, 坂本晃子, 木下輝昭, 仲野富美, 橋本博之, 古川浩司, 粕谷智浩, 岩間紀知, 平林達也, 小嶋隼, 林幸範, 古口健太郎, 五十嵐良明, 水道水中農薬の GC/MS スクリーニング分析におけるクロマトグラム解析の誤差要因の分析, 環境化学, 33, 26-40 (2023)
13. Kobayashi N., Takagi S., Kinoshita T., Sakata O., Nakano F., Watanabe N., Nomura A., Kawai N., Hiraiwa T., Okumura M., Furukawa K., Kasuya T., Iwama N., Yonekubo J., Takahara R., Tanaka S., Tsuchiya Y., Ikarashi Y., Development and validation of an analytical method for simultaneous determination of perfluoroalkyl acids in drinking water by liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Journal of Water and Environment Technology*, 20(6), 219-237 (2022)
14. Horibata K., Takasawa H., Hojo M., Taquahashi Y., Shigano M., Yokota S., Kobayashi N., Sugiyama K., Honma M., Hamada S., In vivo genotoxicity assessment of a multiwalled carbon nanotube in a mouse ex vivo culture. *Genes and Environment*, 44(1), 24 (2022)
15. Hojo M., Maeno A., Sakamoto Y., Ohnuki A., Tada Y., Yamamoto Y., Ikushima K., Inaba R., Suzuki J., Taquahashi Y., Yokota S., Kobayashi N., Ohnishi M., Goto Y., Numano T., Tsuda H., Alexander D.B., Kanno J., Hirose A., Inomata A., Nakae D., Two-year intermittent exposure of a multiwalled carbon nanotube by intratracheal instillation induces lung tumors and pleural mesotheliomas in F344 rats. *Particle and Fibre Toxicology*, 19, 38 (2022)
16. 小林憲弘, 高木総吉, 木下輝昭, 仲野富美, 古川浩司, 粕谷智浩, 松巾宗平, 寺中郁夫, 山本剛, 米久保淳, 田中誠也, 丹羽宏之, 会田祐司, 高原玲華, 齊藤香織, 五十嵐良明, 液体クロマトグラフィー質量分析による水道水中の陰イオン一斉分析法の検討と妥当性評価. 水環境学会誌, 45(2), 51-66 (2022)
17. 小林憲弘, 土屋裕子, 五十嵐良明: イプロジオンの水中での分解性と検査法の検討. 水道協会雑誌, 90(11), 11-22 (2021)
18. Abe Y., Kobayashi N., Yamaguchi M., Mutsuga M., Ozaki A., Kishi E., Sato K., Determination of formaldehyde and acetaldehyde levels in poly (ethylene terephthalate) (PET) bottled mineral water using a simple and rapid analytical method. *Food Chemistry*, 344, 128708 (2021)

など多数

【書籍】

1. 馬場健史, 松本雅記, 松田史生, 山本敦史, 決定版 質量分析活用スタンダード～代謝物からタンパク質, 食品・環境の分析まで質量分析のポテンシャルを活かしきる戦略とプロトコール (担当: 実践編 III. 検査・材料・無機 2. 食品・環境の検査 ターゲット分析における分析方法の妥当性評価), 羊土社 (2023)
2. 上水試験方法 2020 年版, 小林憲弘 (担当: I. 資料・総説編, III. 有機物編), 日本水道協会 (2021)
3. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 111 "Some Nanomaterials and Some Fibres" (担当: "4. Mechanistic and other relevant data" の一部) IARC 2017 年 5 月 (ISBN: 9789283201496)
4. 高橋道人, 福島昭治, 伊東毒性病理学 (担当: 5.10 ナノマテリアル), 丸善出版 (2013)
5. World Health Organization, WHO 飲料水水質ガイドライン, 国立保健医療科学院 (共訳, 担当: 第 12 章 12.1), 国立保健医療科学院 (2012)

6. 小林憲弘, 内藤航, 中西準子, 鉛 [詳細リスク評価書シリーズ 9], NEDO 技術開発機構, 産業技術総合研究所化学物質リスク管理研究センター, 丸善 (2006)

学術賞

受賞者氏名：村上 一真（むらかみ かずま）

表彰課題：環境配慮行動の促進方策と意思決定プロセスに関する研究

所属・職：滋賀県立大学・教授

専門分野：行動経済学，環境経済学，開発経済学

略歴：

1998年3月 広島大学 経済学部 卒業

2000年3月 広島大学 大学院国際協力研究科博士課程前期修了

2000年4月 三菱UFJリサーチ&コンサルティング 研究員

2007年3月 広島大学 大学院国際協力研究科博士課程後期修了

2011年4月 アジア太平洋研究所 研究員

2013年4月 滋賀県立大学 環境科学部 環境政策・計画学科 准教授

2022年4月 滋賀県立大学 環境科学部 環境政策・計画学科 教授（現在に至る）



村上 一真
（むらかみ かずま）

表彰理由：

村上一真氏は、環境政策の効果発現，環境配慮行動の促進方策，個人の環境配慮行動の意思決定プロセスなどの観点から，グリーンでレジリエントなサプライチェーン，省エネ・省資源行動，節電，緑のカーテン，森林環境税，森林ボランティア活動などの幅広い対象の研究を精力的に行ってきた。他者への参照やヒューリスティックによる意思決定プロセスなど，より複雑かつ現実的な要素を組み込んだそれらの研究成果は，環境科学会誌を含む多数の論文として報告されている。環境経済学・環境経営学・環境政策学の分野への学術的発展に大いに資するものである。環境科学会では，論文賞を1回，優秀研究企画賞を1回受賞するなど，環境科学会における功績も大きい。また，著書を継続的に出版し，研究成果の社会還元・社会実装を意識している点も評価できる。このような村上一真氏の研究業績と活動は，環境科学分野において特に優れた研究業績を挙げた者に与えられる環境科学会学術賞にふさわしいものと評価できる。

主要業績：

【論文】

1. 村上一真，街なかの市民共同発電が住民の節電行動等に与える影響の分析：滋賀県湖南市と守山市を対象として，環境科学会誌，34(3)，139-151(2021)
2. 村上一真，街なかの緑のカーテンが住民の節電行動と温暖化防止に取り組む自治体への信頼に与える影響の分析，環境科学会誌，33(1)，1-13(2020)
3. 村上一真，平山 奈央子，自然環境の価値認識と保全活動意欲に関する構造分析：早崎内湖を事例として，環境科学会誌，31(3)，123-135(2018)
4. 村上一真，2011年夏季の専業主婦の節電行動の規定要因の分析：個人費用便益認知と社会費用便益認知の比較を中心に，環境科学会誌，28(1)，16-26(2015)
5. 村上一真，節電目標の理解度と停電への不安・恐怖が節電行動・節電率に与える影響の分析，環境科学会誌，26(5)，401-412(2013)
6. 村上一真，住民の森林環境税制度受容に係る意思決定プロセスの分析：手続き的公正の機能について，環境科学会誌，26(2)，118-127(2013)
7. Murakami, K., Kinbara, T., The relationship between shareholder value and international transfer of environmental management practices, International Review of Business 19, 57-69(2021)
8. 藤本穂乃佳，白木裕斗，村上一真，住宅に対する住民評価の要因分析：省エネ性の影響，土木学会論文集 G(環境)，77(5)，I_331-I_339(2021)
9. 白木裕斗，佐藤真，村上一真，企業における電気自動車の導入実態と導入意思の要因分析，土木学会論文集 G(環境)，76(5)，I_187-I_95(2020)

10. 村上一真, 緑のカーテン実施に係る規定要因の分析：近隣住民との関わりに着目して, 環境システム研究論文集, 47, II_49-II_57 (2019)
 11. 村上 真, 緑のカーテン実施の意思決定プロセスの分析：街なかの緑のカーテンの知覚の影響, 土木学会論文集 G(環境), 75(5), I_211-I_222 (2019)
 12. 村上一真, 平山 奈央子, 地域の自然資源の価値の維持のために望まれる保全活動主体の分析：早崎内湖自然再生事業を事例として, 土木学会論文集 G(環境), 75(5), I_223-I_232 (2019)
 13. 村上一真, 平山 奈央子, 地域住民による交流の場としての価値評価と保全活動意欲に関する構造分析, 土木学会論文集 G(環境), 73(5), I_173-I_181 (2017)
 14. 矢守裕貴, 村上一真, 違反駐輪抑止に対するポジティブメッセージ「感謝」の効果検証：大学構内での社会実験に基づく実証, 土木学会論文集 G(環境), 72(5), I_85-I_91 (2016)
 15. 小松郁也, 村上一真, 住民の河川保全活動への参加と継続の要因に関する構造分析：アダプト・プログラムに着目して, 土木学会論文集 G(環境), 71(5), I_347-I_355 (2015)
 16. 寺村友里, 村上一真, 大学生の環境配慮行動の規定因の分析：大学内の環境への取り組みに着目して, 土木学会論文集 G(環境), 71(5), I_337-I_345 (2015)
 17. Kimbara, T., Murakami, K., Tapachai, N., Environmental management transfer and environmental performance by Japanese firms in Thailand, Applied Environmental Research 36(4), 81-90 (2014)
 18. 村上一真, 森林環境税導入地域を対象とした森林行政への信頼の規定要因に関する分析, 心理学研究, 83(5), 463-471 (2012)
 19. 村上一真, 森林環境税の必要性判断に係る意思決定プロセスの分析：地域への愛着と地域との関わりに係る分析, 環境経済・政策研究, 5(1), 34-45 (2012)
 20. 村上一真, 集団での環境配慮行動の協力意向に係る規定要因の構造分析, 土木学会論文集 G(環境), 67(5), I_177-I_186 (2011)
 21. Murakami, K. Matsuoka, S., An empirical study of the methodology for assessing social capacity: The case of urban air quality management, Japanese Journal of Evaluation studies 9(2), 1-16 (2009)
 22. Murakami, K. Matsuoka, S., Evaluation of social capacity for urban air quality management, Japanese Journal of Evaluation Studies 8(2), 65-81(2008)
- など多数

【書籍】

1. 村上一真, 環境政策の効果と環境配慮行動の分析：地域の自然環境の保全と創出の行動経済学, 日本評論社 (2021)
2. 金原達夫, 村上一真, 環境経営のグローバル展開：海外事業およびサプライチェーンへの移転・普及のメカニズム, 白桃書房 (2016)
3. 村上一真, 環境配慮行動の意思決定プロセスの分析：節電・ボランティア・環境税評価の行動経済学, 中央経済社 (2013)
4. 村上一真, 環境と開発の政治経済学：持続可能な発展と社会的能力, 多賀出版 (2007)

奨励賞

受賞者氏名：青木 えり（あおき えり）

表彰課題：人々の環境配慮行動とその心理構造の解析に関する研究

所属・職：総合地球環境学研究所・上級研究員

専門分野：環境システム

略歴：

- 2012 年 日本学術振興会, 特別研究員 (DC2)
- 2014 年 東京大学, 大学院工学系研究科, 都市工学専攻 修了
- 2014 年 東京大学, 国際高等研究所 サステナビリティ学連携研究機構, 特任研究員
- 2016 年 慶應義塾大学, 大学院 政策・メディア研究科, 特任助教
- 2018 年 東洋大学, 情報連携学部, 助教
- 2023 年 総合地球環境学研究所, 上級研究員 (現在に至る)



青木 えり
(あおき えり)

表彰理由：

青木えり氏は、人々の環境配慮行動に関する特徴を明らかにするとともに、心理モデルの構造化解析に関する多数の論文を発表し、脱炭素社会の実現に向けて貢献している。コロナ禍におけるテレワークによる二酸化炭素排出量低減効果の解析やその利用状況の特性評価など、時宜にかなった課題にも取り組んでいる。環境科学会誌をはじめとした多数の学術雑誌に論文が掲載され、高い評価を得ている。このように、環境科学の分野での社会的・学術的發展に大きく貢献している。

主要業績：

【業績課題に係わる主要論文】

1. 青木えり, 平松あい, 花木啓祐, コロナ禍におけるテレワークの期間限定利用者と継続利用者の特徴分析-東京 23 区と栃木県での勤務者を対象とした調査-, 環境科学会誌, 36(4), 122-134 (2023)
2. 森島隆宏, 栗栖聖, 中谷隼, 青木えり, 森口祐一, 食料支援団体の現状および市民農園との連携受容性, 環境科学会誌, 34(6), 281-288 (2021)

【論文】

1. Aoki E., Shirai N., Baba K., Masuhara N., Taniguchi M., Developing behavioral models of citizens for adapting to and mitigating climate change: A study on four prefectures in Japan, Frontiers in Climate, 6, (2024)
2. 青木えり, 平松あい, 花木啓祐, コロナ禍のテレワークによる CO2 排出量低減効果の推定, 土木学会論文集 G (環境), 79(26) 17-29 (2023)
3. 白井 信雄, 田中 充, 青木 えり, 気候変動への緩和・適応行動の意識構造の分析: -地域における気候変動学習のために-, 環境教育, 25(2), 2_62-71 (2015)
4. 青木えり, 栗栖聖, 花木啓祐, 様々な環境配慮行動に対応する心理モデルの探索的な構築, 土木学会論文集 G (環境), 69(6), II_93-II_104 (2013)
5. 青木えり, 栗栖聖, 花木啓祐, 各地方自治体における市民の環境配慮行動を規定する要因分析, 環境システム研究論文集, 40(6), II.165-II.176-II_176 (2012)
6. 青木えり, 栗栖聖, 中谷隼, 花木啓祐, 家庭における環境配慮行動の類型化とその特徴分析, 環境工学研究論文集, 48, III.615-III.625 (2011)
7. 青木えり, 栗栖聖, 中谷隼, 花木啓祐, 市民の環境配慮行動に対する全国 47 都道府県の現状分析と地域間比較, 環境システム研究論文集, 38, 17-26 (2010)

【書籍】

1. Matsuda H., Sekiyama M., Tsuchiya K., Chen C., Aoki E., Rimbawan R., Nguyen T.T., Framing in sustainability science : theoretical and practical approaches, Springer, 2020.

論文賞

受章者氏名：徳村雅弘*, 王齊*, 石橋龍太郎**, 安保貴永**, 皆川正和**, 三宅祐一*, 雨谷敬史*, 牧野正和*

対象論文：炭素材料併用型フォトフェントン反応による汚染物質除去機構の反応速度論的解析, 2022 年 35 巻 2 号 p. 103-112

受賞論文における所属：* 静岡県立大学 ** 三菱ケミカル株式会社

表彰理由：

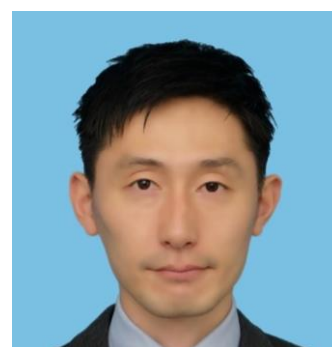
本論文は、アゾ染料であるオレンジ II を用い、反応速度論的な解析に基づいて、炭素材料併用型フォトフェントン反応の促進機序の解明を行ったものである。炭素材料への吸着およびフォトフェントン反応による分解について、緻密で重厚な調査にもとづいて丁寧に記述してある。フォトフェントン反応との併用により適した炭素材料の開発の可能性を示していることから、将来的な展開が期待できる内容となっている。より効率的な炭素材料の提案は、環境科学的な意義の高いものと評価できる。以上により、本論文は、本会の論文賞に値すると考えられる。



徳村 雅弘
(とくむら まさひろ)



王 齊
(Qi WANG)



石橋 龍太郎
(いしばし りゅうたろう)



安保 貴永
(あんぼ たかのり)



皆川 正和
(みながわ まさかず)



三宅 祐一
(みやけ ゆういち)



雨谷 敬史
(あまがい たかし)



牧野 正和
(まきの まさかず)

受章者氏名：北本靖子*，伊藤理彩*，東海明宏*

対象論文：水道水源における化学物質流出事故に対する高度浄水処理及び対策オプションの評価，2022 年
35 巻 3 号 p. 121-136

受賞論文における所属：* 大阪大学

表彰理由：

本研究は，過去に発生した水源水質事故事例にもとづいて，浄水場におけるオゾン処理及び粒状活性炭処理といった高度浄水処理による低減が十分であるかを検討するとともに，対応オプションについて評価したものである。全体的に丁寧な解析と考察に支えられており，論文としての完成度が高い。化学物質の流出事故という時宜にかなった重要なテーマを扱った中で，費用対効果分析による具体的提言を導出している点に環境科学としての有用性がある。以上により，本論文は，本会の論文賞に値すると考えられる。



北本 靖子
(きたもと やすこ)



伊藤 理彩
(いとう りさ)



東海 明宏
(とうかい あきひろ)

プラネタリーヘルスは実現できるのか Is Planetary health achievable?

長崎大学大学院プラネタリーヘルス学環 ○渡辺知保

1. はじめに

この度、「プラネタリーヘルスおよび人間の健康と環境の関係からの環境科学への貢献」という課題で学会賞を授与されるにあたり、学会長はじめ、表彰委員会ならびに関係各位に感謝いたします。

ここでは、プラネタリーヘルス (PLH) とは何かについて簡単に触れたのちに、この「領域」の現状とこれからの方向性について紹介し、プラネタリーヘルスというものが実現される見通しについて、自分なりの考えを述べてみたい。講演の中では、PLH と環境科学との関連、ならびに私自身の「出自」でもある人類生態学との関連についても触れたいと考えている。

2. プラネタリーヘルスの登場の経緯と定義をめぐって

PLH とは何かについては、2022 年の公開講演会などでも紹介してきたが、2015 年に医学・保健領域の著名な学術誌「ランセット」に公表された論文⁽¹⁾で“売り出された”概念で、地球およびその生態系の健康と人間およびその社会（文明）の健康との2つを指し、それらが相互依存しているという点を重視する枠組み (frame- work) である。同時に、この枠組みを用いて、科学的知見を踏まえた上で持続可能な社会への変革あるいは転換 (transition) をめざす実践的活動を含めたものを PLH と定義している場合もあり、事実上、概念的な定義と活動のカテゴリーを含む定義とが混在している。ランセットの論文も真空から登場したわけではなく、同誌の編集長が前年には editorial の中で PLH に言及しており、そこで目指したのは公衆衛生の主流化(mainstreaming)であって、同誌とロックフェラー財団とが共同で委員会を設置し、その議論の結論が 2015 年の論文として発表された。

PLH が唱えた枠組みは、ある意味では至極当然のことであり、それに類する考え方はさまざまなところで見ることができる。例えば米国生態学会で提唱された Earth Stewardship や Folke, Rockstrom, Osrtom などが共著者に名を連ねた論文⁽²⁾に、PLH のコアとなる考え方はすでに揃っていたとも言える。また、私の出自である人類生態学 (human ecology) は、人間集団の活動が

環境に影響を及ぼしそれが再び人間に還ってくる、という基本的に PLH と同じ枠組みの上に成り立っているが、この言葉は 19 世紀終盤に Ellen Swallows という米国の女性研究者によって生みだされたと言われている。さらに、PLH の考え方はヒポクラテスにまで遡れるという指摘に同意するならば、PLH は紀元前から存在していたことになる。むしろ、古来から存在していた至極当然の考え方が、いつの間にか影が薄くなっていて、これをあらためて取り上げざるをえない現状に至った理由こそが問題なのかも知れない。

3. 展開と現状

そのような長い歴史はひとまず置いて、PLH という言葉を使ったランセット論文が出発点と考えると、今年は PLH が登場して 10 年目になる。自分が PLH (というコトバ) にかかわるようになったというバイアスもあるだろうが、2019 年前後から PLH というコトバがさまざまな場所で取り上げられるようになったのではないかと感ずる。例えばデータベース Pubmed で PLH を含む文献がふえるのは 2020 年代にはいつてからである (これには 2017 年にランセット誌から独立した Lancet Planetary Health —オンライン誌—の刊行が影響しているだろう)。同年には世界的なコンソーシアムである Planetary Health Alliance (PHA) がハーバード大に事務局をおいて作られ、この枠組みを広く浸透させることをミッションに掲げた。PHA は 2023 秋に事務局がジョンス・ホプキンス大に移動し現在に至っているが、2024 年春の時点で、加盟組織 (研究教育機関、NPO、自治体以外に。国としての加盟も複数) は 70 カ国以上から 400 以上を数える。最大のイベントは年次総会であるが、本年 4 月にマレーシアで開催された大会には 700 名以上 (オンラインをあわせて 1,000 名以上) が参加する規模まで育ってきている。日本でも、昨年アライアンスの日本ハブを組織し、PHA 本体とも連携しつつ活動を開始したところである。PHA の主要な取り組みは、PLH にかかわる研究・教育情報の共有と推進に加えて、PLH の知見を社会変革に結びつけることであり、アカデミア以外を含む超学際的な要素を積極的に取り入れている点が特徴と言える。

【学会賞記念講演】

教育研究については2017-18年頃から特に米国の大学を中心に取り組みが進められてきている。既出のハーバード、ジョンズ・ホプキンス以外では、カリフォルニア大が全キャンパス横断型の研究センターを持っている。ヨーロッパではロンドン大学（公衆衛生熱帯医学院）、IS グローバル（バルセロナ）、オーストラリアではモナシュ大などが、全学規模で取り組んでいる。教育では20カ国以上の大学において50を超える学位プログラムが提供されている。日本では長崎大が2020年にPLHの実現への挑戦を宣言して取り組んだのが最初で、2022年に大学院連携研究科としてプラネタリーヘルス学環を設置し、Doctor of Public Healthを稼働させた。同大以外にも広島大、東京大がそれぞれ研究センターを設置あるいは準備している他、医科歯科大にも短期研修のプログラムが用意されているなど、国内にも関心を持つ大学が増えている。

民間では、医療系シンクタンクである日本医療政策機構（黒川清代表理事）がPLHプロジェクトを立ち上げ、企業や政治にも働きかけて組織的な動きに向けて尽力している。こうした活動も影響して、2023年からはPLHというコトバが、環境省の第6次環境基本計画（2024～）や、内閣府のSDGs実施指針改訂（2023.12月）など行政文書にも登場するようになった。国連関係機関では、2021年末にWHO、FAO、WOAH（国連機関ではない）にUNEPも加わって「ワン・ヘルス」の定義が行われたが、この定義はPLHの定義とほぼ重なっている。

4. 課題と展望—PLHは実現できるのか？

このように、PLHに取り組む組織は増え、関連したイベントも多くなっているのは確かであるが、課題も見えて始めた。一つはPLHの実現を目指せといったところで、どちらに向かっていったらよいのかが明確になっていないということが挙げられよう。PHAは本年の年次総会において、PLHの実現に向けてのロードマップ³⁾を採択した。このロードマップは、PLH実現を目指す活動のガイドラインと位置付けられているが、その第一の到達目標が「PLHを測定するための指標の開発」となっている。そのようなコンボジット指標が開発できたならば、ちょうど人間ドックで自分の健康状態についての“総合評価”が採点されるように、地域や事業体のPLHとしての健康度がどんな状態にあるのか、その改善にどのような対策を講ずるのがよいのかなども示唆されるようになるだろう。しかし、直感的に

もわかるように、この評価には（人間の健康以上に）多分に価値観を反映することになるから、それをどのような形で指標に織り込んでいくのかなどを含めて、人間の健康指標の場合にはなかった一工夫が必要なのは間違いない。

もう一点は、実践的な問題である。PLHの実現には、多くの科学の領域のみならずアカデミア以外のセクターの参画が必須であるが、それを促すのに有効かつ汎用性の高い方法が明らかでないということである。前述のロードマップにおいてもこの“コミュニケーション”の問題は大きな課題の一つとして採り上げられているが、既に述べた“至極当然な枠組み”を失ったのはなぜなのかを明らかにすることと表裏一体の課題とも言えよう。そこでは環境や社会の現状を分析するとともに、人間自身の意思決定や行動の分析も重要になると思われる。

PLHの実現可能性には、それをどう判断するのかという指標設定の問題（先ほど述べた）も含んでさまざまな答えが考えうる。プランネタリーバウンダリーズ（あるいは、その進化形のEarth System Boundaries⁴⁾）の域をはみ出ずに誰もが生活できる状況を、PLHが実現された状況とみなすとして、カギとなるのは地球環境と人間社会それぞれの変化のスピードであり、後者には上述の「コミュニケーション」が決定的な役割を持つ。これらの点についても講演の中で触れていきたい。

参考文献

- 1) Whitmee et al. (2015) Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation-Lancet Commission on planetary health. Lancet 386, 1973-2028.
- 2) Folke et al. (2011) Reconnecting to nature. Ambio DOI 10.1007/s13280-011-0184-y.
- 3) Planetary health. Roadmap and Action Plan. <https://www.planetaryhealthalliance.org/roadmap>
- 4) Rockstrom et al. (2023) Safe and just Earth System Boundaries. Nature DOI 10.1038/s41586-023-06083-8.

キーワード

プラネタリーヘルス、人類生態学、プラネタリーバウンダリーズ

口頭発表

9 月 9 日（月）

撥水剤・防曇剤に含まれる有機フッ素化合物 PFAS の包括的定量分析 Simultaneous determination of PFAS in the water-repellents and the anti-fog agents

横浜国立大学 ○南村紬、磯部大斗、齋藤隼輝、国立環境研究所 松神秀徳、横浜国立大学 三宅祐一

1. はじめに

有機フッ素化合物 PFAS は残留性、高蓄積性、有害性が懸念され、PFAS 全体の管理が求められる。PFAS は身近な製品に使用されるが、近年、撥水剤・防曇剤中から新規 PFAS が検出されたと報告され¹⁾、新規 PFAS を含めた実態調査が必要である。しかし化合物ごとの個別分析だけでは、数千種以上存在する PFAS を網羅的に分析できない。本研究では市販の撥水剤・防曇剤を対象に、PFAS 個別分析に加えて総フッ素分析によるマスバランス解析、加水分解による分解生成能の評価を行い、製品中 PFAS を包括的に評価した。また未知の PFAS に対し、ノンターゲット解析ツールを用いて構造推定を行った。

2. 方法

2023 年に購入した撥水剤・防曇剤 8 製品を対象とした。各製剤をメタノールに溶解させ、GC-MS/MS、LC-MS/MS による 119 種の PFAS 個別分析、および燃焼イオンクロマトグラフ (CIC) による総フッ素 (TF) 分析を行った。また PFAS 個別分析で同定、定量されなかった未知 PFAS の構造を推定するために、LC-TOF-MS を用いて未知ピークの探索およびマススペクトルの測定を行った。さらに、得られたマススペクトルについて、ノンターゲット解析ツールを用いて構造解析を行った。

3. 結果と考察

3.1 PFAS 個別分析及びフッ素マスバランス解析

撥水剤・防曇剤 8 製品に対する PFAS 個別分析の結果、主に検出された PFAS は 6:2 FTOH および 6:3 FTOH であり、それぞれ 7 製品中から 0.43~730 mg/kg、5 製品中から 0.15~20 mg/kg で検出された。一方で総フッ素 (TF) 分析の結果、TF 濃度は製品 6 を除き 5000~90000 mg-F/kg と高濃度であった。フッ素マスバランス解析の結果、TF 濃度の 90%以上が個別分析で同定できない未知フッ素化合物であることが示され、また PFAS 個別分析で検出された PFAS は製品中の不純物であると考えられた。

3.2 加水分解による PFAS 分解生成能の評価

未知 PFAS の含有が示唆された 6 製品について、抽出液を加水分解し、同様に PFAS 個別分析を行った。その結果、加水分解前後で個別 PFAS の濃度は増加しなかつ

た。これより、今回の撥水剤・防曇剤中には、加水分解生成能を有するフッ素化合物は含まれないことが示された。なお、製剤はメタノールに完全に溶解することから、非ポリマー性の未知 PFAS が含まれると考えられる。

3.3 ノンターゲット解析ツールを用いた構造推定

LC-TOF-MS による未知ピークの探索とマススペクトル測定を行い、各製品で最も強度が高いピークに対し、ノンターゲット解析ツール (MetFrag、SIRIUS) を用いて未知 PFAS の構造推定を行った。製品 5 について、クロマトグラム (図 1) 中で最も強度の高いピークに対し推定を行った結果、2 つの解析ツールで共通の候補物質が複数得られた。そのうち、個別分析で微量に検出されていた 6:2 FTOH、6:3 FTOH に関連した部分構造を有する物質 ($C_{30}H_{18}F_{26}N_2O_4$) を、より妥当性のある候補と考え最終候補物質として選定した。同様に製品 2、4 についても、最も強度が高いピークの保持時間とマススペクトルが製品 5 と一致しており、同様に $C_{30}H_{18}F_{26}N_2O_4$ が製品中の主要 PFAS と推定された。なお図 1 中で、今回構造推定を行ったピークの他にも、未知 PFAS と考えられるピークが複数検出されており、最も強度の高いピーク以外についても、同様に構造推定を行う予定である。

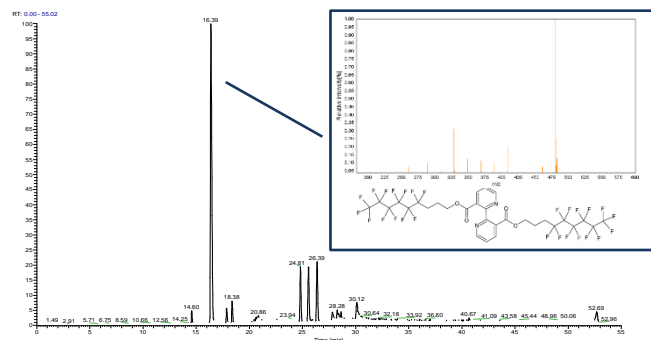


図 1 LC-TOF-MS による製品 5 のクロマトグラム

4. 謝辞

本研究は、環境研究総合推進費の助成を受け実施した。
(3-2102: JPMEERF20213002、3-2403: JPMEERF20243003)

参考文献

- 1) Herkert *et al.* (2022) *Environ. Sci. Technol.*, **56**(2), 1162-1173

キーワード：有機フッ素化合物 (PFAS)、撥水剤・防曇剤、フッ素マスバランス解析、構造推定

DGT-パッシブサンプラーに蓄積した重金属等の前処理迅速化の検討

Evaluation of pretreatment for urgent analysis of heavy metals collected on DGT-passive sampler

地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所 ○森 育子, 矢吹 芳教

1. はじめに

薄膜拡散勾配法 (DGT: Diffusive Gradients in Thin-films) によるパッシブサンプリング手法は、水中の対象物質の時間平均濃度を把握するための有効な手段である。しかしながら、検液の調製に時間を要し、災害・事故時のような緊急性を要するときに、水環境汚染を迅速に把握することが難しい。ここでは、検液調製時間の短縮を試みた結果を報告する。

2. 方法

DGT - パッシブサンプラーは LSNX-NP (DGT Research)を用いた。LSNX-NP は、Chelex/titanium oxide BL を用いた水中の金属、陽イオン、oxyanionic、及びりん用のパッシブサンプラーである。このサンプラーを 500 mL ポリ容器の蓋から釣り糸で吊り下げ、20℃のインキュベータ内で試験液に 24 時間浸漬した。試験液は、混合標準液 (XSTC-331, SPEX) を、各項目 (Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn) の濃度が 0.02 mg/L、pH が 7 となるよう調製した溶液を用いた。浸漬中は、対象項目のサンプラー周辺の水中における濃度勾配を可能な限り小さくするため、スターラーで試験液を 600 rpm で攪拌し続けた。24 時間後にサンプラーを試験液から引き揚げ、DGT Research 社のマニュアル¹⁾に記載されている酸・アルカリ溶出により検液を調製した。また、溶出時間を短縮するため、酸溶出のみでも検液を調製した。検液中の対象項目の定量には、ICP-OES (5110 ICP-OES, Agilent) を用いた。得られた測定値から、マニュアル記載の式により水中濃度に換算した。以降、酸・アルカリ溶出により調製した検液から換算された水中濃度を酸・アルカリ溶出 DGT 濃度、酸溶出により調製された検液から換算された水中濃度を酸溶出 DGT 濃度とする。一方、浸漬前後の試験液中の各項目濃度を、ICP-OES 法で同様に定量し、その平均値を試験液濃度とした。

3. 結果と考察

試験液濃度と酸・アルカリ溶出 DGT 濃度をプロットしたところ、大半の元素は概ね 1:1 に対応していた (図 1)。1:1 の関係から最も外れていた Al のデータを除いた各項目について、酸・アルカリ溶出濃度の試験液濃度

に対する比の中間値は 0.76 であった。また、試験溶液濃度と酸溶出 DGT 濃度をプロットしたところ、酸・アルカリ溶出 DGT 濃度と同様に、大半の元素が概ね 1:1 に対応していた (図 1)。1:1 の関係から最も外れていた V のデータを除いた各項目について、酸溶出濃度の試験液濃度に対する比の中間値は 0.97 で、試験液濃度の再現性が酸・アルカリ溶出 DGT 濃度より高いことが示された。

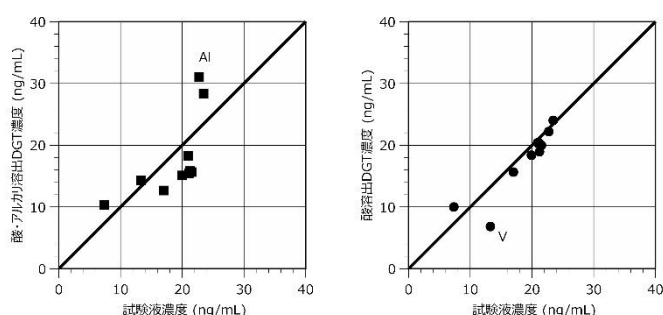


図 1 試験液中の各元素濃度と酸・アルカリ溶出 DGT 濃度及び酸溶出 DGT 濃度の比較

これらの結果から、酸溶出でも、水中濃度の再現は可能、かつ、値の再現性が高いことが示された。また、酸溶出することにより酸・アルカリ溶出では 48 時間以上要していた検液調整時間を 24 時間程度に半減できることが明らかになった。酸溶出 DGT 濃度の方が酸・アルカリ溶出 DGT 濃度より値の再現性が高い要因としては、手順が少なく、前処理時間が短いため、検液の汚染や損失が少ないこと、水酸化ナトリウム溶液からの汚染が軽減できること等が考えられた。今後は、振とう器や超音波洗浄機を抽出に用いることにより、検液調製時間のさらなる低減を試みる予定である。

参考文献

1) <https://www.dgtresearch.com/wp-content/uploads/2020/11/Cations-oxyanions-TiO-LSNX-27-10-20.pdf> (2024 年 7 月 1 日時点)

キーワード DGT-passive sampler, Heavy metals, LSNX-NP

本研究は、環境研究総合推進費(IMF-2304)の一環で実施された。

ビクトリア湖の表層水中のマイクロプラスチック Microplastics in surface water of Lake Victoria

龍大・先端理工 ○奥田哲士, 丸山 敦

1. 緒言

マイクロプラスチックは 5 mm 未満の微細なプラスチックであり、それ自体が魚等の生物の胃に蓄積する際の物理的・直接的な生物への影響の他、残留性有機汚染物質などの有害物質を吸着することから、日本でも水域生態系や人間に与える影響が懸念され、プラスチック資源循環法の制定などがされている。一方ケニアでは、以前は廃棄物管理が徹底されておらず路上にレジ袋などが散乱していたが、それを重大な問題と捉え、ビニール袋の使用・製造・輸入を禁止する法律が2017年に発効された。6年後の現在はその効果として水環境でのマイクロプラスチック濃度が低い可能性がある。そこで、2023年にアフリカ最大の湖であるビクトリア湖のケニア国内の湾の湖水中の個数濃度を調査した。

2. 実験方法

2023年中にケニアのキスム(Kisumu)市に渡航してボートを借り、沖合約1 kmの地点の表面の水(最大でも深さ50 cm程度)、ガイドライン³⁾に従いプランクトンネット(くればあ社製、簡易プランクトンネットKP-30、直径30cm、測長75cm、ネット目開き300 μ m)での採取を行った。採取は、閉鎖性が強く、ケニア第3の都市に接しており都市の影響が強いと考えて、ビクトリア湖の北東部のカピロンド湾(ニャンザ湾)で行った。地点および採取日時を表1に示す。牽引距離はろ水計(ケー・エンジニアリング、デジタル濾水計:一般流速用)で測定し、採水量を算出した。

集めたマイクロプラスチックを含むろ取懸濁物質(固形物)は、必要に応じてステンレス製の目開き100 μ mの篩で脱水し、30%酸化水素による有機物の分解を数日間、数回行った後に、5.3 M ヨウ化ナトリウム水溶液で砂等の比重分離を行った。採取した上澄み液は、吸引法でろ過を行い、フッ素樹脂製の濾紙(孔径3 μ m:ADVANTEC)で集めた。ろ紙上のマイクロプラスチックは、赤外顕微鏡(Thermo Fisher Scientific, iN10)を使用し、15 μ m四方の照射時の反射光について800~3200 cm^{-1} で判定(同定)した。一般にヒット率70%以上の場合を信頼できるデータとして判断している論文が多いが、ここでは低波長の吸光度が不安定であったため50%以上をプラスチックと判定した。

3. 結果・考察

まず測定精度の確認として、同様の手法により琵琶湖の

流出水である瀬田川の晴天時の個数濃度を測定した。結果は0.1 個/ m^3 と報告例⁴⁾(約1 個/ m^3)より10倍程度低い値であったが、計測方法に問題はないと判断した。

ビクトリア湖の結果を表2に示す。3地点で0.2~4.1 個/ m^3 であり、上述の琵琶湖での測定結果と同程度であった。商用・家庭用を問わずビニール袋の使用が厳しく(禁錮刑もあり)禁止されているにもかかわらず、ビクトリア湖の表層中濃度は琵琶湖や他の湖と同程度であることが分かった。ただ、日本もプラスチック管理はかなり徹底されており、ビクトリア湖の濃度としては7年間で減少した可能性もある。尚、ビクトリア湖での赤外吸収を用いた結果報告は、本報が世界初と認識している。

表1 ビクトリア湖の採取地点(キスム市に近い順)

地点番号	牽引開始地点の座標	採取日時
①	-0.1464756, 34.7342346	12/08-16:50
②	-0.3375416, 34.5889172	12/07-11:00
③	-0.1926620, 34.4587399	12/08-9:44

表2 ビクトリア湖の湖水のマイクロプラスチック

地点番号	個数濃度(個/ m^3)	プラスチック種
①	1.4	EVA
②	4.1	PP, PVC, PC, PC
③	0.2	PP, PC, PC

4. 結論

ビクトリア湖のマイクロプラスチック濃度は、都市に隣接する琵琶湖程度の閉鎖域で0.2~4.1 個/ m^3 であった。

謝辞 サンプルングに協力頂いたマセノ大学の関係者に感謝する。本研究は主に、2023年度の龍谷大学科学技術共同研究センター研究プロジェクトとして行われたが、一部はJSPS 科研費 23K28259, 22K12421 の助成を受けた。

参考文献

- 1) 環境省 水・大気環境局水環境課(2023)河川・湖沼マイクロプラスチック調査ガイドライン。
- 2) 鍋谷佳希他(2017)琵琶湖・大阪湾におけるマイクロプラスチックへのペルフルオロ化合物類および多環芳香族炭化水素類の吸着特性,土木学会論文集 73,7III,1-8, 296-300。

キーワード 湖水、懸濁物質、プラスチック管理

ハイパースペクトルカメラを用いた水田土壌の窒素含有量の推定

Estimation of nitrogen content in paddy soils using hyperspectral cameras

立正大学大学院地球環境科学研究科 ○佐藤響平, 田中優也, 向高新, 木村篤史, 後藤真太郎

1. はじめに

持続可能な食料システムを構築するため、農林水産省は 2021 年 5 月に「みどりの食料システム戦略」を公開した。「みどりの食料システム戦略」では、化学農薬の使用量を 50%, 化学肥料の使用量を 30%, それぞれ低減するとともに耕地面積に占める有機農業の割合を 25% (100 万 ha) に拡大するなどの目標を示した。有機栽培を含めた環境保全型農業は、栽培前の土づくりの段階で堆肥などの有機物を投入して土壌の窒素含有量を上げるが、有機物は土壌中で分解過程を経る必要があり、有機物の分解スピードは環境によって異なるため、栽培前の圃場の窒素含有量が把握されていない現状がある。

本研究では、栽培前の圃場の窒素含有量を把握するため、環境保全型農業が行われている水田を対象として、UAV 搭載ハイパースペクトルセンサから得られた田植え前の土壌の反射率から土壌の窒素含有量を推定した。具体的には、窒素に反応する反射率をランダムフォレストと AIC を用いて抽出し、抽出された反射率と窒素含有率の重回帰モデルから対象圃場の窒素含有量を求めた。

2. 研究方法

本研究では、立正大学で継続観測が行われている埼玉県熊谷市小江川地区に位置する環境保全型農業が行われている水田を対象とした。ハイパースペクトルの反射率に対応する土壌の窒素含有率を求めるため、耕耘後の対象圃場の中心と四隅の 25 地点で表土のサンプリングを行った。サンプリングした 5 つの土壌サンプルは、乾燥後に有機元素分析装置 (JM10 (株) ジェイ・サイエンス・ラボ) を用いて分析を行い、窒素含有率を求めた。田植え前の圃場のハイパースペクトルデータは、UAV (Matrice600 DJI) にハイパースペクトルセンサ (Nano-Hyperspec Headwall) を搭載し、自動運転による圃場全体の空撮により作成した。本研究で用いたハイパースペクトルセンサは、一度の撮影に 400nm から 1000nm までのレンジで 270 個の波長が格納される。撮影された 270 個の波長は、土壌の窒素に高く反応する波長と低く反応する波長が混在しているため、ランダムフォレストを用いて使用する波長の変数選択を行った。

次に、目的変数をサンプル土壌の窒素含有率、説明変

数を窒素に高く反応する波長の反射率として、AIC (Akaike Information Criterion: 赤池情報量基準) を用いて波長の最適な組み合わせを求めた。本研究では波長を 2 個、5 個、10 個の 3 パターンで組み合わせ、選択された波長を用いて重回帰分析を行った。重回帰分析から求めた回帰モデルのうち、決定係数が最も高く、AIC が最も低い回帰モデルを窒素含有率の推定モデルとした。

最後に、圃場の面積を 1680m²、作土深を 30cm、土壌密度係数を 1.0 として圃場の土壌重量を求め、圃場の土壌重量に窒素含有率の推定モデルから求められた土壌の窒素含有率を乗じ、圃場の窒素含有量を推定した。

3. 結果と考察

ランダムフォレストと AIC を用いて選択された波長の組み合わせは 5 個 (442nm, 948nm, 411nm, 420nm, 409nm) のパターンであり、決定係数は、0.96, AIC は -108.4 であった。5 個の波長を用いて重回帰式を求め、圃場の窒素含有量を推定した。AIC が最も低い組み合わせは、10 個の波長の組み合わせであったが、過剰適合が見られたので除外した。5 個の波長を用いた回帰モデルで算出された圃場の窒素含有量はおよそ 760kg であると推定された。

本研究で選択された波長のうち、400nm 付近の波長が多く抽出された。440nm 付近の波長は、フルボ酸のピークであることから、窒素と相関が高い腐植物質に反応している波長を抽出したことが考えられる。また、948nm の波長は、近赤外域であるため、土壌に含まれる植物残渣に反応している波長を抽出したことが考えられる。

参考文献

- 1) Moriizumi M, and Matsunaga T (2011) Molecular weight separation of hot-water extractable soil organic matter using high-performance size exclusion chromatography with chemiluminescent nitrogen detection, *Soil Science and Plant Nutrition*, 57, 185- 189.

キーワード 環境保全型農業, ハイパースペクトル, 窒素推定, ジョインフォマックス, 回帰分析

シリコーンパッシブ法における環境影響の評価と補正方法の精緻化

Meteorological Effects on Silicone Passive Sampling and A Correction Method

横浜国立大学 ○田川瑛梨, 労働安全衛生総合研究所 王齊, 静岡県立大学 雨谷敬史, 横浜国立大学 三宅祐一

1. はじめに

大気中に存在する準揮発性有機化合物 (SVOCs) の個人曝露評価のための手法として、電源を必要としないシリコーンパッシブ法¹⁾が注目されている。パッシブ法は一般的に捕集時に環境影響を受けることが知られているが、シリコーンパッシブ法についてはこれまで評価されていない。本研究では、幅広い物性を持つ SVOCs である多環芳香族炭化水素類 (PAHs) とそのハロゲン化誘導体を対象とし、捕集速度が風速から受ける影響を評価した。また、風速影響の補正方法を精緻化した。

2. 方法

前洗浄したシリコーンシート (シロキサン超低減品、特注) を乾燥させたものをパッシブサンプラーとして使用した。捕集後はサンプラーを切り分け、ジクロロメタンで超音波抽出し、抽出液をシリカゲルカラムで精製した。パッシブ法と並行し、ミニポンプを用いて大気中濃度を測定した。これらのサンプルは濃縮し、GC-MS/MS (GC 8890 / MS 7010C, Agilent Technologies) で分析した²⁾。なお、各種類のサンプラーの前処理における PAHs・ハロゲン化 PAHs の回収率は 66-108%であった。

3. 結果と考察

例として、1,4-dibromonaphtharene (1,4-Br₂Nap) と benzo[*b*]fluoranthene (BbF) について、捕集時の風速とシリコーンサンプラーへの捕集速度の関係を Fig. 1 に示す。1,4-Br₂Nap は、大気中で 98%以上がガス態として存在していた。Herkert ら³⁾は、一般的にパッシブサンプラーとして用いられる PUF へのガス態物質の捕集原理は分子拡散に基づくとし、捕集速度に対する風速の影響について、気相側の物質移動係数との関係式を展開し、捕集速度が風速の 1/2 乗に依存する式 (1) を示している。

$$SR = \alpha V_i^{1/2} \quad \dots (1)$$

ここで、SRは捕集速度 (L min⁻¹ sheet⁻¹)、V_iは風速 (m s⁻¹)、αは物質とサンプラーに固有の定数である。本研究で得られた、風速と 1,4-Br₂Nap の捕集速度の関係を(1)式で回帰したところ、 $SR = 2.33V_i^{1/2}$ が得られた。この決定係数 r^2 は 0.729 と大きかったことから、本式で回帰する妥当性が示された。シリコーンパッシブサンプラーからの

検出率が 50%以上であった 9 種のガス態 PAHs・ハロゲン化 PAHs について、同様に風速と捕集速度の関係を(1)式で回帰したところ、αの平均は 2.09、変動係数は 20%であった。したがって、ガス態 PAHs・ハロゲン化 PAHs に関しては $SR = 2.09V_i^{1/2}$ という単一の式を用い、アメダスなどから捕集時の風速情報を得ることで、風速影響を補正できることが示された。

BbF は大気中で 92%以上が粒子態として存在していた。このような物質については、(1)式で風速と捕集速度の関係を回帰したところ、決定係数が小さく精度の高い式は得られなかったが、ガス態物質よりも捕集速度が受ける風速影響が小さいことが示された。粒径の小さな粒子の大気中での挙動は、風速による慣性力よりもブラウン運動に支配されることが報告されている⁴⁾。高分子量の PAHs・ハロゲン化 PAHs は粒径 1 μm 未満の小さな粒子に多く分配するため、風速の影響を大きく受けなかったと考えられる。

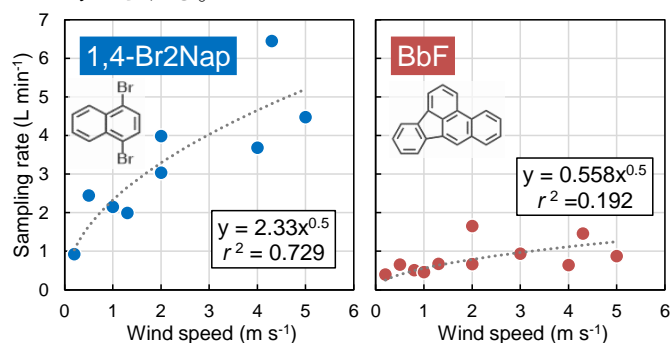


Fig. 1 風速と捕集速度の関係

4. 謝辞

本研究は JSPS 科研費・基盤研究 (B) (課題番号: 21H03614)、および環境研究総合推進費 (JPMEERF18S11704、JPMEERF20231M04) の助成を受け実施した。

参考文献

- 1) O'Connell *et al.* (2014) *Environ. Sci. Technol.*, 48, 3327-3335; 2) Sei *et al.* (2021) *Chemosphere*, 271, 129535; 3) Herkert *et al.* (2018) *Environ. Sci.: Processes Impacts*, 20, 210-219; 4) Chang *et al.* (2008) *Build. Environ.*, 43, 886-895
- キーワード パッシブサンプリング、多環芳香族炭化水素類 (PAHs)、ハロゲン化多環芳香族炭化水素類、シリコーンパッシブ法

包括的定量分析に基づく繊維製品に含まれる有機フッ素化合物 PFAS の経年動向解析 Time trend analysis based on simultaneous determination of PFAS in commercially available textiles

横浜国立大学 ○齋藤隼輝, 小澤真人, 国立環境研究所 松神秀徳, 横浜国立大学 三宅祐一

1. 緒論

有機フッ素化合物 PFAS は残留性、高蓄積性、有害性が懸念され、PFAS 全体の管理が求められる。近年、繊維中のポリマーから PFAS が分解生成すると報告され¹⁾、分解生成能を含め実態把握が必要である。しかし化合物ごとの個別分析だけでは、数千種以上存在する PFAS を網羅的に分析できない。本研究では身近な繊維製品を対象に、PFAS 個別分析に加えて加水分解による分解生成能の評価や、総フッ素分析によるフッ素マスバランス解析を適用し、繊維製品中 PFAS の経年動向解析を行った。

2. 方法

1989 年から 2023 年に販売された繊維（衣類 11 製品、フロアマット 5 製品、カーペット 27 製品、チャイルドシート 4 製品、自動車内装材 2 製品）を対象とした。各試料をメタノール中で超音波抽出（30 分）し、GC-MS/MS、LC-MS/MS による PFAS（72 種）個別分析を行った。続いて、繊維中ポリマーの分解生成能を評価するため、抽出液を 0.2 M NaOH の下で加水分解（50℃、24 時間）し²⁾、PFAS 個別分析を行った。最後に、燃焼イオンクロマトグラフ（CIC）により総フッ素（TF）の分析を行った。

3. 結果と考察

3.1. 繊維製品中の PFAS 個別濃度

繊維製品に対する PFAS 個別分析の結果、分析対象の PFAS は衣類とカーペットで主に検出された。この時、主に検出された PFAS は FTOHs や FTAcres、FTMAAcres であったが、これら PFAS は、環境中での分解が懸念される側鎖フッ素化ポリマー（SFPs）の原料として使用されており、製品中に分解生成能を有する SFPs が含まれると考えられた。ここで、衣類およびカーペットにおいて、 $-C_8F_{17}$ 、 $-C_{10}F_{21}$ 基を持つ PFAS、および $-C_6F_{13}$ 基を持つ PFAS の濃度を図 1 に示す。PFOA 関連物質が残留性有機汚染物質（POPs）に指定された 2019 年前後で、 $-C_8F_{17}$ 、 $-C_{10}F_{21}$ 基を持ち PFOA 関連物質に該当する PFAS の濃度は有意に減少した一方で、PFOA 関連物質に該当しない $-C_6F_{13}$ 基の PFAS の濃度は有意に増加した。近年では、 $-C_6F_{13}$ 基のようにペルフルオロアルキル基の鎖長がより短い PFAS が、製品中で主要になったことが示唆される。

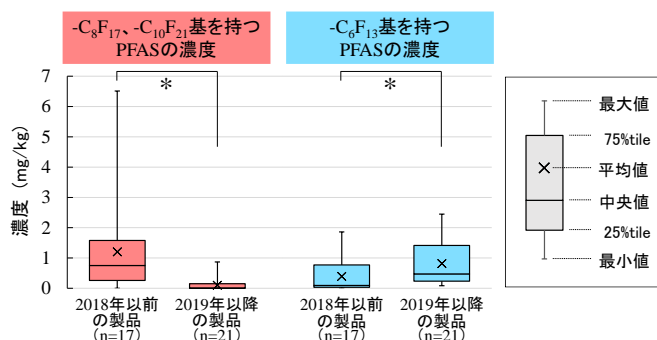


図 1 繊維製品中 PFAS 濃度の経年変化 (*: $p < 0.05$)

3.2. 加水分解による PFAS 分解生成能の評価

分解生成能を有する SFPs の含有が示唆された衣類、カーペットの一部について、加水分解により PFAS の分解生成能を調査した。その結果、加水分解前後で PFAS 個別濃度が 2.4~970 倍に増加し、加水分解前には検出できない PFAS が繊維中に潜在的に含まれることが示された。このように一部の繊維は、加水分解で容易に PFAS が分解生成することが明らかになり、身近な繊維製品が PFAS の潜在的な発生源になることが懸念される。

3.3. 総フッ素分析によるフッ素マスバランス解析

加水分解を行った衣類、カーペットについて、繊維中ポリマーを含めた総フッ素（TF）の分析を行い、フッ素のマスバランス解析を行った。分析の結果、TF 濃度は 140~85000 mg-F/kg と高濃度で検出された。またフッ素マスバランス解析の結果、主に 2012 年までの繊維では、加水分解で生成した PFAS が TF の 24~100% と高い割合を占め、加水分解生成能を有するポリマーが製品中フッ素化合物の主成分と示された。一方で 2013 年以降の繊維では、加水分解後も TF の 98% 以上が未知フッ素化合物であり、加水分解で評価できない何らかのフッ素系ポリマーが高い割合で含まれると示された。近年では、加水分解するポリマーとは種類・性質が異なるポリマー性 PFAS が製品中で主要になっていることが示唆された。

4. 謝辞

本研究は、環境研究総合推進費の助成を受け実施した。
(3-2102: JPMEERF20213002, 3-2403: JPMEERF20243003)

参考文献：1) Veen *et al.* (2020) *Chemosphere*, **249**, 126100;

2) Nikiforov (2021) *Chemosphere*, **276**, 130044

キーワード：PFAS, 撥水加工繊維, マスバランス解析

労働安全衛生法に基づくリスク評価のための揮発性有機化合物パッシブ法の検討とデータベース構築

A Passive Sampling Method and Parameter Databases for Risk Assessment of Volatile Organic Compounds

横浜国立大学 ○溝渕円香, 労働安全衛生総合研究所 王齊, 静岡県立大学 雨谷敬史,
柴田科学(株) 福島靖弘, 鈴木義浩, 深澤英, 横浜国立大学 三宅祐一

1. はじめに

作業環境中で用いられる揮発性有機化合物 (VOCs) は、多くが労働安全衛生法の対象となっており、リスク評価が必要である。パッシブ法は測定費用が安価なことや取り扱いの容易さから、リスク評価において有用である。一方、多様な VOCs についてパッシブ法を適用するために必要なパラメータの情報が不足している。本研究では計算からパラメータを求める方法を検討し、必要な情報を掲載したデータベースを構築した。

2. 方法

労働安全衛生法でリスクアセスメントが義務付けられた物質のうち、33 種類の VOCs について、カーボンビーズアクティブ (CBA) とカーボンビーズパッシブガスタンチューブ (CBP) (ともに柴田科学 (株) 製) で捕集し、ISO16107¹⁾に基づいてサンプリングレート (SR) を測定した。また、同様にリスクアセスメントの対象となる 86 物質を含む計 98 物質の VOCs について、直接添加法²⁾を参考に、CBA より取り出した活性炭からの脱着率を測定した。脱着溶媒は二硫化炭素とし、これらの分析は GC/MS で行った。

3. 結果と考察

3.1. SR の推算方法の検討

Fick の第一法則より、SR ($L \cdot min^{-1}$) は空気 A 中における物質 B の分子拡散係数 D_{AB} ($cm^2 \cdot sec^{-1}$) の関数として表すことができる。分子拡散係数の実測値が存在する物質は限られているため、本研究では分子拡散係数の推算方法を検討した。分子拡散係数の推算式として Chen and Othmer の式³⁾を選定した。SR を実測した 33 種類の VOCs に対して、分子拡散係数の推算値と SR 実測値の間に正の相関関係が認められた。また、SR の推算値を SR の実測値で除した値の平均値を求めると、1.01 ($\pm 7.7\%$) となり、1 に近くばらつきも小さいことから推算精度の高さが確認できた。

3.2. 脱着率の推算方法の検討

脱着機構に着目してパラメータの検討を行った。既往

研究によると、活性炭に吸着した物質の脱離速度は一次反式により近似される⁴⁾。これをもとに脱着率 r (-) を一次式の積分型速度式と、ロジスティック回帰モデルを用いて表した (式 1)。

$$r = \frac{e^x}{1 + e^x} \quad \dots (1)$$

x は、原子団の数を説明変数として重回帰分析を行うことで決定した。

脱着率の実測値と、脱着率の推算値の関係を図 1 に示す。図 1 より、脱着率を 0 から 1 の範囲で高精度に推算できることが示された。

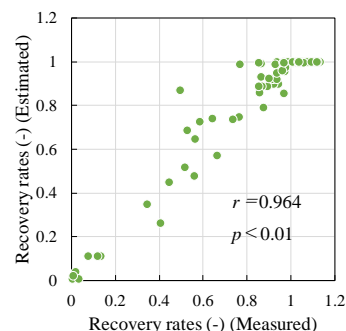


図 1 脱着率の推算値と実測値の関係

3.3. VOCs パッシブ法のパラメータデータベースの構築

厚生労働省が公表しているリスクアセスメント対象物質の一覧 (2024 年 4 月 1 日更新) に含まれる 239 物質の VOCs に対して、SR や脱着率、算出の際に用いたパラメータを記載したデータベースを構築した。以上より、様々な VOCs に対して、必須パラメータを実測することなく、パッシブ法を適用できることが示された。

4. 謝辞

本研究は環境研究総合推進 (JPMEERF18S11704、JPMEERF20231M04) の助成を受け実施した。

参考文献

- 1) ISO 16107:2007; 2) 作業環境測定ガイドブック 5;
 - 3) N. H. Chen and D. F. Othmer, *J. Chem. Eng. Data*, **7**, 37-41 (1962); 4) B. Özkaya, *J. Hazard Mater.*, **129**, 158-163 (2006)
- キーワード VOCs, 個人曝露評価, パッシブ法

Quantitative analysis of China's Certified Emission Reduction (CCER) policy: Impacts on CO₂ emissions and economic activities using a CGE model

東京工業大学 ○朱 瑞康, 棟居 洋介, 国立環境研究所 増井 利彦, 金森 有子

1. Introduction

China's Emissions Trading Scheme (ETS) employs two primary mechanisms: Cap-and-Trade (CaT) and the domestically adapted Certified Emission Reduction (CCER).

Originating from the Clean Development Mechanism (CDM), CCER serves as an internal offset mechanism to ease economic challenges for high-emission industries shifting to low-carbon operations, enhance renewable energy supply, and promote sustainable development. Unlike the mandatory CaT mechanism, the voluntary CCER encourages enterprises to develop projects based on principles such as additionality and, after government review, sell emission reduction credits on the China's voluntary carbon market. Enterprises lacking quotas in the CaT system can purchase these credits to offset up to 5% of their emission limits. However, it faces criticism for potentially undermining the ETS's effectiveness in reducing CO₂ emissions by distorting carbon prices.

2. Methodology and scenario design

In this research, we constructed a computable general equilibrium (CGE) model that integrates CCER and CaT mechanisms to investigate the impacts introducing CCER. We used China's 2018 Input-Output table data from China's National Bureau of Statistics as the basic data for the CGE model. And the CCER related data comes from IIGF (International Institute of Green Finance of the Central University of Finance and Economics) and China Certified Emission Reduction Exchange Info-Platform.

Using CCER credit price data from Fudan's Carbon Price Index, we have developed six scenarios: a baseline BAU without ETS implementation, an CaT-only scenario without CCER implementation, and four CCER scenarios with prices set at 40, 80, 120, and 160 yuan/tCO₂, respectively. Also, based on current carbon emissions intensity across sectors and the carbon reduction target, the government will establish a intensity target parameter, α , representing emission reduction strength in this year. In this study, α is set at 30% to evaluate the synergistic effects of CCER introduction within the ETS system on CO₂ emissions and economic activities,

hoping to enhance understanding of their roles in carbon mitigation and sustainable development.

3. Results

As shown in the Figure 1, the introduction of the CCER mechanism will mitigate GDP losses and boost renewable energy production compared to a CaT-only scenario. However, the compensating effect is minimal due to limitations on CCER credit usage.

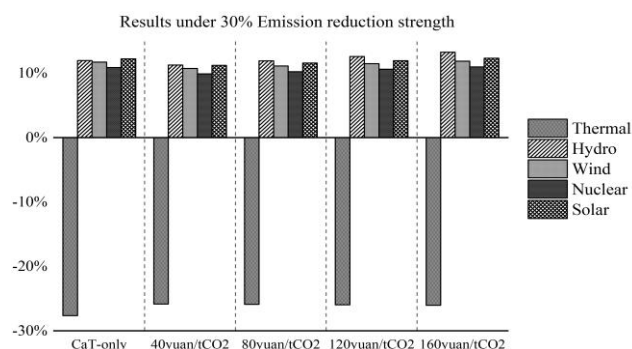


Figure 1. The variation of power sectors output compared with BAU scenario

However, CCER credits will increase the supply of carbon credits, resulting in lower carbon prices. Consequently, total carbon emissions could be up to 1% higher than in a CaT-only scenario as shown in the Figure 2.

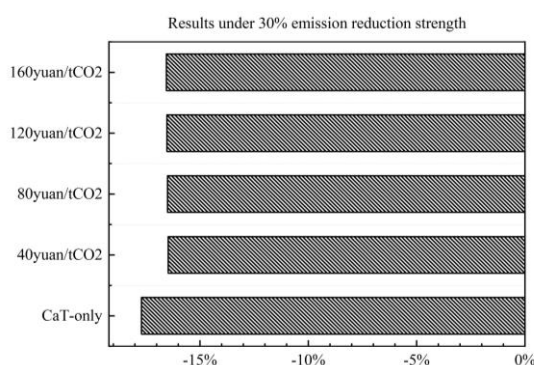


Figure 2. The variation of total carbon emissions in all scenarios compared with BAU scenario

Key words: CCER, CGE, Renewable energy, CO₂ emission

気候変動に関する YouTube 動画の分析評価 Assessment of YouTube Videos on Climate Change

東京大学 ○大里優佳, 栗栖聖, 福士謙介

1. 研究の背景と目的

気候変動の影響は激しさを増している。各国がカーボンニュートラルに向けて取り組みを進めているものの、現状のままでは産業革命時と比べて気温上昇を 1.5℃に抑えることは不可能であり、2℃ですら困難とされている。したがって、政府や企業だけでなく、市民一人ひとりが意識を変え、気候変動緩和に向けた行動をとれるようになる必要がある。それには適切な情報提供が不可欠である。本研究では、近年情報提供ツールとして注目されている YouTube 動画に着目した。

De Lara ら¹⁾は、気候変動に関するオンライン動画を、テレビ用に制作されたものとインターネット用に制作されたものに二分し、さらにその中で形式ごと（テレビインタビューや WEB ニュースなど）に分類している。また、Allgaier²⁾は動画の内容に着目し、計 200 個の動画を、科学的立場で 1) 支持するもの、2) 中立のもの 3) 否定するもの、4) 科学的要素を含まない陰謀論の 4 つに分類している。このような既往研究が見られる一方で、日本において現在どのような動画コンテンツが気候変動の文脈で提供されているかを整理した研究は見られない。そこで、本研究では動画による気候変動に関する情報提供が、人々の意識・行動意図の変化に与える影響を明らかにすることを目標に、今回は気候変動分野で提供されている YouTube 動画の内容を把握し類型化することを研究目的とした。

2. 手法

2.1. 対象動画の絞り込み

気候変動に関わる動画を抽出するため、2023 年 11 月 22 日において、YouTube 上で「気候変動」によって検索される動画の内、20 分以下かつ視聴回数 5,000 回以上の動画を 183 編、抽出した。その上で、重複しているもの、気候変動と関連のないもの、分析期間内に動画コンテンツが YouTube 上から消去されたものなど 34 編を除き、最終的に 149 編を分析対象とした。

2.2. 対象動画の特徴把握

対象動画の長さおよび提供チャンネルごとの分類を図 1 に示した。対象動画の長さは 5 分以下のものが全体の半分程度を占めた。また、提供チャンネルは、1) 官公庁・地方自治体・国際機関、2) 研究機関、3) 民間企業、4) 非営利団体・非営利法人、5) メディア、6) 個人・インフルエンサー、7) 教育系の 7 つに大きく分かれ、特に 5) メディアからの動画が多く抽出された。

全ての動画を文字起こししたのち、Text Mining Studio (株式会社 NTT データ数理システム) によるテキスト解析に供した。

3. 結果

3.1. 単語・係り受け頻度

「いう」(1,541)、「思う」(496) といった動詞が上位 2 位となり、「地球温暖化」(402)、気候変動 (388)、「今」

(337)「二酸化炭素」(308)がこれに続いた。係り受けでは「気候変動—影響」(43)、「気温—上がる」(40)、「人々—存在する」(36)、「温度—上昇」(31)の順となった。

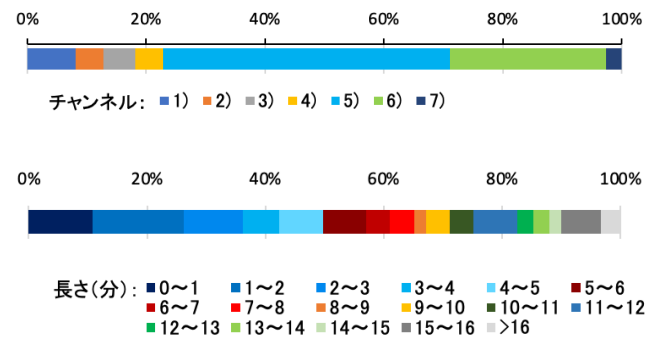


図 1 対象動画の特徴

3.2. チャンネルごとの特徴語分析

チャンネルごとの特徴をつかむため、以下の指標で表される特徴語分析を行った。

$$Index = (ad - bc) / \sqrt{(a + c)(b + d)}$$

ここで、対象チャンネルにおける対象語頻度を a、対象以外の単語頻度を c、対象以外のチャンネルにおける対象語頻度を b、対象以外の単語頻度を d とする。図 2 に 1) 官公庁・地方自治体・国際機関の結果を示した。ここでは、様々な取り組みに関する単語が上位にみられる。これに対し、例えば 6) 個人・インフルエンサーでは、「思う」「氷河期」「動画」「やる」「人」「すごい」といった単語が上位に並び、チャンネルごとの違いが明確となった。

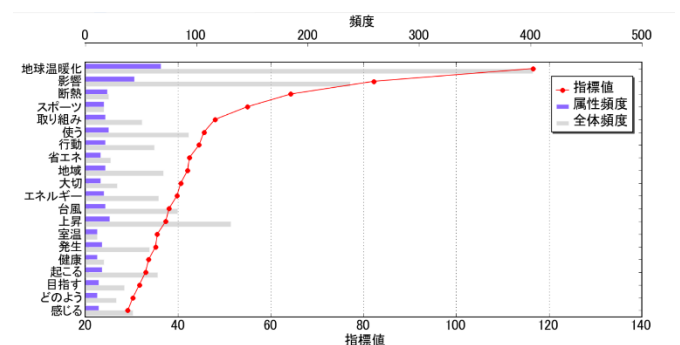


図 2 特徴語分析結果 (官公庁・地方自治体・国際機関)

参考文献

- 1) De Lara, A. et al., (2017) *J-COM J. OF Sci.Com.* 16, 1-32.
- 2) Allgaier (2019) *Frontiers in Communication*, 4, 36.

キーワード 気候変動, YouTube 動画, 意識変化

Impact of climate change on Sports: awareness and attitudes of University-level Football Team members in Japan

Tokyo Institute of Technology ○BALAOING Loren Chloe Denna, Naoya Abe

1. Background

Sporting events impact climate change and environmental issues such as waste generation through food and beverage, carbon emissions due to frequent traveling, and resource consumption like electricity for lighting. The 1992 Winter Olympics in France, for example, wiped out thirty hectares of forest, severely affecting biodiversity (Zhang & Liu, 2022). To respond to those situations, sport federations such as the International Association Football Federation (FIFA) have recognized the necessity to contribute to sustainability (FIFA, n.d.).

Contrast to those environmental concerns and institutional efforts, athletes' awareness and attitudes regarding sporting activities' impact on climate change remain unclear. As we have experienced extremely hot temperatures these years, athletes and support members also seem to recognize that their activities are starting to get affected by the extreme weather conditions, particularly in case of outdoor or open field sports. This study aims to fill this gap and to contribute to sports sustainability by focusing on the athletes' experiences and providing recommendations to sports organizations.

2. Methodology

We have conducted an online interview survey and a subsequently a 5-point Likert-scale questionnaire survey with members of a competitive college football team Japan. Many athletes on this team perform at a semi-professional level and strive to achieve a higher level of performance.

The data collection for this study conducted a two-stage approach; the first stage involved in-depth interviews with selected university athletes from a single university football club, and the second stage conducted an online questionnaire survey administered for all the members the same university football club (see Table 1). Around 63% or 129 members out of the total 205 members of the football club responded to our online questionnaire survey.

Table 1: Outline of two surveys

Stage	Period of data collection	Number of respondents
Preliminary online interview survey	January to February, 2024	18
Main online questionnaire survey	May to July, 2024	129
Questions of main online survey (selected)	Recognition of the influence of extreme hot weather conditions on performance	
	Recognition of impact of climate change on sports activities	
	Attitude towards using public transportation	
	Energy-saving behavior	
	Engagement in recycling activities	

3. Findings

We found that the respondents have low environmental awareness and attitudes; however, they have started recognizing the impact of climate change on their performance. Some of them indeed recognize that sports activities may need to change or adjust to climate change.

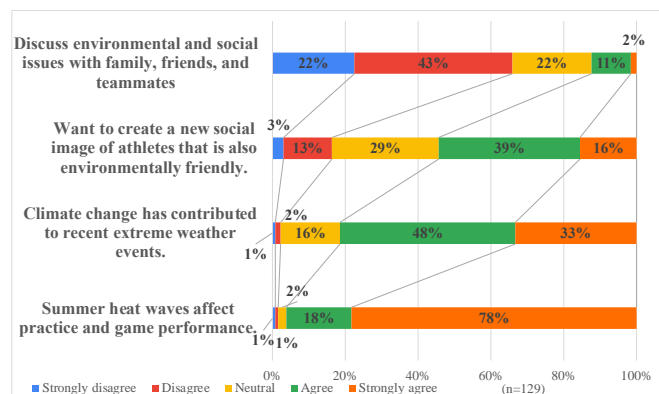


Figure 1. Some responses to the main survey

Reference

- Zhang, B., & Liu, Y. (2022). Research on sustainable development of olympic games based on ecological carrying capacity analysis. *Journal of Sensors*, 2022, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2022/4907366>
- FIFA. (n.d.). Sustainability. INSIDEFIFA. <https://inside.fifa.com/social-impact/sustainability>

Keywords: Athletes, Awareness, Attitude, Team-sport, Climate change

社会経済・気候システムの相互作用を考慮したモデルによる気候変動影響の分析

Analysis of climate change impacts using a model considering the interactions between socioeconomic and climate systems

東洋大・JAMSTEC ○松本健一, JAMSTEC 立入郁, 蘇宜銘, 高山宏明

1. 背景・目的

現在、気候変動の緩和に向けて、世界各国がパリ協定の下で温室効果ガス排出削減の努力をしている。しかし、世界の平均気温は産業革命前と比較して既に 1.45 度程度上昇している（2023 年）¹⁾。このような気温上昇により、さまざまな気候変動の影響が出ており、今後もその影響が拡大することが予想される。そのため、気候変動がもたらす社会経済への影響を明らかにすることは重要な課題である。このような研究は既にいくつも行われているが、多くの研究では社会経済システムと気候システムの間には存在する相互作用を考慮していない。

本研究では、社会経済システムと気候システムの相互作用を考慮したモデルを構築し、Business as Usual (BAU) シナリオにおける気候変動がもたらす影響を分析する。

2. 方法

本研究では、まず社会経済システムと気候システムの相互作用を考慮したモデルを構築する。同モデルでは、社会経済システムとして応用一般均衡モデル (CGE) を、気候システムとして地球システムモデル (ESM) を用いる。CGE では BAU シナリオにおける社会経済影響や温室効果ガス (GHG) 排出量等を計算し、GHG 排出量を ESM に入力する。そして、ESM では気温や降水量等の変化を計算し、それらの情報を CGE の入力とする。そのため、同モデルにおいて CGE と ESM は完全に結合されているわけではないことに留意する必要がある。

気候変動影響としては、労働生産性と冷暖房需要を分析対象とする。これらは、文献 2) で取り上げられている、両システムの相互作用を考える上で重要なプロセスから選択したものである。

3. 結果

分析結果を図 1 に示す。図が示すように、労働生産性の影響は経済指標や CO₂ 排出量、気温を低下させるが、冷暖房需要の影響はその反対の傾向を示す。これは、前者が気候変動による労働生産性の低下が経済を押し下げる効果をもたらすのに対し、後者は冷房需要の増加がエネルギー需要を押し上げるためである。

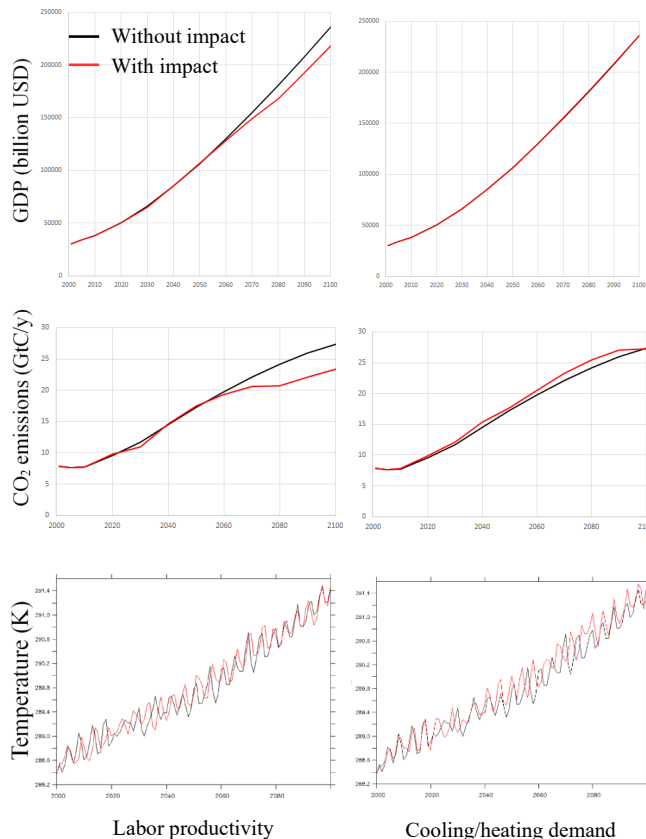


図 1 分析結果

4. 結論

本研究を踏まえ、今後は農林水産業や土地利用など、他の重要な影響についても分析を広げる。

参考文献

- 1) WMO (2024) WMO confirms that 2023 smashes global temperature record. <https://wmo.int/news/media-centre/wmo-confirms-2023-smashes-global-temperature-record> (2024.6.12)
- 2) Tachiiri, K. Su, X., and Matsumoto, K. (2021) Identifying key processes and sectors in the interaction between climate and socioeconomic systems: a review toward integrating Earth-human systems

キーワード 気候変動影響, 社会経済システム, 気候システム, 相互作用

市街地の SSP・RCP 別将来像を対象とした気候変動下の夏季温熱環境予測 Projection of Summer Thermal Environment for Future Urban District Based on SSP/RCP under Climate Change

名古屋大学 ○山崎潤也, 飯塚悟, 東京大学 吉田崇紘, 似内遼一, 真鍋陸太郎, 村山顕人

1. はじめに

気候変動適応に向けた地区の開発計画を策定していくためには、対象地における将来の気候や社会経済状況を予測したシナリオを設定する必要がある。これに際しては気候変動研究を中心に活用されている共通社会経済シナリオ (SSP) と代表的濃度シナリオ (RCP) の枠組みを参照することが適切である。また、地区スケールの暑熱適応を検討する際には対象地における現在・将来の温熱環境を把握することが重要であり、そのためには数値流体力学 (CFD) に基づくシミュレーション技術を用いることが効果的である。そこで、本研究では愛知県名古屋市中区錦二丁目地区を対象に SSP・RCP に基づく市街地形態・気象条件をシナリオ別に予測し、その将来像の 3D モデルを対象とした温熱環境予測を実施した。

2. 方法

対象地の SSP 別の市街地形態については同地区のまちづくりに関わる専門家を中心としたエキスパートジャッジメントによって将来変容を予測した (表 1)。また SSP/RCP 別の気象条件については全球気候モデルより構築された将来気候データを参照して擬似温暖化手法に基づき決定した。これにより、各々の変化が地区の温熱環境に及ぼす影響を把握することが可能となる。

3. 評価結果

各シナリオ下における 2090 年代の地上 1.1m の平均放射温度 (MRT) と気温 (AT) の予測結果を図 1 に示す。MRT の結果は建築物による日陰の分布に依存している様子が伺える。SSP1-2.6 では人口動態に応じて建築物が減少したため全体的に数値が高まり、SSP5-8.5 では高層建築物の増加に伴い日中を通じて数値が低い場所が多い。一方で AT の結果は気象条件の変化による流入温度の上昇に影響されている様子が伺える。SSP1-2.6 では温暖化が抑えられているため地区内の気温も相対的に低い。SSP5-8.5 では 14 時に 40℃を超える場所が見られた。これらの結果より、地区の気候変動影響評価においては同じシナリオの枠組みにおいて様々な観点から将来像を予測することが重要であることが示唆された。

表 1 将来的な市街地形態のイメージ

シナリオ名	SSP1 (持続可能シナリオ)	SSP2 (中庸シナリオ)	SSP5 (化石燃料依存シナリオ)
名古屋市の都市構造	コンパクト・プラス・ネットワークの集約連環型都市構造が実現し、駅そば生活圏の各拠点を中心とした複合市街地が形成される	2020 年代の都市構造から大きな変化はなく、緩やかな成長に伴って個々の建物の更新が進む	一極集中型の都市構造となり、都心にオフィス・商業施設が集積し、都心周辺や郊外に住宅地が広がる
イメージ	職住近接型 (住み、働く) の都心市街地	緩やかな成長下の都心市街地	オフィス・商業型 (働く、訪れる) の都心市街地
開発動向	2050 年代に開発がピークに達し、以降は概ね築年数の古い建築物から解体され、跡地は空地として多目的に利用される	2020 年代の開発圧力が 21 世紀末まで継続する	2090 年代まで規制緩和による集中的な開発が続く
新築建築物	住宅・商業・業務の用途を複合した中高層木造建築物 (容積率: 400~600%)	商業・業務用の中高層非木造建築物 (容積率: 600~800%)	商業・業務用の高層非木造建築物 (容積率: 800%)
2090 年代の市街地形態想定			

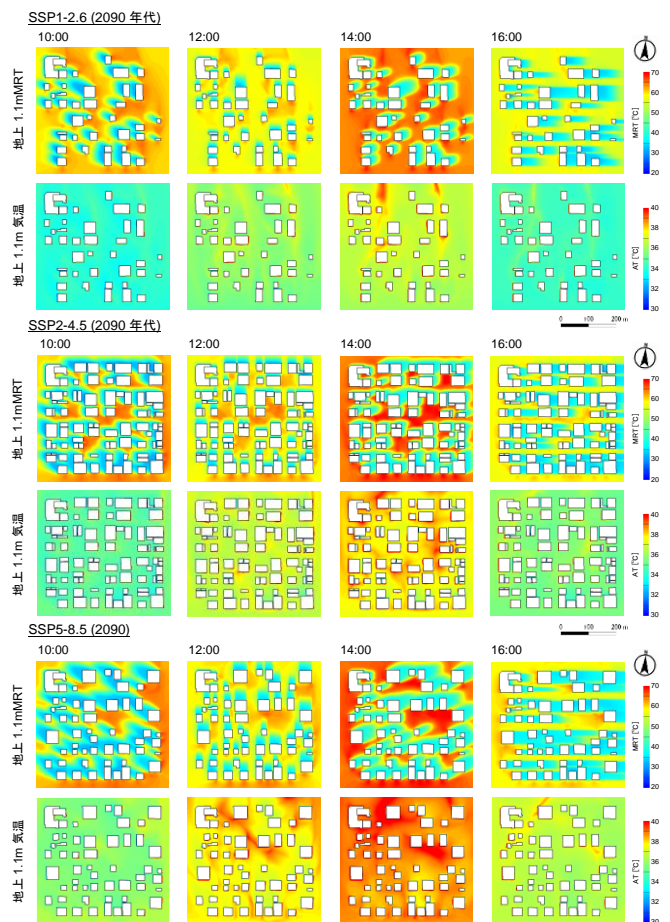


図 1 気候変動下の温熱環境の予測結果

【謝辞】本研究は環境科学会 2023 年度優秀研究企画賞 (富士電機賞) の副賞および (独) 環境再生保全機構の環境研究総合推進費 (JPMEERF20S11817) により実施した。ここに記して深甚の謝意を表する。

キーワード 気候変動適応、CFD 解析、将来シナリオ

気候変動が引き起こす 21 世紀中の世代間・世代内衡平性に係る要因分解分析 Decomposition Analysis of Inter- and Intra-generational Equity with Regards to Climate Change in the 21st Century

国立環境研究所 ○田崎智宏、林岳彦、尾上成一、山口臨太郎、高倉潤也、塩竈秀夫、横畠徳太、高橋潔

1. はじめに

気候変動による被害が拡大するなか、世代間の衡平性が問題視されている¹⁾。他方、温室効果ガス（GHG）を多量排出する国とそうでない国との（世代内）衡平性の議論も根強く、短期志向もあいまって世代内の衡平性を優先して解決すべきという言説も存在する。

そこで本研究では、2 つの衡平性が的確に考慮されることを目指し、世代間と世代内の衡平性を同時に定量的に示す方法論の開発を行い、気候変動が引き起こす 21 世紀中の両衡平性の変化を明らかにすることとした。

2. 方法

ある分析期間における平均的な年 t_{av} ならびに平均的な国 c_{av} を起点に、衡平性の分析のために着目する変数 x の年および国についての差分を Δ とすると、(1) 式の要因分解式が成立する。

$$\Delta = x_{t,c} - x_{t_{av},c_{av}} = (x_{t,c} - x_{t_{av},c}) + (x_{t_{av},c} - x_{t_{av},c_{av}}) = c \text{ 国} \text{ の世代間差異} + \text{時点 } t_{av} \text{ の世代内の差異} \quad \dots (1)$$

同様に、(2) 式の要因分解式も成立する。

$$\Delta = (x_{t,c} - x_{t,c_{av}}) + (x_{t,c_{av}} - x_{t_{av},c_{av}}) \quad \dots (2)$$

これら 2 つの式の平均をとると、(3) 式が得られる。つまり、着目する変数の変化を世代間と世代内の変化に要因分解できる。

$$\Delta = I_b + I_w \quad \dots (3)$$

ここで I_b は世代間衡平性に関する変化量 $[(x_{t,c} - x_{t_{av},c})/2 + (x_{t_{av},c} - x_{t_{av},c_{av}})/2]$ 、 I_w は世代内衡平性に関する変化量 $[(x_{t,c} - x_{t,c_{av}})/2 + (x_{t_{av},c_{av}} - x_{t_{av},c_{av}})/2]$ である。

本研究では、上記要因分解分析を、気候変動による一人あたりの被害額（2005 年基準米ドル。9 つの被害の総和）²⁾と一人あたりの GHG 排出量³⁾に対して実施した。分析対象は 2005 年から 2100 年までの世界 17 地域で、2 つの排出シナリオ（低：SSP1-RCP2.6、高：SSP5-RCP8.5 or BAU）のデータを用いた。

3. 結果と考察

低排出国として東・東南以外のアジア（以下「西南アジア」）、高排出国として米国を例に、分析の結果を図 1 に示す。いずれの図でも、世代間の差異を示す濃色部

分が 21 世紀後半になるにつれて増大し、将来世代の方が大きな被害を受けることが示されている。高排出シナリオと比べると低排出シナリオでは世代間の被害差は大幅に緩和できるが、完全に解消するには SSP1 シナリオよりも対策を進めなければならない。一方、淡色の部分は西南アジアと米国で対称的であった。西南アジアでは淡色部分が負の値をとることから、同時代における国々のなかで相対的に大きな被害を受けていたものが緩和する。つまり、西南アジアでは世代内衡平性が改善されていくこととなる。他方、米国は淡色部分が正の値を取り、同時代における国々のなかで被害を受ける程度が相対的に大きい国に転じていくことが示された。

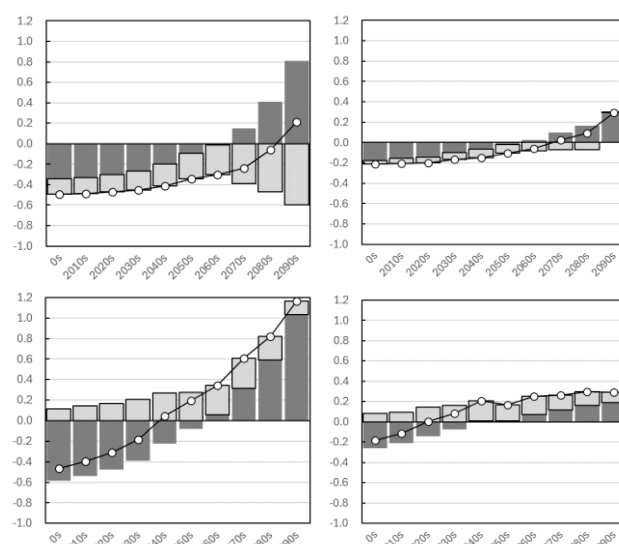


図 1 21 世紀中の一人あたり被害額（千ドル）についての要因分解分析結果（上：西南アジア、下：米国；左：高排出シナリオ、右：低排出シナリオ；濃色：世代間、淡色：世代内をそれぞれ示す。）

参考文献

- 1) 宇佐美誠 (2019) 気候正義, 勁草書房、2) Takakura et al. (2021) <https://zenodo.org/records/4692496>, 3) Gütschow et al. (2020) <https://zenodo.org/records/3638137>

キーワード 気候正義、世代間倫理、南北問題、被害評価、排出者責任

地域気候変動適応計画の質的評価：改定前後の計画における内容分析

Qualitative Assessment of Local Climate Change Adaptation Plans: Content Analysis of Pre- and Post-Revised Plans

国立環境研究所 ○今井葉子, 藤田知弘, 真砂佳史, 脇岡靖明

1. 研究目的と方法

2018年に気候変動適応法が施行されて以降、地域気候変動適応計画の策定が進み、地域によっては同計画の改定が行われ始めている。本研究では、2022年3月までに適応計画を改定した自治体を対象に、計画内容の経年変化と特徴を明らかにすることを目的として地域気候変動適応計画の内容分析を行った。内容分析とは、任意のテキスト内の構成要素の有無を評価することで、客観的に再現可能な知見を導こうとする社会科学的分析手法である。本研究では、既往研究を参考に、評価軸として表1に示した6構成要素を設定し、それぞれに対し4～33の評価指標を設け、各適応計画が指標に該当する記述を内包するかについて評価した。指標ごとに記述の有無を数値化(1, 0)し、全指標の合計値を計画のスコアとした。初めに一人の調査者がすべての計画の記述に対して評価し、次いで他の二人がその評価と計画の記述を確認した。判断が割れた場合は討議の上で結果を修正し、データセットを作成した。

2. 結果と考察

2022年3月までに都道府県では12、市区町村では6、計18の自治体で適応計画の改定が行われていた。これらの計画を対象に内容分析を行い、改定前後で比較した。分析の結果、全体の評価スコアの平均値は改定後に高くなっていた(改定前:27.78, $SD=8.57$, 改定後:31.28, $SD=7.83$)。計画別に確認すると、改定後には多くの計画で評価のスコアが高くなっていたが、中には値が低くなっている計画も存在することがわかった(図1)。詳しく見るために評価のスコアを6構成要素別に比較すると、「目標」や「科学的知見」に関する項目で改定後の値が上がり、計画の改善が認められた(図2)。検定の結果、「科学的知見」の項目で有意差が認められた(Wilcoxon符号付順位検定, $p<0.05$)。

以上から改定後のスコアの改善の理由として、「目標」や「科学的知見」といった特定の要素で記述が充実したことが挙げられる。これは気候変動影響についての情報収集や調査研究が進んでいることを示唆する。一方で、複数の気候変動シナリオの利用等の記述である「不確実性」などの項目は改定前後での変化が見られなかったため、今後、改善の余地があると考えられる。

表1 内容分析に用いた評価軸と指標数

構成要素	内容	指標数
目標	計画は、適応の定義、望ましい将来の状態、目標を有する	4
協力体制	ステークホルダーの記述、パブコメの記述、地元大学や事業者等の計画プロセスへの関与がある	4
科学的知見	地域で発生している気候変動の影響の特定、地域の農業、林業、漁業、水供給や水質、生態系、自然災害に対する気候変動の影響の記述	33
不確実性	影響予測における不確実性の記述、複数の気候モデルの使用、複数シナリオの使用、適応政策の展望の記述	6
戦略	地域の影響評価による重点的な適応措置、普及啓発や調査の予定や計画、適応策の予算、優先度の記述	13
モニタリング	計画の定期的な報告の頻度、計画の進捗管理の責任、計画の更新時期の記述	4

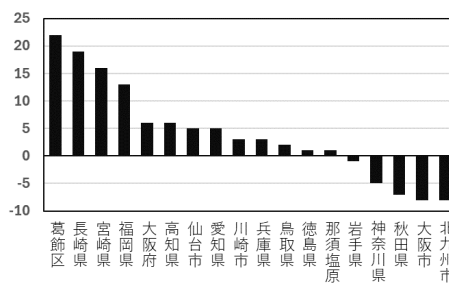


図1 地域適応計画の改定前後の評価のスコアの差

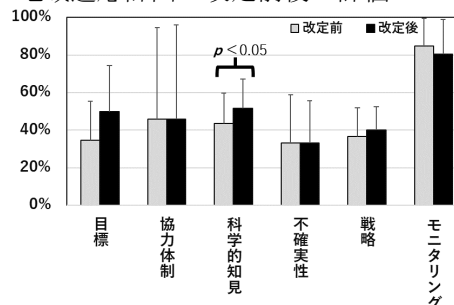


図2 6構成要素別の計画改定前後のスコア

謝辞

本研究は(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20S11802, JPMEERF2022G01)の助成を受けた。

参考文献

- 1) Mark R. Stevens, Maged Senbel (2017) Are municipal land use plans keeping pace with global climate change? Land Use Policy, 68, 1-14
- 2) Sierra C. Woodruff, Sara Meerow, Missy Stults, and Chandler Wilkins (2018) Adaptation to resilience planning: Alternative pathways to prepare for climate change, Journal of Planning Education and Research, vol.42(1), 64-75
- 3) Klaus Krippendorff (2018) Content Analysis: An Introduction to Its Methodology, SAGE Publications, Inc, 86-193

キーワード 気候変動適応, 自治体, 地域気候変動適応計画, 質的評価, 内容分析

全国自治体における地域特性を考慮した気候変動リスク評価枠組みの構築と評価 Developing an Assessment Framework for Climate Change Risks Considering Regional Characteristics of Municipalities Nationwide

東京大学 ○井田新, 栗栖聖, 福士謙介

1. 研究の背景と目的

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)は地球温暖化の着実な進行と、我々の生活環境への影響を指摘している。日本においては気候変動適応法が地域レベルでの対応を求めている。各自治体では自然的・経済的・社会的状況に応じた適応が必要とされている。しかしながら戸川ら¹⁾が指摘するように、既往研究の多くは農業や社会基盤といった個別分野への気候変動影響評価に留まる。自治体単位での適応を進めていくうえでは、各自治体が多岐にわたるリスクを総合的に把握できるような枠組みが必要とされているのだ。

そこで、本研究では日本全国の1,741の市区町村を対象に、気候変動へのリスクを分野横断的に評価する枠組みを構築することを研究目的とした。特に、自治体規模に依存しないリスク指標を定め、自治体間でのリスクの相互比較および自治体内での弱点を明らかに出来る枠組みの構築を目指した。

2. 評価の枠組みの構築

評価対象とする気候変動影響については、環境省の気候変動影響評価報告書²⁾をもとに、農業、水産業、観光業、社会基盤、健康の5分野を選定した。その上で分野ごとに表1に示す評価対象を定めた。特に自治体規模での影響が懸念され、その対応において自治体の占める割合が大きいと考えられるものを各分野における評価対象項目として選定した。

表1 本研究におけるリスク評価対象

分野	評価対象
農業	・ 耕種作物(53種)の収量低下 ・ 家畜生産物の低下
林業	・ 木材や特用林産物における収量低下
水産業	・ 回遊性魚介類や増養殖業の漁獲量低下 ・ 藻場の減少
観光業	・ 砂浜減少によるビーチレジャー衰退 ・ 自然雪減少による雪上レジャー衰退
社会基盤	・ 家屋の浸水被害 ・ 交通インフラの浸水被害
健康	・ 暑熱による死亡者数の増加 ・ 感染症による死亡者数の増加

また、これらの項目について、ハザード、曝露、脆弱性、レスポンスによりリスクを捉えるIPCCの枠組みを参考に、A) 影響変化、B) 地域依拠、C) 地域脆弱性、D) 地域適応性によりリスクを捉える枠組みを構築した。こ

こでA) 影響変化とは、気候変動影響を変化率により捉えるものとした。例えば、農業であれば気候変動影響予測結果に基づく作物収量の変化率がこれにあたる。B) 地域依拠とは、ヒトやモノの存在を相対的な割合により捉える項目である。IPCCや一般的なリスク評価においては曝露量として絶対量を乗ずるが、ここでは自治体間の相対比較を可能とするため、自治体規模に依存しない項目設定を目指した。同じ影響変化が現れた場合であっても、各地域の対象産業への依拠度によって、地域へのリスクの大小が異なる点がここに反映される。C) 地域脆弱性は、対象とする分野において、地域に存在するヒトやモノの「性質」に着目するものである。例えば同様の収量変化、対象作物への同様の地域依拠度であっても、農業分野における後継者の存在度合いによって地域リスクが異なる、といった点を表すものである。D) 地域適応性とは、対象分野におけるヒトやモノが持つ能動的対策に向けた実行力であり、地域の経済力などがこれにあたる。

本研究では表1に示す各項目について、上記A)～C)を乗じた値をD)で除することでリスク値を求めた。その上で、各項目のリスク値の和を当該分野のリスク値とした。リスク値は自治体ごとにレーダーチャートを用いて可視化した。これにより、各自治体は項目ごとにリスクを参照することが可能となり、さらに各分野、例えば農業において、水稲や野菜、果樹のリスクを項目別、作物別に比較できるほか、特定の項目についてA)～D)の内訳により、リスクへの影響要因を知ることができる。

発表では各自治体における実例とともにリスク評価結果の詳細を示す。

謝辞

本研究は(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(S-18-4(1), JPMEERF20S11815)により助成を受けた。

参考文献

- 1) 戸川卓哉, 高野剛志, 森田紘圭, 大場真 R.C.Estoque, 近藤美沙希 (2020) 気候変動が住民の生活の質(QOL)に与える影響評価フレームワークの提案, 土木学会論文集 G, 76(5), I_461-I_470.
- 2) 環境省 (2020) 気候変動影響評価報告書(総説).

キーワード: 気候変動, 自治体, リスク, 適応

地球温暖化対策における非国家主体の役割 —個人の環境配慮行動への影響—

The role of non-state actors in global warming countermeasures: Influence on individuals' pro-environmental behaviors

早稲田大学経済学研究科 ○オルガ, 早稲田大学政治経済学術院 有村俊秀, 福井県立大学 中井美和

1. 研究背景

日本は 2030 年度削減目標の達成に向けては、家庭部門の排出量を 2013 年度比で約 66%の削減が必要とされている。しかし、将来における温室効果ガスの排出量とパリ協定の目標との間にギャップが予想されている。その排出ギャップの解消について、国連環境計画 (UNEP) は「排出ギャップ報告書 2018」において非国家主体 (Non-state actors) の重要な役割を強調した。また、地球温暖化対策には、国家、非国家主体及び個人といった全ての関係者との連携が必要とされている。このような背景を踏まえ、本研究では、非国家主体が個人の環境配慮行動に与える影響を分析する。

2. データ概要

本研究は 2020 年 3 月にネットリサーチ会社マイボイスコムに委託し、全国 47 都道府県の 20 歳から 69 歳の男女を対象に実施した個人レベルのオンラインデータを用いて分析した。被説明変数の環境配慮行動について、以下質問を提示した：「次のうち、ご自身に当てはまるものを全て選んでください」：①過去 12 ヶ月間、私は省エネルギー (省エネ) 行動を行っていた (例：冷房・暖房目的のエアコンや照明をこまめに消す)、②買い物の時、マイバッグを使っている、③詰め替え商品 (シャンプーや食器用洗剤など) を購入している、④自宅で節水したり、水の再利用をしたりしている、⑤環境に優しい認証がある商品を購入している、⑥気象要因による災害 (台風、豪雨など) から家や身を守る保険に加入している。回答者に選択された行動が 1 を取り、選択されなかった行動が 0 を取るダミー変数を作った。主な説明変数である非国家主体は「町内会」、「環境自然保護団体」、「宗教団体」、「労働組合」及び「その他の NPO または NGO」の会員であるかどうかを訪ね、会員であれば 1、非会員であれば 0 をとるダミー変数を作成した。

3. 分析結果

表 1 はプロビットモデルの平均限界効果である。各環境配慮行動における非国家主体の推定結果から分かる

ように、町内会、労働組合は多数の行動に正の有意な影響がある。また、省エネ行動において、多くの非国家主体が影響を与えている。

表 1 主な説明変数の平均限界効果

変数	省エネ行動	マイバッグ	詰め替え用品	節水	認証商品	保険
環境自然保護団体	0.236 * (0.140)	-0.176 (0.157)	-0.279 * (0.167)	-0.046 (0.151)	0.116 (0.122)	0.043 (0.122)
町内会	0.058** (0.024)	0.044** (0.199)	-0.022 (0.020)	0.116*** (0.026)	0.038** (0.0178)	0.096*** (0.021)
宗教団体	0.003 (0.084)	0.038 (0.075)	-0.058 (0.081)	-0.051 (0.081)	0.052 (0.063)	-0.007 (0.062)
労働組合	0.102** (0.044)	0.018 (0.036)	0.096*** (0.027)	0.089* (0.047)	0.056 (0.038)	0.152*** (0.044)
その他の NPO、NGO	0.163 (0.100)	0.027 (0.082)	-0.003 (0.079)	-0.0002 (0.102)	0.08 (0.081)	0.005 (0.075)

4. まとめ

本研究は個人の社会経済属性、環境態度、脱物質主義的な価値観などの要因をコントロールした上で検討した。その結果、町内会と労働組合のような団体が個人の環境配慮行動に影響を与えることを確認できた。従って、非国家主体を通じて、個人の環境配慮行動を促進することにより、家庭部門の削減目標に貢献できると考えられる。

参考文献

- 1) Arimura T.H, Iwata K, Katayama H, Sakudo M (2021) Seemingly unrelated interventions: Environmental management systems in the workplace and energy saving practices at home. Environmental and Resource Economics, 80, 761-794.
- 2) 外務省, パリ協定実施のための様々な主体の取組：地方自治体,
https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page23_002457.html, (参照 2021-5-27)

キーワード 非国家主体、個人の環境配慮行動、町内会

在宅勤務の普及に伴うCO₂排出量への影響に関する分析

Analysis of the impact on CO₂ emissions associated with the spread of telecommuting

東京工業大学 ○山澤佳那子, 棟居洋介, 国立環境研究所 金森有子, 増井利彦, (株)オカムラ 池田晃一, 森田舞

1. はじめに

新型コロナウイルス感染症の流行により、2020 年からテレワークとりわけ在宅勤務が急激に普及した。このような働き方の変化は環境負荷に変化を及ぼすと考えられる。在宅勤務に伴う環境負荷を定量的に推計した金森ら(2023)は、都市部では在宅勤務による環境負荷の低減効果は小さいと示している。ただし、職場において個室を想定している点や環境負荷の推計において平均のみを考慮している点が課題点として挙げられる。こうしたことを踏まえ、本研究では現実の在宅勤務状況をより適切に反映した推計方法を設定し、在宅勤務の普及に伴う一人当たりの年間CO₂排出量の変化を推計した。そして、在宅勤務の普及がCO₂排出量に与える影響について明らかにした。

2. 分析方法

本研究では、2022 年 2 月に行われた都市部の在宅勤務者を対象にしたアンケート調査の結果を元に、自宅、職場、通勤、余暇時間それぞれの在宅勤務に伴うエネルギー消費量、CO₂排出量を推計するという手順で分析を行った。

自宅のエネルギー消費量については、パソコン、モニター、照明、エアコンのみに変化が生じると考え、機器の単位時間当たりのエネルギー消費量、年間の在宅勤務時間等を考慮して推計した。職場においては、エネルギー消費の特徴から、一人で利用する機器と共有利用の機器に分けて推計した。共有利用の機器については、山口・下田(2020)を元に推計した。また、在宅勤務に伴う出勤者数の変化による職場の増床/減床の効果も考慮して推計した。通勤のエネルギー消費量については、自動車通勤のみを対象に、年間の通勤距離を燃費で割ることで推計した。余暇時間のエネルギー消費量については、12 種類の余暇活動を想定し、各活動の単位エネルギー消費量に余暇時間内で各活動に費やした時間を乗じることで推計した。CO₂排出量は、エネルギー消費量にCO₂排出係数を乗じることで推計した。

3. 結果と考察

3.1. 職場の床面積の変化がCO₂排出量に与える影響

出社人数の減少に伴う職場の床面積の変化が、在宅勤務に伴うCO₂排出量の変化に与える影響を明らかにするため、職場の床面積が変化しないと仮定する場合と職場の床

面積の変化を考慮する場合についてそれぞれ推計し比較した。なお、後者については、アンケートで示された職場の床面積の変化割合をもとに推計した。その結果、在宅勤務頻度がコロナ前の頻度からアンケートで示された理想の頻度に変化した時の、職場の床面積が変化しないと仮定した場合と床面積の変化を考慮する場合のCO₂排出量の変化の平均は、それぞれ9.3kgCO₂/(人・年)、-17.4 kgCO₂/(人・年)となった。このことから、出社人数の減少に伴い職場の床面積を変化させる場合、CO₂排出量を削減できることが示された。

3.2. 地域別の合計CO₂排出量の変化の分布

在宅勤務頻度がコロナ前の頻度からアンケートで示された理想の頻度に変化した時の、アンケート回答者の在宅勤務に伴う自宅、職場、通勤、余暇時間の合計CO₂排出量の変化の分布を地域別に得た。その結果、中京圏など自動車通勤者の割合が高い地域では、CO₂排出量の削減が期待できることが示された(図1)。

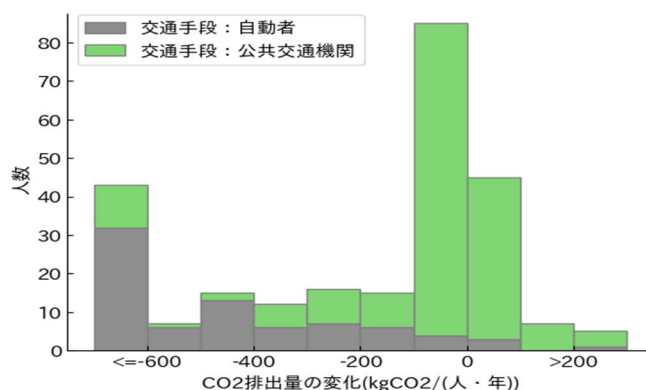


図1：理想的な在宅勤務頻度を実現したときのCO₂排出量の変化の分布(中京圏)

参考文献

金森ら (2023) 都市部における在宅勤務の増加がCO₂排出量に与える影響の分析、環境科学会誌、36(5)、173-184
山口容平・下田吉之(2020) 在宅勤務によるエネルギー消費量の変化 空気調和・衛生工学会近畿支部

キーワード 在宅勤務、CO₂排出量、都市部、自動車通勤、アンケート調査

京都市の熱中症搬送者数動向における祇園祭の影響 Impact of Gion Matsuri (Festival) on Heat-stroke Ambulance calls in Kyoto City

総合地球環境学研究所（京都気候変動適応センター） ○安成哲三，
何斯誠（京都大学防災研究所・理学系研究科）

1. はじめに

昨年度の発表では、京都市の熱中症搬送者数には、図1に示すように、7月17日前後と8月初めのピークが毎年のようにあり、特に前者は祇園祭前祭の山鉾巡行の日に対応するため、数十万人といわれる観光客の流入により、ピークが出現すると推定した。今回は、この問題を、機械学習法 XGBoost により、より定量的に評価した。

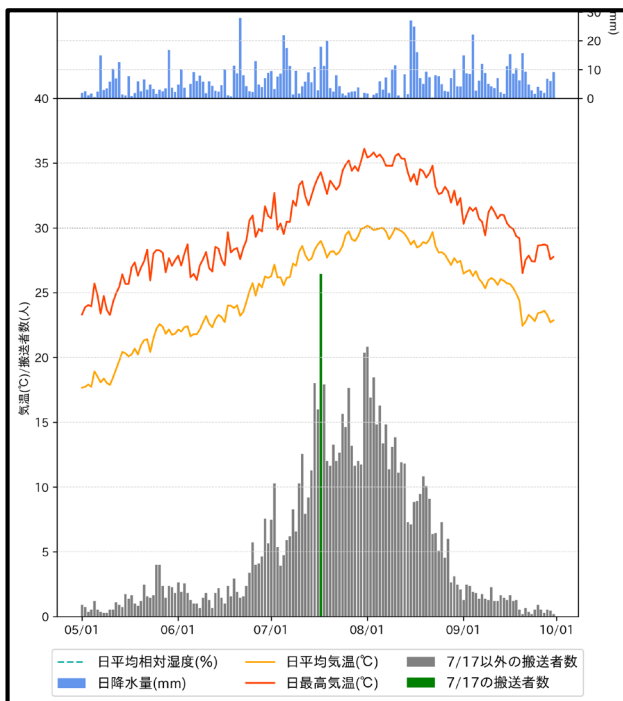


図1：京都市の13年平均の搬送者数と気象要素

2. 地下鉄乗降客数による観光客数と搬送者数の推定

今回は、京都市交通局による地下鉄各駅の乗降客数を観光客数の指標として用い、関係する9つの気象要素と祇園祭の観光客数を評価できる6つの地下鉄駅の乗降客数を用いて、搬送者数変動への各要素の貢献度を、13年間（2011~2023）について、機械学習を行った。その結果、毎年の京都市全域および祇園祭の中心域である下京区+中京区(図2)での搬送者数の日々の変動を、高い精度で再現できた。特に下京区+中京区では、祇園祭でのピークのみが顕著であることも示された。各要素の重要度(Figure Importance) (図3)から、

京都市全体では日平均気温と暑熱順化度の寄与を示す気温の上昇度が大きい、下京区+中京区では、日平均気温の次に地下鉄四条烏丸駅の乗降客数が大きく寄与していることが明らかになった。

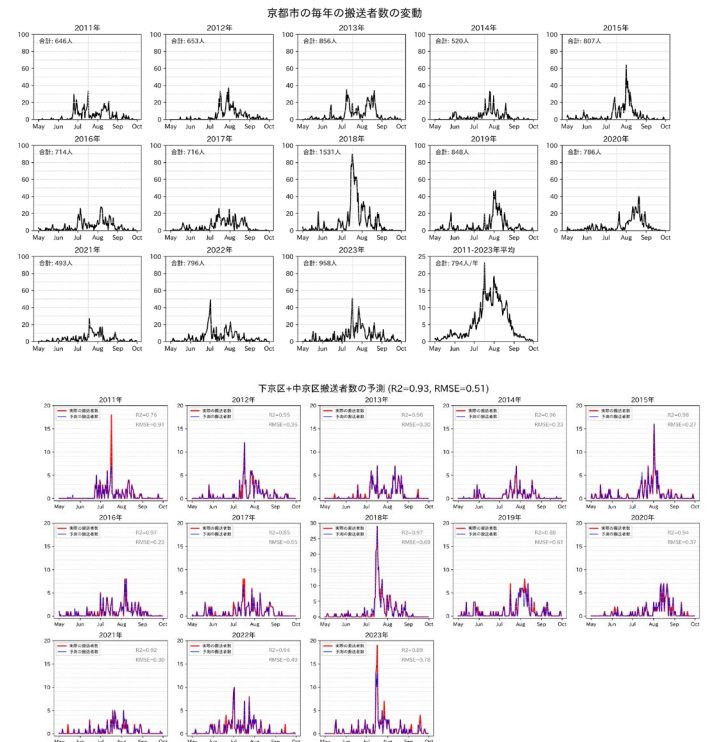


図2：京都市全体(上)と下京区+中京区(下)での年ごとの搬送者数の実測と再現

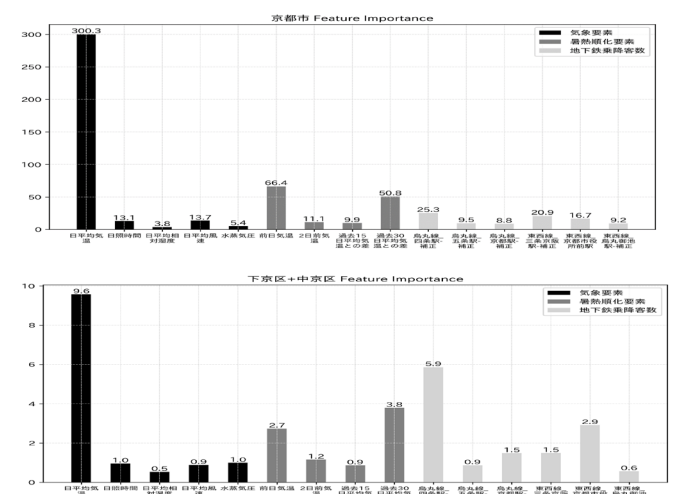


図3：XGBoostによる各要素の重要度(Figure Importance) (上)京都市全体 (下)下京区+中京区

気候変動と世界食糧危機：新品種開発の悪循環

Climate Change and Global Food Crisis : The Vicious Circle of New Variety Development

大阪経済法科大学国際学部 今井健一

1. はじめに

世界には、2022年現在で735百万人もの栄養不良者がいる。これは世界人口の9.2%に匹敵する数である。このような現状にある世界の食糧危機が、気候変動によってさらに深刻化する可能性がある。1960年代から1970年代に起きた「緑の革命」のように、新品種開発などを含む農業の変革によって、私たちはこの危機を乗り越えることが出来るのであろうか？

本研究の目的は、世界の食糧危機がさらに深刻化する前に、私たちが取り組むべき課題を考察することにある。そのための方法として、第一に、世界における食糧、特に世界の主食である穀物（米、小麦、トウモロコシなど）の生産量と飢餓の状況を測る上での指標である栄養不良者数（及びその割合）の関連性をFAO（国連食糧農業機関）のデータから分析する。第二に、この分析結果を踏まえ、途上国に根強く存在する飢餓を産み出している原因について、穀物の生産・供給システムの視点から考察する。この考察では、「緑の革命」の負の遺産と言われる新品種の開発における悪循環から学ぶべき教訓について触れる。

2. 先進国と途上国の穀物生産量の推移

過去60年間（1961-2021）において、世界の穀物生産量は世界の人口の伸びに歩調を合わせるように順調に増加している（図1）。

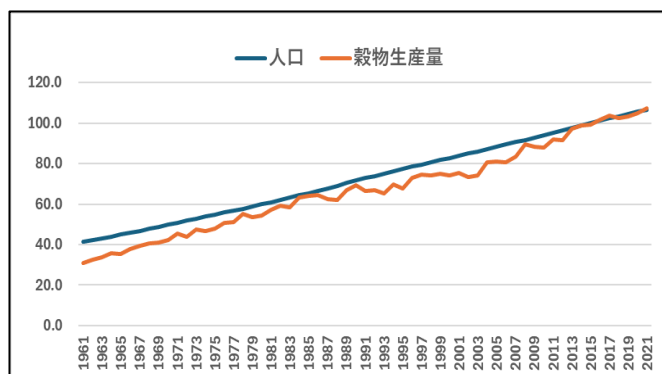


図1 世界の人口と穀物生産量の推移（1961-2021）
（人口と穀物生産量は2014-2016=100とした指数）

しかし、人口と穀物生産量の推移において、先進国（北米、ヨーロッパ、オセアニア）と途上国（アジア、

アフリカ、中南米）の間にはっきりとした違いがある。

それは、1960年～2020年の間に、先進国の世界人口と世界穀物生産量に占める割合が両方において減少している一方、途上国については、両方において増加していることである。このように穀物生産量が増加しているにもかかわらず、何故、途上国にのみ依然として飢餓が存在するのであろうか（世界の栄養不良者735百万の98.8%が途上国の人々である）。

3. 途上国における飢餓の原因

世界全体の穀物生産が増加している一方で、飢餓がほぼ途上国でのみ発生している。この原因としては、まず途上国における人口増加、貧困、穀物国際価格の上昇、紛争発生時の食糧へのアクセス困難、あるいは気候変動がもたらす自然災害への脆弱性などが考えられる。しかし、「緑の革命」以降、顕在化してきた穀物の生産システムにおける途上国の劣性も重要な要因である。

4. 緑の革命からの教訓

「緑の革命」は、途上国の食糧危機に大きな貢献をもたらした一方、先進国（政府・企業）主導による生産性の高い新品種などを使った大規模農業の拡大によって途上国の農家が新品種を容易に利用できない、また新品種の拡大によって途上国における既存品種が失われ、生物多様性の減少を引き起こしているとの報告がある。このような新品種開発における悪循環をなくすことが、穀物の生産システムにおける途上国の劣性な立場を改善することに繋がると考えられる。

参考文献

- 1) FSIN and Global Network Against Food Crises (2024) GRFC 2024, Rome, 201.
<https://www.fsinplatform.org/report/global-report-food-crises-2024/>
- 2) FAOSTAT <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
- 3) ヴァンダナ・シヴァ（2006）, 食糧テロリズム, 赤石書店, 205頁
- 4) 阮蔚（2022）世界食糧危機, 日経BP, 223頁

キーワード 気候変動、食糧危機、新品種開発

自由貿易協定が気候変動に及ぼす影響 — 日中韓 FTA を対象とした GHG 排出量の要因分解分析 — Impact of Free Trade Agreements on Climate Change: Decomposition Analysis of GHG emissions from the Japan-China-Korea FTA

北海道大学 ○赤堀弘和

1. はじめに

貿易自由化は、経済活動の変化を通じて環境にも影響を及ぼす。貿易による環境への影響は、経済規模の変化による影響を捉える規模効果、産業構造の変化を捉える構成比効果、産業の生産量 1 単位当たりの環境負荷排出量の変化を捉える技術効果の 3 つに分解できることが知られている¹⁾。FTA 締結によって経済規模が拡大しても、十分に生産性が上昇し投入エネルギーなどの節約が起これば、気候変動への影響は相殺されて小さくなると考えられる。このため、経済規模拡大による環境への負の影響（規模効果）と、生産性上昇による環境への正の影響（技術効果）の対立が注目される。このうち技術効果は、生産性不変の仮定を置いた場合には十分に捉えることができず、内生的生産性変化をモデルに導入したうえで、応用一般均衡（CGE）分析により FTA の気候変動への影響を明らかにした研究はほとんどみられない。

そこで本研究では、CGE モデルである GTAP (Global Trade Analysis Project) 静学モデルに内生的生産性変化を導入し、自由貿易協定が気候変動に及ぼす影響の要因分解分析により、技術効果が規模効果を相殺しうるかを検証する。具体的には日中韓 FTA による温室効果ガス（GHG）排出量の変化を対象とする。

2. 分析方法

分析の手順としては、まず GTAP モデルによる CGE 分析により、CO₂ 排出量に関連する産業別の化石燃料の使用量や、CO₂ 以外の GHG 排出量に関係する中間投入量や土地や資本などの生産要素の投入量の変化率を計測する。ここで、競争促進効果による内生的生産性変化を導入するため、貿易開放度（輸出入総額/GDP）と全要素生産性（TFP）を結びつける等式をモデルに追加する²⁾。既存研究によりこれら 2 つの間には強い関連があることが指摘されている。続いて、初期状態の GHG 排出量に、関連する投入量の変化率を乗じることで、FTA 締結後の GHG 排出量を計測する。分析対象の GHG は CO₂、N₂O、CH₄ および F-gases である。日中韓 FTA の分析シナリオは、この FTA による影響の上限を捉えるため、3 か国間での輸入関税の完全撤廃を仮定する。

次に GHG 排出量変化を要因分解する。経済規模を S 、産業構成比を C_i 、排出係数を T_i 、 i を産業とすると、ある国・地域の GHG 排出量は以下(1)式のように表現できる。

$$GHG = \sum_{i=1}^n S \cdot C_i \cdot T_i \quad (1)$$

この式を全微分すると、以下の(2)式が得られる。

$$\Delta GHG = \sum_{i=1}^n (\Delta S \cdot C_i \cdot T_i + S \cdot \Delta C_i \cdot T_i + S \cdot C_i \cdot \Delta T_i) \quad (2)$$

本研究では、右辺第 1 項を規模効果、第 2 項を構成比効果、第 3 項を技術効果と定義する。

3. 分析結果

要因分解分析の結果、内生的生産性変化を考慮した場合、日中韓 FTA による GHG 排出量への影響においては、3 国ともに技術効果による正の影響が、規模効果による負の影響を十分に相殺しうる事が明らかとなった。

表 1 日中韓 FTA による GHG 排出量変化の
要因分解結果（百万トン CO₂ 等量）

	規模 効果	構成比 効果	技術 効果	合計
日本	1.01	-0.37	-2.15	-1.51
韓国	1.40	-1.04	-1.49	-1.13
中国	9.52	-18.88	-14.13	-23.50

注 1) 分析には GTAP データベース 10a の 2014 年データを用いた。

注 2) 表中の数値はすべて日中韓 FTA 締結による変化量である。

謝辞

本稿は JSPS 科研費 JP24K09085, JP22H02441, JP23K23706 の助成を受けた研究成果の一部である。

参考文献

- 1) Antweiler, W., Copeland, B.R., Taylor, M.S. (2001) Is Free Trade Good for the Environment?, The American Economic Review, Vol. 91, No. 4, 877-908.
- 2) Kikuchi, T., Yanagida, K., Vo, H. (2018) The Effects of Mega-Regional Trade Agreements on Vietnam, Journal of Asian Economics, Vol. 55, 4-19.

キーワード 温室効果ガス, 気候変動, 貿易, CGE 分析

人々の環境配慮行動とその心理構造の解析に関する研究

Analyzing Psychological Determinants and Modeling Citizens' Pro-Environmental Behaviors

総合地球環境学研究所 ○青木えり

1. はじめに

気候変動対策をはじめとする環境対策における市民の役割は大きい。環境配慮行動といっても対象とする環境問題や行動実施場面によってその特徴は異なる。市民自身がどう理解してどう行動するのかを心理構造によって網羅的かつ個別に扱うことで、環境政策に資する知見を提案することを目的としてきたり。また、気候変動対策における適応策を同じく行動モデルの枠組みで取り上げた²⁾。さらに、コロナ禍から DX(デジタルトランスフォーメーション)社会を見据えた新たな生活様式も取り上げ、個人の認識や行動とその効果^{3),4)}を述べた。本発表では、これらの一端を紹介したい。

2. 市民の環境配慮行動と心理モデル

市民が実施可能な環境配慮行動として脱炭素から設備導入まで 57 行動を取り上げ、アンケート調査により行動理論に基づいた心理因子に関する 55 変数から心理構造の解析を統計的に実施し、定量的な関係を示す心理モデルを構築した。結果、人の内面の意識である態度や行動の有効性認知、個人規範により行動意図の多寡が影響を受けるが、実際の行動においてはそれが主観的に簡単か習慣化しているかといった外的環境の影響が大きい。どちらも環境問題一般ではなく個別行動に対する認知の影響が大きい。また、節電やごみ減といった環境問題の違いよりも同じ省エネでもこまめな照明オフ（高実施）と待機電力減（低実施）といった実施度の違いが差異となり、高実施行動は態度や有効性の影響がより大きく、低実施行動では、規範や簡便さ等の便益評価認知の影響が大きかった。

同様に気候変動による災害を見据えた適応行動となりうる防災行動もとあげてモデル化により比較したところ、同構造のモデルが成立し適応行動には便益評価や周囲を参照する社会規範（記述規範）の影響がより大きかった。さらに 4 都県で地域比較をしたところ環境配慮行動調査同様にゴミ関連には地域差があるものの、適応行動ではより多くの行動で有意な地域差がみられた。行動変容にむけては、社会的認知の向上に加え、有効性や行動評価認知の変化、そして地域に応じた戦略と地域内での協働的取り組みが求められる。

3. DX 社会における新たな環境配慮行動の可能性

DX は情報通信技術による社会の変革を指しており、持続可能な社会への変革を推進する環境科学として活用できる部分は多い。生活の質向上と環境負荷低減が期待されるテレワークの現状、コロナ禍を契機とした実践が肯定的態度を醸成したものの、継続実施は限定的である。限定的ながらも従前より広範な人が、勤務形態を組み合わせることで柔軟な働き方をしている。自動車通勤抑制が排出量を最も低減するものの、自動車依存が高い地方ほど実施度は低い。さらに ICT 利用に伴う追加的負荷を鑑みると、自動車利用が少ない都心ではビデオ会議の時間次第で環境負荷を増大させる可能性があった。環境面を考慮したテレワーク定着には、社会的な意義づけが改めて必要である。

4. おわりに

新たな技術や価値の下、生活が多様化していく中、環境負荷の低減だけでなく住民の生活が充実し幸福であるといった SDGs をはじめとした多面的評価が重視されてきている。行動主体である市民に着目することで、環境負荷低減のみならず生活の質向上となりうる行動変容を理解できるのではないだろうか。それらを統合することで地域として持続可能な社会への転換を加速させる実効性の高い施策に貢献していきたい。

参考文献

- 1) 青木えり・栗栖 聖・花木啓祐 (2013) 様々な環境配慮行動に対応する心理モデルの探索的な構築, 土木学会論文集 G (環境), 69(6), II_93-II_104.
- 2) Eri Aoki et al. (2024) Developing Behavioral Models of Citizens for Adapting to and Mitigating Climate Change: A Study on Four Prefectures in Japan, *Frontiers in Climate*, 6.
- 3) 青木えり・平松あい・花木啓祐 (2023) コロナ禍におけるテレワークの期間限定利用者と継続利用者の特徴分析, 環境科学会誌, 36(4), 122-134.
- 4) 青木えり・平松あい・花木啓祐 (2023) コロナ禍のテレワークによる CO₂ 排出量低減効果の推定, 土木学会論文集 G (環境), 79(26), 17-29.

キーワード 環境配慮行動, 行動変容, 社会調査

大学生を対象とした菜食の普及条件と GHG 排出削減効果の分析

Analysis on conditions for dissemination of vegetarian meal and estimation of greenhouse gas emission reduction effect

兵庫県立大学環境人間学部 ○増原 直樹, 北条 彩夏

1. はじめに：研究の背景及び目的

先行研究によれば、世界の温室効果ガス(GHG)の約3分の1が食システムから排出され、中でも畜産業から排出される温室効果ガスは運輸部門を上回っていると推計される。本研究では、植物性食品中心の食生活である菜食は肉食に対し環境負荷が小さいという点に着目し、大学生への意識調査を実施することで、菜食が普及するための条件を明らかにする。さらに、意識調査の結果を基に、菜食への現実的なシフトを通じた GHG 削減効果を推計することを研究の目的とする。

2. 研究方法

菜食の実践者（インスタグラム経由）と菜食を積極的に実践していないと考えられる者（本学部の1年生）を対象とした2種類のアンケート調査を設計・実施し、得られた結果から総合的な考察をおこなった。

3. 研究結果

3.1. Instagram を利用したアンケート調査

Instagram で菜食について発信している方々に対してダイレクトメッセージを送り、34名から回答を得た。9つの質問のうち、「菜食普及に必要な条件は何だと思うか」という質問に対する自由回答を集計したところ、菜食への正しい理解を進めることやメディアで菜食についての発信を増やすことなどが必要だという「理解・知識面」と、手軽に購入できる菜食商品を増やすことや外食時に菜食メニューを選択できる状態になることなどが必要だという「菜食へのアクセス面」の2つの条件に集約できた。

3.2. 大学1年生へのアンケート調査

上記のアンケート調査で得られた、「理解・知識面」と「菜食へのアクセス面」の2条件に対し、どちらの方がより菜食意欲を高めるか調査するために本学部1年生を対象としたアンケート調査を設計・実施し、146名から回答を得た。「理解・知識面」と「菜食へのアクセス面」の各条件を与え、現在の食生活に週何食なら菜食を取り入れても良いと思うか質問した（図1、図2）。

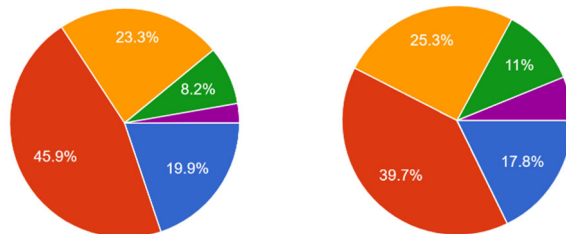
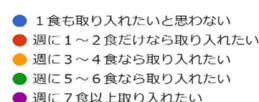


図1 理解・知識面の場合



4. 考察

学生対象調査で得られた各結果に明確な差異があるか確認するために、対応のあるt検定を適用した(表1)。

表1 学生調査から得られた回答に対するt検定

	変数1 (理解・知識面)	変数2 (菜食へのアクセス面)
平均	2.147	2.517
分散	3.125	4.026
観測数	146	146
ピアソン相関	0.746	
仮説平均との差異	0.000	
自由度	145	
t	-3.281	
P(T<=t) 片側	0.001	
t 境界値 片側	1.655	
P(T<=t) 両側	0.001	p=0.0013<p=0.01
t 境界値 両側	1.976	

有意水準1%での両側検定の結果、2つの回答結果には明確な差があったとした統計的な証拠が得られた。したがって、「理解・知識面」の条件よりも「菜食へのアクセス面」の条件の方が菜食意欲を高めることがわかった。

キーワード 菜食, アンケート調査, GHG 削減効果

マイボトルの利用を促す情報に関するアンケート調査

Questionnaire survey on the information to promote using personal own bottle

福島大学 沼田大輔

1. はじめに

外出先での水分補給においては、ペットボトル入り飲料水よりも、マイボトル入り水道水の方が大幅に環境負荷を下げられると言われている（三木ほか 2010）。マイボトルの利用を促す方策の一つとして、マイボトルの利用方法に関する情報（例：マイボトルに給水できる場所・給水タイプ（例：公園などの水飲み場、冷水器、蛇口、ウォーターサーバー、ボトル給水機）・給水できる水の種類（例：浄水・常温水・冷水））の提供が考えられる。しかしながら、こうした情報の提供がマイボトルの利用を促すか、マイボトル利用方法に関するどのような情報が求められているかについては必ずしも調べられていない。

一方、報告者の研究室では、福島県内におけるマイボトルへの給水を誰もが無料で行うことができる場所（給水スポット）についての情報を 2022 年 4 月からウェブサイト上のマップに蓄積している

（<https://www.refill-japan.org/team/refill-fukushima/>）。給水スポットには、公園・駅・公共施設などにある「公共の水飲み場」（2024 年 5 月時点で 80 箇所）と、マイボトルに無料で給水してくれる「協力店舗」（2024 年 5 月時点で 15 箇所）があり、両者はウェブサイト上で識別できる。本報告では、上記の取組をもとに、大学生および市民にアンケート調査を行い、マイボトルの利用を促す情報について考察した結果を示す。

2. 分析方法

福島大学の学生に、2022 年 10 月 24 日から 11 月 3 日にかけて、福島県内（主に福島市）における給水スポットのマップを見ることで、ペットボトルの利用がどの程度変化するかなどについてアンケート調査を実施し、232 名の回答を得た。なお、このうち、マイボトルを持っているが（ほぼ）使わない回答者は 51%であった。

また、2023 年 10 月 20 日から 11 月 7 日に、福島大学の学生、「ふくしま田園中枢都市圏」（福島市など 9 市町村）の住民などに、利用したい給水スポットの特徴についてアンケート調査を行い、442 名の回答を得た（うち、福島大学生 29%、住民等 71%）。そして、マ

イボトル利用者が否かで、利用したい給水スポットの特徴の違いを検討した。なお、回答者のうち、マイボトルを持っているが使用していない回答者は 11%であり、回答した住民等は、環境意識が比較的高い可能性があることに注意が必要である。

3. 分析結果の例

2022 年に行ったアンケートより、1 節で示した給水スポットマップを見ることでペットボトル入り飲料の購入を減らす人が 2 割程度見られた。また、広い範囲を示したマップ（学籍番号が奇数の学生が回答）の方が、狭い範囲を示したマップ（学籍番号が偶数の学生が回答）よりも、給水スポットが多いと思う回答が約 2 割多く見られた。しかしながら、マップで示す範囲が広くても狭くても、ペットボトル入り飲料の購入意向に明確な違いは見られず、マップにある給水スポットに行こうと思う割合にほぼ変化は見られなかった。

2023 年に行ったアンケートより、マイボトル利用者（外出時に 5 回に 1 回以上マイボトルを使用している回答者と定義。回答者全体の 67%）の利用したい給水タイプは、ウォーターサーバーが最も多く（マイボトル利用者の 85%）、次にボトル給水機、協力店舗、冷水機と続いた。一方、マイボトル利用者以外の利用したい給水タイプも、ウォーターサーバーが最も多く（マイボトル利用者以外の 88%）、次に協力店舗、ボトル給水機、冷水機と続いた。また、マイボトル利用者の利用したい給水場所は、公共施設（図書館や市役所など）が最も多く（マイボトル利用者の 85%）、次に駅、飲食店、公園であった。一方、マイボトル利用者以外の利用したい給水場所も、公共施設が最も多く（マイボトル利用者以外の 75%）、次に駅、飲食店、公園であった。

参考文献

- 1) 三木暁子・中谷隼・平尾雅彦(2010) 消費者のためのライフサイクル評価による飲料水利用のシナリオ分析, 環境科学会誌, 23 巻 6 号, 447-458

キーワード マイボトル, 給水, 情報提供, アンケート

Environmental Learning on Regional Environmental Master Plan

山梨大学 ○島崎 洋一

1. 研究目的

各地域において環境基本計画が策定されているが、決して地域住民にその内容が浸透しているわけではない。本研究では地方自治体の環境基本計画に基づいた環境学習プログラムを開発して、中学校での実践を試みた。ワークシートやアンケートの記述内容を分析して、環境学習の反応や効果を明らかにすることを目的とする。

2. 学習プログラムの概要

対象地域は山梨県笛吹市である。第2次笛吹市環境基本計画¹⁾の内容を参照した。環境学習の目的は「地域の環境について自分ごとと捉えて課題解決策を考え、他者と協力して形にする力の育成」と設定した。

授業は2023年6月28日と10月27日に笛吹市のA中学校の1年生5クラスを対象に実践した。1回目は導入として、第2次笛吹市環境基本計画概要版を配布して、目指す環境像（水・花・緑 彩り豊かな桃源郷 みんなで未来につなぐまち）や5つの基本目標を5クラスまとめて解説した。2回目は展開として、「笛吹市の環境を良くするキャンペーン」を企画するグループワークをクラスごとに同時進行で行い、各グループが画用紙にまとめた内容を発表する構成にした。

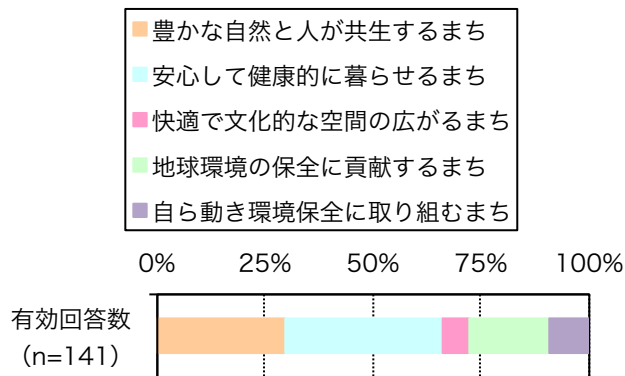


図1 受講者が最も重視したいまち

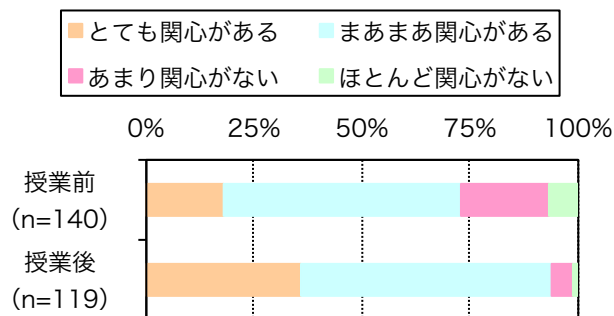


図2 授業前後の環境問題の関心度

3. 学習プログラムの反応

図1に受講者が最も重視したいまちの結果を示す。「安心して健康的に暮らせるまち」が最大の36.2%を占めた。図2に授業前後の環境問題に対する関心度の結果を示す。4件法で比較した結果、授業前の2.84点に対し授業後が3.29点となり、0.45点上昇したことがわかった。また、テキストマイニング²⁾を用いて、授業後のアンケートの自由記述を分析した。図3にワードクラウド解析の結果を示す。「環境」、「自分たち」、「考える」、「取り組む」、「できる」などのワードの出現頻度が高く、環境学習の目的が達成されていることがわかった。

謝辭

環境学習の実践にあたり、笛吹市市民環境部、笛吹市の中学校、島崎ゼミの関係者各位のご協力を得ました。深く感謝の意を表します。

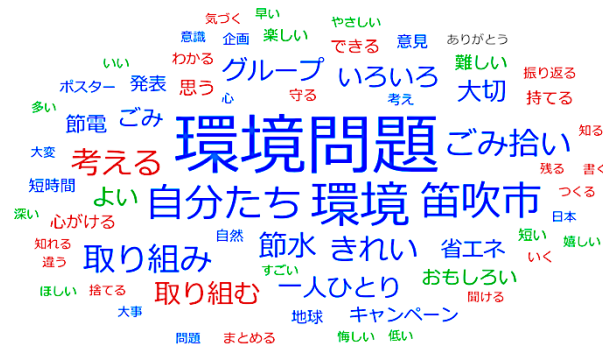


図3 自由記述のワードクラウド解析

参考文献

- 1) 笛吹市（2021）第2次笛吹市環境基本計画，122pp.
- 2) 株式会社ユーザーローカル，AI テキストマイニングツール，<https://textmining.userlocal.jp/>（アクセス日：2024年1月10日）

キーワード 環境学習、環境基本計画、地方自治体

霞ヶ浦沿岸地域における住民の環境保全行動意図の意思決定過程の分析

Analysis of the Decision-Making Process of Residents' Behavioral Intentions for Environmental Conservation in the Coastal Areas of Lake Kasumigaura

千葉大学 ○石井康平

1. はじめに

本研究は、茨城県霞ヶ浦の沿岸地域を対象に、地域住民の環境保全行動をもたらし意図（＝環境保全行動意図）の形成過程（＝意思決定過程）を説明することを通じて、霞ヶ浦沿岸において地域住民の環境保全行動意図を促進する糸口を探るものである。

2. 調査の概要

本研究では、霞ヶ浦沿岸地域である茨城県かすみがうら市霞ヶ浦地区の地域住民に対して、質問紙調査を行った。調査の実施にあたっては、住民基本台帳閲覧の上、1,588名を無作為に抽出し、2023年8月～10月にかけて、普通郵便で調査票を配布した。本調査の有効回答数は346件（有効回答率は21.7%）であり、この回答データに基づいて、後述の分析を行った。なお、質問項目については、茨城県美浦村で調査した石井（2023）の項目から一部追加し設定した。

3. 分析および結果

3.1. 因子分析

まず、本研究では、三阪（2003）を参考にして4つの区分を設け、因子分析（最小二乗法、プロマックス回転）を行った。抽出された11因子を表1に示す。

表1 因子分析の結果

区分	抽出された因子
行動意図	個人行動意図、集団行動意図
関心・動機	水環境に対する保全意図、霞ヶ浦に対する保全態度、霞ヶ浦に対する愛着、集落に対する好感
認知・知識	調整価値、資源価値
その他	社会規範評価、生活影響評価、リスク認知

3.2. 重回帰分析および共分散構造分析

次に、先述の11因子について、「認知・知識→関心・動機→行動意図」というモデルを設定し、以下の手順で分析を行った。

まず、重回帰分析を用いて、因子間の個別の関係性を分析した。次に、重回帰分析の結果を踏まえて、共分散構造分析により、因子間の関係性を構造化してパス図（図1）に表現し、意思決定過程を導いた。

以下に、先述の「認知・知識→関心・動機→行動意図」という意思決定モデルに即して図1の解釈を述べる。

まず、「認知・知識」と「関心・動機」の因子の関係性に着目すると、調整価値は、水環境に対する保全意図、霞ヶ浦に対する愛着に、資源価値は、霞ヶ浦に対する愛着に正の影響を及ぼしている。つまり、「認知・知識→関心・動機」という過程が支持される。次に、「関心・動機」と「行動意図」の因子の関係性を見ると、霞ヶ浦に対する保全態度、集落に対する好感が集団行動意図に、霞ヶ浦に対する保全態度、水環境に対する保全意図が個人行動意図に正の影響を及ぼしている。つまり、「関心・動機→行動意図」という過程が支持される。したがって、図1より、霞ヶ浦沿岸地域住民の意思決定過程として、「霞ヶ浦に対する価値→霞ヶ浦や水環境、生活環境に対する関心や動機→霞ヶ浦に対する保全行動意図」という過程を解釈できる。

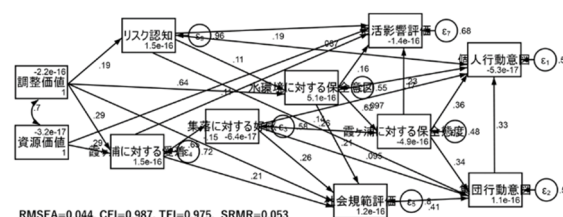


図1 共分散構造分析の結果

4. まとめ

このように、本研究から地域住民の環境保全行動意図を促進する上では、関心・動機だけでなく、認知・知識にも着目する必然性が示唆される。

参考文献

- 石井康平（2023）居住地域と環境配慮行動の意思決定過程との関係性について，じんもんこん 2023 論文集，2023 巻，143–150
- 三阪和弘（2003）環境教育における心理プロセスモデルの検討，環境教育，13 巻 1 号，3–14

キーワード 環境保全行動意図，意思決定過程，質問紙調査，共分散構造分析，霞ヶ浦

営農型太陽光発電に対する全国農業委員会調査から —2018 年度調査と 2023 年度調査の比較を通じて— From a survey of agricultural committees on solar sharing -Through a comparison of the 2018 FY survey and the 2023 FY survey

千葉大学 ○倉阪秀史

1. 問題意識

営農型太陽光発電（ソーラーシェアリング）とは、農地の上部に太陽光発電パネルを設置することによって、太陽光を発電と営農でシェアしようとするものである。この発電方法については、第 6 次環境基本計画においても、地域共生型の再生可能エネルギーの最大限の導入拡大という項目において、「適正な営農型太陽光発電促進」が盛り込まれるなど、農業者に営農を継続させるために必要となる収入を確保しつつ、農業生産の再エネへの転換をすすめる方策として期待する声がある。一方、日陰でも生育する作物を選択するなど、食糧生産よりも発電を優先する不適切な事例も見られている。

当研究室においては、2018 年度に全国の農業委員会に対して、営農型太陽光発電のための農地転用許可の実態などを調査した。その調査から 5 年を経て、再度、同様の調査を実施し、営農型太陽光発電の実態を把握した。

2. 調査の概要

この調査は、全国の農業委員会のうち、一定の基準（北海道では 800ha、沖縄・北海道を除く都道府県では 200ha）を超える農地面積を持つ市町村の農業委員会（沖縄県は全農業委員会）を対象として、能登地震の被災地を除く 1413 自治体の農業委員会に対して行われた。この調査は、2018 年度に研究代表者と協働実施者が行った調査と比較できるように企画された。今回の調査では、901 の農業委員会から回答が得られた（回答率 63.8%）。

3. 結果の概要

3.1. 認知度

ソーラーシェアリングについての認知度は向上しており、86%の農業委員会は意味も理解している。

表 2 認知度

	今回調査 (2023年度)		前回調査 (2018年度)	
	N	%	N	%
「ソーラーシェアリング」という言葉をご存知ですか。(ひとつ選択)				
1.知っており意味も理解している	776	86.1%	946	80.6%
2.聞いたことがあるが意味はわからない	55	6.1%	83	7.1%
3.聞いたことがない	69	7.7%	101	8.6%
未回答	1	0.1%	44	3.7%
	901	100.0%	1174	100.0%

3.2. 受理件数

受理件数は 2022 年度には新規・再許可を併せて 784 件に達した（2023 年度は調査時点まで）。



3.3. 農業委員会の考え方

ソーラーシェアリングを肯定的に考える農業委員会が若干増加しているものの、依然として過半数の回答が、太陽光パネルの下で十分に営農ができないと思うと回答している。

表 3 農業委員会の考え方

	今回調査 (2023 年度)		前回調査 (2018 年度)	
	N	%	N	%
貴農業委員会は「ソーラーシェアリング」について、どのように考えていらっしゃいますか。以下の選択肢からお考えに近いものをお選びください。 (複数回答可)				
耕作放棄地／荒廃農地の解消につながると思う	217	24.1	197	18.8
農業後継者／担い手の確保につながると思う	31	3.4	34	2.9
太陽光パネルの下で新しい特産物が生まれると思う	22	2.4	16	1.4
エネルギーの地域自給につながると思う	149	16.5	111	9.5
景観の破壊につながると思う	209	23.2	212	18.1
農作物市場にひずみを生じさせると思う	13	1.4	7	0.6
太陽光パネルの下で十分に営農ができないと思う	495	54.9	690	58.8
わざわざ農地の上で太陽光発電をしなくてもいいと思う	394	43.7	564	48.0
その他	92	10.2	194	16.5
この中には当てはまらない	44	4.9	—	—
無回答	20	2.2	—	—
全体	901	100.0	1174	100.0

参考文献

- 倉阪秀史 (2019) 「ソーラーシェアリング全国調査結果報告書から」『公共研究』15(1),280-297

キーワード ソーラーシェアリング, 食糧生産, 脱炭素

都市計画マスタープランの評価におけるフューチャー・デザイン導入の効果検証 ～岩手県矢巾町での討議実践とアセスメント手法の検討～

The Effect of Introducing Future Design in the Evaluation of Urban Planning Master Plans - a Deliberation Practice in Yahaba Town, Iwate Prefecture.

大阪大学大学院工学研究科 BE 専攻 ○廣島滉大, 瀧上ゆかり, 原圭史郎, 岩手県矢巾町 吉岡律司

1. 緒言

行政計画である都市計画マスタープラン（以下 MP と示す）は長期的観点から検討すべきものでありその内容は将来世代にも影響を及ぼす。一方で、その策定は、あくまで現世代の視点から検討されており、将来世代の視点からの考察という観点では課題がある。そこで本研究では、フューチャー・デザイン（Future Design：FD）を導入して、将来世代の視点を取り入れた MP 評価の枠組みを提起し、その効果を検証する。FD の手法として「仮想将来世代（Imaginary Future Generations：IFGs）」と呼ばれる社会的装置が有力とされており、現世代の人間が将来を考慮した持続可能な意思決定を可能とするが過去の実践から認められている。¹⁾ このことから、矢巾町を対象として MP 評価に関する討議実践を行い、この IFGs の導入効果を明らかにする。

2. 研究手法

図 1 に討議実践の概要を示す。討議実践の参加者は岩手県矢巾町役場職員 20 名とし、1 グループ 5 名の計 4 グループ（A, B, C, D）に分かれ、A, B は現世代として、C, D は IFGs として 4 回の討議に参加した。討議では、2050 年の社会像を構想し、MP 全体や都市農村の格差問題などトレードオフとなる課題について評価を行った。最後には、現世代と IFGs の世代間交渉を行い、提案施策を決定した。討議結果の分析にはテキストマイニング等を用いた。また、参加者個人の意識変容（例：MP 策定時の重視すべき評価項目等）を明らかにするためのアンケートを、五件法にて実施した。

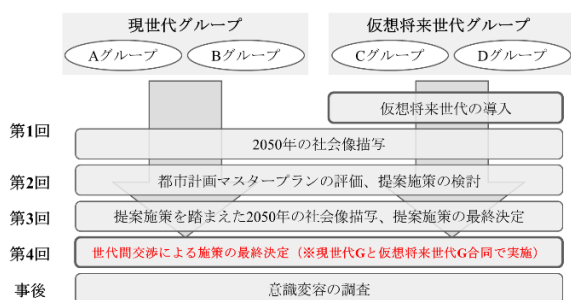


図 1 討議実践の概要

3. 討議結果・考察

3.1. 社会像描写と MP 評価

現世代では、先進技術によって発展した社会を描写していた。一方、IFGs では、価値観の変化やインフラの発展に伴い変化した生活様式を描写しており、現世代より具体性のある議論を行っていたことが示唆された。また、この社会像の差異は、評価結果の差異にも影響していた。

3.2. 世代間交渉プロセスの効果と意義

施策の最終決定では、同一の目的となる施策の選定や、互いの判断基準に沿った施策の統合が行われていた。この交渉過程において、社会像の共有・理解や施策の異なる優先事項に対する議論を行うことで、現世代は IFGs の持つ長期的視点に影響を受けることが示唆された。

3.3. アンケート調査 - 参加者の認知変化

アンケート調査結果から、IFGs では、討議実践 4 回を通して顕著な意識変容がみられた。例として、MP 策定時に「観光と自然、農村と都市の「共存」に資する施策か」を重視すべき項目については、有効水準 0.1% 以下で重要性が高まったと示された。

4. まとめ

本研究では、将来世代視点を取り入れた MP の評価枠組みを提起した。討議実践を行った結果、IFGs が持つ特徴を明らかにし、現世代との世代間交渉では、IFGs が現世代に新たな視座を与える効果が示唆された。

参考文献

1) Keishiro Hara et al. (2019) Reconciling intergenerational conflicts with imaginary future generations: evidence from a participatory deliberation practice in a municipality in Japan, *Sustainability Science*, 14(6), 1605–1619

キーワード フューチャー・デザイン（Future Design：FD）、仮想将来世代（Imaginary Future Generations：IFGs）、行政計画の評価、都市計画マスタープラン

オカラから単離した微生物の属種の特 Identification of the genus species of microorganisms isolated from okara

熊本県立大学大学院・環境共生¹ ○石田陽香, 福岡女子大学・国際文理 竹本直道, 諸熊恵美¹, 石橋康弘¹

【はじめに】

現在, 世界のオカラは約 6 万 t 程度廃棄されており, 有効活用法が見出すことで廃棄物や焼却処理費の削減が可能になり SDGs に貢献できる. オカラはタンパク質や食物繊維が豊富に含まれており, 好熱菌によるオカラのタンパク質分解法を検討したところ, オカラ自体にタンパク質を分解する菌の存在が確認され, *Geobacillus* 属の存在が示唆された¹⁾.

そこで本研究ではオカラから単離した微生物の属種の特

は *G. stearothermophilus* とは別種であることが推測される. また, この菌種は熱安定性中性プロテアーゼのサーモリシンを保有するとされており, 酵母や肉エキスの生産に利用されていることからオカラを分解することでの再利用に有効である可能性がある.

次に中性プロテアーゼ活性の結果から A, B の菌株からは 50~68 U/mL, C, D 及び E は 280~300 U/mL の活性値が見られた (図 1). これは他の文献と比較すると, 比較的高い活性値を示し⁴⁾, これらの菌株の保持するプロテアーゼのタンパク質分解能力が高いことが示唆される.

【材料と方法】

実験 I : 菌の同定

オカラから単離した菌株を A~E とし, ISP-1 培地にて継代培養を行った. 単コロニーを L 培地で培養後, 遠心分離し DNA を抽出した. PCR により DNA の増幅後, PCR 産物を精製し, タカラバイオ (株) の Mighty Cloning Reagent Set を用いて PCR 産物とベクターのライゲーションを行った. ライゲーションに成功したベクターを大腸菌 (*Escherichia coli*) に導入後, LB 培地にて増殖させ形成されたコロニーからプラスミドを抽出し, DNA シークエンシングを行った.

実験 II : 中性プロテアーゼ活性の測定

菌株を L 培地で培養後, 菌体を遠心分離にて除去したものを酵素溶液とした. カゼイン溶液 1.5 mL にリン酸緩衝液(pH7.0)を 1 mL 加え 40 °C に予熱した後, 酵素溶液を 0.5 mL 添加し 40°C, 60 分反応させた. トリクロロ酢酸溶液を加え, 反応液中の沈殿を濾別し, ろ液 1 mL に炭酸ナトリウム溶液 5 mL とフェノール試薬 1 mL を添加し 40°C, 30 分間発色させた. 660 nm の吸光度を測定し, 基質から遊離したアミノ酸を定量した³⁾. ここで, 40°C でカゼインから 60 分間に 1 µg のチロシン相当量を 1 ユニットとした.

【結果と考察】

オカラから単離した菌株は主に非病原性の菌で 60°C の高温環境でも増殖する *Geobacillus stearothermophilus* が確認された (表 1). また, Stackebrandt ら²⁾ が提唱した 16S rDNA に基づく種の異同の判断基準から B 及び C

表 1 菌の同定結果

菌株名	学名(属・種)	比率(%)
A	<i>Geobacillus stearothermophilus</i>	99.82
B	<i>Geobacillus stearothermophilus</i>	89.45
C	<i>Geobacillus stearothermophilus</i>	92.33
D	<i>Geobacillus stearothermophilus</i>	99.00
E	<i>Geobacillus stearothermophilus</i>	99.25
	<i>Geobacillus thermoleovorans</i>	99.00

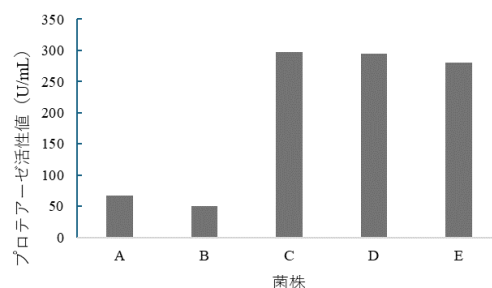


図 1 各菌株における中性プロテアーゼ活性値

【参考文献】

- 1) 石田陽香 (2023) 好熱菌によるおからのタンパク質分解法, 雑誌名, 巻号, 頁-頁
- 2) Stackebrandt E, (2006) Taxonomic parameters revisited: tarnished gold standards. Microbiol Today 33:152–155
- 3) 柏木豊 (2004) 発酵糸状菌の酵素, 微生物遺伝資源利用マニュアル No.16, ISSN 1344-1159
- 4) 越智洋 (2008) 麹菌により生産される機能性の探索, 宮崎県食品開発センター研究報告, No.53

キーワード オカラ, タンパク質分解, 好熱菌

水銀汚染埋立処分場における生物を用いた土壤中水銀のリスク評価 Risk Assessment of Mercury in Soil Using Organisms at a Mercury-Contaminated Landfill Site

熊本県立大学院 環境共生 ○坂井佑圭, Pyae Sone Soe, 諸熊恵美, 石橋康弘

1. 背景

水銀に関する水俣条約が発効し、水銀の取り扱いに関しては、厳しく管理される状況にある。日本においても厳しく管理されているが、過去の埋立物により水銀汚染が発生した埋立処分場があり、適正に管理されているものの、水銀管理上、現状の水銀汚染レベルにおいてのリスク評価が必要である。

そこで本研究では、埋立地の水銀汚染土壌の溶出試験結果とメダカ仔魚を用いた水銀の急性毒性試験の結果から、埋立処分場からの浸出水排出による生物に与える影響を評価した。

2. 材料と方法

実験I：使用したサンプル

日本にある、埋立が終了した埋立処分場周辺の土壌(LF1~9)と浸透水(W)を採取した。

実験II：溶出試験と総水銀分析

室温で1週間乾燥後、2 mm メッシュでふるい分けしたサンプルを用いて環境庁告示第 59 号に従い溶出試験を行い、試験液を溶出試験サンプルとし、総水銀の分析を行った。分析装置は MA-3000 を使用した (n=3)。

実験III：急性毒性試験

ヒメダカ (*Oryzias latipes*) の仔魚 (24 時間以内に孵化したもの) を使用した。濃度区を設定した塩化第二水銀溶液を 2 L のガラス容器に入れ、1 濃度区につき 10 尾曝露させた。24, 48, 72, 96 時間で異常個体や死亡個体の確認をし、96 時間終了死亡数から算出された死亡率をもとに、プロビット法を用いて 95%信頼限界において曲線回帰を行い、半数致死量 (LC₅₀) を算出した。

実験IV：影響評価

溶出試験サンプルの総水銀濃度の結果と、急性毒性試験から算出された LC₅₀ の値を比較して評価した。

3. 結果と考察

溶出試験液サンプルの総水銀濃度は 0.006~0.242 ppm であり、浸透水は 0.0002 ppm だった。急性毒性試験では、0.0025 ppm 以上で生体への影響が確認され、0.05 ppm では 96 時間経過時にすべての個体が斃死、0.5 ppm で死亡率は 100%となった。この結果から算出された半

数致死濃度 (LC₅₀) は 0.011 ppm だった。また、毒性試験の結果と過去埋立地の溶出試験液サンプルに含まれている総水銀濃度の比較した結果を図 1 に示す。図 1 より、一部の溶出試験液サンプルの水銀濃度は、毒性試験により得られた LC₅₀ 値よりも高いことが確認された。

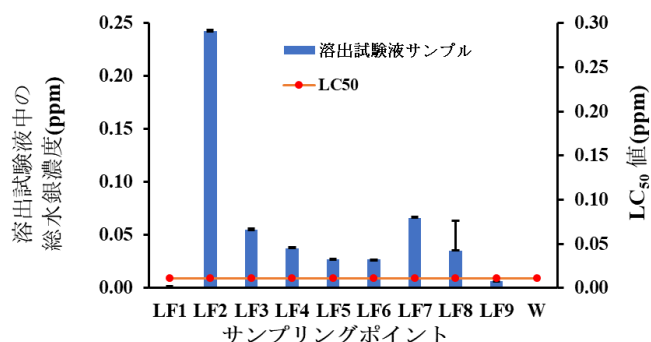


図 1. サンプルの総水銀濃度と LC₅₀ 値の比較

4. まとめ

浸透水の水銀濃度は環境基準値 (0.0005 ppm) 未満だったが、土壌の溶出試験液サンプルの水銀濃度は環境基準値を超えており、未だに水銀の汚染があることが確認された。急性毒性試験から得られた LC₅₀ 値 (0.011 ppm) と溶出試験液サンプルを比較した結果、溶出試験液サンプルの水銀濃度の方が高いことが確認された。このことから、当埋立処分場の水銀汚染土壌からは、生体に影響するレベルの水銀が溶出する可能性が示唆された。なお、今回の毒性試験で使用したメダカは仔魚であり、成魚と比べて感受性が高いため、高い LC₅₀ 値となったと考えられる。また、今回の研究は水生生物に対する影響評価になるため、陸上生物に対しての影響評価も考慮する必要があると考える。

5. 参考文献

OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Test Guideline No. 240, 2023, Medaka Extended One Generation Reproduction Test (MEOGRT)

キーワード 水銀, 急性毒性試験, 溶出試験, リスク評価

乳牛糞のメタン発酵システムを利用した脱炭素資源循環型インド社会の構築

Development of a Decarbonized Resource-circulating Society in India based on a Methane Fermentation System for Dairy Cattle Manure

豊橋技術科学大学 ○小林剛，金子光瑠，大門裕之

1. インドの現状

モディ政権が発足した 2014 年に世界 10 位前後だったインドの国内総生産は、2020 年代後半には 3 位になると予想されており経済発展が進んでいる。現在、インド国内で供給されているエネルギーの大部分は火力発電で補っているため、環境に対する負荷が低いエネルギー生産設備の導入が求められている。インドは 2070 年までにカーボンニュートラルを達成することを目標に掲げ、再生可能エネルギーの利活用を推進している。天然ガス車は、ガソリン車や電気自動車、水素自動車と比べ、原料の採取から車の走行段階における CO₂ 排出量が少ないと考えられており注目されている。インドでは天然ガス車が多く走っており、天然ガススタンドなどのインフラも増えてきている。それと同時に、メタン発酵設備や天然ガス車の代替燃料となるバイオガスを供給するスタンドも今後増やす計画がある。そのため、バイオガススタンドと天然ガス車の普及によりカーボンニュートラルの推進に大きく寄与できると期待されている。

2. 脱炭素資源循環型インド社会の構築

乳牛糞からバイオ肥料とバイオガスを生産するプロジェクトが始動している。本プロジェクトの推進がインド社会に与える効果を図 1 に示す。本プロジェクトのメタン発酵の基質として使用する乳牛糞は、酪農家や老牛施設から買い取る。そのため、農家および老牛施設の新たな収入源となり、農村振興や牛の福祉向上につながることを期待されている。また、乳牛糞を回収するにあたり輸送やメタン発酵の管理において人手が必要になるため、周辺地域における雇用の創出につながる。メタン発酵から得られる消化液は、加工しバイオ肥料として牧草や畑などの農地に使用し営農指導を進めることで農業振興にも貢献できる。農村地帯にバイオガススタンドを設置するためモビリティの向上により生活の質も改善できる。以上より、本プロジェクトはインドに対する脱炭素資源循環型社会の構築を軸にインドが有する課題の解決策のひとつとしても期待されている。

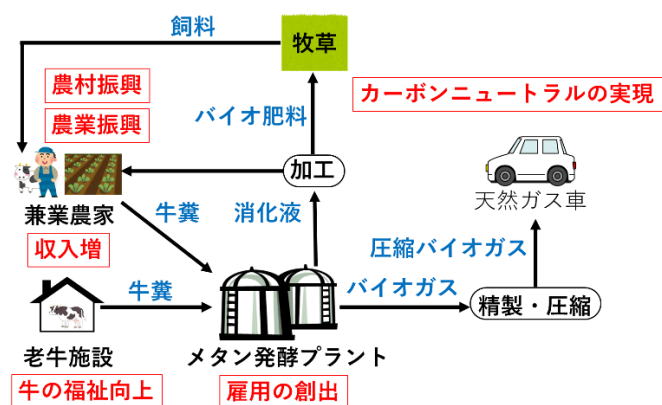


図1 本プロジェクトの推進がインド社会に与える効果

3. 新しい技術による本プロジェクトの改善効果

本研究室は、メタン発酵の高効率化に向けた技術開発を行っている。代表例としては、高有機物負荷条件下の発酵槽に対して活性炭を添加することで直接的異種間電子移動を促進させメタン生成効率を向上させる。さらに、発酵槽内に電極を挿入し電圧を印加することにより水素資化性メタン生成菌を活性化しバイオガス中のメタン濃度を向上させる知見を得ている。以上より、これら新しい技術を導入することによりメタン発酵槽に投入する原料の有機物負荷量の増加やバイオガス中のメタン濃度増加に寄与できるものと考えられる。

4. 課題と展望

本プロジェクトの課題としては、年間を通してインドでのメタン発酵効率やコストバランスが不明瞭、バイオ肥料の買い取り手の確保などが挙げられる。展望としては、これまでの知見に基づきメタン発酵の高効率化を目指すことである。具体的な目標としては、メタン発酵槽の投入有機物量を従来の 5 倍、発酵時間の半減、バイオガス中のメタン濃度を 80% 以上にしている。

キーワード メタン発酵，カーボンニュートラル，インド，天然ガス車，農村振興

口頭発表

9 月 10 日 (火)

素因・誘因に着目した集水域単位での土砂災害リスク評価 —平成 30 年 7 月豪雨時の広島県を対象に—

Risk Assessment of Landslides at the Watershed Scale Focusing on Predisposing Factors and Triggers: A Case Study of Hiroshima Prefecture during the July 2018 Torrential Rain

立正大学大学院地球環境科学研究科 ○田中優也, 後藤真太郎

1. はじめに

我が国では、気候変動に起因する土砂災害の頻発・激甚化が問題であり、被害軽減が喫緊の課題である。災害対策では適切なリスク評価が重要であり、要因分析には斜面の潜在的な性質を表す素因と、災害発生の引き金となる誘因の相互作用を考慮する必要がある。既往手法の多くは、発生有無と素因・誘因との相関を県・市町村単位で分析しているものが多い。しかし、豪雨による土砂災害の発生規模を考えるならば、水文学的境界である集水域毎にリスク評価を行う必要がある。本研究では、土砂災害の素因・誘因に着目し、機械学習手法の一つであるロジスティック回帰分析を用いて 1 時間毎の土砂災害発生確率を算出し、集水域単位でのリスク評価を行う。

2. 研究手法

本研究では、平成 30 年 7 月豪雨で甚大な被害を受けた広島県を対象とした。土砂災害の発生に寄与する素因・誘因には、地形・地質的要因、水文的要因、土地被覆要因、人為的要因からなる 20 個の素因と、24 時間降雨量、土壌雨量指数からなる 2 個の誘因を採用した。その後、ロジスティック回帰モデルを構築し、次式(1)を用いて時系列の土砂災害発生確率を算出し、集水域単位でのリスク評価を行った。

$$P(z) = \frac{1}{1 + \exp[-(\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \cdots + \beta_n x_n)]} \quad \dots (1)$$

ここで、 $P(z)$: 発生確率、 α : 切片、 x_i : 説明変数、 β_i : 説明変数 x_i の偏回帰係数、 n : 説明変数の個数である。本研究では、複数の説明変数と発生有無との関係性評価に説明可能 AI の SHAP を導入し、素因・誘因の影響度を視覚的かつ定量的に示した。

3. 結果と考察

3.1. 集水域単位での土砂災害リスク評価

黒瀬川流域下流の集水域 (143.8km²) で降水量が最も多かった 2018 年 7 月 6 日 20 時の発生確率を図 1 に示す。図 1 より、土砂災害発生ポイント¹⁾と高発生確率エリアの空間的整合性が高く、モデルの予測精度が良好である

ことがわかる。本手法は 100 m 単位で発生確率を推定することが可能であり、気象庁の土砂キキクル (5 分類, 1 km) と比較しても、空間的解像度が高く定量的な評価が可能である。

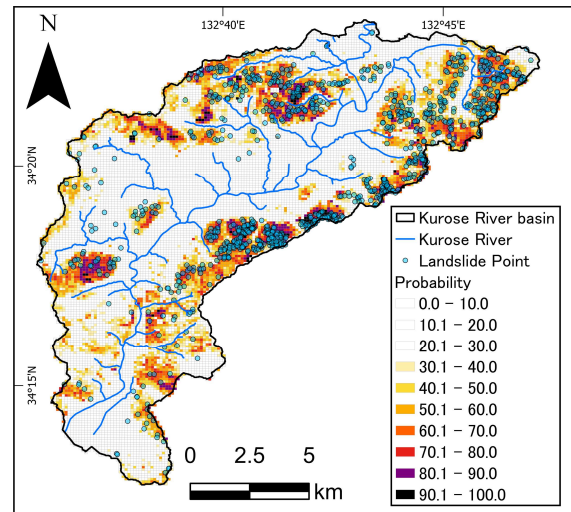


図 1 土砂災害発生確率分布図 (2018/07/06 20:00 JST)

3.2. SHAP を用いた素因・誘因の影響度評価

黒瀬川流域下流では、常緑針葉樹二次林、落葉広葉樹二次林、NDBI (Normalized Difference Built-Up Index: 正規化都市指数)、TWI (Topographic Wetness Index: 地形湿潤指数)、未熟土などの素因の影響度が高く、土地被覆や地形特性が発災に寄与していることが明らかとなった。また、誘因の 24 時間降雨量の影響度も高く、継続的降雨が直接的な引き金となる重要性を裏付けている。これは、素因・誘因の複合的影響を考慮したリスク評価の必要性を強調しており、集水域毎の地域特性と気象条件の両面から対策を講じる重要性を示唆している。

1) 広島大学平成 30 年 7 月豪雨災害調査団 (地理学グループ) (2018) 平成 30 年 7 月豪雨による広島県の斜面崩壊分布図, <https://ajg-disaster.blogspot.com/2018/07/3077.html>

キーワード 土砂災害リスク評価, 素因・誘因, 集水域

社会的背景と多様な立場の理解を促す公害教育ワークショップにおける態度変化

Attitude Change in Pollution Education Workshop

for Understanding of Social Backgrounds and Diverse Positions

東洋大学 ○平松 あい, 東海大学 高野 誠二

1. はじめに

過去の公害教育は、被害者救済及び新たな公害防止のため、反対運動と共に加害組織と対立する形で行われてきた。しかし近年は持続可能な開発のための教育（ESD）¹⁾のもと、あらゆる立場の利害関係者の視点の違いに目を向け、対立から信頼とパートナーシップの構築を目指す形へとシフトしている²⁾。持続可能社会の形成には、多様性を認め共感し様々な価値観の人々を合意形成へと導ける人材育成が重要である。本研究では、大学生に水俣病に関するワークショップ（WS）を行い、当時の社会背景と当事者を取り巻く状況をより深く理解することによる態度変化を観察、分析した。

2. 研究の方法

東洋大学（水俣市から遠い首都圏）と東海大学熊本キャンパス（水俣病発生の地である熊本県）の2校においてロールプレイング型のWSを行い、学生の態度変化を観察した。WSでは、自分事として捉えてもらうため自分の娘が水俣病になったという仮定を第【1】段階とした。さらに、水俣市の当時の状況について段階ごとに追加で情報を与え、第【2】段階では自分が原因企業の従業員、第【3】段階では自分の家族や親族も原因企業の従業員、第【4】段階では隣人や娘の友達の家も原因企業と近い関係者、第【5】段階は行政側も原因企業出身者が占める、とした。その上で自分がとる態度を10段階（1は激しく抗議し謝罪させ補償させる、10はただ我慢し諦める、中間は責任はうやむやでも補償や治療が受けられれば良しとする）で選択させた。

3. 結果と考察

2020年から2023年にかけて得られた学生（東洋大542名、東海大熊本県外出身70名、東海大熊本県出身68名）の回答結果を表1に示す。【1】では両校は似た傾向を示し、態度1～3の合計が80%以上となった。東海大生に特に態度1が多いのは、地元ゆえに怒りや責任追及へのリアルな思いが強くあるからと想像される。【2】から【5】にかけての全体的傾向として、熊本県出身の東海大生に態度5（補償されれば良し）が増加

し、かつ態度1～10まで回答がより広く分布した。熊本県内では小学5年時に全生徒が現地訪問する体験学習を行うなど、水俣病を巡る社会の苦悩により多く触れることで責任追及の難しさを既に感じており、せめて補償されればという考えに至りやすかった可能性が示唆される。一方で東洋大生は【2】【3】でもまだ態度1～3の回答が多く、責任追及の気持ちが強い傾向が見られた。しかし両校とも【5】に進むほど態度は散らばりを見せ、似た分布となった。

表1 WS受講者の態度変化

態度	東洋大生					東海大生(熊本県外出身)					東海大生(熊本県出身)				
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
激しく責任追及	1	39.0	18.6	14.2	13.2	17.3	57.1	11.4	1.4	4.3	15.7	67.6	16.2	8.8	7.4
	2	18.9	16.8	8.8	8.3	8.5	17.1	8.6	4.3	4.3	10.3	7.4	7.4	7.4	4.4
	3	26.9	18.6	11.4	12.9	11.1	12.9	11.4	4.3	7.1	2.9	8.8	13.2	7.4	5.9
↑	4	4.4	10.9	10.3	9.3	9.3	4.3	15.7	14.3	10.0	5.7	2.9	14.7	5.9	7.4
補償されればよし	5	7.2	18.6	19.9	20.4	20.9	5.7	35.7	31.4	25.7	28.6	4.4	19.1	22.1	30.9
	6	1.6	4.4	8.8	8.0	2.8	0.0	4.3	18.6	11.4	4.3	1.5	7.4	16.2	13.2
	7	1.3	5.7	8.8	7.0	5.4	1.4	4.3	5.7	14.3	10.0	1.5	5.9	10.3	4.4
↓	8	0.3	3.1	6.2	9.3	5.9	0.0	0.0	2.9	10.0	7.1	1.5	4.4	14.7	8.8
全て諦め我慢	9	0.0	0.8	4.7	4.7	5.9	0.0	1.4	1.4	2.9	4.3	0.0	1.5	0.0	4.4
計(%)	10	0.5	2.6	7.0	7.0	12.7	1.4	7.1	15.7	10.0	17.1	1.5	10.3	7.4	11.8

4. おわりに

WSにより、当事者意識を持ち深い情報を得ることで、責任追及一辺倒の考えから変化する様子が観察され、学生自身少なからず驚いていた。当時の時代背景や利害関係を知り他者の視点を獲得することで、問題の複雑さと多様な立場の理解につながったといえる。

参考文献

- 1) 文部科学省、持続可能な開発のための教育、<https://www.mext.go.jp/unesco/004/1339957.htm>（2024年7月9日閲覧）
- 2) 佐藤真久・田代直幸・蟹江憲史（2017）SDGsと環境教育—地球資源制約の視座と持続可能な開発目標のための学び、学文社、312

キーワード ロールプレイング、環境教育、水俣病、価値観理解、持続可能な開発のための教育（ESD）

自治体の取り組みによる行動変容プロセスについての検討

Behavior Change through Local Government Initiatives

九州大学 ○岸上祐子, 馬奈木俊介

1. はじめに

気候変動や生物多様性の劣化に対する対策による持続可能な社会を実現のために、行政、企業、消費者といった様々な主体による人々の行動変容が必要となっている。持続可能な社会をつくるためには個人の行動変容と共に社会の行動変容が求められる。持続可能なトランジションへの関心は高まり、関わる研究も増加している¹⁾。社会の変容を求める場合、速度と影響の強いものとして行政による施策があげられる。特に近年、エビデンスに基づく政策が求められている²⁾。このためにも、研究成果の行政活用への推進は、環境行政を推進する際に重要とされる³⁾。

自治体において、新たな施策を採用するプロセスを、持続可能なトランジションの観点から考察するために行ったケースを報告する。

2. 方法

2012 年に国際連合から GDP に補完する指標として発表され、英国や米国、アジアにおいて政策に利用されている指標に新国富指標がある。SDG s の進捗度合いを測る指標として発表されたこの指標を採用した国内の2つの自治体において、その活用状況についてヒアリングを行い、実効性の観点から比較を行った。

3. 結果と考察

ケース 1 : 直方市

直方市は、国内初の試みとして 2021 (令和 3) 年度からの「第 6 次直方市総合計画」において新国富指標を取り入れた。本年度は、行政の取り組みについて市から提供される各々のデータと、我が国において公開されている公的データを用い直方市における取組の効果について、算出する。総合計画では「市民みんなで地域づくりを推進するまち」「自然と共生し快適に安心して暮らせるまち」「いきいきと笑顔で暮らせる心豊かなまち」「未来へつなぐ活力を創造するまち」の 4 つの柱を軸に施策を進めている。また、「第 6 次直方市総合計画」では「持続可能な行政運営に向けた、行政運営の効率化・財政の健全化」も柱の一つとして掲げられている。

その一方で、具体的な施策とどう結び付けてよいのか

の戸惑いがある。

ケース 2 : 久山町

福岡県糟屋郡久山町は福岡市に隣接する、人口が 1 万人弱の町である。1961 (昭和 36) 年から九州大学医学部の協力のもと町民の一斉健康診断を実施するなど、大学と連携することについて経験を有している。

当町にて、小学生に ICT を活用した見守りサービスを提供し、保護者を対象に幸福度・満足度についての調査を行った。そこで得られた支払い意志額に基づき、町では見守りサービスの利用料の半額を補助する決定がなされた⁴⁾。

久山町では、町の強みとして健康資本を意識しており、これを評価するための物差しとして新国富指標を活用しようとしている。この活用で、持続可能性を数値化できると企業に町の強みとして示すことができ、企業が投資をしやすくなり、企業と一緒に取り組みができると、町は認識している。

ケース数は少ないが、これらの事例から数値と施策の結びつきに具体性があると実装化が早いことがわかる。自治体の取り組みには、首長のリーダーシップ、担当者の熱意など人による要因が大きく影響する。定着するためには、導入後、仕組みとして定着させることが重要と考えられる。

参考文献

- 1) Köhler, et al. (2019). An agenda for sustainability transitions research: State of the art and future directions. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 31: 1-32
- 2) 佐藤 徹 (編) (2021) エビデンスに基づく自治体政策入門ロジックモデルの作り方・活かし方、公職研, 168pp.
- 3) 豊永悟史, 小原大翼, 宮崎康平, & 古澤尚英. (2023). 地方環境研究所の研究成果を行政施策に活用していくためには何が必要なのか?—PM2. 5 に関する研究を対象とした事例研究—. *環境科学会誌*, 36(2), 28-41.
- 4) 朴香丹, 岸上祐子, 馬奈木俊介 (2020) 産学官の連携: 地域で富をいかに増すのか, *九州経済調査月報*, 74(913), 16-21

キーワード トランジションスタディ, 社会実装, 社会変容

社会活動量に基づく学びの効果測定のための社会的インパクト指標の開発

Development of Social Impact Indicators

to measure the effectiveness of learning based on social activity volume

中口毅博（芝浦工業大学）

1. 目的

教育現場において、「持続可能な社会の創り手」の育成が求められているが、学び手の意識・行動変容の定量化には関心が寄せられているものの、持続可能な社会づくりにどれだけ効果があったかを数値化する必要がある。そこで本研究では 90 の社会活動を実施パターンからみて分類し、コア指標を設定することで、学びの社会的インパクトを数値化することを試みた。

2. 方法

Web アンケート調査で量的データを取得した。実施日は 2023 年 3 月 14～17 日で、対象は全国の 15 歳以上の男女であり、サンプル数は 20,000 とし、個人差の大きいとみられる 10 代と 20 代を 4,000 とやや厚めに配分し、30 代～50 代と 60 代以上は 3,000 とした。また、性別は男女同数とした。

この 20,000 人について社会活動 90 項目の実施状況、具体的には 2018 年 4 月から現在までの 5 年間で 1 回でも経験したことのものをすべて挙げてもらった。

社会的インパクト指標の 1 つとして、活動人口の推計を行った。推計方法は以下の通りである。

1 人あたり活動数＝活動者数÷有効回答数

活動実施率＝活動者数÷有効回答数

活動人口＝10 歳以上地域人口×活動実施率

例えば、90 の社会活動ごとに有効回答数で実施数を割った値を「実施率」とし、これに 2022 年の 10 歳以上の人口を乗じた値を「活動人口」としている。

3. 結果

活動人口推計結果についてまとめると、以下のことが明らかになった。

- ・1 人あたり活動数は 2.32、性別では女性の方が若干多い。年齢別では 20 代が最も少なく、年齢が上がると活動数は増え、10 代も活動数は多い

- ・活動種類別実施率は、自宅や近隣でできる活動が大きい。環境保全や防災・まちづくり、人権系の活動が小さくなっている

- ・特定社会活動の都道府県別実施率をみると、大都市圏よりも地方の活動が活発で、地方の中でも大都市圏から離れた都道府県の活動の実施率が高い

- ・特定社会活動の都道府県別活動人口をみると、人口に比例して大都市圏の活動人口が大きい。東京都が必ずしも首位でなく、人口 4 位の愛知県が首位である項目もある

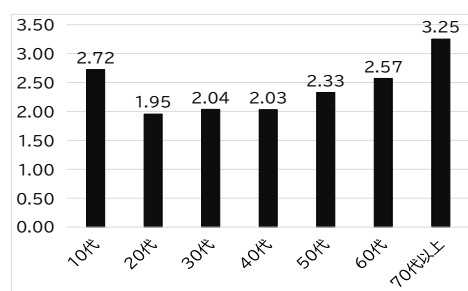


図 1 年齢別平均活動数（全国）

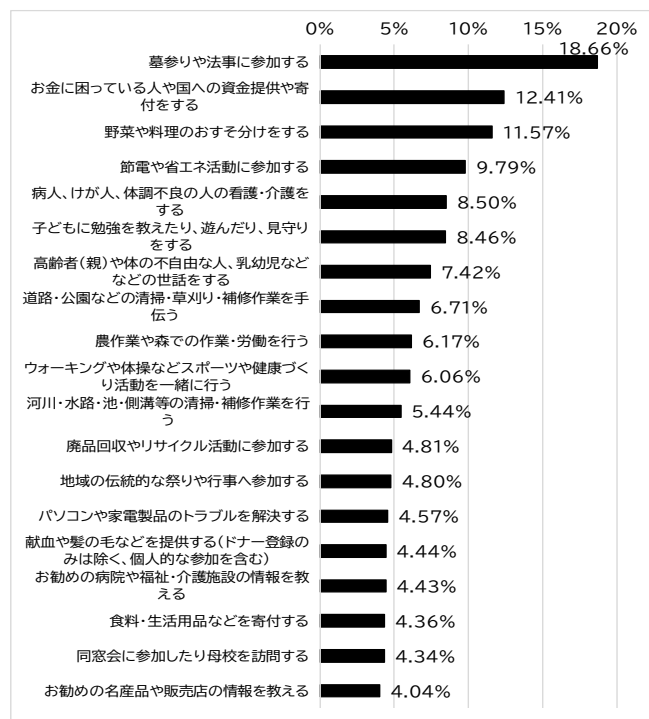


図 2 活動種類別実施率上位（全国）

参考文献

1) 中口毅博(2024) 都道府県別活動人口の推計. 小澤はる奈・中口毅博編：SDGs 自治体白書 2023-2024,生活社,168pp.所収

エシカル消費・関係人口の視点からみたふるさと納税の効果検証

Verification of the Effectiveness of Furusato Nozei (Hometown Tax) Program from the Perspective of Ethical Consumption and Relationship Population

神戸大学 ○田畑智博, 横浜市立大学 大西暁生

1. はじめに

ふるさと納税は、生まれ故郷、お世話になった地域、これから応援したい地域に納税する制度である。納税先の自治体を支援することができるのが本制度の理念であるが、返礼品の受取が主目的となり「お得なネットショッピング」として揶揄されているのも事実である。

一方で視点を変えると、寄付の使い道を地域の環境保全に着目して納税するという行為は、環境に配慮した消費行動「エシカル消費」とみなすことができる。また、納税者は返礼品を通じてその自治体のことを深く知り、その自治体と交流するきっかけ(関係人口)をつくることもできると考えられる。これらを踏まえ、本研究は、ふるさと納税がエシカル消費と関係人口に果たす効果を実証分析により明らかにすることを目的とする。

2. 研究の方法

東京都特別区に居住する20歳以上の男女1,550人を対象として、ふるさと納税の利用状況に関するWebアンケート調査を行った。調査期間は、2023年8月29日～同月31日である。主な質問項目を表1に示す。5件を最大として、1件毎に寄付金額、寄付の理由、使い道等を尋ねた。「返礼品を受け取った直後の満足度」と「寄付先自治体への行動後の満足度」は0~100%で尋ね、回答者の寄附行為後における、寄付先自治体に対する行動と満足度の変化を調べた。

3. 結果と考察

寄付金額は、1件当たり1万円～1万5千円が最も多かった。返礼品は食品が最も選択されていた。寄付の理由を「返礼品の魅力、節税」と「ふるさと、共感、社会貢献」に分け、寄付の理由が寄付の使い道の選択に影響するかを調べた結果を図1に示す。図中の赤枠で囲った使い道はエシカル消費に関わる項目であり、それぞれ「ふるさと、共感、社会貢献」の方が回答者の割合が高かった。「ふるさと、共感、社会貢献」が目的の回答者は、無意識(あるいは意識的)のうちにエシカル消費に関わる使い道を選択している可能性が伺えた。

寄付後にその自治体に興味を持つ回答者は一定数存

表1 主な質問項目

基本属性	年齢、性別、未婚、子供の有無、世帯年収、東京都内での居住年数、出身地
エシカル消費に関する質問	・エシカル消費を知っているかどうか ・エシカル消費に関わる商品を購入しているかどうか
ふるさと納税に関する質問	・2022年の寄付件数 ・2022年の寄付金額、寄付の理由、寄付の使い道、返礼品、寄付先自治体との関係、返礼品を受け取った直後の満足度、寄付先自治体への興味の有無、返礼品受け取り後の寄付先自治体に対する行動、寄付先自治体への行動

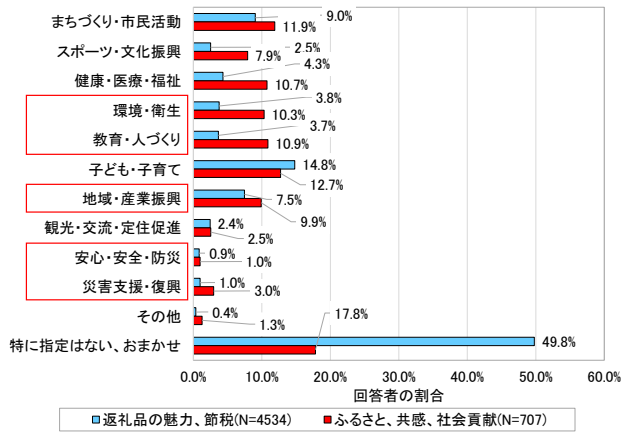


図1 寄付の使い道

在するが、関係人口(イベント等への参加、商品の消費、移住)に関わる行為を行う回答者は少なかった。エシカル消費を知っている回答者、地域貢献をしたいと考えている回答者は、ふるさと納税後に自治体に興味を持つこと、関係人口に関わる行為の実施と正の相関がみられた。

4. おわりに

自治体は、ふるさと納税の返礼品の満足度を上げることと注力するよりも、寄付後の自治体と寄付者との関係性が生まれるような取り組みをした方が、エシカル消費や関係人口づくりの観点から有効である。

謝辞

本研究は、旭硝子財団の助成を受けて実施したものである。ここに記して、謝意を表す。

キーワード ふるさと納税, エシカル消費, 関係人口

作業環境のリスク評価を指向した揮発性有機化合物用の大気サンプラーの性能評価 Performance evaluation of volatile organic compound samplers for risk assessment in the working environment

静岡県立大学 ○今出夢乃, 野呂和嗣, 雨谷敬史

1. はじめに

揮発性有機化合物 (VOCs) は家庭用品から工業製品まで様々な分野で使われている。屋内では高濃度で頻繁に検出されており、シックハウス症候群や毒性、発がん性が懸念されている物質が含まれる。2023 年 4 月、労働安全衛生法改正により 36 物質の VOCs にも新しく濃度基準値が定められた。一方 VOCs の活性炭系吸着剤からの抽出溶媒としては二硫化炭素 (CS_2) が一般的に利用されてきた。しかし、毒性があり、分析者の健康リスクが懸念されている。近年、我々は、2-フェノキシエタノール (2PhE) が活性炭系吸着剤からの VOCs の抽出に有効な溶媒であることを報告した。そこで本研究では、濃度基準値が定められた 16 種類の VOCs について、 CS_2 と 2PhE を用いて、市販の 4 種のサンプラーからの添加回収試験を実施した。さらに、チャンバー試験によるパッシブサンプラーのサンプリングレートと算出を検討した。

2. 方法

2.1. 添加回収試験

サンプラーとして、柴田科学株式会社製のチャコールチューブスタンダード (CTS)、カーボンビーズアクティブ (CBA)、チャコールチューブジャンボ (CJ)、カーボンビーズアクティブジャンボ (CBAJ) を用いた。toluene- d_8 、1,2-dichloroethane- d_4 、chlorobenzene- d_5 を内標準物質としてそれぞれ 100 mg L^{-1} となるように CS_2 と 2PhE に添加し、抽出溶媒とした。次に各サンプラーに VOCs 混合溶液を $10 \mu\text{L}$ 添加した。VOCs 混合溶液の濃度は、基準値濃度の空気を 8 時間捕集した場合の等量である。0.0012 (1-bromopropane) – 0.43 (methyl tert-butyl ether: MTBE) mg L^{-1} とした。サンプラーに洗浄大気を通気 (0.1 L min^{-1} 、10 min) し、 4°C の条件において 12 時間静置後、試験管に抽出溶媒とサンプラー内部の捕集剤を加えた。なお、 CS_2 を用いる際は氷水によって冷やしながら、この捕集剤を加えた。抽出液の量は CTS と CBA では 1 mL 、CJ と CBAJ では 5 mL とした。 CS_2 では室温、2PhE では 50°C の条件において 60 分振盪抽出を行った。抽出後、遠心分離 (3000rpm 、10 min) し、上清 $300 \mu\text{L}$ をガスクロマト

グラフ質量分析計 (Agilent Technologies) で分析した。

2.2. チャンバー試験

ISO16107 に従ってチャンバー試験を実施した。条件は温度 20°C 、湿度 80%、風速 0.10 m s^{-1} であり、捕集時間は 2 時間であった。チャンバー内の VOCs 濃度は基準値濃度かその 0.5 倍の濃度とした。

3. 結果と考察

抽出溶媒に CS_2 を用いた条件における回収率は、CTS: 0.49 (N,N-dimethylacetamide; DMAC) – 1.2 (p-dichlorobenzene)、CBA: 0.67 (2-chloroethanol) – 1.1 (1-bromopropane)、CJ: 0.82 (acetonitrile) – 0.99 (MTBE)、CBAJ: 0.83 (isoprene) – 0.96 (allyl chloride) であった (図 1)。2PhE CS_2 を用いた条件において CTS: 0.76 (5-ethylidene-2-norbornene) – 1.0 (4-tert-butyltoluene)、CBA: 0.79 (p-dichlorobenzene) – 1.3 (epichlorohydrin)、CJ: 1.0 (MTBE) – 1.2 (isoprene)、CBAJ: 0.79 (allyl chloride) – 1.0 (MTBE) であった (図 1)。 CS_2 は 2-chloroethanol (CTS: 0.50, CBA: 0.67) と N,N-dimethylacetamide (CTS: 0.49, CBA: 0.73) について回収率が低かった。対照的に、2PhE では全ての VOCs から高い回収率 (> 0.76) を得た。したがって、 CS_2 と比較して、2PhE は VOCs への抽出溶媒として適切であることが示唆された。

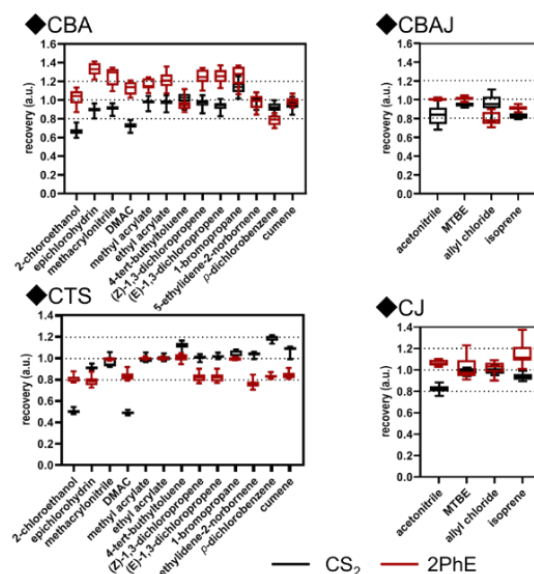


図 1 添加回収試験の結果

キーワード 大気サンプラー, 揮発性有機化合物, リスク評価

ベトナム廃プラスチックリサイクル施設における多環芳香族炭化水素類及びハロゲン化誘導体の排出実態調査

Concentrations of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and their Halogenated Derivatives in Work Environments at Recycling Workshops for Mixed Plastic Wastes in Northern Vietnam

横浜国立大学 ○谷涼那, 田川瑛梨, 国立環境研究所 松神秀徳, 宇智田奈津代, 田中厚資, 鈴木剛, ハノイ自然科学大學 Le Huu Tuyen, Pham Hung Viet, 愛媛大学 国末達也, 横浜国立大学 三宅祐一

1. はじめに

多環芳香族炭化水素類 (PAHs) 及びそのハロゲン化誘導体 (XPAHs) は2環以上の芳香環が縮合した構造を持ち、その一部は発がん性などの高い有害性を示す。PAHs・XPAHs は燃焼により非意図的に生成するため、燃焼を伴う作業環境では高濃度で存在すると考えられ、作業員への職業的曝露が懸念される。そこで本研究では、ベトナムの廃プラスチックリサイクル施設において、作業環境中の PAHs・XPAHs 濃度を測定し、プラスチックリサイクル過程における PAHs・XPAHs の排出・汚染状況を調査した。

2. 方法

ベトナム北部ハイフォン市近郊にある、再生プラスチックペレットの製造を行っている施設 (WS-1)、ポリプロピレン製品の粉碎物の洗浄を行っている施設 (WS-2)、およびポリ塩化ビニル製品の破碎を行っている施設 (WS-3) の3施設においてサンプリングを行った。ミニポンプを用い流速 1.0 L min^{-1} で吸引捕集した。ミニポンプには吸着剤と PTFE バインダーフィルターを連結し、ガス態と粒子態の PAHs・XPAHs をそれぞれ捕集した。ガス態 PAHs はジクロロメタンで抽出した。粒子態 PAHs は45分間超音波抽出した後、シリカゲルカラムで精製した。これらのサンプルを濃縮し、GC-MS/MS (GC 8890 / MS 7010C, Agilent Technologies) で分析した¹⁾。なお、各種類のサンプラーの前処理における PAHs・XPAHs の回収率は58~113%であった。

3. 結果と考察

3.1. 異なるサンプリング場所における大気中濃度

本研究で対象とした PAHs・XPAHs について、サンプリング場所ごとの濃度は、再生プラスチックペレットの製造を行っていた WS-1 において最も高く、次にポリ塩化ビニル (PVC) 製品の破碎を行っていた WS-3 で高い濃度となった。また、横浜の一般環境の大気中濃度と比較するとどのサンプリング場所においても横浜の濃度

を1.2~8.3倍上回っていた。WS-1 においては、熱加工作業を行っていた場所の周辺が施設外と比べ総 PAHs 濃度が特に高く、さらに4環以上の PAHs の組成が高くなっていた。

3.2. リサイクル施設ごとの I/O 比

WS-1 における PAHs・XPAHs 計11物質の室内/屋外濃度比 (I/O 比) を Fig. 1 に示す。PAHs に関しては、高分子量 PAHs の I/O 比が低分子量 PAHs より高かった。WS-1 では、通常 PAHs が生成する $800\sim 900^\circ\text{C}$ よりも低い $200\sim 300^\circ\text{C}$ で廃プラスチックを熔融していたが、この過程で高分子量 PAHs が生成することが示唆された。また、臭素化 PAHs である 1-BrNap や 1,4-Br₂Nap においても I/O 比が高かった。プラスチックには難燃剤として臭素が含まれる場合があるため、リサイクルの過程で PAHs に臭素が付加することで生成したと考えられる。

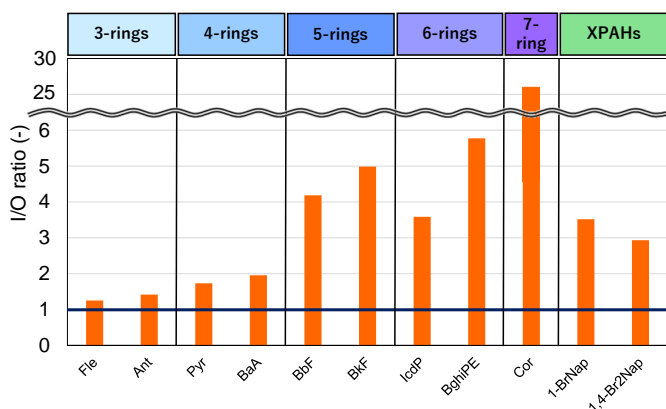


図1 WS-1 における I/O 比

4. 謝辞

本研究は JSPS 科研費・基盤研究 (B)、国際共同研究強化 (B) (課題番号: 21H03614、22KK0175)、および環境研究総合推進費 (JPMEERF18S11704、JPMEERF20231M04) の助成を受け実施した。

参考文献

1) Sei *et al.* (2021) *Chemosphere*, **271**, 129535

キーワード 多環芳香族炭化水素(PAHs)、ハロゲン化 PAHs、濃度実態調査、作業環境

水環境に油膜が張った条件におけるネオニコチノイド系農薬の分析方法の開発と評価

Development and evaluation of analytical methods for neonicotinoid pesticides under conditions of oil slick in aquatic environments

静岡県立大学 ○永長愛華, 野呂和嗣, 雨谷敬史

1. はじめに

化学物質流出事故時に、多種類の化学物質が水環境へ流出することが危惧される。実際、大雨の際に農家の小屋が損壊し、大量の農薬が環境中に流出した事故がある。また、油の流出は水環境において頻繁に発生する事故である。農薬の流出は水環境の生態系に深刻な影響を与える可能性があるが、油などの農薬分析の誤差要因となる物質が共存する条件は、既存の農薬分析手法において想定されていない。そこで本研究では、頻繁に水環境への流出が報告されているエンジンオイルが農薬とともに流出した事故を想定し、農薬分析手法の開発することを目的とした。

2. 方法

2.1. 水サンプルの前処理法の検討

InertSep C18 と PLS-3 (ジーエルサイエンス株式会社、東京) の固相カートリッジを連結して用いた。対象物質は、富士フィルム和光純薬株式会社から購入した農薬混合標準液 (WQ-1-2, WQ5) および、ネオニコチノイド系農薬 6 種とピラゾール系農薬 5 種の計 125 種であった。

農薬水溶液 10 mL (1 µg/L) を固相カートリッジに通水した。カートリッジを乾固させ、アセトニトリルを用いて抽出した。抽出液を乾固させ、メタノール 1 mL に定容し、内標準物質溶液を添加してサンプルとした。ガスクロマトグラフ質量分析計と液体クロマトグラフ質量分析計を用いてサンプル中の農薬濃度を測定した。また、農薬水溶液に 0.1 mL のエンジンオイルを添加し、同様に分析した。さらに、液々抽出、HLB による精製、シリカゲルカラムによる精製も検討した。

2.2. POCIS への油の影響評価

極性有機化合物積算サンプラー (POCIS) を水相パッシブサンプラーとして用いた。POCIS とは、2 枚のポリエーテルスルホン膜によって HLB 樹脂を挟み込み、金属リングで固定したものである。エンジンオイルにくぐらせた POCIS を農薬水溶 (200 ng/L) に 3 日間浸漬した。HLB をメタノールとアセトンによって溶出し、窒素吹き付けで乾固させ、MilliQ 水 100 mL に定容した。この水

溶液をセクション 2.1 油と同様の手法で前処理し、分析に供した。

3. 結果と考察

①液々抽出、②HLB による固相抽出、③シリカゲルカラムによる精製と液々抽出、④シリカゲルカラムによる精製、⑤エンジンオイルを添加していないサンプルの InertSep C18 と PLS-3 による固相抽出、⑥エンジンオイルを添加したサンプルの InertSep C18 と PLS-3 による固相抽出の結果を図 1 に示す。⑤エンジンオイルを添加していないサンプルの InertSep C18 と PLS-3 による固相抽出からは良好な回収率が得られ、0.8 < 回収率であった物質数は、32 種であった。⑥エンジンオイルを添加したサンプルの InertSep C18 と PLS-3 による固相抽出においてクロマトグラムにおけるノイズが低減されており、油が除去されたことが示唆された。しかし、0.8 < 回収率であった物質数が、11 種に減少した。これは、農薬が水相から油相に分配した影響であると考えられる。

①液々抽出と②HLB による固相抽出のクロマトグラムはノイズが大きく、油が除去されていないかった。また、③シリカゲルカラムによる精製と液々抽出、④シリカゲルカラムによる精製においては、シリカゲルに農薬が吸着し回収率が低かった。これらの結果から、InertSep C18 と PLS-3 による固相抽出をオイルが農薬とともに流出した条件における最適な農薬の分析方法と決定した。

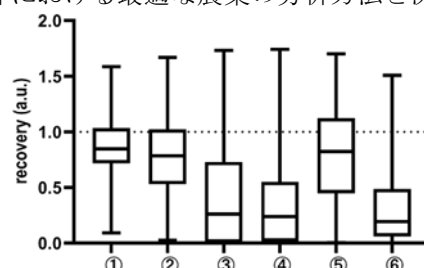


図 1 添加回収試験の結果

4. 謝辞

本研究は、環境研究総合推進費 (JPMEERF20231M04) および JSPS 科研費 24K03103 の助成を受け実施した。

キーワード POCIS, 油, 農薬, LC-MS/MS, GC-MS/MS

海水および海洋プラスチックごみにおけるプラスチック添加剤の前処理法の検討 Development of pretreatment methods to extract plastic additives from sea water and plastic debris

静岡県立大学 ○三国向日葵, 滝川哲也, 野呂和嗣, 雨谷敬史

1. はじめに

プラスチック添加剤は、プラスチックの劣化に伴い環境中へ放出される可能性がある。また、マイクロプラスチック (MPs) を水生生物が誤飲し、MPs に含有するプラスチック添加剤が体内に移行することが報告されている。このうち、臭素系難燃剤の一部は難分解性かつ蓄積性が大きいことから国際的に規制されており、近年ではリン系難燃剤などへ代替が進んでいる。しかし、リン系難燃剤である Tris(1,3-dichloro-2-propyl)phosphate の生殖毒が報告されている²⁾。そこで本研究では海洋プラスチックごみと海水中のプラスチック添加剤の汚染実態を把握することを目的とし、プラスチック添加剤の抽出および精製方法の検討を行った。また、実サンプルの分析を行った。

2. 実験方法

2.1. サンプルングおよびプラスチックの素材同定

2023 年 10 月–2024 年 3 月の駿河湾において、月 2 回の頻度でプラスチックごみおよび海水 3 L を採取した。素材はフーリエ変換赤外分光光度計により同定を行った。

2.2. 対象物質

難燃剤などの計 22 物質を対象物質とした。プラスチックは、ポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP)、ポリスチレン (PS)、ポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリ塩化ビニル (PVC) を素材同定の対象とした。

2.3. 抽出方法

凍結粉碎したプラスチックサンプルを 20 mg 分取した。

PE および PP では、サンプルにヘキサン 1 mL を添加し 40°C で 3 日間静置後、上清 500 μ L を分取した³⁾。PS では、DCM 1 mL でポリマーを溶解後、メタノール 1 mL で再析出させ、遠心分離と上清の採取を 3 回繰り返した⁴⁾。各上清を窒素吹付で濃縮後アセトニトリル 1 mL に溶媒転換し、液体クロマトグラフ質量分析を用いて分析した

3. 結果と考察

3.1. プラスチック汚染実態調査

採集されたプラスチック 87 個の素材を同定した。PE

46%、PP 26%、PS 21%、PET 3%、その他 3%であった。

このうち食品関連由来ゴミは 36%を占めた。

3.2. プラスチック含有難燃剤濃度

16 種の添加剤について、3 種のプラスチックからの回収率は 0.749 (PBhP) – 1.20 (TBBPA)であり、良好な回収率が得られた。

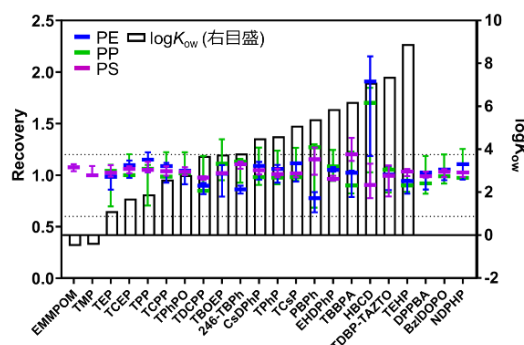


Fig.1 プラスチックからの添加回収率

2023 年 11 月の駿河湾で採集されたプラスチック中の添加剤濃度は検出下限値以下であった。検出されなかった原因は分析したサンプルの多くが食品包装由来など、添加剤の少ないプラスチック製品であったためであると考えられる。

謝辞

本研究は環境研究総合推進 (JPMEERF20231R03) の助成を受け実施した。

参考文献

- 1) Hasegawa et al. (2022), *Marine Pollution Bulletin*, **185**, 114343
- 2) Carignan et al. (2018), *Environment International*, **111**, 232–238.
- 3) Tanaka et al. (2019), *Marine Pollution Bulletin*, **145**, 36–41
- 4) Aminot et al. (2020), *Marine Pollution Bulletin*, **151**, 110862

キーワード 難燃剤, プラスチック添加剤, 海洋プラスチックごみ

炭素材料併用型フォトフェントン反応による汚染物質除去機構の反応速度論的解析 Mechanism of Carbon Material to Enhance Removal of Azo-dye by Photo-Fenton Process

静岡県立大学 ○徳村 雅弘, 村松 孝亮, 王 齊, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和
三菱ケミカル株式会社 石橋 龍太郎, 安保 貴永, 皆川 正和

1. はじめに

染料は繊維、皮革、紙、化粧品、医薬品など、多くの産業において、世界中で大量に使用されており、例えば、バングラデシュでは、アパレル産業などから排出される染色排水による環境汚染が深刻化している。染料は難生分解性であることから、生物学的処理法では処理が困難である。

フォトフェントン反応は、鉄イオン、過酸化水素、光エネルギーの組み合わせにより、強力な酸化力をもつOHラジカルを連続的に生成し、それにより様々な難生分解性有機汚染物質を分解除去することが可能な排水処理法である。しかし、ランニングコストが高いという課題があるため、種々の触媒との併用により、反応の促進・改善が試みられている。

本研究では、反応速度論的な解析を用いることで、触媒併用によるフォトフェントン反応の促進機序を定量的に明らかにし、得られた知見を基に触媒の改良を行うことで、触媒併用型フォトフェントン反応の高効率化を試みた。

2. 方法

本研究では、モデル汚染物質としてアゾ染料であるオレンジIIを用い、触媒併用型フォトフェントン反応による脱色実験を行った。触媒としては、三菱ケミカル製の触媒を用いた。反応容器として500 mLパイレックス製ビーカーを用い、マグネチックスターラーにより溶液を混合した。フォトフェントン反応の光源としてブラックライトブルーランプ（極大照射波長 = 380 nm）を用い、ビーカーの周囲に3本設置した。初期オレンジII濃度を調整した後、初期pHをフォトフェントン反応の最適pHであるpH=3となるように濃硫酸で調整した。鉄イオン源として硫酸鉄(II)七水和物（鉄イオン濃度 = 3 mg L⁻¹）を加え、触媒（触媒濃度 = 100 mg L⁻¹）と過酸化水素（過酸化水素濃度 = 500 mg L⁻¹）を添加し、ブラックライトブルーランプを点灯させることで実験を開始した。経時的に溶液を採取し、メンブレンフィルター（孔径 = 0.45 μm）でろ過した後、分析を行った。オレンジII濃度は吸光光度法、鉄イオン濃度は1,10-フェナントロリン法、過酸化水素濃度は酵素法を用いて測定した。

3. 結果と考察

従来のフォトフェントン反応（触媒無し）では、100 mg L⁻¹のオレンジIIを40 minでおよそ75%除去できたが、触媒を併用した場合は90%処理できた（図1）。これにより、触媒を併用することで、オレンジIIの脱色が促進されることが確認できた。

本研究で構築した、フォトフェントン反応によるオレンジIIの脱色反応と、オレンジIIの触媒への吸着による脱色を考慮したシミュレーションモデルを用いて推算したオレンジII濃度の脱色速度を実験値と比較すると、実験値の方がより早く脱色されていた。このことから、シミュレーションモデルでは考慮されていない触媒併用に伴う相乗効果があることが示唆された。相乗効果の原因として、触媒表面上に存在する水酸基による鉄イオンの還元反応が考えられた。

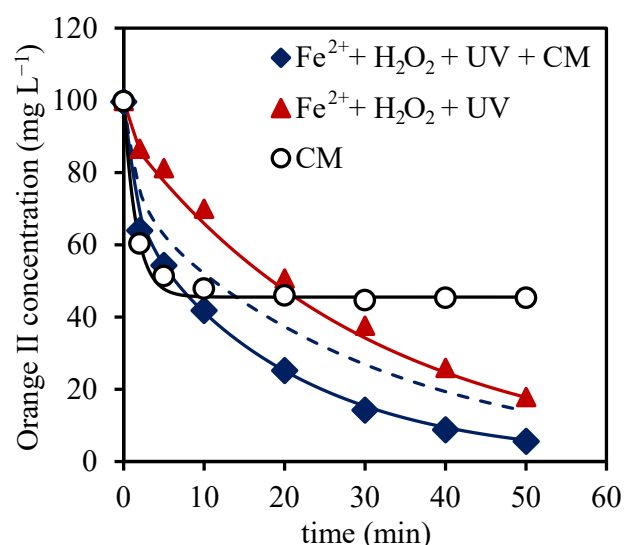


図1 反応速度論モデルによる推算値と実験値の比較（図中のプロットが実験値、実線および破線がモデルによる推算値を表す）

参考文献

- 1) 村松ら (2022) 環境科学会誌, 35, 103-112.

キーワード 排水処理, 鉄, 促進酸化法, 触媒, 難生分解性有機汚染物質

都市と地方の連携による再生可能エネルギー導入促進に向けた経済的不平等性緩和を考慮した施策の評価

Addressing Regional Inequality through Renewable Energy and Financial Transactions between Urban and Rural areas

東京大学 ○伊達貴彦, 栗栖聖, 福士謙介

1. はじめに

日本は2020年に、2050年までのカーボンニュートラル達成を宣言し、国内の全1,741の自治体中約1,000がカーボンニュートラル化を表明しているが、表明する自治体数の増加に反して、2022年時点での再生可能エネルギー導入比率は14%（大規模水力発電を除く）と、世界平均と同程度にとどまっている。地方部では十分な再生可能エネルギー導入ポテンシャルがある一方で導入資金に乏しく、電力需要地である都市部では資金が潤沢にあるが再生可能エネルギーを導入できる十分な土地は無い状況にある。都市部では高経済力、高財政力、人口増加と正の循環が生まれている一方で、地方部は逆の状況にあり、国内における格差が広がっている。そこで本研究では、日本国内を対象に、実質的に地域行政を担う約1,700の自治体を対象に、地方が再生可能エネルギーを都市に供給し、都市は融通される再生可能エネルギーに対し資金提供することで、再生可能エネルギー導入を加速させつつ地域間の経済的格差を緩和する広域連携のスキームを提案・評価することとした。

2. 手法

自治体間の広域連携の組み合わせの最適化の手法として、線形計画モデルを用い、異なる2つの手法を設定した。1つは送電網整備コストを抑えるために自治体間の送電量と送電距離の積和を最小化するものであり、もう1つは送電網の増強整備がある程度完了した次世代電力網への移行期間を想定し、自治体間の財政力指数の絶対偏差の総和を最小化し、かつ、その最適解の中で、自治体間の送電量と送電距離の積和を最小化するものとして、自治体の最適な組み合わせを求めた。

3. 結果

最適化連携の結果、再生可能エネルギー1kWhあたり、1.5円の地域活性化金が、電力の需要地である自治体から、その再生可能エネルギー電源の立地する自治体へ支払われると仮定した場合、都市部から地方部へ、6,694億円/年が支払われ、その逆向きの地方部から都市部へ再生可能エネルギー4,463億kWh/年が供給でき、財政力の低い自治体から高い自治体へ再生可能エネルギーが供給される地域間連携になることが分かった。ただし、単純連携の場合では、一部の豊かな自治体が更に豊

かになる、一部の貧しい自治体が更に貧しくなるなど、経済的不平等性を助長する課題が一部生じることが明らかとなった。そこで、各課題に対する施策を実施する・しない場合、地域活性化金を2.5円/kWhに増額する・しない場合を入れた、計12のシナリオを設定し、自治体の財政力指数の分散値の変化を分析した。施策導入後の最適な広域連携では、地方部の自治体の財政力指数が改善され（図1）、財政力指数の分散値は連携前の0.077から最大で0.039に縮小することが分かった。都市部と地方部が最適な広域連携をすることで、経済的不平等性が緩和し、再生可能エネルギー導入促進に寄与するものと考えられる。

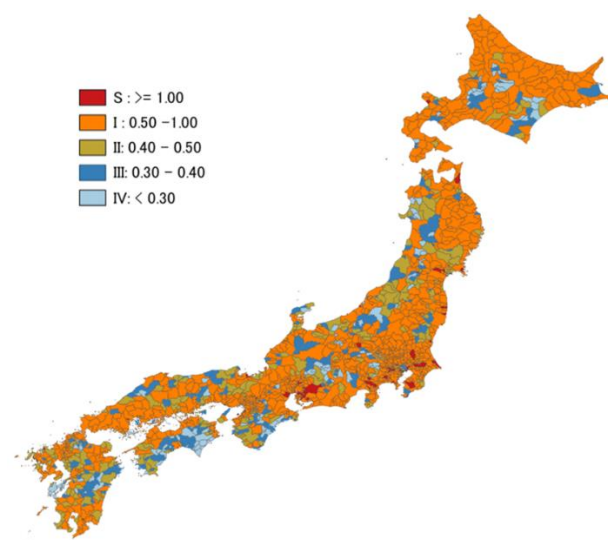


図1 広域連携後の自治体の財政力指数

引用文献・データ

- 1) 経済産業省, 2050 Zero Carbon Cities in Japan,
- 2) 環境省: “REPOS”, <<https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy>>, (参照 2023/11/01)
- 3) 農林水産省: “都道府県別の荒廃農地面積”, (2020)
- 4) 農林水産省: “市町村別耕地面積”, (2020)
- 5) 資源エネルギー庁: “都道府県別エネルギー消費統計”, (2019)

キーワード

再生可能エネルギー, 地域間連携, 経済的地域格差の是正, 地域創生

再生可能エネルギーを活用した水素利用システムの社会的応用にむけて

Towards the social application of hydrogen utilization systems that utilize renewable energy

早稲田大学 ○鷺津明由, 吉田彬, 田山真史

1. はじめに

カーボンニュートラル社会の構築のために、地域の再生可能エネルギー資源の最大活用を可能にするような新しい社会システムの構築が望まれる。そのような中で、卒 FIT の PV 余剰電力等の有効活用方法として、Power to Gas (P2G) システムの活用が望まれる。本研究では、P2G システムの社会的な活用法として、地域に遍在する再エネを用いて中規模の事業所の熱需要を賄うシステムを想定し、工学的数値計算モデルを用いて実現可能性を検討するとともに、エネルギー消費統計の調査票情報を用いて、潜在的な熱需要の大きさを推計する。

2. 先行事例

山梨県では 2022 年に P2G システムを発展させるための事業会社、やまなしハイドロジェンカンパニー(YHC)を設立した¹⁾。YHC へのヒアリングをまとめると以下のとおりである。YHC は、変動電源の出力変動に追従して柔軟な運転ができ、設置容量をモジュール的に調整できる固体高分子(PEM)形水電解装置をもつ水素製造システムを開発してきた。現在、オペレーション技術の蓄積がすすみ、技術は成熟しつつある。今後、「脱炭素成長型経済構造への円滑な移行のための低炭素水素等の供給及び利用の促進に関する法律案(水素社会推進法案)」に基づく価格差に着目した支援などを用いて、開発した水素製造システムの普及を目指すとのことである。その際、事業モデルとして望ましいのは次のような仕組みである。まず、GX に関連する政府補助金等を利用して、地域の中核となる拠点事業所に、30MW 以上の規模の水素製造システムを設置する。次に、拠点事業所から半径 30km 程度の範囲にある、中小規模の熱需要を持つ事業所へ水素を、トレーラー・カードルなどを用いて運搬する。このようにすれば水素の輸送費用をできるだけおさえつつ、適度な規模効果も得られる水素サプライチェーンを構築可能である。このような水素製造システムの横展開には、地方自治体の役割が重要である。特に風力・水力などの公営の再生可能エネルギー電力事業を持つ自治体が、地域の中小規模の熱需要を持つ事業者を積極的に巻きこむことが重要である。また、このような水素製造から消費にわたる水素サプライチェーン構築を実

施するプロジェクトマネージャーを育成することが必要である。地域の熱需要を含めた脱炭素化を検討する上で、本事業が選択肢に入ることが望まれる。

3. 研究方法

再生可能エネルギー資源が比較的豊富な地方都市において、中規模の熱需要のある事業所向けの水素利用社会システム構築効果の実現可能性を検討するために田山²⁾に基づく工学的数値計算モデルを用いた分析とエネルギー消費構造統計に基づく分析を行う。

4. 結果

田山²⁾モデルによる最適化計算の結果、マクロ的にも、地域の卒 FIT の PV 余剰電力のポテンシャルは、その地域の中小事業所による熱需要を賄える可能性が高いことが確認された。EC の稼働率が、水素製造コストに影響しているので、地域の EC をバーチャルに統合し、シェアリングによる効率的な設備の運用システムを構築することが有効ではないかと考えられた。また、農業機械や、燃料電池を搭載したモビリティ、家庭用熱需要などのパリティ価格に対しては、現想定下での水素製造価格であっても置き換え可能と考えられた。

エネルギー消費統計の調査票情報の集計結果を見ると、各地域でそれぞれ、特定の産業の比重が大きくなっている。その地域の産業構造と、PV 以外にもその地域に豊富な再エネ資源を活用して、各地域独自の P2G システムを構築することが望ましいと考えられた。医療、福祉のサービス業、食料品製造業は、すべての地域で比重の大きい中小規模熱需要なので、これらの産業で利用可能な汎用的 P2G システムの開発が特に望まれる。

参考文献

- 1) <https://www.yhc-inc.jp/>. (アクセス日 2024.05.18)
- 2) 田山真史 2023 年度修士論文「水電解装置の最適設計・運用に基づく経済性および環境性評価」(2024), pp.1-105.

キーワード Power to Gas (P2G) システム, 中規模熱需要, 地域企業, 水素パリティ価格, 余剰太陽光発電

Does Artificial Intelligence-Driven Energy Management System Reduce Electricity Consumption

早稲田大学 呂冠宇, 片山東, 有村俊秀, ○森村将平

1. Introduction and Objectives

In the pursuit for sustainability, effective management of energy consumption has become a critical global challenge. The increase in energy demands, driven by population growth, expansion of infrastructure, and technological advancements, reflects the urgency for effective energy conservation strategies. In such context, Artificial Intelligence (AI)-driven energy management systems represent a transformative solution, offering potential reductions in energy consumption through intelligent data-driven strategies. Despite the advancements in AI-driven energy management systems, empirical literature on their impact on energy reduction remain limited, particularly in carbon and energy-intensive sectors such as retail sector. This study focuses on “Enudge”, an AI-driven energy management system developed by company i-Grid Solutions. Enudge is a platform that integrated real-time monitoring, predictive analytics, and personalized recommendations to optimize energy usage in retail sector. We treat the installation of Enudge as an exogenous shock, applying a DiD approach to estimate its impact on energy consumption. The empirical analysis is conducted using store level data involving 1795 stores from November 2018 to December 2023.

2. Methods adopted

By analyzing differences in electricity consumption between the treated (those with Enudge) and control groups (those without Enudge) before and after the system’s implementation, this study aims to provide the evidence on the effect of AI-driven energy management systems on reducing electricity consumption in the supermarket sector. This study constructs the baseline DiD model as follows:

$$Y_{it} = \alpha + \beta T_{it} + \mathbf{X}'_{it} \delta + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it}$$

The outcome variable is electricity consumption regarding store i in month t . We transform the outcome variables by taking the logarithm of the transformed value. T_{it} is a binary variable that takes a value of 1 for stores that join Enudge. The store fixed effects, μ_i , capture time-invariant characteristics of the stores, ensuring that the model accounts for inherent differences across stores that do not change over time. The monthly fixed effects, γ_t , capture month-specific

and seasonal shocks that are common to all stores, thus addressing external influences that vary over time but are not specific to individual stores. The vector \mathbf{X}'_{it} is a set of time-variant control variables such as temperature.

3. Results and Conclusion

Energy consumption in the retail sector, while not as large as in manufacturing, is characterized by high energy intensity and unique operational dynamics that necessitate effective management strategies. Advanced AI-driven energy management systems, such as Enudge, offer solutions through real-time data monitoring, predictive analytics, and personalized recommendations. By leveraging a comprehensive store-level dataset, this study confirms that Enudge, with its integration of advanced AI-driven features such as real-time monitoring, predictive analytics, and personalized recommendations, effectively reduces electricity consumption in supermarkets. Such information provided by Enudge motivates users to actively engage in energy-saving practices, despite observing a decay in effectiveness over time from initial to later stages. This highlights the significant potential of AI-driven energy management systems in motivating energy reduction efforts.

Further analysis shows the impact of AI-generated recommendations on energy reduction, highlighting that higher user compliance, evidenced by increased interactions with the Enudge’s tablet interface, is significantly associated with greater reductions in energy consumption. This underscores the importance of appropriately personalized recommendations, which not only clarify but also incentivize users to comply with AI-driven suggestions, leading to improve operational efficiency, thereby leading to the energy reduction. Additionally, the study investigates seasonal variations in energy reduction, confirming that the Enudge effectively reduces energy consumption in both summer and winter. However, it is more effective during the winter months than in summer. This seasonal effectiveness indicates that the Enudge’s ability to manage heating requirements more efficiently during colder periods plays a crucial role in its overall impact on energy consumption.

将来における木質バイオマスの供給ポテンシャルの推計に係るシミュレーション手法の開発 Development of a Simulation Method for Estimating Future Supply Potential of Woody Biomass

神戸大学 ○周 俊男, 神戸大学 田畑智博

1. はじめに

2050 年カーボンニュートラル宣言を踏まえ、日本における木質バイオマスのエネルギー利用は今後も拡大することが予想される。一方、利用拡大には、原料の安定供給と持続可能性が大きな課題となる可能性がある。本研究は、カーボンニュートラル実現に資する将来の木質バイオマスの供給ポテンシャルを推計するためのシミュレーションモデル手法を開発することを目的とする。本稿では、兵庫県を事例として地位・林齢別の森林面積遷移マトリックスモデルを構築する。間伐を考慮した成長曲線と組み合わせて、森林活動が木質バイオマスの供給に与える影響を検討するとともに、2050 年までの木質バイオマスの供給ポテンシャルを推計する。

2. 研究の方法

兵庫県の森林簿に基づいて、林齢・地位別の 201×156 の面積遷移マトリックスを構築する。マトリックスの行方向は林齢(1~200(200 以上含む))までの各林齢に、列方向は年(2019 年~2050 年)に対応している。各年毎に地位 1, 2, 3 のデータを格納する。次に、収穫表作成システム LYCS¹⁾を用いて収穫表を作成する。ゴンペルツ曲線に基づいて、間伐を考慮した林齢と幹材積の関係曲線を非線形回帰分析でフィッティングし、成長曲線を導出する。兵庫県の森林計画や実績を踏まえたシナリオを作成し、成長曲線に導入することで 2020 年~2050 年までの森林蓄積量、成長量、伐採量を推計する。

3. 結果と考察

図 1 に供給ポテンシャルの推移を示す。ここでは、用材向けとエネルギー利用のためのバイオマス向けに分けて評価した。評価年中に間伐を 3 回実施するシナリオを作成して分析した結果、供給ポテンシャル(森林成長量+伐採量)は全体的に減少傾向となった。2030 年の木質バイオマスの供給ポテンシャルは 49.5 万 m^3 (伐採量: 5.9 万 m^3 , 成長量: 43.6 万 m^3)と推計された。2050 年の供給ポテンシャルはさらに減少し、約 28.7 万 m^3 (伐採量: 1.5 万 m^3 , 成長量: 27.2 万 m^3)となった。現行の兵庫県の木材生産が間伐を中心に行われているためである。

続いて、兵庫県の林業従事者数²⁾と林野庁の労働生産

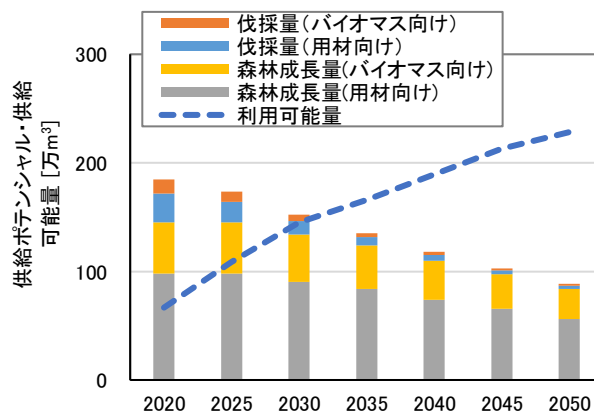


図 1 供給ポテンシャルと供給可能量の推移

性³⁾のデータに基づいて、森林成長量の利用可能性を検討した。その結果、林業従事者の減少傾向が続く場合、2029 年までの森林成長分を全て収穫することが困難となった。現状では林業従事者数を増やす方策が必要である。

4. おわりに

兵庫県における木質バイオマスの供給ポテンシャルは現状の需要には対応できる。しかし、長期的には減少傾向にあり、今後も年々増加する需要に応えることは困難である。間伐に適した森林面積が減少しており、間伐を中心とする木材生産は限界があることに注意する必要がある。今後の供給を確保するためには、高齢林を対象とする間伐の実施、主伐面積の拡大の検討が重要と考えられる。

謝辞

本研究の一部は 2023 年度博士後期課程学生研究奨励賞(クリタ研究賞)の助成金で実施されました。心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 森林総合研究所, 収穫表作成システム LYCS
- 2) 兵庫県, 林業統計書(昭和 47 年度~令和 4 年度)
- 3) 林野庁, 森林・林業白書(平成 22 年度~令和 4 年度)

キーワード 木質バイオマス, 供給ポテンシャル, シミュレーションモデル, 将来推計

デマンドレスポンス・蓄電池を組み合わせた地域電力マネジメントにおける電力需給解析 Supply and Demand Analysis for Local Power Management Combining Demand Response and Storage Batteries

東京大学大学院 ○加藤仁志, 林徹, 中谷隼, 藤田壮

1. はじめに

太陽光発電の普及が急速に拡大する現在、需給のギャップを埋めるためのデマンドレスポンス (DR) の必要性が高まっている。家庭部門においては、DR 対象となる主な需要機器として、ヒートポンプ給湯器を挙げることができる。また、太陽光発電の自家消費拡大に向けては、定置型蓄電池の導入も促進されているが、これらの需給調整オプションの導入量については併せて検討する必要がある。本研究では、ヒートポンプ給湯器の運転スケジュールの変化が蓄電池の必要量や電力需給調整のコストに与える影響を分析した。

2. 方法

本研究は、埼玉県越谷市の全世帯 (142,590 世帯) を対象として解析を行った。地域内の太陽光発電量は、全ての戸建住宅に 4.5 kW の太陽光発電設備が設置されているとの条件の下で、2023 年の気象データを基に 1 時間単位で算出した。また、給湯器以外の電力使用量についても、既往調査や統計を基に 1 時間単位で作成した。

ヒートポンプ給湯器については、国立研究開発法人建築研究所の作成した手法¹⁾に従って、時間別の給湯需要を求めた。この需要を満たす条件の下において、以下の 3 種類のスケジューリング手法を設定した。

- ・パターン①：深夜帯 (0:00~6:00) に沸き上げ
- ・パターン②：電力価格に対応する沸き上げ
- ・パターン③：余剰電力の発生に対応する沸き上げ

以上の手法で求めた太陽光発電量と電力需要に対して、任意の容量の蓄電池を導入した際の需給解析を行い、太陽光発電の地域内消費率、地域内の電力供給に要する平均費用 (以下、電力単価) を求めた。なお、電力の売買価格は 2023 年のスポット市場価格に従うものとした。

3. 結果

図 1 に、パターン③のスケジュールで給湯器を運転した場合の需給解析結果の一例を示した。この時、給湯器は余剰電力の削減のために運転されており、深夜に沸き上げる①と比較して年間で 28.9%の余剰電力を削減することが可能となっている。図 2 には、パターンごとの電

力単価と太陽光発電地域内消費率の関係を示した。パターン②、③はある地域内消費率を達成するための電力単価がパターン①と比較して低い。これは、ヒートポンプ給湯器による余剰電力の削減により、需給調整に必要な蓄電池容量が低下したためである。

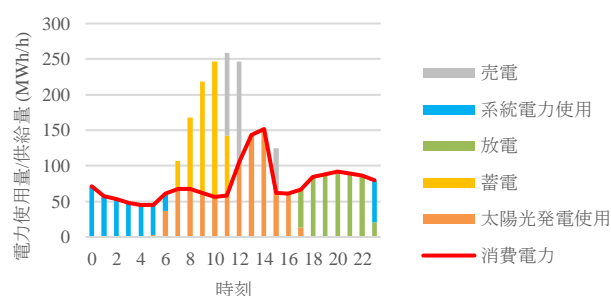


図 1 需給解析結果の例 (4 月, パターン③)

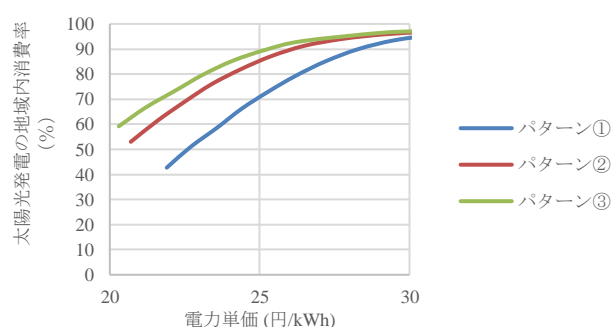


図 2 電力単価と太陽光発電の地域内消費率の関係

4. 結論

本研究により、ヒートポンプ給湯器の DR は必要な蓄電池容量を低減し、需給バランスの調整コストを低減する効果を示す可能性が高いことが明らかになった。

参考文献

- 1) 国立研究開発法人建築研究所 (2024) . 平成 28 年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報 (住宅) 現行版

キーワード 再生可能エネルギー, 太陽光発電, 蓄電池, デマンドレスポンス, 地域電力事業

国内繊維産業における環境負荷軽減に関する研究 ー炭素排出および水質汚染への環境税賦課時の価格変化に着目してー

Study on Reducing Environmental Impact in the Textile Industry: Focusing on Price Changes Due to Environmental Taxation on Carbon Emissions and Water Pollution

法政大学大学院 ○勝又 淳司

1. はじめに

国際的に繊維産業は環境負荷を中心とし、様々な問題が指摘される。繊維製品の大量生産および大量廃棄、炭素排出量の多さ、水の大量消費や水質汚染から生産時の人権など多岐に渡り問題が山積する。

多地域産業連関表:Exio base の 2022 年データにて全世界で産業別に比較すると、生活に関わる消費財において繊維産業の炭素排出量が高い傾向にある。またグローバル規模では繊維産業の供給量は今後も増加が予想される(国連、2018)。着古した衣類を他国へ大量に輸出し、化学繊維等の埋め立てによる水質汚染や高い炭素排出量へと繋がっている。

日本国内でも環境省(2022)等のレポートを中心に前述の問題が指摘されるが、抜本的な解決策は提示されていない。国内の繊維産業は輸入浸透率が 98%となり、海外からの輸入に依存している。多岐に渡る国へ供給を依存しつつ、環境負荷や大量生産・大量廃棄など様々な問題を内包しており、解決は喫緊の課題となる。

2. 分析方法

先述した問題を解決する糸口として外部不経済の内部分化が必要であると考えられる。本研究では、環境税の賦課が解決の糸口の一つとなると考え、環境税が賦課された際のシナリオ分析を、多地域産業連関表:Exio base を用いた産業連関分析を行い、どのような影響が繊維産業に及ぼされるか検討を行う。本研究におけるシナリオとしては、炭素排出量に応じた炭素税、および水の汚染量に対する環境税を想定し分析を行う。世界の全産業に一律で炭素税を賦課するケース、繊維産業のみ賦課するケース、先進国のみ賦課するケースなどでシナリオ分析を行う。

3. 分析結果

分析の結果の一つとしては、炭素税を賦課した際には、日本より排出効率の悪い中国やインドネシア等で価格の上昇率が高い。結果として日本が現在、繊維産業で主

要なサプライチェーンとする国と日本で価格差が埋まるなどの影響が出る可能性がある。各国で導入が検討されるカーボンプライシングが実施された場合に、産業に対して様々な影響が出るが、国の産業構造により影響の度合いが異なる。

日本をはじめとする先進国にて現在想定される税率では、大きな価格変化に繋がらない可能性があり、大幅な需要の削減には繋がらない可能性はあるものの、税収を確保することにより、生産を担う国での技術革新等に貢献出来る可能性がある。

謝辞

※本研究は法政大学カーボンニュートラル研究助成制度助成金の受給により研究を行いました。ここに感謝申し上げます。

参考文献

- 亀岡 滯・有村 俊秀(2019)、「炭素税・FIT 賦課金による産業・家計への影響産業連関分析による定量的評価」、環境科学会誌 32 巻 4 号、p. 103-112、環境科学学会
- 環境省(2021)、「SUSTAINABLE FASHION これからのファッションを持続可能に」、環境省、https://www.env.go.jp/policy/sustainable_fashion/、2024 年 7 月 7 日最終閲覧
- 杉野 誠・有村 俊秀・森田 稔(2012)、「地球温暖化対策税による産業・家計への影響ー東京都税制調査会での検討案の評価 ー」、環境科学会誌 25 巻 2 号 : p.126-133、環境科学学会
- 国連広報センター(2018)、『ファッション業界、画期的な気候行動憲章を発表』、国連、https://www.unic.or.jp/news_press/features_backgrounders/32117/、2024 年 7 月 7 日最終閲覧

キーワード

繊維産業 環境負荷 多地域産業連関分析 環境税

GHG サプライチェーン排出量の算出とネットゼロ目標 Estimating GHG Supply Chain Emissions and Net Zero Target

千葉商科大学 ○中山琢夫, 手嶋進, 寺野隆雄, 原科幸彦, 株式会社レナリア 大杉仁

1. はじめに

国連では、国・地域といった政府部門だけではなく、世界中の企業や自治体、投資家、大学などの非政府アクターに対し、2030年までに温室効果ガス（GHG）の排出量を実質半減するために、Race To Zero という取組を行なっている。

本学も参画するこのキャンペーンの一環として、GHG プロトコルの分類によるサプライチェーン排出量を算出し、2030年までに排出量半減、2040年ネットゼロという目標を策定した。その過程で明らかとなった課題を提示するとともに、現在議論を継続している対応策について報告する。

2. サプライチェーン排出量の算出

本研究では、GHG プロトコルによる Scope 1, Scope 2, Scope 3 の分類で、「サプライチェーンを通じた温室効果ガス排出量算定に関する基本ガイドライン」（環境省・経済産業省）に基づき、本学の活動における GHG 排出量を算出した。とりわけ、これまでの自然エネルギー100%大学に関する取り組みの成果を明らかにするために、基準年は2016年としている。

本学ではこれまで、学長プロジェクトの一環としてエネルギーに関するモニタリングは継続的に行なってきたことから、Scope 1, Scope 2 の GHG 排出量の算出は比較的容易である。算出には地球温暖化対策法の「算定・報告・公表制度における排出係数」を用いている。一方で、Scope 3 排出量の算出は初めての試みとなる。この算出には「サプライチェーンを通じた組織の温室効果ガス排出量の算定のための排出原単位データベース(Ver.3.3)」（環境省）を用いた。

3. ネットゼロ目標設定

「JCI レース・トゥ・ゼロサークル 中期目標ミニマム要件」Ver.3.0 では、Scope 1 と Scope 2 の合算で、直線で年率4.2%の総量削減、Scope 3 で基準年から提出年の10年後までに、直線で年率2.5%以上の総量削減を約束することが求められている。一方 SBTi (2021) では、2030年までに GHG 排出量を半減、2050年までにネットゼロ排出を達成することを目標にしている。

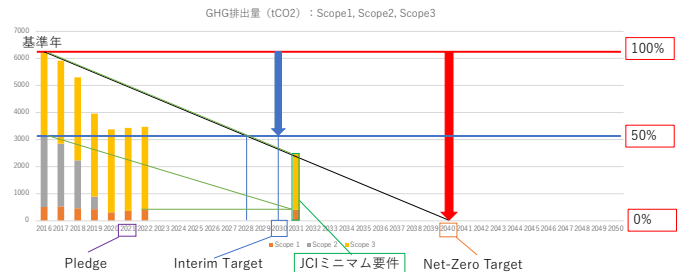


図1 GHG 排出量 (tCO2) とネットゼロ目標

本学の基準年以降の GHG 排出量を勘案しながら、これらの要件を満たす条件を、図1を用いて検討する。

図1には、2016年から2022年までの GHG 排出量 (tCO2) が、Scope 1, Scope 2, Scope 3 毎に記されている。JCI ミニマム要件を満たすために、基準年を2016年とし、Race to Zero 参画を Pledge (宣言) した2021年から10年後の2031年まで直線を引き、さらにこの直線を延長すると、Net-Zero Target は2040年となる。この直線をガイドラインとすると、50%削減は2030年よりも前に実現することができ、Interim Target を2030年とすることに無理はない。つまり、GHG 排出半減を2030年、ネットゼロ2040年を目標年とすることで、SBTi (2021) の目標水準を満たすこともできる。

4. まとめと今後の課題

本学において Scope 1, 2 に関するネットゼロに向けた取り組みは明確であり、化石燃料利用を再エネ電化することに尽きる。一方 Scope 3 については、算出方法そのものをより緻密化するとともに、サプライヤーに対して排出量の開示を求めていく必要がある。現在、カテゴリ別の排出量削減に向けて、現実的に有効と考えられる取組を、関与度と排出量規模を尺度に優先度を整理し、より具体的な対策を検討している。

参考文献

- 1) 原科幸彦編(2022)『SDGs と大学-自然エネルギー100%大学の挑戦』, 千葉商科大学学長プロジェクト

キーワード サプライチェーン排出量, ネットゼロ, Race to Zero, GHG プロトコル, 大学の脱炭素化

所得階層別の価格弾力性を考慮した炭素配当シミュレーションについて

Carbon dividend simulation with price elasticity by income group

名古屋大学大学院環境学研究科 浜島直子

1. はじめに

炭素課税（カーボンプライシング）の際に生じる所得逆進性については、先行研究では、価格弾力性が考慮されていなかったり、一律の（所得階層による差の無い）価格弾力性をを用いたりして算出されることが多い。特に電力のような生活必需品について低所得者層の価格弾力性は相対的に低くなるという実証研究結果がある。

本稿では、所得階層別の価格弾力性を導入すると、炭素課税の所得逆進性にどのように影響を及ぼすのか検証を行うとともに、所得逆進性を解消し得る炭素配当についてのシミュレーションを行った。

2. 方法論

税率に応じた各財の価格上昇率を産業連関表及び3EIDを用いて算出した上で、それを所得階層別の電力等の価格弾力性を考慮した家計調査に当てはめることで、所得逆進性（所得階層の低い者が高い者よりも自身の所得に占める税負担率が大きいこと）を検証した。

また、所得逆進性を解消し得る税収配分方法について検討した。さらに、各財の需要変化率を考慮した、業界ごとの納税額を算出し、上記税収配分を可能とする税収額が得られることを確認した。

3. 結果

3.1. 所得階層別の価格弾力性を考慮する意義

例えば電力について、星野・小川 2020 の自己価格弾力性をもとに価格弾力性が所得に応じて単調増加すると仮定して算出すると、炭素トン当たり1万円の課税で、最高所得階層の一人当たり所得に占める税負担率は2.2%、最低所得層は20.5%と所得逆進性が確認された。対して一律（品目別に一律で、各所得階層の世帯主に年齢に応じて差があるのみ）の価格弾力性を用いると、最高所得階層2.4%に対し最低所得階層18.2%と、逆進性は、所得階層ごとの価格弾力性を考慮した場合に比べ過小評価される。なお、支出増加率の差はより顕著である（価格弾力性の単調増加と一律とで、支出増加率の多寡が逆転する）ことも確認した。これらのことから、所得階層別の価格弾力性を考慮する意義が確認された。

3.2. 傾斜配分型炭素配当の可能性

3.1 で確認された逆進性を解消するための税収配分の在り方を確認した。逆進性とは、課税が収入に占める割合の率が所得が低い人ほど高くなる現象をいうので、その率が一定になることを目指すこととした。結果、必要な炭素配当は表1のようになった。

表 逆進性の解消に必要な炭素配当

必要な炭素配当 (一人・月当たり、円)	年間収入十分位階級				
	I	II	III	IV	V
	13,522	16,943	13,543	8,975	6,382
	VI	VII	VIII	IX	X
	5,300	4,495	3,871	2,506	0

3.3. 税収額が得られることの確認

各所得階層における世帯人員の平均人数及び世帯数から、上記の炭素配当の実現に必要な税収額は4,175億円と算出される。財別・所得階層別の価格弾力性による消費量減を考慮しても、上記の税収が得られることを確認した。

4. 考察と課題

本稿では、課税の所得逆進性を過小評価しないために所得階層別の価格弾力性を考慮することの意義を実証データから確認するとともに、生じる所得逆進性を解消し得る炭素配当の在り方を検討し、当該炭素配当が算定上可能であることを確認した。

課題として、最低所得者層から高齢者等の特殊要因を取り除くことにより実証データとしても価格弾力性が単調増加となることを確認すること、課税による給与等への影響を入れ込むこと、等が挙げられる。

参考文献

- 1) 亀岡・有村 (2019) 炭素税・FIT 賦課金による産業・家計への影響—産業連関分析による定量的評価—、環境科学会誌, 32(4), 103-112
- 2) 星野・小川 (2020) 家計消費支出から見たエネルギー価格変化の影響, IEEJ, 2020 年 3 月号, 1-5

キーワード 炭素配当, エネルギー課税, 所得階層, 価格弾力性

ネットゼロ排出達成に向けた東アジアにおける国際連系の役割の評価 Assessment of the Role of International Interconnections in East Asia for Achieving Net Zero Emissions

京都大学 ○森翔太郎, 大城賢, 藤森真一郎

1. はじめに

東アジアの電力システムの脱炭素化に向け、国際送電網の有効性が指摘されている¹⁾。他方、2050年実質ゼロ排出に向けた国際送電網の役割や日本国内への影響の評価は不足している。本研究は、東アジアを対象とする電力システムモデルにより、国際送電網の利用が電力システムに与える影響を分析し、今世紀半ばにかけた計画への示唆を得ることを目的とした。

2. 手法

新たに開発した電力システムモデルは東アジア4カ国（日本、中国、韓国、モンゴル）を対象とする。各年の設備費と毎時の運転維持費の総和を最小化するような線形計画問題を解き、技術の導入・稼働量を決定する。本研究では国際連系線の利用可能性が異なる2つのCO₂実質ゼロ排出シナリオ（w/o, w/）を設定した。排出制約等は両シナリオ共通であり、w/シナリオでのみ2040年以降に国際連系線が利用可能とした。

3. 結果

w/oシナリオでは太陽光・風力のシェア拡大が著しく、2050年には東アジアの電源構成の86%を占めた（図1）。ガス火力は2030年以降も一定の役割を担い、日本・韓国ではCCS付きガス火力が2050年の発電電力量の約15%を占めた。w/シナリオではガス火力等の発電電力量の減少により、日本・韓国では総発電電力量が減少した。他方、中国・モンゴルでは総発電電力量が増加し、東アジア全体ではわずかに増加した。

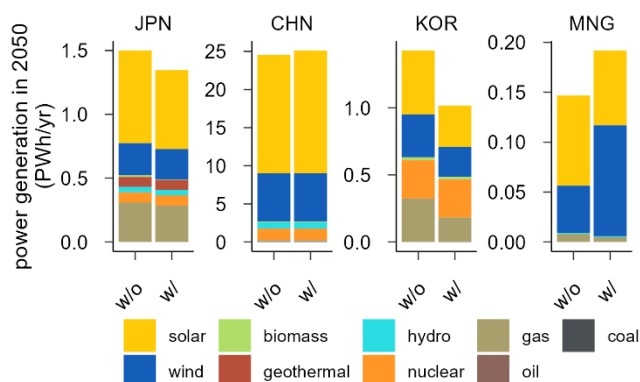


図1 地域別の発電電力量（2050年）

中国 - 日本間の連系線は2040年以降も継続的に増強され、中国 - 韓国間は2050年に86 GWに達した（図2）。w/シナリオでは国際連系線の構築に伴い、日本国内の連系線も増強され、w/シナリオでの2050年の設備容量はw/oシナリオの1.2倍に達した。他方、中国では国内の電力需給の規模と比較して電力輸出入の規模が小さく、国内連系線の設備容量は両シナリオで同程度である。この際、w/シナリオでの2040年以降の脱炭素化に伴う累積追加費用はw/oシナリオ比で7%低減された。

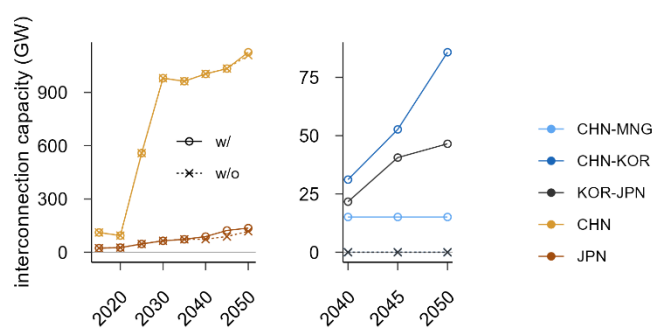


図2 国内・国際連系線の設備容量（2020 - 2050年）

4. 考察・結論

本研究の結果により、2050年実質ゼロ排出シナリオ下で、東アジアの国際送電網の構築に一定の経済合理性があると示唆された。これは、輸出側での太陽光・風力発電や地域全体での連系線の設備費の増加を、輸入側での火力発電の設備・燃料費の減少が上回るためである。自地域の電力消費に対して、電力輸出入の規模が大きい地域では、電力貿易により国内の電力システムに大きな影響が及んだ。国際送電網が長期目標達成に向けて有効な方策の一つとなりうる以上、電力システムの計画段階で、国際連系線の利用に伴う最適な電力システムの構成の変化を考慮に入れることは重要であると言える。

参考文献

- 1) 大槻貴司 (2017) 北東アジアにおける変動性再生可能エネルギーの最適導入と国際連系の効果に関する分析, エネルギー・資源学会論文誌, Vol.38(5), pp.9-18.

キーワード 脱炭素化, 電力システム, 国際連系

鳥取県での地産地消による脱炭素と県内経済への効果の推計

Estimation of effects on decarbonization and economy of local production and consumption in Tottori Prefecture

○東京工業大学 藤井裕加, 国立環境研究所 増井利彦

1. 研究の背景と目的

日本では、2020 年の国のカーボンニュートラル宣言以降、2050 年までに二酸化炭素排出実質ゼロにすることを旨とする自治体「ゼロカーボンシティ」が急速に増加し、国のカーボンニュートラル宣言時には 166 自治体だったゼロカーボンシティの数は、2024 年 6 月 28 日時点で 1112 自治体にまで増加したり¹⁾。このような地方自治体の脱炭素の取り組みにあたっては、地域課題を解決し、地方創生に貢献することが期待されており²⁾、またその効果を提示することで自治体も脱炭素に取り組むやすくなると考えられる。しかし、その効果の定量化を行っている研究は少ない。

そこで本研究では、鳥取県を事例に、脱炭素社会の実現に向けた取り組みによる地域活性化の可能性を示すことを目的とする。鳥取県は日本で最も人口が少なく、今後全国で人口減少が進んでいくことを踏まえると、鳥取県における分析は他の都道府県にも有効な示唆を与えるものであると考えられる。

鳥取県は、①2030 年度温室効果ガス排出量削減目標 60%削減 (2013 年度比)、②2030 年度における新築木造住宅へのとっとり健康省エネ住宅導入率 100%、③2030 年度における需要電力に対する再エネ導入率 60%を掲げている³⁾。またその実現のため、地域企業・金融機関、県民等が参加する「とっとり環境イニシアティブ県民会議」を立ち上げ、県民のライフスタイルの転換・ゼロカーボン実現・経済活性化を目指している。このように県民の消費行動が従来の化石燃料から地域資源へと変化し、これらの目標を実現することによる二酸化炭素排出量の削減と県内経済への影響を評価した。

2. 方法

前述①の鳥取県の排出量削減目標を制約条件とし、鳥取県の 2030 年度の各財の消費量や GDP 等のマクロ経済影響を推計した。推計のツールとして、統合評価モデルの 1 つである AIM/CGE を用いた。AIM/CGE は、価格メカニズムに基づき、すべての財や生産要素の市場において均衡する状態を計算し、マクロ経済へ

の影響を評価するモデルであり、緩和策の取り組みの導入による具体的な費用と効果を推計できる⁴⁾。基準データには、鳥取県の 2015 年の産業連関表をもとに作成した 32 部門・32 財のデータを利用した。

3. 結果・考察

分析の結果、①の排出量削減目標のみを課した場合には、なりゆきの場合と比較してすべての財で家計の消費量が減少し、GDP は 20.6%減少することが分かった。一方、①に加えそれを達成するための取り組みである②、③も条件として課した場合には、①のみの場合と比較してすべての財で家計の消費量が大きく、GDP も 18.5%大きい結果となり、排出量削減による経済損失が小さいことが確認された。

以上より、鳥取県において 2030 年に温室効果ガス 60%削減を目指すうえで、積極的に脱炭素の取り組みを推進することで、同時に地域経済の活性化に寄与できることが示された。

参考文献

- 1) 環境省 2050 年 二酸化炭素排出実質ゼロ表明自治体 2024 年 6 月 28 日時点. <https://www.env.go.jp/content/000235154.pdf>. (アクセス日 2024.07.08)
- 2) 環境省 地域脱炭素ロードマップ概要. <https://www.env.go.jp/earth/2024/000235154.pdf>. (アクセス日 2024.07.08)
- 3) 鳥取県 地域脱炭素移行・再エネ推進事業計画(重点対策加速化事業). <https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/1344907/tottori-juten-keikaku040526.pdf>. (アクセス日 2024.07.08)
- 4) 増井利彦・高橋潔 (2023) 脱炭素社会の実現に向けたモデル研究の状況と展望-アジア太平洋統合評価モデル AIM を通じた考察-, 環境科学会誌, 36 (2), 83-93

キーワード 脱炭素, 地域経済, 地産地消, CGE, 鳥取県

建物地階の空間分布と時系列変化の分析 -東京 23 区を対象として-

Spatial and Time Series Analysis of Building Basements -Case Study of Tokyo 23 Wards-

大阪公立大学 ○杉本 賢二

1. 背景

都市空間の拡大は地上にとどまらず、インフラや経済活動の場として地下空間の利用が進展している。都市における地下構造物の分布や動態を把握することは、物質循環や防災の観点から重要である。しかし、地下構造物のうち、公共性の高い地下鉄や地下街に関する統計やデータは充実しているが、建物の地下部分に相当する「建物地階」は、その位置や規模が十分に把握されていない。本研究では、建物データと入居者データとを組み合わせることで建物地階の GIS データを作成し、それを経年で整備することで建物地階の時系列 GIS データを作成した。

2. 手法

対象地域は、東京 23 区とした。使用データはゼンリンによる「Zmap TOWN II」の建物データと入居者データである。ここで、建物データは、建物の平面形状を表すポリゴンに、建物名称や用途などの属性情報が付与されているデータである。また、入居者データは、部屋番号やテナント名など、建物内の各部屋情報に関するデータであり、建物データとは建物 ID でリンクしている。まず、入居者データのうち階種別が「地下(B)」に該当する部屋と階数を抽出し、それを基に建物 ID ごとに階数の最大値を集計し、建物ごとの「地下階数」とする。次に、建物 ID により建物データと地下階数とを結合し、建物地階 GIS データが作成される。その際、建物形状による面積に地下階数を乗じることで、各建物の地階面積が算出される。これを時系列で整備し、前後する年で建物形状や属性情報を比較し、各期間における新築/滅失、残存といった建物動態の判定を行った。構築した年は 2003、2009、2013、2016、2020、2022 年の 6 期間である。

3. 結果

表 1 に、地階を有する建物棟数と地階面積の推移を示す。建物棟数は 2003 年から増加傾向にあり、特に 2009 年から 2013 年にかけての増加が著しい。また、一棟あたりの面積は 2013 年から 2016 年の期間では減少しているが、それ以外の期間では増加している。すなわち、地下階数の多い建物が増加していると考えられる。図 1 に、2022 年における建物地階面積を 4 分の 1 地域メッシュ

(250m)単位で集計した結果を示す。建物地階は都心部で密な空間分布で、とりわけ千代田区、中央区、港区、新宿区、渋谷区の 5 区で 23 区合計の 6 割(4,450 千 m²)を占めており、建物地階が都心に偏在していることが明らかになった。このうち、中央区の面積は 2003 年の 657 千 m² から 2022 年の 692 千 m² と微増であるが、千代田区は 2003 年の 776 千 m² から 2022 年の 1,005 千 m² と顕著な増加を示している。それ以外の区では、池袋駅や北千住駅、錦糸町駅といった、複数路線が乗り入れる駅が位置するメッシュで建物地階面積が大きい傾向が見られた。

表 1 地下階を有する建物棟数と建物地階面積の推移

	棟数	建物地階面積	1棟あたり面積
		[m ²]	[m ²]
2003年	17,688	7,952,690	449.6
2009年	18,246	9,119,781	499.8
2013年	19,311	10,141,251	525.2
2016年	19,587	10,280,724	524.9
2020年	20,188	10,987,291	544.2
2022年	20,447	11,195,308	547.5

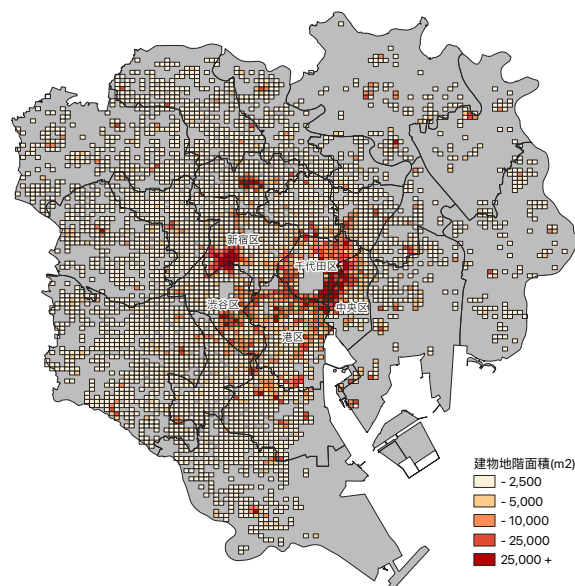


図 1 東京 23 区における建物地階の空間分布 (2022 年)

謝辞：本研究は、東大 CSIS 共同研究 No.1024 の成果の一部として実施した。

キーワード 地下構造物、建物地階、ストック・フロー

首都圏における太陽光パネル廃棄物発生量の将来推計 Estimation of Photovoltaic Panel Waste in the Kanto Major Metropolitan Area

(公財) 東京都環境公社 東京都環境科学研究所 ○藤澤有希, 片野博明, 小谷野眞司

1. 背景と目的

首都圏には、茨城県や千葉県等の太陽光パネル (PV) の導入量が全国で上位を占める県が集中しており、PV の設置が進んでいる。さらに、PV の設置を促す補助金の交付や設置義務化等の積極的な脱炭素政策により、今後 PV 導入量のさらなる増加が見込まれる。PV の導入が進む首都圏において、使用済み PV の適正処理や資源循環型社会の構築は喫緊の課題である。また、PV の導入状況や中間処理能力等は地域ごとに異なるため、首都圏の地域特性を踏まえた分析が重要となる。現在までに、全国を対象とした PV の廃棄や資源循環に関する分析は行われているが、首都圏を対象とした詳細な分析は限られている。本研究では、首都圏 (茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、山梨県) を対象に、PV 廃棄量を推計するとともに、PV 廃棄量と既存の中間処理能力を比較することで、今後首都圏で生じ得る使用済み PV の廃棄に関する課題と対策を検討した。

2. 分析方法

PV 廃棄量の推計にあたり、2050 年までの PV の設備容量を設定した。2020 年までの設備容量は、再生可能エネルギーの固定価格買取制度 (FIT) の公表データより、都県別の新規及び移行認定容量の和を実績値として用いた。2021 年以降は、2030 年と 2050 年の設備容量を設定し、それ以外の各年は線形補間を行った。2030 年及び 2050 年の設備容量は、エネルギー白書 (2023) における 2014 年から 2020 年までの設備容量増加率を 2020 年の FIT 認定容量に乗じて算出した。なお、各年の設備導入量は、廃棄量を考慮し、将来の設備容量を満たすよう決定した。

PV 廃棄量は、複数の PV 寿命の前提条件 (20, 25, 30 年) のもと、各年の設備導入重量と設備故障率の積により推計した。IRENA (国際再生可能エネルギー機関) ¹⁾ の手法を参考に、2050 年に向けて低減する設備容量重量比 (ton/MW) を用いて設備導入量を重量に換算し、各年の設備故障率はワイブル分布 ($\alpha=5.3759$) により与えた。

3. 結果と考察

PV 寿命を 20 年とした場合、最も早く廃棄のピークを迎え、2036 年の最初のピークには PV 廃棄量が 12.7 万トンになる (図 1)。このピークは、使用開始後 20 年で設備故障率が最大になることと、FIT 制度開始による設備容量の急増により発生する。また、2050 年に向けて PV 廃棄量が 14 万トンに増加する。これは、2050 年までの設備容量を満たすために、各年の設備導入量が増加し、それに伴い廃棄量も増加するためである。

一方で、首都圏における現状の中間処理能力は、稼働日数を 240 日と想定した場合、13.8 万トン ²⁾ である。首都圏では、千葉県を除く都県で PV 廃棄量が中間処理能力を上回る。この結果から、使用済み PV の適正処理に向けて、周辺地域との連携や処理施設の増設・新設等を検討する必要性が示された。

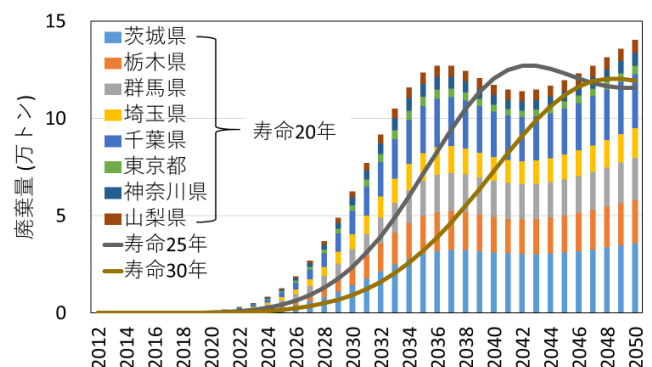


図 1 PV 廃棄量推計結果

謝辞

本研究は、環境省・(独) 環境再生保全機構の環境研究総合推進費 (JPMEERF20231002) により実施した。

参考文献

- 1) IRENA (2016) End of life management: Solar photovoltaic panels, 25-31
- 2) 東京都 (2024) 太陽光発電設置解体新書, <https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/documents/d/kankyo/kaitaishinsyo>, 51 (参照 2024-06-13)

キーワード 首都圏, 太陽光, 廃棄物, 資源循環

建築物ストック動態を考慮した住宅用給湯器分野における技術普及シナリオ分析

Scenario Analysis of Technology Diffusion in Residential Water Heating Systems Considering Building Stock Dynamics

東京大学 ○黄文彦, 林徹, 中谷隼, 藤田壮

1. はじめに

家庭部門と業務部門を含む建築物分野からのエネルギー起源 CO₂ 排出量は国内全体の CO₂ 排出量の 3 割を占めており、脱炭素社会実現には建築物分野のエネルギーシステムの転換が不可欠である。一方で、省エネや電化を促進するための建築物内の設備機器の交換では、スペースや配線、電源容量が物理的な阻害要因となっている。そのため、設備機器の現実的な技術普及を推計するためには、新築・除却等の建築物ストックの動態を考慮する必要がある。本研究では、その動態をモデル化した上で築年代・建て方等の属性情報や建て替え・改修のタイミングを基に、特に物理的な阻害を強く受ける住宅用給湯器分野における技術普及のシナリオを分析した。

2. 研究方法

Müller¹⁾を参考に、必要となる要素を検討し、建築物ストック動態モデルを構成した(図1)。具体的には、空き家や改修有無等を新たに定式化して、モデルに内生化した。以下のストック・フローバランス式から繰り返し計算によって、建築物ストックの経年変化を導出した。

$$S(t) = S(t-1) + C(t) - D(t)$$

$S(t)$: t 年における残存戸数 (戸)

$C(t)$: t 年における新築戸数 (戸)

$D(t)$: t 年における除却戸数 (戸)

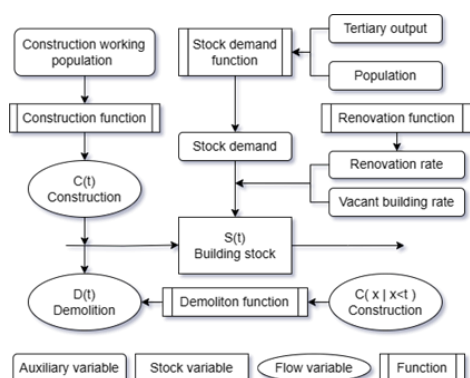


図1 建築ストック動態モデルの構成

評価対象年を2050年として、住宅・土地統計調査²⁾から得た現時点の住宅ストックを基に将来のストックを

導出した。そして、家庭部門のCO₂排出実態統計調査³⁾を用いて築年代・建て方等のストックの属性情報を基に住宅用給湯器の将来のストック数の推計を行った。

3. 結果

一度設置された給湯器種は固定化され2020年以降の新築への導入給湯器種は2020年現在の割合と同じであるとした際の住宅用給湯器の将来の残存ストック数の推計結果を図2に示す。ここで、電化率(電気温水器と電気ヒートポンプ式給湯器を合わせた割合)は21%から29%へとわずかに向上したが、大部分はガス給湯器が占めた。住宅ストックの推計結果からは、2050年時点で残存するストックの6割が2020年時点で既に建築されており、新築への対策と共に既存建築物において改修を促進する必要があることが考察された。

発表では、住宅ストックの動態について空き家の増加や新築量の減少といった複数ケースを設定して比較を行う他、地域特性や建て方等を踏まえた技術普及の予測を行い複数のシナリオを分析した結果も示す。

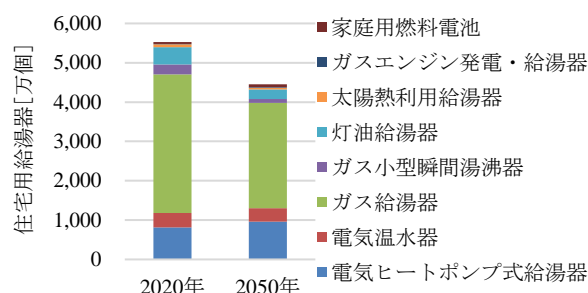


図2 住宅用給湯器の将来推計例

参考文献

- 1) Müller DB (2006), Ecol. Econ., 59(1), 142–156
- 2) 総務省統計局, 住宅・土地統計調査
- 3) 環境省, 家庭部門のCO₂排出実態統計調査

キーワード 建築物ストック動態モデル, エネルギートランジション, エネルギーシステム, 脱炭素

IoT デバイス・人工衛星・市況状況に基づく水稻農家の転作支援システムの構築

Supporting paddy farmers by using IoT, satellite and market information

○松村寛一郎 金城大学, 杉本賢二, 大阪公立大学

1. 概要

水稻からの転作が奨励されている大麦畑の中に水田やネギ畑が点在する農地が広がる北陸の水稻農家を対象として転作支援システムを開発し、日本全国的水稻農家、インド及びマレーシアへ国際展開を目指す。以下に構成するシステム毎の概要を記す。

2. インド・ムンバイの Ignisnova-robotics 社のシステム

図 1 中の“ADD NEW FIELD”を選択し、GUI (Graphical User Interface) により直感的に日本全国の任意の地点を選択する。“Fetch latest data”を選択すると、蓄積されている衛星観測データから、当該場所の植生指数(NDVI)、湿潤指数(NDMI)、可視画像(RGB)が表示される。雲が正確な画像取得を制限しているが、可視画像により取得日の天候を判別する。当該地域の数週間毎の空間情報を Json 形式で取得できる。

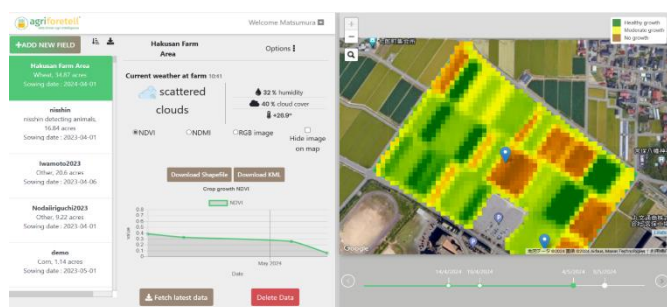


図 1. Ignisnova-robotics 社のシステム

3. LPWA 網に接続された IoT 機材

IM920 モジュールによる位置情報と気温センサーのデータ送信を太陽電池パネルによる供給電力で稼働させるシステムを開発する。同ユニットは、低電力で稼働し、より遠くまで伝達できる機能を有している。無線マルチホップ中継を行うことができるため、各端末を経由して情報をメッシュ上に取得することができる。前述のシステムでは気象情報は、API(Application Programming Interface)を用いたより広範囲の気象データを取得する仕組みが構築されているが、LPWA ユニットから取得された畑の区画毎の気温情報を取得できる仕組みを構築する。より詳細な気象データを取得する。

4. 市況情報の掲載

日本で唯一の日刊農業専門紙である日本農業新聞社と協力する。同社の紙面上で提供されている市場データは農家の立場からの俯瞰的な情報が提供されている。対象農家が市場データに基づいて、出荷した場合の期待売上高を取得できる仕組みを構築する。実際の出荷時期は農家に一任する。あくまでも判断となる情報を提供する。

5. 蓄積された情報に基づいて予測する

北海道では連作障害を避けるために畑作 4 品目の栽培が行われており、本システムによる衛星観測データを用いた成長過程の把握の有用性が示されている。各農家が管理する情報をクラウド上に蓄積する。図 2 によると 7 月の時点で水分量が多いところが 9 月に成長が早いことが示されている。なんらかの形で水分が提供できれば水稻の成長を早めることができる。植生指数と湿潤指数の散布図を作成する。複数の圃場から収集し、積算気温情報と組み合わせることで予測精度の向上を目指す。



図 2. 旭川市当麻町の水稻における湿潤指数 (2020 年 7 月 27 日) と植生指数 (2020 年 9 月 9 日)

参考文献

- 1) Xiao, J., Aggarwal, A. K., Rage, U. K., Katiyar, V., & Avtar, R. (2023). Deep learning-based spatiotemporal fusion of unmanned aerial vehicle and satellite reflectance images for crop monitoring. IEEE Access.
- 2) リモートセンシングとドローンのベストミックスによる牧草地管理手法の開発、松村寛一郎, Xiao Juan, Ram Avtar, 東京農業大学生物産業学部網走寒冷地農場年報、Vol26, pp39-47. 2024

キーワード ICT、電子デバイス、ものづくり分野

容器包装プラスチックの回収方法による回収物への影響

The impact on the collected items due to the method of collecting container packaging plastic

富山県立大学 ○佐伯孝，関睦人

1. 背景

富山県射水市では、容器包装プラスチックの資源ごみとしての回収は、通常回収（月に1～2回、収集所に朝8時までに排出）、直接持ち込み（ごみ処理施設への直接持ち込む）、常時回収（ボックスによる常時回収）の3つの方法によって行われている。常時回収ボックスは令和4年4月から市内に3拠点設置されている。（各回収拠点の写真を図1-3に示す）回収拠点②では、他の回収拠点に比べても多くの複数の不適合物の混入が自治体から報告されている。



図1 常時回収拠点の写真

左：回収拠点①（午前7時～午後7時）

中央：回収拠点②（24時間）

右：回収拠点③（午前7時半～午後6時）

2. 目的

富山県射水市において実施されている回収拠点における容器包装プラスチックの常時回収を対象に、回収方法の違いによる排出、持ち込まれた容器包装プラスチックや不適合物の組成を調査することで、回収方法の違いによる回収物への影響を明らかにすることを目的とした。

3. 研究方法

研究試料として、「通常回収」として、地区ごとの集積所に出された容器包装プラスチックをパッカー車によって回収されたものを試料（2023年11月15日、50袋、37kg）とした。「常時回収」として、回収拠点①（2023年11月21日、48袋、26.5kg）、回収拠点②（2023年11月27日、162袋、97kg）を試料とした。各試料について、容器包装プラスチック（汚れなし、汚れあり）、PETボトル（汚れなし、汚れあり）、製品プラスチック、プラスチック複合、大型プラスチック、事業系プラスチック、その他（危険物、可燃ごみ）に分別した。

4. 研究結果

各試料の組成調査の結果を図2に示す。回収拠点①の試料中の不適合物の割合が最も高いことが分かる。原因として、事業系プラスチックが多く含まれていたためと考える。事業系プラスチックは不定期に、大量に持ち込まれることから、事業系プラスチックを対象外した組成調査結果を図3に示す。図より、回収拠点①の試料が回収対象である汚れのない容器包装プラスチックの割合が高い結果となった。また、通常回収、回収拠点①、②のどの試料においても20～30%程度の汚れた容器包装プラスチックやPETボトルなど回収対象ではない不適合物が含まれていることが明らかとなった。

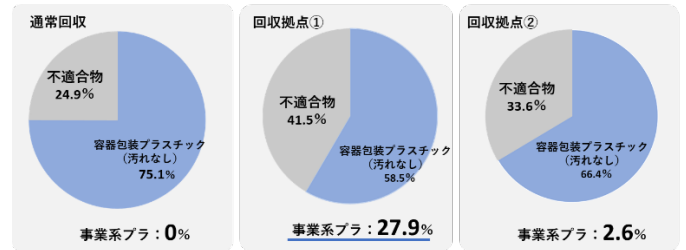


図2 組成調査結果

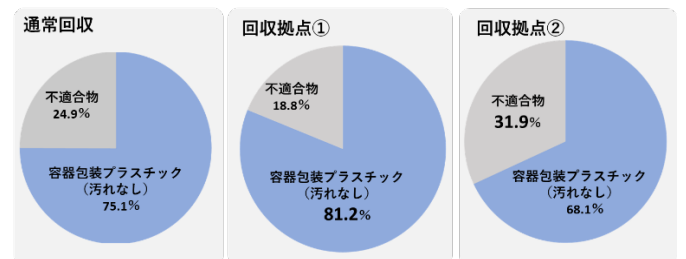


図3 組成調査結果（事業系プラスチックを除く）

5. まとめ

それぞれの各回収方法や回収拠点において、排出可能頻度や排出可能な時間など条件が異なるが、含まれる不適合物には大きな影響がないことがわかった。常時回収で問題となる事業系プラスチックなどの持ち込みには、回収拠点の設置場所や周囲の環境など立地状況が大きく影響していると考えられることから、各拠点の立地等について検討が必要である。

キーワード 容器包装プラスチック，常時回収，組成調査

家庭から排出されるプラスチック資源の循環利用可能量の推計

Estimation of the Amount of Recyclable Plastic Resources Discharged from Households

富山県立大学 ○関 睦人、佐伯孝

1. はじめに

2022年に施行された「プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律」により、家庭から廃棄されるプラスチックをプラスチック資源として有効利用がすすめられている。家庭から排出される可燃ごみ、不燃ごみ、資源ごみには様々なプラスチックが含まれている。プラスチックの有効利用をすすめる上で、各種ごみ中にどのような材質、性状のプラスチックが含まれているかについて把握しておく必要がある。本研究では、富山県を対象に、家庭から排出された各種ごみの組成調査を実施し、プラスチック資源の循環利用可能量を推計することを目的とした。

2. 研究方法

富山県を対象に、家庭から排出された可燃ごみ、不燃ごみ、資源ごみの組成調査により、ごみ中に含まれるプラスチックの性状について把握を行った。可燃ごみは、富山県滑川市内の家庭から排出されたものを試料とした。可燃ごみの中のプラスチックを、3種類（プラスチック製容器包装、プラスチック使用製品、その他）に、汚れの状態について3段階（汚れなし、軽度、重度）に分類した。分類したプラスチックは洗浄・乾燥し、重量の変化から汚れ・水分付着率を算出した。不燃ごみは、富山県射水市の家庭から排出され、破碎処理前のものを試料とした。資源ごみは、富山県射水市の家庭から資源ごみの日にプラスチック製容器包装として排出されたものを試料とした。

3. 結果

可燃ごみ（調査対象 349.1kg）の組成調査を実施した結果、プラスチック製容器包装が 10.7%含まれており、全体の 13.6%がプラスチック類であった。不燃ごみ（調査対象 194.5kg）の組成調査を実施した結果、プラスチック製容器包装が 5.2%、プラスチック使用製品が 11.2%となり、全体の 29.2%がプラスチック類であった。資源ごみ（調査対象 156.7kg）の組成調査の結果、プラスチック使用製品が 4.3%含まれていることが分かった。

富山県において1年間に家庭から排出されている可

燃ごみは 186,057t、不燃ごみは 12,199t、資源ごみは 22,155t である。ここで示した資源ごみの重量には、プラスチック製容器包装以外の紙製容器包装、ペットボトル、空き缶、空きびんの重量を含んでいるため、富山県内3市の報告書の資源ごみ中の容器包装プラスチックの割合（38.6%、加重平均）より資源ごみ中のプラスチックの重量を算出した。富山県における家庭から排出されるプラスチック資源の重量の推計結果を図1に示す。プラスチック製容器包装が最も多く排出されているのは、可燃ごみであることが分かる。年間、約 4,000t のプラスチックが汚れの付着していない状態で可燃ごみとして捨てられていることから、洗浄などの手間を増やすことなく、資源ごみとして排出可能なものが可燃ごみに含まれていることが明らかとなった。

プラスチック製容器包装：容リプラ
プラスチック使用製品：製品プラ と記載

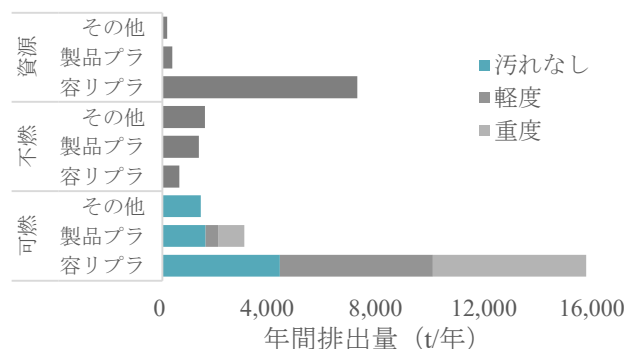


図1 家庭から排出されるプラスチック資源の推計

4. 今後の予定

本研究の結果を基に、富山県を対象にプラスチック資源を処理・リサイクルした際の資源消費量や二酸化炭素排出量、コストについて評価する予定である。また、有効利用可能なプラスチックを資源ごみとして排出・リサイクルを実施したシナリオを作成し、現状の処理との比較、資源消費量や二酸化炭素排出量、コストの変化について評価を行っていく予定としている。最終的に、富山県におけるプラスチック資源の処理フローの提案を目指す。

キーワード 一般廃棄物、プラスチック資源、組成調査

日本におけるプラスチック対策をめぐる国と自治体の関係性とその政策動向 —資源循環と予防的措置の観点から—

Policy trends and relationships between the national and local governments regarding plastic regulations in Japan : From the perspective of resource circulation and precautionary measures

公益財団法人日本都市センター ○中山敬太

報告概要

人類社会は、「プラスチック」により医療業界や食品業界(食品衛生の観点)などをはじめ様々な産業界で各種製品や商品等において必要不可欠な素材となっており、多大な恩恵を受けている。しかし、エレンマッカーサー財団が出した報告書にて、2050 年までに海洋中のプラスチックごみが魚の総重量を超えるとの予測を示したことなどをきっかけに、容器包装を含むプラスチックごみの海洋汚染をはじめとする地球温暖化による気候変動問題に次ぐ越境的な地球規模の環境汚染問題として深刻化している状況である。とりわけ、ナノ・マイクロプラスチックの身体的曝露による健康影響等に関しては、いまだ科学的不確実性が伴うリスクとして懸念されている状況である。

このような状況を踏まえ、日本の国家による施策として、重点戦略の基本原則として「3R+Renewable」(リデュース・リユース・リサイクル+持続可能な資源)を掲げた「プラスチック資源循環戦略」(2019 年 5 月)を策定し、当該戦略を具現化するため「プラスチック資源循環促進法」が2022 年 4 月から施行されている状況である。また、各自治体では、「プラスチックごみゼロ宣言」や関連する条例の制定など一部の地域でも当該問題の深刻さを認識し積極的に動き出している。

そこで、本報告では、国と地方自治体のプラスチック汚染対策をめぐる双方の関係性とその政策動向に関して、資源循環と予防的措置の観点から現状と想定され得る課題を整理し、当該関連領域に対する仮説提示型の新たな政策的示唆を示すことを目的としている。

具体的に、プラスチック汚染をめぐる上述でも示したような国の施策(戦略指針や法制度を含む)がいかに関地方自治体の当該関連政策(新たな政策形成を含む)に影響を及ぼす可能性があるか否か、また自治体が国の施策に先駆けて、何らかの予防的措置の一環として事前対策を講じているような事例があるのか否かなどを含め、国と自治体の同一の問題領域に対する相互の影響度合い(相

関可能性などを含む)と今後の展望に関して日本の環境リスク行政を事例に検討を行った。

謝辞

本研究は、公益財団法人日立財団(倉田奨励金)・2023 年度研究助成の研究成果の一部である。

主な参考文献

- 1) 消費者庁・外務省・財務省・文部科学省・厚生労働省・農林水産省・経済産業省・国土交通省・環境省(2019)「プラスチック資源循環戦略」(<https://www.env.go.jp/press/files/jp/111747.pdf>)。
- 2) 織朱實(2024)「プラスチック資源循環法施行 1 年を振り返り、今後のプラスチック政策への示唆」『環境法政策学会誌』Vol.27。
- 3) 中山敬太(2024)「タイヤ摩耗粉塵のナノ・マイクロプラスチック汚染問題に対する予防的措置の実効性確保に関する一考察—有効な科学的知見の不存在と国家機関の役割—」『環境法政策学会誌』Vol.27。
- 4) 中山敬太(2023)「プラスチック汚染をめぐる近年の EU と日本の戦略と法制度の比較検討—「ナッジ」や「イノベーション政策」と「リスク政策」の融合アプローチの観点から—」『社学研論集』Vol.42。
- 5) 中山敬太(2023)「ナノ・マイクロプラスチック汚染の予防的な法的制御の可能性—現状と課題を踏まえて環境行政法学からのアプローチ—」『環境管理』Vol.59、No.6。
- 6) Ellen MacArthur Foundation. 2017. The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics & catalysing action, p.12 (<https://emf.thirdlight.com/file/24/RrpCWLER-yBWPZRrwSoRrB9KM2/The%20New%20Plastics%20Economy%3A%20Rethinking%20the%20future%20of%20plastics%20%26%20catalysing%20action.pdf>)

キーワード プラスチックごみ、自治体政策、資源循環、予防的措置、環境リスク行政

地方自治体のプラスチック汚染をめぐる規制措置に関する現状と課題 —栃木県と宮津市(京都府)の事例から—

Current situation and issues regarding plastic pollution regulations in local governments: Case studies of Tochigi Prefecture and Miyazu City (Kyoto Prefecture)

公益財団法人日本都市センター ○中山敬太

報告概要

近年プラスチックごみ(ナノ・マイクロプラスチック¹を含む)の海洋汚染等で越境的な地球環境問題として深刻化している状況下で、グローバルレベル(国際社会)²では、INC (Interim Negotiating Committee) が中心に各国の利害対立も生じているものの、プラスチック汚染をめぐる法的拘束力のある統一的な国際文書の策定に向けて動いている。

このような動きがある中で、この「プラスチックごみ問題は、その移動性が極めて高く起源地と被害地が異なる上に、原因も被害も多岐にわたる典型的な非点源汚染問題であり、その解決に向けた社会的な合意を得ることは容易ではない」状況下で、「地方の取組が国家レベルの取組に先行するのは世界的な傾向である」とも言われている³。また、日本においては、「プラスチック資源循環戦略」を策定し、当該戦略を具現化した「プラスチック資源循環促進法」が制定・施行されている。しかし、実際に生じているナノ・マイクロプラスチック問題をはじめとするプラスチック汚染等は、各地域によって汚染源(原因)やその影響(結果)の状況は異なり、上述したような「国家的な規制はもとより、廃棄物処理の一義的な責任を負う地方自治体」⁴による各々の個別具体的な対策が実効性を担保する上でも重要になる。

そこで、本報告では、ローカルレベル(地方自治体)のプラスチック汚染をめぐる条例制定等を含む規制措置に関する現状と特徴を整理し、その構造的かつ本質的な課題を検討することによって、関連する分野・領域に対する新たな視座やその政策的示唆を示した内容となっている。具体的には、栃木県の「栃木県プラスチック資源循環推進条例」や京都府・宮津市の「宮津市プラスチック等資源循環の促進等に関する条例」などを具体的な検討対象として、各地方自治体における科学的不確実性を伴うリスクであるプラスチック汚染をめぐる対策(規

制措置)の現状と課題について、若干の考察を踏まえ検討を行った。

謝辞

本研究は、公益財団法人日立財団(倉田奨励金)・2023年度研究助成の研究成果の一部である。

主な参考文献

- 1) 京都府宮津市「宮津市プラスチック等資源循環の促進等に関する条例」(https://www.city.miyazu.kyoto.jp/reiki/reiki_int/reiki_honbun/k107RG00001111.html)
- 2) 栃木県「栃木県プラスチック資源循環推進条例」(https://www.pref.tochigi.lg.jp/reiki/reiki_honbun/e101RG00001890.html)
- 3) 中山敬太(2024)「タイヤ摩耗粉塵のナノ・マイクロプラスチック汚染問題に対する予防的措置の実効性確保に関する一考察—有効な科学的知見の不存在と国家機関の役割—」『環境法政策学会誌』Vol.27。
- 4) 中山敬太(2023a)「プラスチック汚染をめぐる近年のEUと日本の戦略と法制度の比較検討—「ナッジ」や「イノベーション政策」と「リスク政策」の融合アプローチの観点から—」『社会学論集』Vol.42。
- 5) 中山敬太(2023b)「ナノ・マイクロプラスチック汚染の予防的な法的制御の可能性—現状と課題を踏まえて環境行政法学からのアプローチ—」『環境管理』Vol.59、No.6。
- 6) 原田禎夫(2019)「プラスチックごみゼロ宣言にみる自治体の政策形成の展望と課題」『環境経済・政策研究』Vol.12、No.2。

キーワード マイクロプラスチック、地方自治体、プラスチックごみ、条例制定、科学的不確実性

¹ 中山(2023b)を参照のこと。

² 中山(2023a)を参照のこと。プラスチック汚染をめぐるEUと日本の政策比較を論じている

³ 原田(2019)、p.76 引用・参照。

⁴ 原田(2019)、p.72 引用

水道水源における化学物質流出事故に対する高度浄水処理及び対策オプションの評価

Evaluation of Advanced Water Treatment and Countermeasure Options for Chemical Release Accidents in Drinking Water Sources

大阪大学大学院 ○北本靖子, 中久保豊彦, 東海明宏, 北九州市立大学 伊藤理彩

1. はじめに

2014年に発生した利根川水系におけるホルムアルデヒド水質事故では、オゾン処理と粒状活性炭 (GAC) 吸着処理からなる高度浄水処理が有効に機能した。これからは、水道事業者が有する対応能力をあらかじめ評価し、必要に応じて強化することが求められている。

本研究では関西地方の水道水源である淀川水系で過去に発生したジクロロメタン (DCM) の流出事故を対象とし、大阪市水道局の高度浄水処理フローによる対応能力及び対策オプションの有効性を評価した。

2. 方法

河川における流下による DCM の揮散や濃度変化はないものと仮定し、1994 年、1997 年及び 1998 年に発生した DCM 検出事故について取り扱った¹⁾。大阪市水道局では GAC 更新コストの平準化と吸着性能の維持を目的とし、吸着池総数の約 5 分の 1 を毎年新炭に交換する²⁾。よって 0~5 年使用した GAC が吸着池に混在しているため、使用年数に依存する除去率を平均し、GAC 処理による DCM の除去率とした。

1993 年から 50 年間にわたる原水中で水質基準値を超過した回数を推計し、これに GAC 処理による DCM の残存率を乗じて浄水中の濃度を推算した。

高度浄水処理を施しても浄水が水質基準値を超過する現状 (Case 0) に対し、Case 1: GAC の更新周期短縮、Case 2: エアレーション (PTA) 設備の導入、及び Case 3: 粉末活性炭の注入を対策オプションとして挙げ、対策後の除去率及び追加費用を算出した。GAC や粉末活性炭の費用は大阪市水道局局内資料から引用し、PTA 設備の設置費用はメーカーの概算見積りから得た。浄水が水質基準値を超過した回数から、対策オプションの費用対効果を見積もった。

3. 結果と考察

現状通りの GAC 更新周期 5 年では吸着処理による除去率が約 20% であるため、原水における水質基準超過事象すべてにおいて、浄水においても水質基準値を超過した。Case 1 において、GAC 更新周期 1 年及び 2 年では、処理水量の確保が困難である。GAC の更新周期を 5 年

から 3 年周期へ短縮した場合、更新費用が約 0.9 億円/年増加する一方で浄水処理による除去率は約 40% となり、浄水の水質基準値超過回数は 6 回中 3 回に減じられると見込まれた。

Case 2 の効果は高いものの、用地費や配管設備工事を除いた事業費のみで約 60 億円超が必要になると見積もられた。また、粉末活性炭による処理実験の結果から、Case 3 には DCM を低減する効果がなかった。

原水における流入濃度が水質基準値を超過した日の平均濃度、0.036 mg/L の DCM を水質基準値 (0.02 mg/L) 以下に低減するために要する費用は、Case 1 における GAC の更新周期を 4 年にするケースが最も安価であることが明らかになった。この場合、水質基準値超過回数 (12 回) を 8 回まで低減できる。

4. 結論

GAC 更新周期の短縮よりも PTA 処理の導入の方が、DCM の除去に対する効果は高い。しかし、GAC 処理は、揮発性有機化合物以外にも有機フッ素化合物や医薬品等、多様な有機物の除去が可能である。よって、多種多様な物質が流下する淀川を水源とする柴島浄水場においては、PTA 処理の新規導入よりも、GAC 更新周期短縮の方が安価でかつ効果の範囲が広いと考察された。

このように、水源における存在量が多い物質や過去に水源に流出した事例がある物質を事前に抽出し、対応戦略を評価しておくことで、化学物質流出事故発生時にいて迅速に方針を決めることが可能となる。一方で、水質基準項目や水質管理目標設定項目等の定期的なモニタリング結果を活用して評価を進めることが今後の課題として挙げられる。

参考文献

- 1) 伊藤保 (2003), ゆうきセンサーによる水道原水の揮発性有機物のモニタリングと測定事例, EICA, 8(3), 11-15
- 2) 今中壮一ら (2018), 第 61 回研究発表会概要集 (平成 29 年度日本水道協会 関西地方支部), 64-67

キーワード 水源水質事故, 高度浄水処理, GAC, 対策オプション, 費用対効果

マルコフ連鎖を用いた衣類リユース事業がもたらす環境負荷削減効果の評価

Assessment of Environmental Impacts of Clothing Reuse Businesses Using Markov Chains

東京工業大学 ○山本竜己、棟居洋介、国立環境研究所 金森有子、増井利彦

1. はじめに

ファストファッションブランドの台頭により過去 20 年間で衣類の単価は著しく下落し、消費者にとって手に入りやすいものとなった。その一方で、ファストファッションブランドが短いサイクルで過剰に生産、販売を行うことによる環境負荷・廃棄量の増大が国際的に問題視されている。衣類の環境負荷を定量化するライフサイクルアセスメント (LCA) は行われてきたものの、リユースなどの実際の取り組みをモデル化し、評価するような研究は十分に行われてきていない。本研究では衣類のリユース事業を促進することによるリサイクル・廃棄量の推移を、マルコフ連鎖を用いた流通モデルを構築することで推計した。

2. 手法

本研究では、簡略化された衣類の流通モデルとして Manoj (2018) が構築したマルコフ連鎖モデルを用いた。具体的には矢野経済研究所 (2023) が調査した日本国内の衣類のマテリアルフローデータを用いて、図 1 に示す衣類の流通の 3 つの段階、①Consumer、②Secondhand Market、③Disposal (リサイクル・廃棄) における流通確率を表す 3×3 の遷移確率行列を作成した。

$$P = \begin{bmatrix} P_{cc} & P_{sc} & 0 \\ P_{cs} & P_{ss} & 0 \\ P_{cd} & 0 & P_{dd} \end{bmatrix}$$

初期状態を $\pi_0 = (1,0,0)$ とし、遷移確率行列を 1 回乗じることによって 1 サイクルと定義し、遷移確率行列に基づいて衣類が流通する。こうしたサイクルを積み重ねることで、 t サイクル後の確率ベクトル π_t が得られる。2022 年を初期年として消費者 1 人当たりが手放した衣類の量 (5.57kg/人) 設定し、 t サイクル後における衣類のリサイクル・廃棄量を推計した。

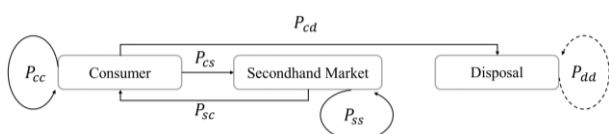


図 1. 簡易化された衣類の流通モデル図

また、消費者が手放した衣類のうち、リユース市場へと回る割合が現況値(7.0%)からシナリオ 1、2、3 でそれぞれ 15%、30%、50%へと増大することを想定し、感度分析を行った。

3. 結果

現況 (2022 年) と 3 つのシナリオにおけるリサイクル・廃棄量の推計結果を図 2 に示す。消費者から手放された衣類がリユース市場に回る割合が増加することで衣類の廃棄・リサイクル量は減少し、より緩やかに増加することが示唆された。同時に、リユース割合の増加に伴う衣類の長寿命化が示唆された。

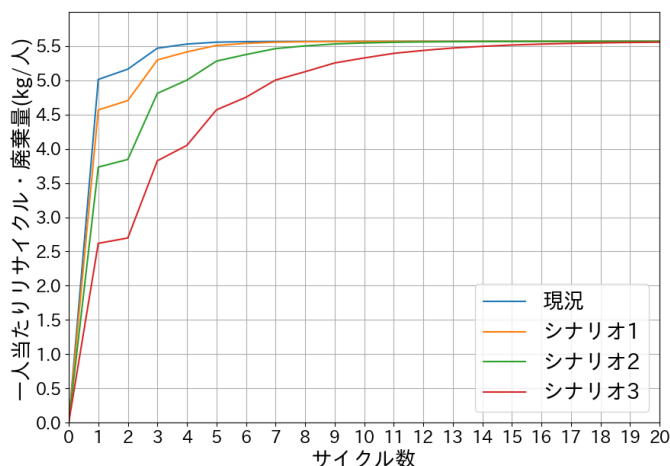


図 2. 初期年に消費者が手放した衣類のうちリサイクル・廃棄に回される量の推移

参考文献

- 1) Manoj Kumar Paras, Rudrajeet (2018) Application of Markov chain for LCA: a study on the clothes 'reuse' in Nordic countries, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 94, 191-201
- 2) 矢野経済研究所 (2023) 「環境省 令和 4 年度循環型ファッションの推進方策に関する調査業務 -マテリアルフロー-」

キーワード 古着、サステナブルファッション、リユース、マルコフ連鎖、LCA

ポスター発表

(優秀発表賞応募発表も含む)

ポスター会場：工学部14号館2階計画系演習室

発表・討論時間：9月9日（月）11：45～13：30

発表コアタイム：9月9日（月）12：15～13：15

霞ヶ浦沿岸地域における住民の環境保全行動意図の意思決定過程の分析

Analysis of the Decision-Making Process of Residents' Behavioral Intentions for Environmental Conservation in the Coastal Areas of Lake Kasumigaura

千葉大学 ○石井康平

1. はじめに

本研究は、茨城県霞ヶ浦の沿岸地域を対象に、地域住民の環境保全行動をもたらし意図（＝環境保全行動意図）の形成過程（＝意思決定過程）を説明することを通じて、霞ヶ浦沿岸において地域住民の環境保全行動意図を促進する糸口を探るものである。

2. 調査の概要

本研究では、霞ヶ浦沿岸地域である茨城県かすみがうら市霞ヶ浦地区の地域住民に対して、質問紙調査を行った。調査の実施にあたっては、住民基本台帳閲覧の上、1,588名を無作為に抽出し、2023年8月～10月にかけて、普通郵便で調査票を配布した。本調査の有効回答数は346件（有効回答率は21.7%）であり、この回答データに基づいて、後述の分析を行った。なお、質問項目については、茨城県美浦村で調査した石井（2023）の項目から一部追加し設定した。

3. 分析および結果

3.1. 因子分析

まず、本研究では、三阪（2003）を参考にして4つの区分を設け、因子分析（最小二乗法、プロマックス回転）を行った。抽出された11因子を表1に示す。

表1 因子分析の結果

区分	抽出された因子
行動意図	個人行動意図、集団行動意図
関心・動機	水環境に対する保全意図、霞ヶ浦に対する保全態度、霞ヶ浦に対する愛着、集落に対する好感
認知・知識	調整価値、資源価値
その他	社会規範評価、生活影響評価、リスク認知

3.2. 重回帰分析および共分散構造分析

次に、先述の11因子について、「認知・知識→関心・動機→行動意図」というモデルを設定し、以下の手順で分析を行った。

まず、重回帰分析を用いて、因子間の個別の関係性を分析した。次に、重回帰分析の結果を踏まえて、共分散構造分析により、因子間の関係性を構造化してパス図（図1）に表現し、意思決定過程を導いた。

以下に、先述の「認知・知識→関心・動機→行動意図」という意思決定モデルに即して図1の解釈を述べる。

まず、「認知・知識」と「関心・動機」の因子の関係性に着目すると、調整価値は、水環境に対する保全意図、霞ヶ浦に対する愛着に、資源価値は、霞ヶ浦に対する愛着に正の影響を及ぼしている。つまり、「認知・知識→関心・動機」という過程が支持される。次に、「関心・動機」と「行動意図」の因子の関係性を見ると、霞ヶ浦に対する保全態度、集落に対する好感が集団行動意図に、霞ヶ浦に対する保全態度、水環境に対する保全意図が個人行動意図に正の影響を及ぼしている。つまり、「関心・動機→行動意図」という過程が支持される。したがって、図1より、霞ヶ浦沿岸地域住民の意思決定過程として、「霞ヶ浦に対する価値→霞ヶ浦や水環境、生活環境に対する関心や動機→霞ヶ浦に対する保全行動意図」という過程を解釈できる。

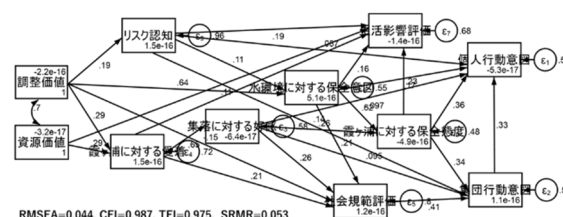


図1 共分散構造分析の結果

4. まとめ

このように、本研究から地域住民の環境保全行動意図を促進する上では、関心・動機だけでなく、認知・知識にも着目する必然性が示唆される。

参考文献

- 石井康平（2023）居住地域と環境配慮行動の意思決定過程との関係性について，じんもんこん 2023 論文集，2023 巻，143–150
- 三阪和弘（2003）環境教育における心理プロセスモデルの検討，環境教育，13 巻 1 号，3–14

キーワード 環境保全行動意図，意思決定過程，質問紙調査，共分散構造分析，霞ヶ浦

将来における木質バイオマスの供給ポテンシャルの推計に係るシミュレーション手法の開発 Development of a Simulation Method for Estimating Future Supply Potential of Woody Biomass

神戸大学 ○周 俊男, 神戸大学 田畑智博

1. はじめに

2050 年カーボンニュートラル宣言を踏まえ、日本における木質バイオマスのエネルギー利用は今後も拡大することが予想される。一方、利用拡大には、原料の安定供給と持続可能性が大きな課題となる可能性がある。本研究は、カーボンニュートラル実現に資する将来の木質バイオマスの供給ポテンシャルを推計するためのシミュレーションモデル手法を開発することを目的とする。本稿では、兵庫県を事例として地位・林齢別の森林面積遷移マトリックスモデルを構築する。間伐を考慮した成長曲線と組み合わせて、森林活動が木質バイオマスの供給に与える影響を検討するとともに、2050 年までの木質バイオマスの供給ポテンシャルを推計する。

2. 研究の方法

兵庫県の森林簿に基づいて、林齢・地位別の 201×156 の面積遷移マトリックスを構築する。マトリックスの行方向は林齢(1~200(200 以上含む))までの各林齢に、列方向は年(2019 年~2050 年)に対応している。各年毎に地位 1, 2, 3 のデータを格納する。次に、収穫表作成システム LYCS¹⁾を用いて収穫表を作成する。ゴンペルツ曲線に基づいて、間伐を考慮した林齢と幹材積の関係曲線を非線形回帰分析でフィッティングし、成長曲線を導出する。兵庫県の森林計画や実績を踏まえたシナリオを作成し、成長曲線に導入することで 2020 年~2050 年までの森林蓄積量、成長量、伐採量を推計する。

3. 結果と考察

図 1 に供給ポテンシャルの推移を示す。ここでは、用材向けとエネルギー利用のためのバイオマス向けに分けて評価した。評価年中に間伐を 3 回実施するシナリオを作成して分析した結果、供給ポテンシャル(森林成長量+伐採量)は全体的に減少傾向となった。2030 年の木質バイオマスの供給ポテンシャルは 49.5 万 m^3 (伐採量: 5.9 万 m^3 , 成長量: 43.6 万 m^3)と推計された。2050 年の供給ポテンシャルはさらに減少し、約 28.7 万 m^3 (伐採量: 1.5 万 m^3 , 成長量: 27.2 万 m^3)となった。現行の兵庫県の木材生産が間伐を中心に行われているためである。

続いて、兵庫県の林業従事者数²⁾と林野庁の労働生産

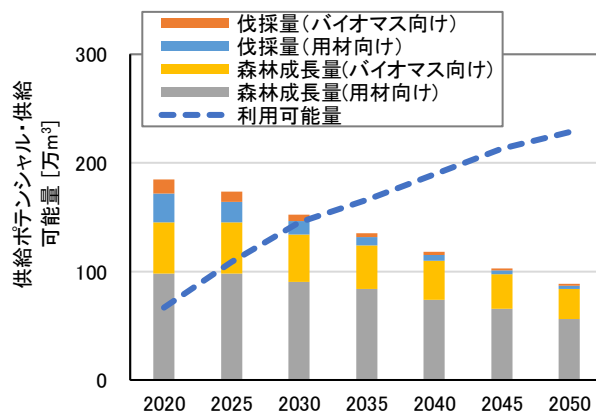


図 1 供給ポテンシャルと供給可能量の推移

性³⁾のデータに基づいて、森林成長量の利用可能性を検討した。その結果、林業従事者の減少傾向が続く場合、2029 年までの森林成長分を全て収穫することが困難となった。現状では林業従事者数を増やす方策が必要である。

4. おわりに

兵庫県における木質バイオマスの供給ポテンシャルは現状の需要には対応できる。しかし、長期的には減少傾向にあり、今後も年々増加する需要に応えることは困難である。間伐に適した森林面積が減少しており、間伐を中心とする木材生産は限界があることに注意する必要がある。今後の供給を確保するためには、高齢林を対象とする間伐の実施、主伐面積の拡大の検討が重要と考えられる。

謝辞

本研究の一部は 2023 年度博士後期課程学生研究奨励賞(クリタ研究賞)の助成金で実施されました。心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 森林総合研究所, 収穫表作成システム LYCS
- 2) 兵庫県, 林業統計書(昭和 47 年度~令和 4 年度)
- 3) 林野庁, 森林・林業白書(平成 22 年度~令和 4 年度)

キーワード 木質バイオマス, 供給ポテンシャル, シミュレーションモデル, 将来推計

ハイパースペクトルカメラを用いた水田土壌の窒素含有量の推定

Estimation of nitrogen content in paddy soils using hyperspectral cameras

立正大学大学院地球環境科学研究科 ○佐藤響平, 田中優也, 向高新, 木村篤史, 後藤真太郎

1. はじめに

持続可能な食料システムを構築するため、農林水産省は2021年5月に「みどりの食料システム戦略」を公開した。「みどりの食料システム戦略」では、化学農薬の使用量を50%、化学肥料の使用量を30%、それぞれ低減するとともに耕地面積に占める有機農業の割合を25%（100万ha）に拡大するなどの目標を示した。有機栽培を含めた環境保全型農業は、栽培前の土づくりの段階で堆肥などの有機物を投入して土壌の窒素含有量を上げるが、有機物は土壌中で分解過程を経る必要があり、有機物の分解スピードは環境によって異なるため、栽培前の圃場の窒素含有量が把握されていない現状がある。

本研究では、栽培前の圃場の窒素含有量を把握するため、環境保全型農業が行われている水田を対象として、UAV搭載ハイパースペクトルセンサから得られた田植え前の土壌の反射率から土壌の窒素含有量を推定した。具体的には、窒素に反応する反射率をランダムフォレストとAICを用いて抽出し、抽出された反射率と窒素含有率の重回帰モデルから対象圃場の窒素含有量を求めた。

2. 研究方法

本研究では、立正大学で継続観測が行われている埼玉県熊谷市小江川地区に位置する環境保全型農業が行われている水田を対象とした。ハイパースペクトルの反射率に対応する土壌の窒素含有率を求めるため、耕耘後の対象圃場の中心と四隅の25地点で表土のサンプリングを行った。サンプリングした5つの土壌サンプルは、乾燥後に有機元素分析装置（JM10（株）ジェイ・サイエンス・ラボ）を用いて分析を行い、窒素含有率を求めた。田植え前の圃場のハイパースペクトルデータは、UAV（Matrice600 DJI）にハイパースペクトルセンサ（Nano-Hyperspec Headwall）を搭載し、自動運転による圃場全体の空撮により作成した。本研究で用いたハイパースペクトルセンサは、一度の撮影に400nmから1000nmまでのレンジで270個の波長が格納される。撮影された270個の波長は、土壌の窒素に高く反応する波長と低く反応する波長が混在しているため、ランダムフォレストを用いて使用する波長の変数選択を行った。

次に、目的変数をサンプル土壌の窒素含有率、説明変

数を窒素に高く反応する波長の反射率として、AIC（Akaike Information Criterion：赤池情報量基準）を用いて波長の最適な組み合わせを求めた。本研究では波長を2個、5個、10個の3パターンで組み合わせ、選択された波長を用いて重回帰分析を行った。重回帰分析から求めた回帰モデルのうち、決定係数が最も高く、AICが最も低い回帰モデルを窒素含有率の推定モデルとした。

最後に、圃場の面積を1680m²、作土深を30cm、土壌密度係数を1.0として圃場の土壌重量を求め、圃場の土壌重量に窒素含有率の推定モデルから求められた土壌の窒素含有率を乗じ、圃場の窒素含有量を推定した。

3. 結果と考察

ランダムフォレストとAICを用いて選択された波長の組み合わせは5個（442nm, 948nm, 411nm, 420nm, 409nm）のパターンであり、決定係数は、0.96、AICは-108.4であった。5個の波長を用いて重回帰式を求め、圃場の窒素含有量を推定した。AICが最も低い組み合わせは、10個の波長の組み合わせであったが、過剰適合が見られたので除外した。5個の波長を用いた回帰モデルで算出された圃場の窒素含有量はおよそ760kgであると推定された。

本研究で選択された波長のうち、400nm付近の波長が多く抽出された。440nm付近の波長は、フルボ酸のピークであることから、窒素と相関が高い腐植物質に反応している波長を抽出したことが考えられる。また、948nmの波長は、近赤外域であるため、土壌に含まれる植物残渣に反応している波長を抽出したことが考えられる。

参考文献

- 1) Moriizumi M, and Matsunaga T (2011) Molecular weight separation of hot-water extractable soil organic matter using high-performance size exclusion chromatography with chemiluminescent nitrogen detection, *Soil Science and Plant Nutrition*, 57, 185- 189.

キーワード 環境保全型農業, ハイパースペクトル, 窒素推定, ジョインフォマックス, 回帰分析

静岡県における河川・沿岸域のプラスチックごみとマイクロプラスチックの劣化評価

Degradation evaluation of plastic waste and microplastics collected from river and coastal areas in Shizuoka

静岡県立大学 ○滝川哲也, 野呂和嗣, 雨谷敬史, 静岡県環境衛生科学研究所 竹下由布子

1. はじめに

プラスチックごみ（プラごみ）とマイクロプラスチック（MPs）による環境汚染が問題となっている。特にMPsは海洋生物が誤飲するため、生態系への悪影響も懸念されている。また、プラスチックは酸素存在下では、熱や紫外線によりプラスチック表面が酸化され、同時に分子鎖が切れてカルボニル基が生成することが知られている。しかし、環境中に流出したプラごみが劣化・微細化してMPsが生成する機構については十分に明らかになっていない。本研究では、静岡県の河川・沿岸域からプラごみ・MPsを採取し、汚染実態を調査した。また、採取したプラごみ・MPsをフーリエ赤外分光法（FTIR）を用いて素材同定した。FTIRのスペクトル変化から、カルボニル基の生成量の指標であるカルボニルインデックスを計算し、プラごみ・MPsの劣化を評価した。

2. 実験方法

プラごみとMPsのサンプリングと前処理

2023年7月から2024年3月に月2回、駿河湾において、海水に浮遊したプラごみのサンプリングを行った。採取後、ミリQ水で塩分除去し、FTIRで素材同定した。

河川・海岸におけるMPsサンプリングは、静岡県内7ヶ所で行った。海岸のサンプリングは2021年6月-7月に行い、満潮線及び潮上帯（満潮線より陸側）の砂をそれぞれ縦50cm×横50cm×深さ1cmの範囲で採取した。

河川のサンプリングは2021年2021年8月-9月に行い、海岸域調査地点近傍河川のそれぞれ2-3地点で、プランクトンネットに10m³以上の河川水を通水させることにより、流下するMPsを採取した。

MPs試料はそれぞれ過酸化水素水による酸化分解とヨウ化ナトリウム溶液による比重分離をおこなってプラスチック候補粒子を選別し、FTIRで素材同定した。被覆肥料殻は材質によらず被覆肥料殻として集計した。

カルボニルインデックス（CI）の算出

CIは式（1）から計算した。

$$CI = A_{1850-1650} / A_{1500-1420} \cdots (1)$$

$A_{1850-1650}$ と $A_{1500-1420}$ は、FTIR分析で得られた1850-1650、1500-1420 cm⁻¹の範囲にある吸光度の平均である¹⁾。

3. 結果・考察

プラごみ・MPsの汚染実態

プラごみは、87個採取し、素材同定した。その内訳は、ポリエチレン46%、ポリプロピレン26%、ポリスチレン21%、その他7%だった。

海岸でのMPs個数密度は144-4,400個m⁻²であり、河川でのMPs個数密度は0.2-4.4個m⁻³であった。最高個数密度の地点は、流域人口密度が最も高い巴川とその河口付近の海岸で、最低個数密度の地点は、流域人口密度の最も低い那賀川とその河口付近の海岸であったことから、河川を流れるMPs量と海岸に漂着するMPs量は流域の人口密度と関係していることが示唆された。

プラごみとMPsの劣化評価

MPsポリエチレンサンプルのFTIR分析の結果、カルボニル基（1850-1650 cm⁻¹）が生成していた（図1）。CI値の範囲は0.0186-2.60であった。得られたCI値からOkubo et al., 2023を参考に曝露時間を推定した。その結果、MPsサンプルの曝露時間は0.112-1.32年であった。

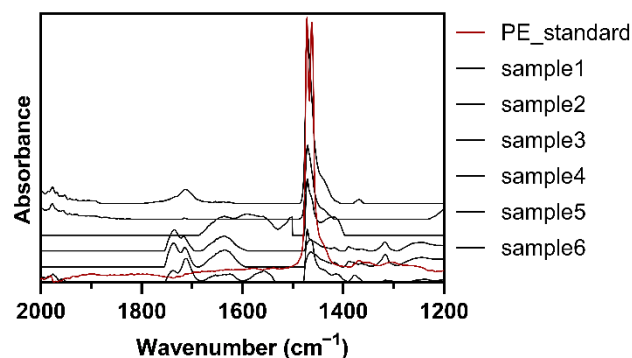


図1 FTIR スペクトル

謝辞

本研究は、環境研究総合推進費（JPMEERF20231R03）の助成を受け実施した。

参考文献 1) Okubo et al., *Marine Pollution Bulletin*, 2023

キーワード プラスチックの劣化, カルボニルインデックス, 曝露時間

可燃ごみ中のプラスチック類の排出実態とリサイクルによる二酸化炭素排出量

Plastics in Burnable Waste and CO2 Emission from Recycling

富山県立大学 ○関睦人、佐伯孝

1. はじめに

プラスチック製容器包装は、汚れの程度により排出先（可燃ごみ、資源ごみ）が異なっている。また、2022年に施行された「プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律」により、プラスチック使用製品も資源ごみとして回収されることとなる。市民へ分別の協力依頼やリサイクル可能なプラスチックの回収可能量の推計を行うため、事前に可燃ごみの排出実態を把握する必要がある。本研究では、家庭から排出された可燃ごみに含まれているプラスチック類の組成調査より、プラスチック類の排出実態を明らかにした。また、汚れの状態に着目することで資源ごみとして分別可能な量を把握し、リサイクルした場合の二酸化炭素排出削減量を算出した。

2. 研究方法

富山県滑川市内の4か所（集合住宅・市街地・戸建て住宅・農村部）から家庭の可燃ごみを試料として採取した。調査期間は2022年9～12月、各地点1回の採取で約10袋を試料とした。各地点で2回の採取を行った。試料は3種類（プラスチック製容器包装、プラスチック使用製品、その他）、汚れの状態3性状（汚れなし、軽度、重度）に分類した。その後、プラスチックを洗浄・乾燥し、重量の変化から汚れ・水分付着率を算出した。

プラスチックごみが可燃ごみとして排出した場合と、可燃ごみとして排出されているプラスチック製容器包装について市民が洗浄することなく資源ごみとして分別可能なものを分別した場合について、二酸化炭素排出量を算出し比較を行った。本研究においてリサイクルとは、パレットへのリサイクルを想定した。

3. 結果

可燃ごみ全81袋を組成調査した結果、ごみ全体のうちプラスチック類は12.9%であった。プラスチック類の細組成調査の結果を図1に示す。プラスチック製容器包装（汚れなし）は、お菓子の外袋やポリ袋等であり、プラスチック類の1/5以上を占めていると分かった。また、プラスチック製容器包装（汚れなし）の汚れ・水分付着率は、11.1%であった。滑川市の1年間に排出される可燃ごみの重量7,156 t¹⁾から、プラスチック製容器包装（汚れなし）は1年間に183.0 t 可燃ごみとして排出されてい

ると推算される。このプラスチック製容器包装（汚れなし）は、市民が洗浄なしで資源ごみへ分別可能であり、市民に負担を強いることなく、分別をすることが可能なものを分別した場合、可燃ごみとして排出していたごみのうち183.0 t/年の可燃ごみの削減につながると分かった。

プラスチックごみのリサイクルによる二酸化炭素排出量を算出した。現在、滑川市において、可燃ごみとして排出されているプラスチックごみ737.6 t/年を全て焼却した場合と737.6 t/年のうちプラスチック製容器包装（汚れなし）183.0 t/年をリサイクル、残りを焼却した場合を比較すると、リサイクルした場合の方が302.0 t-CO₂/年の二酸化炭素削減効果があると分かった。

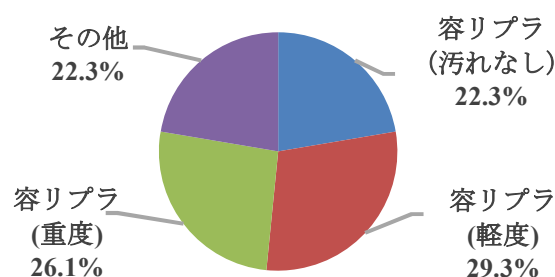


図1 プラスチック類の組成結果
（プラスチック製容器包装：容リプラ と記載）

4. まとめ

市民が可燃ごみとして排出している洗浄することなく資源ごみへ排出が可能であるプラスチック製容器包装（汚れなし）は183.0 t/年であることが明らかとなった。自治体は、市民へプラスチック製容器包装（汚れなし）の分別協力を強化することで、市民の負担も少なく二酸化炭素削減も可能になると考える。

参考文献

1) 滑川市（2022年3月）「第2次滑川市一般廃棄物処理計画」p.29

<https://www.city.namerikawa.toyama.jp/material/files/group/10/20220120115025.pdf>（参照2023年6月24日）

キーワード 可燃ごみ、プラスチック、組成調査

オカラから単離した微生物の属種の特定

Identification of the genus species of microorganisms isolated from okara

熊本県立大学大学院・環境共生¹ ○石田陽香, 福岡女子大学・国際文理 竹本直道, 諸熊恵美¹, 石橋康弘¹

【はじめに】

現在, 世界のオカラは約 6 万 t 程度廃棄されており, 有効活用法が見出すことで廃棄物や焼却処理費の削減が可能になり SDGs に貢献できる. オカラはタンパク質や食物繊維が豊富に含まれており, 好熱菌によるオカラのタンパク質分解法を検討したところ, オカラ自体にタンパク質を分解する菌の存在が確認され, *Geobacillus* 属の存在が示唆された¹⁾.

そこで本研究ではオカラから単離した微生物の属種の特定を試みた.

【材料と方法】

実験Ⅰ：菌の同定

オカラから単離した菌株を A~E とし, ISP-1 培地にて継代培養を行った. 単コロニーを L 培地で培養後, 遠心分離し DNA を抽出した. PCR により DNA の増幅後, PCR 産物を精製し, タカラバイオ (株) の Mighty Cloning Reagent Set を用いて PCR 産物とベクターのライゲーションを行った. ライゲーションに成功したベクターを大腸菌 (*Escherichia coli*) に導入後, LB 培地にて増殖させ形成されたコロニーからプラスミドを抽出し, DNA シークエンシングを行った.

実験Ⅱ：中性プロテアーゼ活性の測定

菌株を L 培地で培養後, 菌体を遠心分離にて除去したものを酵素溶液とした. カゼイン溶液 1.5 mL にリン酸緩衝液(pH7.0)を 1 mL 加え 40℃ に予熱した後, 酵素溶液を 0.5 mL 添加し 40℃, 60 分反応させた. トリクロロ酢酸溶液を加え, 反応液中の沈殿を濾別し, ろ液 1 mL に炭酸ナトリウム溶液 5 mL とフェノール試薬 1 mL を添加し 40℃, 30 分間発色させた. 660 nm の吸光度を測定し, 基質から遊離したアミノ酸を定量した³⁾. ここで, 40℃でカゼインから 60 分間に 1 µg のチロシン相当量を 1 ユニットとした.

【結果と考察】

オカラから単離した菌株は主に非病原性の菌で 60℃ の高温環境でも増殖する *Geobacillus stearothermophilus* が確認された (表 1). また, Stackebrandt ら²⁾ が提唱した 16S rDNA に基づく種の異同の判断基準から B 及び C

は *G. stearothermophilus* とは別種であることが推測される. また, この菌種は熱安定性中性プロテアーゼのサーモリシンを保有するとされており, 酵母や肉エキスの生産に利用されていることからオカラを分解することでの再利用に有効である可能性がある.

次に中性プロテアーゼ活性の結果から A, B の菌株からは 50~68 U/mL, C, D 及び E は 280~300 U/mL の活性値が見られた (図 1). これは他の文献と比較すると, 比較的高い活性値を示し⁴⁾, これらの菌株の保持するプロテアーゼのタンパク質分解能力が高いことが示唆される.

表 1 菌の同定結果

菌株名	学名(属・種)	比率(%)
A	<i>Geobacillus stearothermophilus</i>	99.82
B	<i>Geobacillus stearothermophilus</i>	89.45
C	<i>Geobacillus stearothermophilus</i>	92.33
D	<i>Geobacillus stearothermophilus</i>	99.00
E	<i>Geobacillus stearothermophilus</i>	99.25
	<i>Geobacillus thermoleovorans</i>	99.00

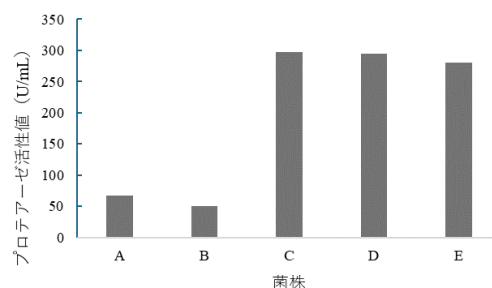


図 1 各菌株における中性プロテアーゼ活性値

【参考文献】

- 1) 石田陽香 (2023) 好熱菌によるおからのタンパク質分解法, 雑誌名, 巻号, 頁-頁
- 2) Stackebrandt E, (2006) Taxonomic parameters revisited: tarnished gold standards. Microbiol Today 33:152–155
- 3) 柏木豊 (2004) 発酵糸状菌の酵素, 微生物遺伝資源利用マニュアル No.16, ISSN 1344-1159
- 4) 越智洋(2008)麴菌により生産される機能性の探索, 宮崎県食品開発センター研究報告, No.53

キーワード オカラ, タンパク質分解, 好熱菌

水銀汚染埋立処分場における生物を用いた土壤中水銀のリスク評価 Risk Assessment of Mercury in Soil Using Organisms at a Mercury-Contaminated Landfill Site

熊本県立大学院 環境共生 ○坂井佑圭, Pyae Sone Soe, 諸熊恵美, 石橋康弘

1. 背景

水銀に関する水俣条約が発効し、水銀の取り扱いに関しては、厳しく管理される状況にある。日本においても厳しく管理されているが、過去の埋立物により水銀汚染が発生した埋立処分場があり、適正に管理されているものの、水銀管理上、現状の水銀汚染レベルにおいてのリスク評価が必要である。

そこで本研究では、埋立地の水銀汚染土壌の溶出試験結果とメダカ仔魚を用いた水銀の急性毒性試験の結果から、埋立処分場からの浸出水排出による生物に与える影響を評価した。

2. 材料と方法

実験I：使用したサンプル

日本にある、埋立が終了した埋立処分場周辺の土壌 (LF1~9) と浸透水 (W) を採取した。

実験II：溶出試験と総水銀分析

室温で1週間乾燥後、2 mm メッシュでふるい分けしたサンプルを用いて環境庁告示第 59 号に従い溶出試験を行い、試験液を溶出試験サンプルとし、総水銀の分析を行った。分析装置は MA-3000 を使用した (n=3)。

実験III：急性毒性試験

ヒメダカ (*Oryzias latipes*) の仔魚 (24 時間以内に孵化したもの) を使用した。濃度区を設定した塩化第二水銀溶液を 2 L のガラス容器に入れ、1 濃度区につき 10 尾曝露させた。24, 48, 72, 96 時間で異常個体や死亡個体の確認をし、96 時間終了死亡数から算出された死亡率をもとに、プロビット法を用いて 95%信頼限界において曲線回帰を行い、半数致死量 (LC₅₀) を算出した。

実験IV：影響評価

溶出試験サンプルの総水銀濃度の結果と、急性毒性試験から算出された LC₅₀ の値を比較して評価した。

3. 結果と考察

溶出試験液サンプルの総水銀濃度は 0.006~0.242 ppm であり、浸透水は 0.0002 ppm だった。急性毒性試験では、0.0025 ppm 以上で生体への影響が確認され、0.05 ppm では 96 時間経過時にすべての個体が斃死、0.5 ppm で死亡率は 100%となった。この結果から算出された半

数致死濃度 (LC₅₀) は 0.011 ppm だった。また、毒性試験の結果と過去埋立地の溶出試験液サンプルに含まれている総水銀濃度の比較した結果を図 1 に示す。図 1 より、一部の溶出試験液サンプルの水銀濃度は、毒性試験により得られた LC₅₀ 値よりも高いことが確認された。

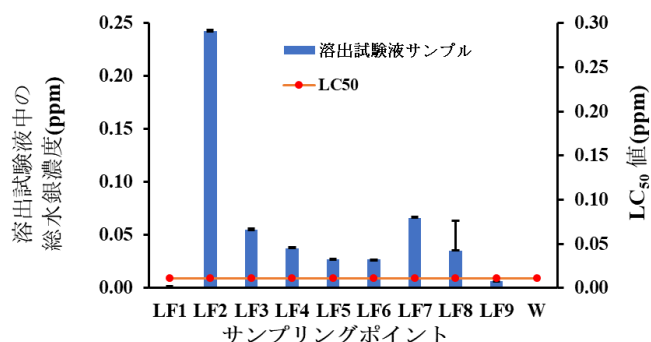


図 1. サンプルの総水銀濃度と LC₅₀ 値の比較

4. まとめ

浸透水の水銀濃度は環境基準値 (0.0005 ppm) 未満だったが、土壌の溶出試験液サンプルの水銀濃度は環境基準値を超えており、未だに水銀の汚染があることが確認された。急性毒性試験から得られた LC₅₀ 値 (0.011 ppm) と溶出試験液サンプルを比較した結果、溶出試験液サンプルの水銀濃度の方が高いことが確認された。このことから、当埋立処分場の水銀汚染土壌からは、生体に影響するレベルの水銀が溶出する可能性が示唆された。なお、今回の毒性試験で使用したメダカは仔魚であり、成魚と比べて感受性が高いため、高い LC₅₀ 値となったと考えられる。また、今回の研究は水生生物に対する影響評価になるため、陸上生物に対しての影響評価も考慮する必要があると考える。

5. 参考文献

OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Test Guideline No. 240, 2023, Medaka Extended One Generation Reproduction Test (MEOGRT)

キーワード 水銀, 急性毒性試験, 溶出試験, リスク評価

Quantitative analysis of China's Certified Emission Reduction (CCER) policy: Impacts on CO₂ emissions and economic activities using a CGE model

東京工業大学 ○朱 瑞康, 棟居 洋介, 国立環境研究所 増井 利彦, 金森 有子

1. Introduction

China's Emissions Trading Scheme (ETS) employs two primary mechanisms: Cap-and-Trade (CaT) and the domestically adapted Certified Emission Reduction (CCER).

Originating from the Clean Development Mechanism (CDM), CCER serves as an internal offset mechanism to ease economic challenges for high-emission industries shifting to low-carbon operations, enhance renewable energy supply, and promote sustainable development. Unlike the mandatory CaT mechanism, the voluntary CCER encourages enterprises to develop projects based on principles such as additionality and, after government review, sell emission reduction credits on the China's voluntary carbon market. Enterprises lacking quotas in the CaT system can purchase these credits to offset up to 5% of their emission limits. However, it faces criticism for potentially undermining the ETS's effectiveness in reducing CO₂ emissions by distorting carbon prices.

2. Methodology and scenario design

In this research, we constructed a computable general equilibrium (CGE) model that integrates CCER and CaT mechanisms to investigate the impacts introducing CCER. We used China's 2018 Input-Output table data from China's National Bureau of Statistics as the basic data for the CGE model. And the CCER related data comes from IIGF (International Institute of Green Finance of the Central University of Finance and Economics) and China Certified Emission Reduction Exchange Info-Platform.

Using CCER credit price data from Fudan's Carbon Price Index, we have developed six scenarios: a baseline BAU without ETS implementation, an CaT-only scenario without CCER implementation, and four CCER scenarios with prices set at 40, 80, 120, and 160 yuan/tCO₂, respectively. Also, based on current carbon emissions intensity across sectors and the carbon reduction target, the government will establish a intensity target parameter, α , representing emission reduction strength in this year. In this study, α is set at 30% to evaluate the synergistic effects of CCER introduction within the ETS system on CO₂ emissions and economic activities,

hoping to enhance understanding of their roles in carbon mitigation and sustainable development.

3. Results

As shown in the Figure 1, the introduction of the CCER mechanism will mitigate GDP losses and boost renewable energy production compared to a CaT-only scenario. However, the compensating effect is minimal due to limitations on CCER credit usage.

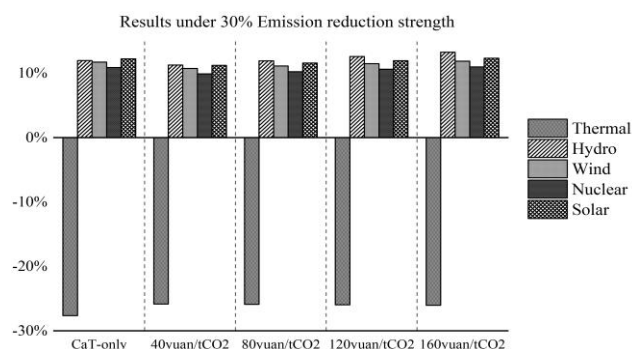


Figure 1. The variation of power sectors output compared with BAU scenario

However, CCER credits will increase the supply of carbon credits, resulting in lower carbon prices. Consequently, total carbon emissions could be up to 1% higher than in a CaT-only scenario as shown in the Figure 2.

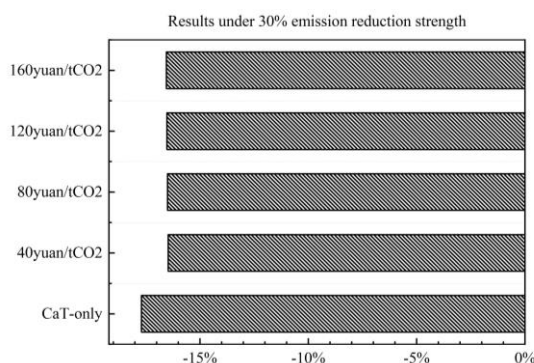


Figure 2. The variation of total carbon emissions in all scenarios compared with BAU scenario

Key words: CCER, CGE, Renewable energy, CO₂ emission

気候変動に関する YouTube 動画の分析評価 Assessment of YouTube Videos on Climate Change

東京大学 ○大里優佳, 栗栖聖, 福士謙介

1. 研究の背景と目的

気候変動の影響は激しさを増している。各国がカーボンニュートラルに向けて取り組みを進めているものの、現状のままでは産業革命時と比べて気温上昇を 1.5℃に抑えることは不可能であり、2℃ですら困難とされている。したがって、政府や企業だけでなく、市民一人ひとりが意識を変え、気候変動緩和に向けた行動をとれるようになる必要がある。それには適切な情報提供が不可欠である。本研究では、近年情報提供ツールとして注目されている YouTube 動画に着目した。

De Lara ら¹⁾は、気候変動に関するオンライン動画を、テレビ用に制作されたものとインターネット用に制作されたものに二分し、さらにその中で形式ごと（テレビインタビューや WEB ニュースなど）に分類している。また、Allgaier²⁾は動画の内容に着目し、計 200 個の動画を、科学的立場で 1) 支持するもの、2) 中立のもの 3) 否定するもの、4) 科学的要素を含まない陰謀論の 4 つに分類している。このような既往研究が見られる一方で、日本において現在どのような動画コンテンツが気候変動の文脈で提供されているかを整理した研究は見られない。そこで、本研究では動画による気候変動に関する情報提供が、人々の意識・行動意図の変化に与える影響を明らかにすることを目標に、今回は気候変動分野で提供されている YouTube 動画の内容を把握し類型化することを研究目的とした。

2. 手法

2.1. 対象動画の絞り込み

気候変動に関わる動画を抽出するため、2023 年 11 月 22 日において、YouTube 上で「気候変動」によって検索される動画の内、20 分以下かつ視聴回数 5,000 回以上の動画を 183 編、抽出した。その上で、重複しているもの、気候変動と関連のないもの、分析期間内に動画コンテンツが YouTube 上から消去されたものなど 34 編を除き、最終的に 149 編を分析対象とした。

2.2. 対象動画の特徴把握

対象動画の長さおよび提供チャンネルごとの分類を図 1 に示した。対象動画の長さは 5 分以下のものが全体の半分程度を占めた。また、提供チャンネルは、1) 官公庁・地方自治体・国際機関、2) 研究機関、3) 民間企業、4) 非営利団体・非営利法人、5) メディア、6) 個人・インフルエンサー、7) 教育系の 7 つに大きく分かれ、特に 5) メディアからの動画が多く抽出された。

全ての動画を文字起こししたのち、Text Mining Studio (株式会社 NTT データ数理システム) によるテキスト解析に供した。

3. 結果

3.1. 単語・係り受け頻度

「いう」(1,541)、「思う」(496) といった動詞が上位 2 位となり、「地球温暖化」(402)、気候変動 (388)、「今」

(337)「二酸化炭素」(308)がこれに続いた。係り受けでは「気候変動—影響」(43)、「気温—上がる」(40)、「人々—存在する」(36)、「温度—上昇」(31)の順となった。

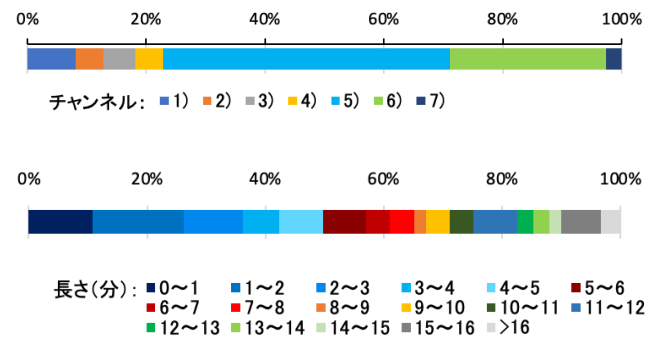


図 1 対象動画の特徴

3.2. チャンネルごとの特徴語分析

チャンネルごとの特徴をつかむため、以下の指標で表される特徴語分析を行った。

$$Index = (ad - bc) / \sqrt{(a + c)(b + d)}$$

ここで、対象チャンネルにおける対象語頻度を a、対象以外の単語頻度を c、対象以外のチャンネルにおける対象語頻度を b、対象以外の単語頻度を d とする。図 2 に 1) 官公庁・地方自治体・国際機関の結果を示した。ここでは、様々な取り組みに関する単語が上位にみられる。これに対し、例えば 6) 個人・インフルエンサーでは、「思う」「氷河期」「動画」「やる」「人」「すごい」といった単語が上位に並び、チャンネルごとの違いが明確となった。

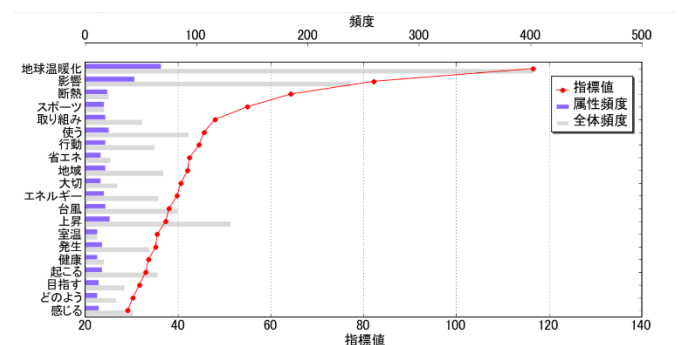


図 2 特徴語分析結果 (官公庁・地方自治体・国際機関)

参考文献

- 1) De Lara, A. et al., (2017) *J-COM J. OF Sci.Com.* 16, 1-32.
- 2) Allgaier (2019) *Frontiers in Communication*, 4, 36.

キーワード 気候変動, YouTube 動画, 意識変化

シリコーンパッシブ法における環境影響の評価と補正方法の精緻化

Meteorological Effects on Silicone Passive Sampling and A Correction Method

横浜国立大学 ○田川瑛梨, 労働安全衛生総合研究所 王齊, 静岡県立大学 雨谷敬史, 横浜国立大学 三宅祐一

1. はじめに

大気中に存在する準揮発性有機化合物 (SVOCs) の個人曝露評価のための手法として、電源を必要としないシリコーンパッシブ法¹⁾が注目されている。パッシブ法は一般的に捕集時に環境影響を受けることが知られているが、シリコーンパッシブ法についてはこれまで評価されていない。本研究では、幅広い物性を持つ SVOCs である多環芳香族炭化水素類 (PAHs) とそのハロゲン化誘導体を対象とし、捕集速度が風速から受ける影響を評価した。また、風速影響の補正方法を精緻化した。

2. 方法

前洗浄したシリコーンシート (シロキサン超低減品、特注) を乾燥させたものをパッシブサンプラーとして使用した。捕集後はサンプラーを切り分け、ジクロロメタンで超音波抽出し、抽出液をシリカゲルカラムで精製した。パッシブ法と並行し、ミニポンプを用いて大気中濃度を測定した。これらのサンプルは濃縮し、GC-MS/MS (GC 8890 / MS 7010C, Agilent Technologies) で分析した²⁾。なお、各種類のサンプラーの前処理における PAHs・ハロゲン化 PAHs の回収率は 66-108%であった。

3. 結果と考察

例として、1,4-dibromonaphtharene (1,4-Br₂Nap) と benzo[*b*]fluoranthene (BbF) について、捕集時の風速とシリコーンサンプラーへの捕集速度の関係を Fig. 1 に示す。1,4-Br₂Nap は、大気中で 98%以上がガス態として存在していた。Herkert ら³⁾は、一般的にパッシブサンプラーとして用いられる PUF へのガス態物質の捕集原理は分子拡散に基づくとし、捕集速度に対する風速の影響について、気相側の物質移動係数との関係式を展開し、捕集速度が風速の 1/2 乗に依存する式 (1) を示している。

$$SR = \alpha V_i^{1/2} \quad \dots (1)$$

ここで、SRは捕集速度 (L min⁻¹ sheet⁻¹)、V_iは風速 (m s⁻¹)、αは物質とサンプラーに固有の定数である。本研究で得られた、風速と 1,4-Br₂Nap の捕集速度の関係を(1)式で回帰したところ、 $SR = 2.33V_i^{1/2}$ が得られた。この決定係数 r^2 は 0.729 と大きかったことから、本式で回帰する妥当性が示された。シリコーンパッシブサンプラーからの

検出率が 50%以上であった 9 種のガス態 PAHs・ハロゲン化 PAHs について、同様に風速と捕集速度の関係を(1)式で回帰したところ、αの平均は 2.09、変動係数は 20%であった。したがって、ガス態 PAHs・ハロゲン化 PAHs に関しては $SR = 2.09V_i^{1/2}$ という単一の式を用い、アメダスなどから捕集時の風速情報を得ることで、風速影響を補正できることが示された。

BbF は大気中で 92%以上が粒子態として存在していた。このような物質については、(1)式で風速と捕集速度の関係を回帰したところ、決定係数が小さく精度の高い式は得られなかったが、ガス態物質よりも捕集速度が受ける風速影響が小さいことが示された。粒径の小さな粒子の大気中での挙動は、風速による慣性力よりもブラウン運動に支配されることが報告されている⁴⁾。高分子量の PAHs・ハロゲン化 PAHs は粒径 1 μm 未満の小さな粒子に多く分配するため、風速の影響を大きく受けなかったと考えられる。

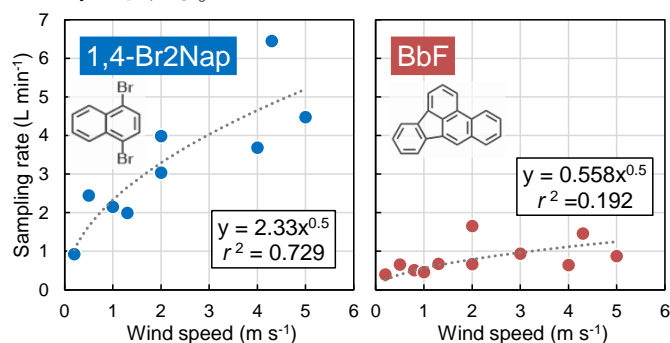


Fig. 1 風速と捕集速度の関係

4. 謝辞

本研究は JSPS 科研費・基盤研究 (B) (課題番号: 21H03614)、および環境研究総合推進費 (JPMEERF18S11704、JPMEERF20231M04) の助成を受け実施した。

参考文献

- 1) O'Connell *et al.* (2014) *Environ. Sci. Technol.*, 48, 3327-3335; 2) Sei *et al.* (2021) *Chemosphere*, 271, 129535; 3) Herkert *et al.* (2018) *Environ. Sci.: Processes Impacts*, 20, 210-219; 4) Chang *et al.* (2008) *Build. Environ.*, 43, 886-895
- キーワード パッシブサンプリング、多環芳香族炭化水素類 (PAHs)、ハロゲン化多環芳香族炭化水素類、シリコーンパッシブ法

包括的定量分析に基づく繊維製品に含まれる有機フッ素化合物 PFAS の経年動向解析 Time trend analysis based on simultaneous determination of PFAS in commercially available textiles

横浜国立大学 ○齋藤隼輝, 小澤真人, 国立環境研究所 松神秀徳, 横浜国立大学 三宅祐一

1. 緒論

有機フッ素化合物 PFAS は残留性、高蓄積性、有害性が懸念され、PFAS 全体の管理が求められる。近年、繊維中のポリマーから PFAS が分解生成すると報告され¹⁾、分解生成能を含め実態把握が必要である。しかし化合物ごとの個別分析だけでは、数千種以上存在する PFAS を網羅的に分析できない。本研究では身近な繊維製品を対象に、PFAS 個別分析に加えて加水分解による分解生成能の評価や、総フッ素分析によるフッ素マスバランス解析を適用し、繊維製品中 PFAS の経年動向解析を行った。

2. 方法

1989 年から 2023 年に販売された繊維（衣類 11 製品、フロアマット 5 製品、カーペット 27 製品、チャイルドシート 4 製品、自動車内装材 2 製品）を対象とした。各試料をメタノール中で超音波抽出（30 分）し、GC-MS/MS、LC-MS/MS による PFAS（72 種）個別分析を行った。続いて、繊維中ポリマーの分解生成能を評価するため、抽出液を 0.2 M NaOH の下で加水分解（50℃、24 時間）し²⁾、PFAS 個別分析を行った。最後に、燃焼イオンクロマトグラフ（CIC）により総フッ素（TF）の分析を行った。

3. 結果と考察

3.1. 繊維製品中の PFAS 個別濃度

繊維製品に対する PFAS 個別分析の結果、分析対象の PFAS は衣類とカーペットで主に検出された。この時、主に検出された PFAS は FTOHs や FTAcres、FTMAcres であったが、これら PFAS は、環境中での分解が懸念される側鎖フッ素化ポリマー（SFPs）の原料として使用されており、製品中に分解生成能を有する SFPs が含まれると考えられた。ここで、衣類およびカーペットにおいて、 $-C_8F_{17}$ 、 $-C_{10}F_{21}$ 基を持つ PFAS、および $-C_6F_{13}$ 基を持つ PFAS の濃度を図 1 に示す。PFOA 関連物質が残留性有機汚染物質（POPs）に指定された 2019 年前後で、 $-C_8F_{17}$ 、 $-C_{10}F_{21}$ 基を持ち PFOA 関連物質に該当する PFAS の濃度は有意に減少した一方で、PFOA 関連物質に該当しない $-C_6F_{13}$ 基の PFAS の濃度は有意に増加した。近年では、 $-C_6F_{13}$ 基のようにペルフルオロアルキル基の鎖長がより短い PFAS が、製品中で主要になったことが示唆される。

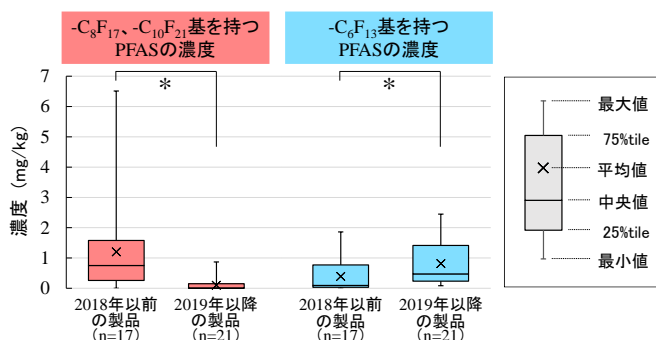


図 1 繊維製品中 PFAS 濃度の経年変化 (*: $p<0.05$)

3.2. 加水分解による PFAS 分解生成能の評価

分解生成能を有する SFPs の含有が示唆された衣類、カーペットの一部について、加水分解により PFAS の分解生成能を調査した。その結果、加水分解前後で PFAS 個別濃度が 2.4~970 倍に増加し、加水分解前には検出できない PFAS が繊維中に潜在的に含まれることが示された。このように一部の繊維は、加水分解で容易に PFAS が分解生成することが明らかになり、身近な繊維製品が PFAS の潜在的な発生源になることが懸念される。

3.3. 総フッ素分析によるフッ素マスバランス解析

加水分解を行った衣類、カーペットについて、繊維中ポリマーを含めた総フッ素（TF）の分析を行い、フッ素のマスバランス解析を行った。分析の結果、TF 濃度は 140~85000 mg-F/kg と高濃度で検出された。またフッ素マスバランス解析の結果、主に 2012 年までの繊維では、加水分解で生成した PFAS が TF の 24~100% と高い割合を占め、加水分解生成能を有するポリマーが製品中フッ素化合物の主成分と示された。一方で 2013 年以降の繊維では、加水分解後も TF の 98% 以上が未知フッ素化合物であり、加水分解で評価できない何らかのフッ素系ポリマーが高い割合で含まれると示された。近年では、加水分解するポリマーとは種類・性質が異なるポリマー性 PFAS が製品中で主要になっていることが示唆された。

4. 謝辞

本研究は、環境研究総合推進費の助成を受け実施した。
(3-2102: JPMEERF20213002, 3-2403: JPMEERF20243003)

参考文献：1) Veen *et al.* (2020) *Chemosphere*, **249**, 126100;

2) Nikiforov (2021) *Chemosphere*, **276**, 130044

キーワード：PFAS, 撥水加工繊維, マスバランス解析

Impact of climate change on Sports: awareness and attitudes of University-level Football Team members in Japan

Tokyo Institute of Technology ○BALAOING Loren Chloe Denna, Naoya Abe

1. Background

Sporting events impact climate change and environmental issues such as waste generation through food and beverage, carbon emissions due to frequent traveling, and resource consumption like electricity for lighting. The 1992 Winter Olympics in France, for example, wiped out thirty hectares of forest, severely affecting biodiversity (Zhang & Liu, 2022). To respond to those situations, sport federations such as the International Association Football Federation (FIFA) have recognized the necessity to contribute to sustainability (FIFA, n.d.).

Contrast to those environmental concerns and institutional efforts, athletes' awareness and attitudes regarding sporting activities' impact on climate change remain unclear. As we have experienced extremely hot temperatures these years, athletes and support members also seem to recognize that their activities are starting to get affected by the extreme weather conditions, particularly in case of outdoor or open field sports. This study aims to fill this gap and to contribute to sports sustainability by focusing on the athletes' experiences and providing recommendations to sports organizations.

2. Methodology

We have conducted an online interview survey and a subsequently a 5-point Likert-scale questionnaire survey with members of a competitive college football team Japan. Many athletes on this team perform at a semi-professional level and strive to achieve a higher level of performance.

The data collection for this study conducted a two-stage approach; the first stage involved in-depth interviews with selected university athletes from a single university football club, and the second stage conducted an online questionnaire survey administered for all the members the same university football club (see Table 1). Around 63% or 129 members out of the total 205 members of the football club responded to our online questionnaire survey.

Table 1: Outline of two surveys

Stage	Period of data collection	Number of respondents
Preliminary online interview survey	January to February, 2024	18
Main online questionnaire survey	May to July, 2024	129
Questions of main online survey (selected)	Recognition of the influence of extreme hot weather conditions on performance	
	Recognition of impact of climate change on sports activities	
	Attitude towards using public transportation	
	Energy-saving behavior	
	Engagement in recycling activities	

3. Findings

We found that the respondents have low environmental awareness and attitudes; however, they have started recognizing the impact of climate change on their performance. Some of them indeed recognize that sports activities may need to change or adjust to climate change.

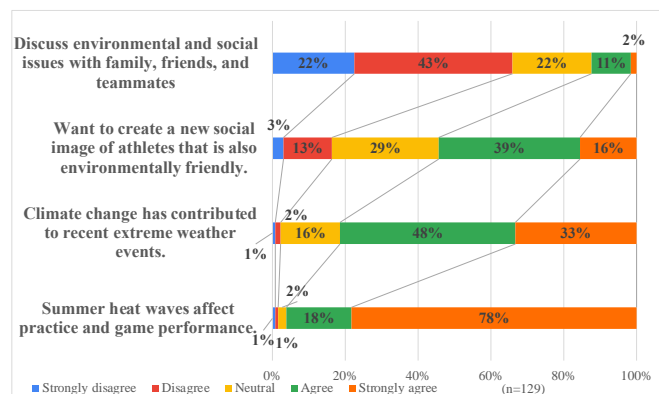


Figure 1. Some responses to the main survey

Reference

- Zhang, B., & Liu, Y. (2022). Research on sustainable development of olympic games based on ecological carrying capacity analysis. *Journal of Sensors*, 2022, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2022/4907366>
- FIFA. (n.d.). Sustainability. INSIDEFIFA. <https://inside.fifa.com/social-impact/sustainability>

Keywords: Athletes, Awareness, Attitude, Team-sport, Climate change

建築物ストック動態を考慮した住宅用給湯器分野における技術普及シナリオ分析

Scenario Analysis of Technology Diffusion in Residential Water Heating Systems Considering Building Stock Dynamics

東京大学 ○黄文彦, 林徹, 中谷隼, 藤田壮

1. はじめに

家庭部門と業務部門を含む建築物分野からのエネルギー起源 CO₂ 排出量は国内全体の CO₂ 排出量の 3 割を占めており、脱炭素社会実現には建築物分野のエネルギーシステムの転換が不可欠である。一方で、省エネや電化を促進するための建築物内の設備機器の交換では、スペースや配線、電源容量が物理的な阻害要因となっている。そのため、設備機器の現実的な技術普及を推計するためには、新築・除却等の建築物ストックの動態を考慮する必要がある。本研究では、その動態をモデル化した上で築年代・建て方等の属性情報や建て替え・改修のタイミングを基に、特に物理的な阻害を強く受ける住宅用給湯器分野における技術普及のシナリオを分析した。

2. 研究方法

Müller¹⁾を参考に、必要となる要素を検討し、建築物ストック動態モデルを構成した(図1)。具体的には、空き家や改修有無等を新たに定式化して、モデルに内生化した。以下のストック・フローバランス式から繰り返し計算によって、建築物ストックの経年変化を導出した。

$$S(t) = S(t-1) + C(t) - D(t)$$

$S(t)$: t 年における残存戸数 (戸)

$C(t)$: t 年における新築戸数 (戸)

$D(t)$: t 年における除却戸数 (戸)

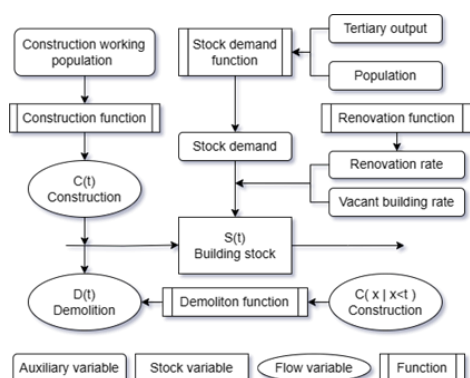


図1 建築ストック動態モデルの構成

評価対象年を2050年として、住宅・土地統計調査²⁾から得た現時点の住宅ストックを基に将来のストックを

導出した。そして、家庭部門のCO₂排出実態統計調査³⁾を用いて築年代・建て方等のストックの属性情報を基に住宅用給湯器の将来のストック数の推計を行った。

3. 結果

一度設置された給湯器種は固定化され2020年以降の新築への導入給湯器種は2020年現在の割合と同じであるとした際の住宅用給湯器の将来の残存ストック数の推計結果を図2に示す。ここで、電化率(電気温水器と電気ヒートポンプ式給湯器を合わせた割合)は21%から29%へとわずかに向上したが、大部分はガス給湯器が占めた。住宅ストックの推計結果からは、2050年時点で残存するストックの6割が2020年時点で既に建築されており、新築への対策と共に既存建築物において改修を促進する必要があることが考察された。

発表では、住宅ストックの動態について空き家の増加や新築量の減少といった複数ケースを設定して比較を行う他、地域特性や建て方等を踏まえた技術普及の予測を行い複数のシナリオを分析した結果も示す。

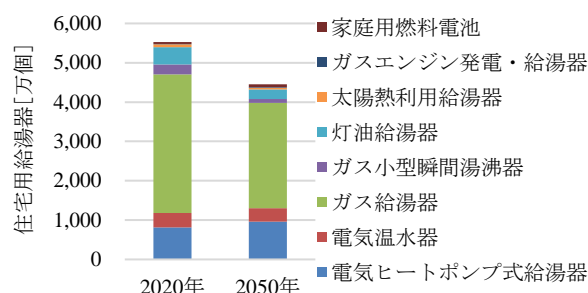


図2 住宅用給湯器の将来推計例

参考文献

- 1) Müller DB (2006), Ecol. Econ., 59(1), 142–156
- 2) 総務省統計局, 住宅・土地統計調査
- 3) 環境省, 家庭部門のCO₂排出実態統計調査

キーワード 建築物ストック動態モデル, エネルギートランジション, エネルギーシステム, 脱炭素

デマンドレスポンス・蓄電池を組み合わせた地域電力マネジメントにおける電力需給解析 Supply and Demand Analysis for Local Power Management Combining Demand Response and Storage Batteries

東京大学大学院 ○加藤仁志, 林徹, 中谷隼, 藤田壮

1. はじめに

太陽光発電の普及が急速に拡大する現在、需給のギャップを埋めるためのデマンドレスポンス (DR) の必要性が高まっている。家庭部門においては、DR 対象となる主な需要機器として、ヒートポンプ給湯器を挙げることができる。また、太陽光発電の自家消費拡大に向けては、定置型蓄電池の導入も促進されているが、これらの需給調整オプションの導入量については併せて検討する必要がある。本研究では、ヒートポンプ給湯器の運転スケジュールの変化が蓄電池の必要量や電力需給調整のコストに与える影響を分析した。

2. 方法

本研究は、埼玉県越谷市の全世帯 (142,590 世帯) を対象として解析を行った。地域内の太陽光発電量は、全ての戸建住宅に 4.5 kW の太陽光発電設備が設置されているとの条件の下で、2023 年の気象データを基に 1 時間単位で算出した。また、給湯器以外の電力使用量についても、既往調査や統計を基に 1 時間単位で作成した。

ヒートポンプ給湯器については、国立研究開発法人建築研究所の作成した手法¹⁾に従って、時間別の給湯需要を求めた。この需要を満たす条件の下において、以下の 3 種類のスケジューリング手法を設定した。

- ・パターン①：深夜帯 (0:00~6:00) に沸き上げ
- ・パターン②：電力価格に対応する沸き上げ
- ・パターン③：余剰電力の発生に対応する沸き上げ

以上の手法で求めた太陽光発電量と電力需要に対して、任意の容量の蓄電池を導入した際の需給解析を行い、太陽光発電の地域内消費率、地域内の電力供給に要する平均費用 (以下、電力単価) を求めた。なお、電力の売買価格は 2023 年のスポット市場価格に従うものとした。

3. 結果

図 1 に、パターン③のスケジュールで給湯器を運転した場合の需給解析結果の一例を示した。この時、給湯器は余剰電力の削減のために運転されており、深夜に沸き上げる①と比較して年間で 28.9%の余剰電力を削減することが可能となっている。図 2 には、パターンごとの電

力単価と太陽光発電地域内消費率の関係を示した。パターン②、③はある地域内消費率を達成するための電力単価がパターン①と比較して低い。これは、ヒートポンプ給湯器による余剰電力の削減により、需給調整に必要な蓄電池容量が低下したためである。

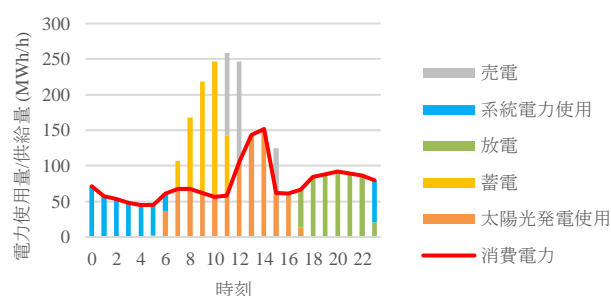


図 1 需給解析結果の例 (4 月, パターン③)

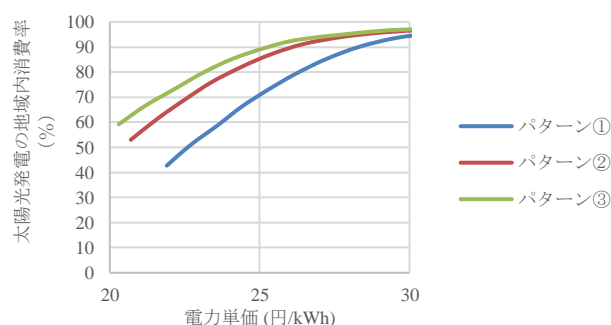


図 2 電力単価と太陽光発電の地域内消費率の関係

4. 結論

本研究により、ヒートポンプ給湯器の DR は必要な蓄電池容量を低減し、需給バランスの調整コストを低減する効果を示す可能性が高いことが明らかになった。

参考文献

- 1) 国立研究開発法人建築研究所 (2024) . 平成 28 年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報 (住宅) 現行版

キーワード 再生可能エネルギー, 太陽光発電, 蓄電池, デマンドレスポンス, 地域電力事業

素因・誘因に着目した集水域単位での土砂災害リスク評価 —平成 30 年 7 月豪雨時の広島県を対象に—

Risk Assessment of Landslides at the Watershed Scale Focusing on Predisposing Factors and Triggers: A Case Study of Hiroshima Prefecture during the July 2018 Torrential Rain

立正大学大学院地球環境科学研究科 ○田中優也, 後藤真太郎

1. はじめに

我が国では、気候変動に起因する土砂災害の頻発・激甚化が問題であり、被害軽減が喫緊の課題である。災害対策では適切なリスク評価が重要であり、要因分析には斜面の潜在的な性質を表す素因と、災害発生の引き金となる誘因の相互作用を考慮する必要がある。既往手法の多くは、発生有無と素因・誘因との相関を県・市町村単位で分析しているものが多い。しかし、豪雨による土砂災害の発生規模を考えるならば、水文学的境界である集水域毎にリスク評価を行う必要がある。本研究では、土砂災害の素因・誘因に着目し、機械学習手法の一つであるロジスティック回帰分析を用いて 1 時間毎の土砂災害発生確率を算出し、集水域単位でのリスク評価を行う。

2. 研究手法

本研究では、平成 30 年 7 月豪雨で甚大な被害を受けた広島県を対象とした。土砂災害の発生に寄与する素因・誘因には、地形・地質的要因、水文的要因、土地被覆要因、人為的要因からなる 20 個の素因と、24 時間降雨量、土壌雨量指数からなる 2 個の誘因を採用した。その後、ロジスティック回帰モデルを構築し、次式(1)を用いて時系列の土砂災害発生確率を算出し、集水域単位でのリスク評価を行った。

$$P(z) = \frac{1}{1 + \exp[-(\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \cdots + \beta_n x_n)]} \quad \dots (1)$$

ここで、 $P(z)$ ：発生確率、 α ：切片、 x_i ：説明変数、 β_i ：説明変数 x_i の偏回帰係数、 n ：説明変数の個数である。本研究では、複数の説明変数と発生有無との関係性評価に説明可能 AI の SHAP を導入し、素因・誘因の影響度を視覚的かつ定量的に示した。

3. 結果と考察

3.1. 集水域単位での土砂災害リスク評価

黒瀬川流域下流の集水域 (143.8km²) で降水量が最も多かった 2018 年 7 月 6 日 20 時の発生確率を図 1 に示す。図 1 より、土砂災害発生ポイント¹⁾と高発生確率エリアの空間的整合性が高く、モデルの予測精度が良好である

ことがわかる。本手法は 100 m 単位で発生確率を推定することが可能であり、気象庁の土砂キキクル (5 分類, 1 km) と比較しても、空間的解像度が高く定量的な評価が可能である。

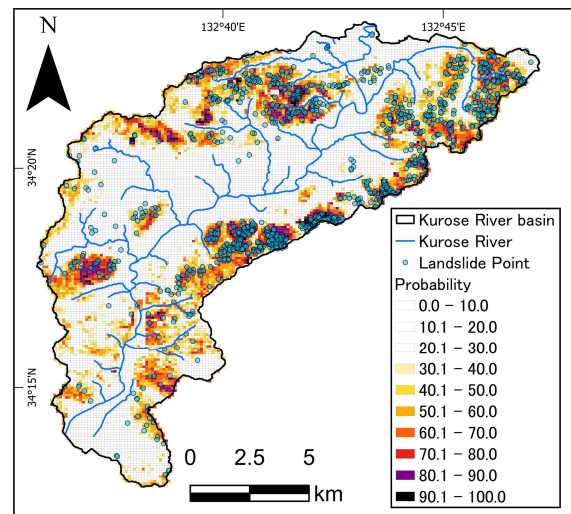


図 1 土砂災害発生確率分布図 (2018/07/06 20:00 JST)

3.2. SHAP を用いた素因・誘因の影響度評価

黒瀬川流域下流では、常緑針葉樹二次林、落葉広葉樹二次林、NDBI (Normalized Difference Built-Up Index：正規化都市指数)、TWI (Topographic Wetness Index：地形湿潤指数)、未熟土などの素因の影響度が高く、土地被覆や地形特性が発災に寄与していることが明らかとなった。また、誘因の 24 時間降雨量の影響度も高く、継続的降雨が直接的な引き金となる重要性を裏付けている。これは、素因・誘因の複合的影響を考慮したリスク評価の必要性を強調しており、集水域毎の地域特性と気象条件の両面から対策を講じる重要性を示唆している。

1) 広島大学平成 30 年 7 月豪雨災害調査団 (地理学グループ) (2018) 平成 30 年 7 月豪雨による広島県の斜面崩壊分布図, <https://ajg-disaster.blogspot.com/2018/07/3077.html>

キーワード 土砂災害リスク評価, 素因・誘因, 集水域

鳥取県での地産地消による脱炭素と県内経済への効果の推計

Estimation of effects on decarbonization and economy of local production and consumption in Tottori Prefecture

○東京工業大学 藤井裕加, 国立環境研究所 増井利彦

1. 研究の背景と目的

日本では、2020 年の国のカーボンニュートラル宣言以降、2050 年までに二酸化炭素排出実質ゼロにすることを旨とする自治体「ゼロカーボンシティ」が急速に増加し、国のカーボンニュートラル宣言時には 166 自治体だったゼロカーボンシティの数は、2024 年 6 月 28 日時点で 1112 自治体にまで増加したり¹⁾。このような地方自治体の脱炭素の取り組みにあたっては、地域課題を解決し、地方創生に貢献することが期待されており²⁾、またその効果を提示することで自治体も脱炭素に取り組むやすくなると考えられる。しかし、その効果の定量化を行っている研究は少ない。

そこで本研究では、鳥取県を事例に、脱炭素社会の実現に向けた取り組みによる地域活性化の可能性を示すことを目的とする。鳥取県は日本で最も人口が少なく、今後全国で人口減少が進んでいくことを踏まえると、鳥取県における分析は他の都道府県にも有効な示唆を与えるものであると考えられる。

鳥取県は、①2030 年度温室効果ガス排出量削減目標 60%削減 (2013 年度比)、②2030 年度における新築木造住宅へのとっとり健康省エネ住宅導入率 100%、③2030 年度における需要電力に対する再エネ導入率 60%を掲げている³⁾。またその実現のため、地域企業・金融機関、県民等が参加する「とっとり環境イニシアティブ県民会議」を立ち上げ、県民のライフスタイルの転換・ゼロカーボン実現・経済活性化を目指している。このように県民の消費行動が従来の化石燃料から地域資源へと変化し、これらの目標を実現することによる二酸化炭素排出量の削減と県内経済への影響を評価した。

2. 方法

前述①の鳥取県の排出量削減目標を制約条件とし、鳥取県の 2030 年度の各財の消費量や GDP 等のマクロ経済影響を推計した。推計のツールとして、統合評価モデルの 1 つである AIM/CGE を用いた。AIM/CGE は、価格メカニズムに基づき、すべての財や生産要素の市場において均衡する状態を計算し、マクロ経済へ

の影響を評価するモデルであり、緩和策の取り組みの導入による具体的な費用と効果を推計できる⁴⁾。基準データには、鳥取県の 2015 年の産業連関表をもとに作成した 32 部門・32 財のデータを利用した。

3. 結果・考察

分析の結果、①の排出量削減目標のみを課した場合には、なりゆきの場合と比較してすべての財で家計の消費量が減少し、GDP は 20.6%減少することが分かった。一方、①に加えそれを達成するための取り組みである②、③も条件として課した場合には、①のみの場合と比較してすべての財で家計の消費量が大きく、GDP も 18.5%大きい結果となり、排出量削減による経済損失が小さいことが確認された。

以上より、鳥取県において 2030 年に温室効果ガス 60%削減を目指すうえで、積極的に脱炭素の取り組みを推進することで、同時に地域経済の活性化に寄与できることが示された。

参考文献

- 1) 環境省 2050 年 二酸化炭素排出実質ゼロ表明自治体 2024 年 6 月 28 日時点. <https://www.env.go.jp/content/000235154.pdf>. (アクセス日 2024.07.08)
- 2) 環境省 地域脱炭素ロードマップ概要. <https://www.env.go.jp/earth/2024/000235154.pdf>. (アクセス日 2024.07.08)
- 3) 鳥取県 地域脱炭素移行・再エネ推進事業計画(重点対策加速化事業). <https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/1344907/tottori-juten-keikaku040526.pdf>. (アクセス日 2024.07.08)
- 4) 増井利彦・高橋潔 (2023) 脱炭素社会の実現に向けたモデル研究の状況と展望-アジア太平洋統合評価モデル AIM を通じた考察-, 環境科学会誌, 36 (2), 83-93

キーワード 脱炭素, 地域経済, 地産地消, CGE, 鳥取県

労働安全衛生法に基づくリスク評価のための揮発性有機化合物パッシブ法の検討とデータベース構築

A Passive Sampling Method and Parameter Databases for Risk Assessment of Volatile Organic Compounds

横浜国立大学 ○溝渕円香, 労働安全衛生総合研究所 王齊, 静岡県立大学 雨谷敬史,
柴田科学(株) 福島靖弘, 鈴木義浩, 深澤英, 横浜国立大学 三宅祐一

1. はじめに

作業環境中で用いられる揮発性有機化合物 (VOCs) は、多くが労働安全衛生法の対象となっており、リスク評価が必要である。パッシブ法は測定費用が安価なことや取り扱いの容易さから、リスク評価において有用である。一方、多様な VOCs についてパッシブ法を適用するために必要なパラメータの情報が不足している。本研究では計算からパラメータを求める方法を検討し、必要な情報を掲載したデータベースを構築した。

2. 方法

労働安全衛生法でリスクアセスメントが義務付けられた物質のうち、33 種類の VOCs について、カーボンビーズアクティブ (CBA) とカーボンビーズパッシブガスタンチューブ (CBP) (ともに柴田科学 (株) 製) で捕集し、ISO16107¹⁾に基づいてサンプリングレート (SR) を測定した。また、同様にリスクアセスメントの対象となる 86 物質を含む計 98 物質の VOCs について、直接添加法²⁾を参考に、CBA より取り出した活性炭からの脱着率を測定した。脱着溶媒は二硫化炭素とし、これらの分析は GC/MS で行った。

3. 結果と考察

3.1. SR の推算方法の検討

Fick の第一法則より、SR ($L \cdot min^{-1}$) は空気 A 中における物質 B の分子拡散係数 D_{AB} ($cm^2 \cdot sec^{-1}$) の関数として表すことができる。分子拡散係数の実測値が存在する物質は限られているため、本研究では分子拡散係数の推算方法を検討した。分子拡散係数の推算式として Chen and Othmer の式³⁾を選定した。SR を実測した 33 種類の VOCs に対して、分子拡散係数の推算値と SR 実測値の間に正の相関関係が認められた。また、SR の推算値を SR の実測値で除した値の平均値を求めると、1.01 ($\pm 7.7\%$) となり、1 に近くばらつきも小さいことから推算精度の高さが確認できた。

3.2. 脱着率の推算方法の検討

脱着機構に着目してパラメータの検討を行った。既往

研究によると、活性炭に吸着した物質の脱離速度は一次反式により近似される⁴⁾。これをもとに脱着率 r (-) を一次式の積分型速度式と、ロジスティック回帰モデルを用いて表した (式 1)。

$$r = \frac{e^x}{1 + e^x} \quad \dots (1)$$

x は、原子団の数を説明変数として重回帰分析を行うことで決定した。

脱着率の実測値と、脱着率の推算値の関係を図 1 に示す。図 1 より、脱着率を 0 から 1 の範囲で高精度に推算できることが示された。

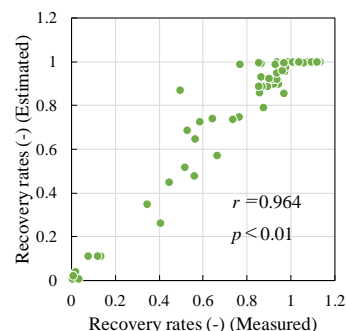


図 1 脱着率の推算値と実測値の関係

3.3. VOCs パッシブ法のパラメータデータベースの構築

厚生労働省が公表しているリスクアセスメント対象物質の一覧 (2024 年 4 月 1 日更新) に含まれる 239 物質の VOCs に対して、SR や脱着率、算出の際に用いたパラメータを記載したデータベースを構築した。以上より、様々な VOCs に対して、必須パラメータを実測することなく、パッシブ法を適用できることが示された。

4. 謝辞

本研究は環境研究総合推進 (JPMEERF18S11704、JPMEERF20231M04) の助成を受け実施した。

参考文献

- 1) ISO 16107:2007; 2) 作業環境測定ガイドブック 5;
 - 3) N. H. Chen and D. F. Othmer, *J. Chem. Eng. Data*, **7**, 37-41 (1962); 4) B. Özkaya, *J. Hazard Mater.*, **129**, 158-163 (2006)
- キーワード VOCs, 個人曝露評価, パッシブ法

人工海水中のマイクロポリエチレン・ポリプロピレンに対するポリ塩化ビフェニル異性体の吸着特性 Sorption properties of polychlorinated biphenyl isomers to micro-polyethylene and -polypropylene in artificial seawater

○服部 兼真, 須之内 朋哉, Nguyen Minh Tue, 後藤 哲智, 日向 博文, 国末 達也
(愛媛大学 沿岸環境科学研究センター)

1. はじめに

海域に流出したプラスチック製品・廃棄物は、摩耗や紫外線劣化により粒子径 5 mm 以下のマイクロプラスチックまで微細化することが知られている。海洋環境中のマイクロプラスチック量は 2030 年に 5300 万トンに達すると推測されており¹⁾、地球規模での汚染拡大が危惧される。また、海洋マイクロプラスチックに対する残留性有機汚染物質 (POPs) など有害化学物質の吸着も、キャリアやベクター効果の問題²⁾から依然として学術的・社会的関心は高い。例えば、米国のサンディエゴ湾で実施されたフィールド研究では、POPs であるポリ塩化ビフェニル (PCBs) が汎用プラスチックに比較的高濃度で吸着することを報告している³⁾。しかしながら、マイクロプラスチックの素材別および PCB 異性体別の吸着挙動やメカニズムに関する基礎データは、ほとんど集積されていない。そこで本研究では、海洋環境を想定したラボスケールの吸着試験法を構築し、マイクロポリエチレン・ポリプロピレンに対する PCB 異性体 2 種の吸着特性を解析した。

2. 試料と方法

本研究では、海水から相対的に高濃度で検出される 2 種の PCB 異性体、CB-52 (4 塩素化体) と CB-153 (6 塩素化体) を試験対象とした。各 PCB 異性体の標準溶液を褐色のデュラン瓶に添加し溶媒を揮発させた後、人工海水 (ASW) (TetraMarin® Salt Pro, USA) を加え、120 rpm で 20 h 平衡化した。次いで、マイクロポリエチレン (MPE) またはマイクロポリプロピレン (MPP) を封入したステンレス製のメッシュゲージをデュラン瓶に加えた後、恒温振とう機を用いて攪拌を開始し (120 rpm, 48 h)、ASW と MPE を経時的 (1, 3, 6, 12, 24, 48h) にサンプリングした。ASW および MPE・MPP 試料は、それぞれ液液分配と超音波処理により抽出した。抽出液に含まれる PCB 異性体は、ガスクロマトグラフ-四重極型質量分析計 (GC-MS) の選択イオンモニタリングモードで定量した。

3. 結果と考察

吸着試験の結果、MPE に対する CB-52 と CB-153 の吸着濃度は経時的に上昇傾向を示した (Fig.1)。反復 (3 回) 試験を実施したところ、概ね同様の傾向を示し再現性が確認された。吸着濃度の経時的パターンは CB-52 と CB-

153 で異なっていたため、以下の式⁴⁾から吸着速度定数を算出した。

$$C_{\text{plastic}}(t) = K_{\text{pw}} C_{\text{water}} (1 - e^{-kt})$$

$C_{\text{plastic}}(t)$: 各時間におけるプラスチックへの PCB 吸着濃度
 $C_{\text{water}}(t)$: 各時間における人工海水中の PCB 吸着濃度
 K_{pw} : プラスチック/水分配係数
 k : 吸着速度定数

その結果、CB-52 と CB-153 の吸着速度定数は、それぞれ 0.103 と 0.013 と算出され、MPE に対する吸着速度は CB-153 に比べ CB-52 で速いことが示唆された。MPP の吸着試験でも同様の傾向が認められ、これらの結果には PCB 異性体の分子サイズが関与している可能性がある。Lin ら (2019) は、マイクロプラスチック (MP) に対する PCBs の吸着挙動をモデル式から予測し、分子量が小さい低塩素化 PCB 異性体ほど MP 粒子に対する拡散係数が高くなることを指摘している⁵⁾。

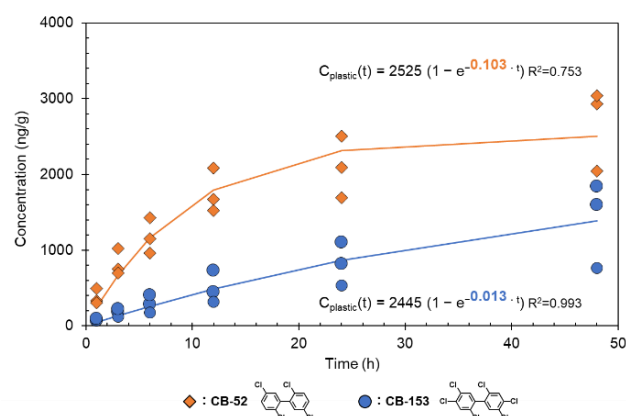


Fig.1. MPE に対する CB-52 と CB-153 吸着濃度の経時変化

参考文献

- 1) Borrelle *et al.*, (2020), Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution, *Science*, 369, pp 1515-1518
- 2) Chen *et al.*, (2018), Pollutants in plastics within the North Pacific subtropical gyre, *Environ. Sci. Technol.*, 52, pp 446-456
- 3) Rochman *et al.*, (2013) Long-term field measurement of Sorption of organic contaminants to five types of plastic pellets: Implications for plastic marine debris, *Environ. Sci. Technol.*, 47, pp 1646-1654
- 4) Town & Leuwwen, (2020), Uptake and release kinetics of organic contaminants associated with micro- and nanoplastic particles, *Environ. Sci. Technol.*, 54, pp 10057-10067
- 5) Lin *et al.*, (2019), Sorption properties of hydrophobic organic chemicals to micro-sized polystyrene particles, *Science of The Total Environment*, 690, pp565-572

キーワード マイクロプラスチック, PCBs, 吸着試験

野生のトビに蓄積するデクロラン類及びベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤の 時系列トレンド：残留性有機汚染物質との比較解析

Temporal trend analysis of benzotriazole ultraviolet stabilizers and dechloranes in wild black kite (*Milvus migrans*): comparison with persistent organic pollutants

○服部 兼真, 後藤 哲智, 山村 紀航, 石丸 一輝, 国末 達也 (愛媛大学 沿岸環境科学研究センター)

1. はじめに

ポリ塩化ビフェニル (PCBs) やジクロロジフェニルトリクロロエタン (DDT) に代表される残留性有機汚染物質 (POPs) は、生態系食物連鎖を介して猛禽類などの野生鳥類に高濃度蓄積することが知られている。中でも、ヒトの生活圏近傍に生息するトビは人為的影響を受けやすい鳥種であり、ストックホルム条約による規制後も、上記 POPs を慢性的に曝露していることが当研究室の先行研究により明らかとなっている。一方、2023 年 5 月に POPs に指定された紫外線吸収剤 (BUVS) の UV-328 や塩素系難燃剤 (CFR) のデクロランプラスなどの新規 POPs については、生物曝露の実態や蓄積特性に関する科学的知見の集積が国際的に重要視されているが、野生鳥類を対象とした研究は極めて乏しく²⁾、とくに国内のデータは欠落している。本研究では、1977 年から 2022 年に松山空港から提供を受けたトビのバードストライク個体を化学分析に供試し、新規 POPs 及び構造類縁物質の汚染実態と経年変化の解明を試み、既存 POPs と比較解析した。

2. 試料と方法

愛媛大学の生物環境試料バンク (es-BANK) に冷凍保存されていたトビ 22 検体 (1977 年: $n = 5$, 1990 年: $n = 5$, 2001 年: $n = 5$, 2005 年: $n = 3$, 2021 年: $n = 3$, 2022 年: $n = 1$) の胸筋を分析対象とした。筋肉試料は、凍結乾燥後にアセトン/ n -ヘキサン混合溶媒で抽出し、ゲル浸透クロマトグラフィー及び 5%含水シリカゲルクロマトグラフィーで精製・分画した。ガスクロマトグラフ三連四重極型質量分析計を用いて、試料精製溶液中の新規 POPs を含む BUVSs (9 物質) 及びデクロラン類 (7 物質) を定量した。

3. 結果と考察

トビの筋肉試料から既存 POPs だけでなく、新規 POPs 及び構造類縁物質が検出され、これら新興化学物質 (BUVSs とデクロラン類) による曝露が日本の野生猛禽類に及んでいることが判明した。しかしながら、50%以上

の検出率を示した新興化学物質は測定した 16 物質中 5 物質のみであり、デクロラン類は Dec-602 と Dec-603 が、BUVSs は UV-320, UV-327, そして UV-328 が主要であった。興味深いことに、Dec-603 の蓄積濃度は 1977 年と比較すると近年の検体で相対的に低値を示した。Dec-603 は CFR としての使用に加え、有機塩素系殺虫剤である dieldrin 製剤中にも不純物として混在し、環境中に放出されていた可能性が指摘されている³⁾。このことから、トビで観測された Dec-603 濃度の減少傾向は、dieldrin 製剤の使用規制効果を反映しているものと推察された。一方、最近 POPs に指定された UV-328 の蓄積濃度は 2000 年代にかけ上昇し、既存 POPs (CB-153, p,p' -DDT) や Dec-603 とは異なる傾向を示した (図 1)。相対的に高い蓄積濃度を示す個体が 2021/2022 年に存在していたことから、餌生物を介した UV-328 曝露の継続が示唆された。

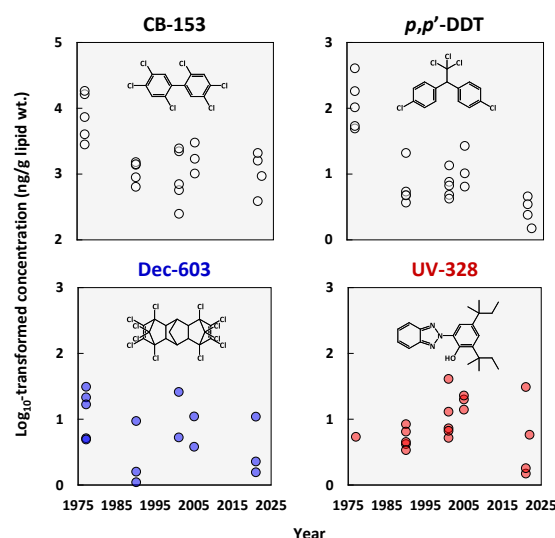


図 1. トビの筋肉中 POPs 及び類縁物質濃度の経年変化

参考文献

- 1) Unpublished data.
- 2) Sun *et al.*, (2012), *Chemosphere*, 89, 445–451.
- 3) Shen *et al.*, (2011), *Environ. Sci. Technol.*, 45, 693–699.

キーワード デクロラン類, ベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤, POPs, トビ, 時系列トレンド

日本の農業生産過程における社会環境リスクの定量評価 —コメ生産システムに対する社会ライフサイクルアセスメントの適用— Quantitative Evaluation of Social Risks in Agricultural Production Processes in Japan: Application of Social Life Cycle Assessment to Rice Production System

北海道大学 ○廣井克郎, 陀欣怡, 赤堀弘和, 山本康貴

1. はじめに

近年、技能実習生への人権侵害等、生産過程における社会環境リスクへの関心が高まっている。しかし、日本の農業生産過程の社会環境リスクを定量評価した研究は少ない。本研究は、日本の農業生産過程が抱える社会環境リスクを定量的に明らかにする。具体的にはコメの生産過程を対象に社会ライフサイクルアセスメント手法を適用して生産段階毎の様々な社会環境リスクへの曝露時間を定量評価し、シェアの大きい生産段階とリスクを明らかにする。

2. 分析手法

分析データには Social Hotspot Database (SHDB) version 4.01 を利用した¹⁾。日本のコメ 1 米ドルあたりの生産に必要な中間財の種類・投入額・国と、それぞれの投入労働時間および全 25 分類 136 種の社会指標別のリスクレベルに係るデータを抽出し、これらを基に、*SF* (Social Footprint) を算出する。*SF*は、各分類の社会環境リスクに曝される労働時間を、4 段階のうちの中リスクを基準に換算して合計した労働時間である。*SF*の値が大きいほど該当する社会環境リスクに直面する可能性が大きいことを表す。*SF*の高低と生産段階別シェアにより、重要度の高い社会環境リスクと生産段階を特定する。

$$SF [mrh eq.] = \sum_{i=1}^n (T * R_i * W) \quad (1)$$

ここで、*i*: 社会指標、*n*: 分類内の社会指標数、*T*: 労働時間、*R_i*: リスクレベル、*W*: 社会指標ウェイト ($1/n$) である。リスクレベル *R_i* は、最高リスク: 10、高リスク: 5、中リスク: 1 (基準)、低リスク: 0.1 とし、リスクデータなし・リスク根拠なしの社会指標は計算から除外した。

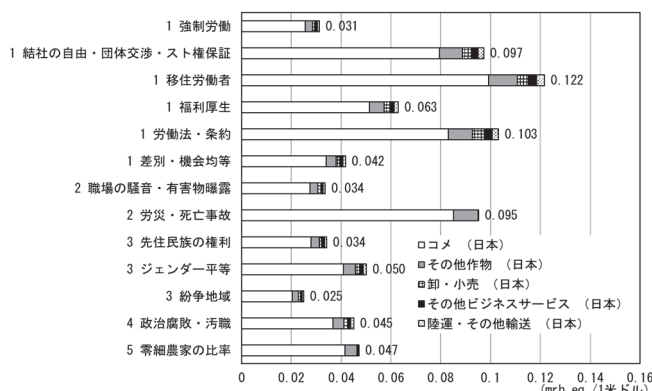
3. 結果

日本のコメ生産と関連性が高い産業として、総労働時間に占める労働時間割合が 1%以上を占める産業を抽出したところ、日本の 5 つの産業 (コメ、その他作物、卸・小売、その他ビジネスサービス、陸運・その他輸送) が特定された。これら 5 つのコメ生産に関連する生産段階

について *SF* を算出し、25 分類ごとに集計した (図 1)。

SF の合計は「移住労働者」(0.122) が最大であり、その後は「労働法」(0.103)、「結社の自由・団体交渉・ストライキ権の保証」(0.097)、「労災・死亡事故」(0.095) の順となっている。つまりこれらが日本のコメ生産において重要度が高い社会環境リスクである。

また各産業が *SF* の合計に占める時間割合を分類ごとにみると、概ね、どの分類でもコメが 80~90% 弱、その他作物が 10% 弱を占めた。



注 1) 分類名左の数字は、対応する大分類で、1 は「労働者の権利と適正労働」、2 は「健康と安全」、3 は「人権」、4 は「統治」、5 は「地域インフラ」を表す。

注 2) mrh eq. はリスクに曝露する中リスク換算の労働時間を表す。

注 3) 0.02 mrh eq. 以上の分類のみ抽出して図示した。

図 1 社会指標 (25 分類) 別 Social Footprint (mrh eq./米ドル)

参考文献

- 1) NewEarth B (2023) Social Hotspot Database, <http://socialhotspot.org/>. last accessed 2024/07/03

謝辞

本稿は JSPS 科研費 JP22H02441, JP23K23706, JP24K09085 の助成を受けた研究成果の一部である。

キーワード 社会環境, 社会ライフサイクルアセスメント, 社会ライフサイクルインベントリ分析, 社会ホットスポット分析

長鎖ペルフルオロカルボン酸(LC-PFCA)の曝露量推定及びリスク評価に必要な濃度情報の整理：魚、室内空気、ハウスダストに含まれる LC-PFCA 及び前駆物質濃度 Literature review on long-chain perfluorocarboxylic acid(LC-PFCA) concentration in fish, indoor air and house dust

○齊藤歩太¹⁾、細田隼基²⁾、光崎純²⁾、中井里史¹⁾

1)横浜国立大学大学院環境情報学府・研究院 2)独立行政法人 製品評価技術基盤機構(NITE)

1. 緒言

長鎖ペルフルオロカルボン酸(LC-PFCA)は、人々への健康影響が懸念されている。昨年の POPRC19 では廃絶対象物質への追加を締約国会議に勧告することが決定され、今後、日本でも化審法での規制実施が予想される。一方で、日本人の曝露の現状及びそれに伴う健康リスクを調査した例は少ない。そこで、主要な曝露経路と考えられる食品(魚)、室内空気、ハウスダストを対象とし、LC-PFCA 及び前駆物質の曝露量推定時に必要な濃度情報の収集及び整理を行った。

2. 方法

室内空気、ハウスダスト、魚を対象とし、主に Google Scholar を使用して、PFCA、concentration、indoor air、house dust、fish のキーワードを基に文献を調査した。対象物質は6つの LC-PFCA(PFNA、PFDA、PFUnDA、PFDoDA、PFTrDA、PFTeDA)、4つの前駆物質(8:2FTOH、10:2FTOH、8:2diPAP、10:2diPAP)とし、測定国(魚の場合は生産国)、測定年度、サンプル数、濃度の中央値、最大値に関する情報を収集し整理した。

3. 結果

室内空気に関して、1つ以上の LC-PFCA、前駆物質を調査した文献が、それぞれ4編、13編確認された。文献での報告例が多く、高濃度が確認された FTOH に関して、国別に最新調査における濃度の中央値を図1に示す。FTOH 濃度の中央値は LC-PFCA よりも2~3桁高い傾向が見られた。

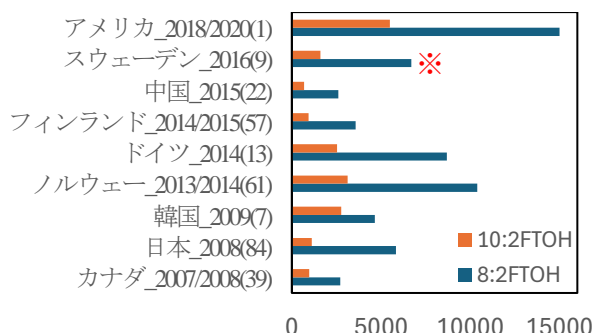


図1 室内空気中の FTOH 濃度(pg/m³)(中央値)
縦軸は、国名、測定年度、サンプル数を示す
※：文献内に中央値の記載がなく、平均値を転記

ハウスダストに関して、1つ以上の LC-PFCA、前駆物質を調査した文献が、それぞれ22編、11編確認された。PFNA、PFDA、8:2diPAP、10:2diPAP は、日本で測定された濃度の中央値が他国と比べて最も高かった。

文献での報告例が最も多く見つかった PFNA に関して、国別に最新調査における濃度の中央値を図2に示す。

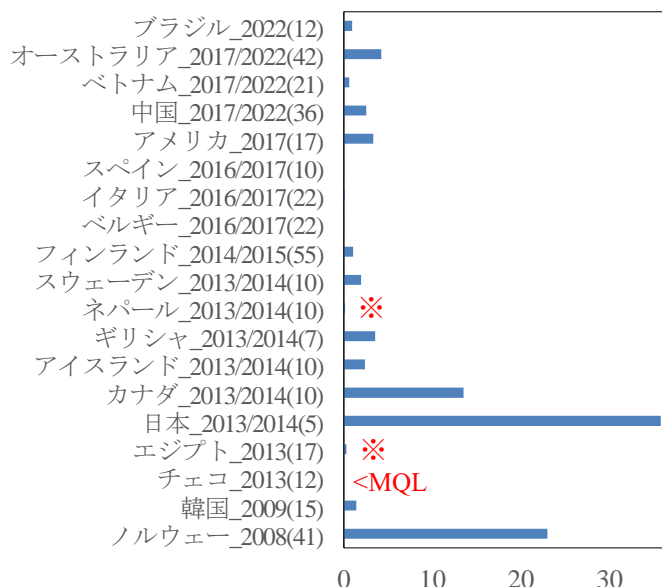


図2 ハウスダスト中の PFNA 濃度(ng/g)(中央値)
※：文献内に中央値の記載がなく、平均値を転記
MQL：Method quantification limit

魚に関して、日本では太平洋、オホーツク海、日本海などで捕獲されたマダラ(Pacific cod)に含まれる LC-PFCA 濃度を調査した文献が2編確認され、各 LC-PFCA の検出が確認された。また、日本人が最もよく食べる生鮮魚介類であるサケ科の魚について、ノルウェー、スコットランド、デンマークなどのそれぞれにおいて、養殖されたサケ中の LC-PFCA 濃度の中央値は検出限界、定量限界以下の値であった。一方で、スウェーデン、アメリカ、カナダなどで捕獲された天然のサケに関しては、LC-PFCA 濃度の中央値もしくは平均値が定量限界を超えた文献が確認された。

4.まとめと今後の展望

室内空気、ハウスダスト、魚に含まれる LC-PFCA 及び前駆物質の濃度情報を整理した結果、各文献で報告されている濃度には差がみられた。今後は濃度情報の収集を継続するとともに、前駆物質からの間接的な曝露及び複数経路からの曝露を共に考慮した LC-PFCA の曝露量推定及びリスク評価を行っていく。

キーワード 長鎖ペルフルオロカルボン酸(LC-PFCA)、POPRC19、曝露量推定、リスク評価

化学工場事故発生時の地方自治体における対応準備状況の把握と課題の分析

Identification of the state of preparedness of local governments to respond to a chemical plant accident and analysis of issues

発表者：○伊藤拓城*, 東海明宏*, 中久保豊彦*, 伊藤理彩*

所属：*大阪大学大学院工学研究科 (Graduate School of Engineering, Osaka University)

1. はじめに

石油コンビナート等特別防災区域(特別防災区域)では、自然災害による影響を含めた防災計画の作成が義務化されている一方で、PRTR 制度(化学物質の排出・移動に関する情報を国が 1 年ごとに集計し、公表する制度)対象事業所における防災計画に関する制度上の整備は始まったばかりであり、より具体的な対策立案が求められてきている。そこで本研究の目的として、化学工場における事故発生時の事業所、地方自治体の現状と課題の把握に焦点を当て、把握された課題から PRTR 事業所が位置する自治体における防災・避難計画の在り方も検討した。

2. 方法

本研究では、特別防災区域¹⁾が位置する都道府県及び自治体の危機管理担当を対象に質問紙調査を実施した。特別防災区域が所在する 33 都道府県 119 市町村に直接郵送で質問紙を送付回収した。なお、回答の便のため、調査方法として google フォームも併用した。調査時期は 2023 年 12 月 7 日から同年 12 月 29 日とした。村山らの先行研究²⁾に基づき、化学工場、特に石油コンビナート地域に焦点をあて、事故時の地方自治体の対応の現状と課題を明らかにすることを目的として、5 つの分野(自治体の属性、コンビナート災害に対する認識、通報/収集/伝達の体制づくり、環境影響に関する認識、住民への適切な情報伝達の体制)から質問紙を設計していた。本研究では、これらの 5 つの分野に加え、災害時における事故への認識及び補足事項等の自由記述欄を新しく加えて、15 問 32 項目の質問紙を作成した。また、回答者の基本属性では回答者の部門・部署に関しても設問を設けた。

具体的な設問項目は、先行研究の設問及び文献調査を通じて決定した。本研究で得られた結果は、先行研究との比較、対象地以外の自治体との比較、単純集計及び設問同士のクロス集計により分析した。

3. 結果・考察

質問紙調査の結果、都道府県 20 件、市町村 32 件の有効回答を得た。回収率はそれぞれ都道府県 60.6 %、市町村 26.9 %、総合して 34.2 %となった。回収率に関しては、回答いただいた担当課の所掌範囲や立地企業の

撤退等も影響していたと考えられる。

特別防災区域における避難計画の策定の状況を、村山らの先行研究と経年推移で比較してみたところ都道府県における避難計画を策定した割合は変化せず、市町村において 12.2 %増加、全体で 10.2 %増加していた。

回収した質問紙について(事故対応計画について)分析した結果、以下の 3 項目について課題が確認できた。

- 都道府県と自治体の情報管轄における課題：事故対応に関わる部署が曖昧、法制度改正の把握割合が低い
- 災害発生直後の対応への課題：特定災害のみ想定
- その他、環境影響：環境影響防止措置について計画策定している割合が低い

4. 結論

質問紙調査から、特別防災区域における防災計画の策定について、普及は進んでいるものと考えられる。一方で、化学工場における事故発生時についてⅠ. 都道府県と自治体の情報管轄における課題、Ⅱ. 災害発生直後の対応への課題、Ⅲ. その他、環境影響の 3 種の課題が推察された。都道府県・自治体、今回調査できなかった事業所について情報の管轄を明確化、画一化を図ることで各機関の連携強化による防災対策効果が期待される。加えて、各主体における地域的な特徴から、事故発生時の危険について差が生じることが考えられる。PRTR 対象事業所が位置する自治体について、事業所による対策に依存しない計画が必要になると考えられる。

謝辞

本研究は、環境省・(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20231M03)により実施した。

参考文献

- 総務省消防庁:石油コンビナート等特別防災区域の特定事業所における事故概要(令和 4 年中)、2023. 5. 29(2024. 2. 8. 閲覧)
- 村山武彦, 今中厚志, 錦澤滋雄, 長岡篤:化学工場における事故時の地方自治体の対応に関する現状と課題, 2017、(2024. 2. 8. 閲覧)

キーワード 特別防災区域、防災・避難計画、地方自治体、化学工場事故

日本の休廃止鉱山における災害時を対象とした環境リスク評価 —秋田県の事例を基にした指標の策定と適用—

Environmental Risk Assessment for Disaster Mitigation in Closing Mines in Japan: Development and Application of Indicators Based on a Case Study in Akita Prefecture

大阪大学大学院工学研究科 ○谷村和樹，東海明宏，中久保豊彦

1. 背景と目的

日本には約 100 か所の休廃止鉱山があり¹⁾、平時・災害時ともに環境リスク管理が求められる。本研究では、災害時の突発的な流出に対し、環境リスクや周辺環境の脆弱性が高い鉱山を特定し、リスク評価指標を用いて相対評価することを目的とする。既存研究²⁾を基にした指標の策定により、秋田県内の 7 か所の休廃止鉱山に対し、環境リスク評価を実施した。

2. 方法

本研究でのリスク評価値はリスク源のハザード、脆弱性、制御システムの 3 項目から構成される。リスク源指標は排出重金属の量と毒性に基づき、脆弱性指標は人口や農用地面積といった周辺環境の脆弱性を評価し、制御システム指標は災害対策の有効性を測定した。リスク評価値が最も高かった 1 鉱山に対し、具体的な災害シナリオを仮定し、より詳細な環境リスク評価と災害対策の費用対効果分析を行った。本研究では対象物質をカドミウムとし、実際の事故事例に基づき、豪雨と落雷の複合シナリオにおける坑廃水処理施設の停止を想定し解析を実施した。災害の発生確率は、豪雨発生確率と落雷確率により算出した。また時間当たりの重金属処理量は等しく、処理済みの重金属はすべて埋立処理されるという仮定の下、事故時のカドミウム流出量を PRTR 情報をもとに推算し、河川中濃度を AIST-SHANEL を用いて算出した。対策については、事故発生時の手動中和薬剤を取り上げ、得られる効果を水道水経由の曝露量の削減割合とした。効果を対策費用で除した値を他のカドミウム曝露対策と比較し、対策の有効性を検証した。

3. 結果と考察

本研究でのリスク評価値は、O 鉱山で最も高くなった。これは、周辺人口が多いことが要因と考えられる。詳細な環境リスク評価を実施したところ、無対策下では、事故時の実測値に比べ 1.52 倍の Cd 濃度になり、翌日以降は定常時と同水準まで濃度が減少するという結果が得られた(図 1)。また、対策の費用対効果は他の対策に比

べ高いという結果が得られた(表 1)。

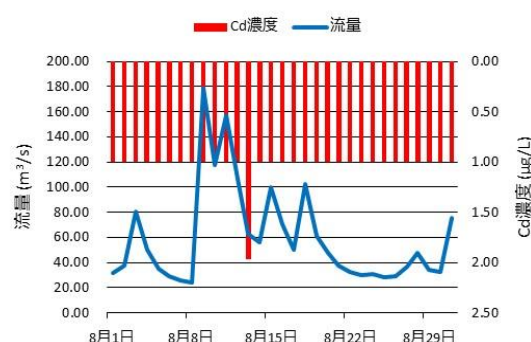


図 1 河川中 Cd 濃度と河川流量

表 1 各カドミウム曝露対策の費用対効果

対策	Benefit/Cost (%/億円)
Ni-Cd 電池回収率向上	0.000088~0.00036 ³⁾
農用地汚染防止対策	0.00845 ³⁾
休廃止鉱山災害事故対策	0.0197

4. 結論

本研究で構築したリスク評価手法は、今後の適用拡張を通じて休廃止鉱山災害対策導入の優先順位付けや評価に活用する予定である。

参考文献

- 1) 経済産業省 (2023) 特定施設に係る鉱害防止事業の実施に関する基本方針(令和 5 年度～令和 14 年度)
- 2) Gao et al. (2021) Natural hazard triggered technological risks in the Yangtze River Economic Belt, China
- 3) 中西ら (2008) 詳細リスク評価書 13 カドミウム, 丸善

謝辞

本研究は、環境省・(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20231M03)により実施した。

キーワード 休廃止鉱山, 費用対効果, Natech

加熱式タバコに特異的な放散物質のスクリーニング分析 Screening analysis of emitted compounds specific to heated tobacco products

静岡県立大学 ○星野真梨彩, 野呂和嗣, 雨谷敬史

1. 背景

加熱式タバコ(Heated Tobacco Products:HTPs)は紙巻きタバコに代わり、若年層を中心に利用者が増加している¹⁾。そのため、HTPs 由来の受動喫煙リスクの評価が社会的に重要となってきた。受動喫煙者の健康影響が懸念されている環境タバコ煙(ETS)は、ヒト発がん物質に分類され、ETS 曝露量把握手法のマーカーとして、ニコチンが用いられてきた。しかし、ニコチンは紙巻きタバコと HTPs の両方から放出されるため、HTPs のみの受動喫煙を評価するためにニコチンを適用することはできない。そのため、燃焼式タバコと HTPs の受動喫煙によるリスクを正確に評価するためには、HTPs に由来する受動喫煙の評価手法が必要である。そこで本研究では、HTPs の受動喫煙リスクを評価するため、HTPs 煙に含まれる放散物質のスクリーニングを行い、特異的化学物质の候補を探索した。

2. 実験方法

サンプルと対象物質

A 社 9 種、B 社 10 種の計 19 種類の HTPs を使用した。30 種の香料、2 種の添加剤、41 種の VOCs、10 種のアルデヒド類の計 83 物質を対象物質とした。香料の対象物質は Unknowns 解析(データベース: NIST MS Search, Off Flavor)にて選定した。

主流煙の捕集と抽出

Health Canada Intense 法(吸煙量:55 mL、吸煙時間:2 秒、吸煙間隔:30 秒)に従い、三方コックを用いて制御し、主流煙を捕集した。フィルターパック(a)、DNPH カートリッジ(b)、活性炭チューブ(c)を使用し、主流煙の粒子・ガス成分を捕集した(Fig.1)。フィルターは 5 mL の 20mM 酢酸アンモニウム水溶液、活性炭チューブは 5 mL の CS₂、DNPH カートリッジは 5 mL のアセトニトリルを用いて抽出した。フィルターは LC-MS/MS、DNPH は HPLC、活性炭は GC-MS を用いて分析した。

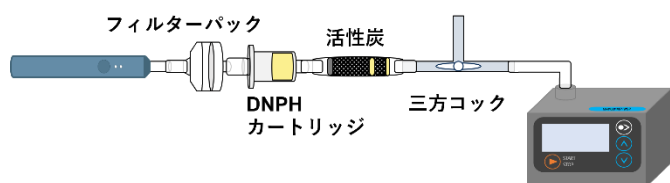


Fig.1 タバコ主流煙の捕集

3. 結果・考察

Fig.2 に HTPs の主流煙の香料と VOCs の濃度結果を示す。A 社と B 社に共通して香料 11 物質、VOCs 6 物質が検出された。全サンプルから検出された(-)-menthol と triacetin が、HTPs の特異的化学物质の第一候補である。(-)-menthol の濃度範囲は、316–1,440 $\mu\text{g stick}^{-1}$ (A 社)、0.0459–277 $\mu\text{g stick}^{-1}$ (B 社)であり、triacetin の濃度範囲は、200–471 $\mu\text{g stick}^{-1}$ (A 社)、0.0750–11.5 $\mu\text{g stick}^{-1}$ (B 社)であった。しかし、紙巻きタバコの主流煙から(-)-menthol と triacetin がそれぞれ 1,610 $\mu\text{g stick}^{-1}$ ²⁾、320 $\mu\text{g stick}^{-1}$ ³⁾ 放散したとの報告があり、これらの物質は特異的化学物质として単独の HTPs のマーカーにはならない。

B 社から検出された 1,2-propandiol の濃度範囲は 0.712–2.06 $\mu\text{g stick}^{-1}$ と比較的濃度であったものの、既往研究では HTPs から高濃度(589–624 $\mu\text{g stick}^{-1}$)で検出されている³⁾。また、紙巻きタバコからの 1,2-propandiol の放散量は 8.35 $\mu\text{g stick}^{-1}$ ³⁾であり、HTPs の 2%程度であるため、HTPs 特異的化学物质の候補である。今後は、加熱温度や分析条件を再検討し、HTPs からの 1,2-propandiol の放散量を再検討する。

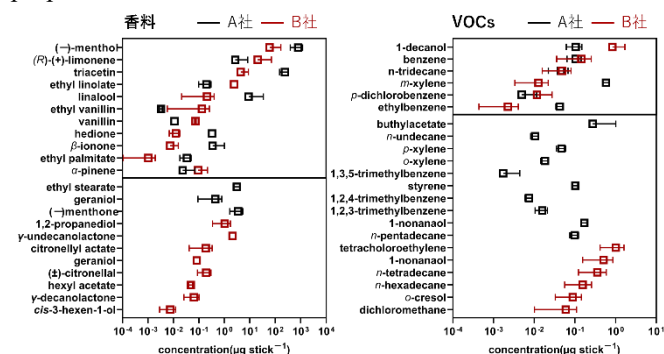


Fig.2 HTPs 主流煙の香料と VOCs の濃度

謝辞

本研究の一部は、公益財団法人喫煙科学研究財団の助成金によって遂行されました。

参考文献

- 1) 厚生労働省, 2019, 令和元年「国民健康・栄養調査」
- 2) Gorden et al., 2011, *Chem. Res. Toxicol.*
- 3) An et al., 2024, *Environmenyt International*.

キーワード 加熱式タバコ, スクリーニング分析

本発表は取り下げとなりました

種の感受性分布を用いた静岡県吉田川における農薬の生態リスク評価 Evaluation of ecological risk of pesticides using species susceptibility distributions in the Yoshida river, Shizuoka

○守谷美祐¹、野呂和嗣¹、矢吹芳教²、雨谷敬史¹（¹ 静岡県大、² 大阪環農水研）

1. 背景

ネオニコチノイド系農薬は作物への散布や降水などの環境要因によって河川に高濃度で流出するため、水環境における濃度変動が大きい。また、農薬の長期暴露は水生生物へ悪影響を及ぼす可能性がある。よって、河川中農薬のリスクを評価するためには、中長期的な観測が必要である。本研究では、既存の極性有機化合物積算サンプラー（POCIS）では捕集できなかった、高親水性ネオニコチノイド系農薬であるジノテフランに適用可能な新規 POCIS を開発し、ジノテフランを含む 125 種類の農薬について、14 日間の長期濃度調査を行った。さらに、種の感受性分布（SSD）を用い、農薬の生態リスク評価を行った。

2. 方法

野外調査

静岡県静岡市の吉田川において、2023 年 7-8 月の期間に野外調査を実施した。

新規 POCIS（膜：ポリテトラフルオロエチレン膜、吸着剤：活性炭ディスク）と市販 POCIS（膜：ポリエチレンスルホン膜、吸着剤：HLB）を用いた。POCIS を保護キャニスターに入れ、河川に設置した。POCIS を回収後、吸着剤を取り出し、新規 POCIS はアセトンとジクロロメタンによる超音波抽出を行った。市販 POCIS はメタノールとアセトンによって流下抽出した。得られた抽出液は窒素吹付により乾固させ、メタノール 1 mL に定量し、内標準溶液を添加後、液体クロマトグラフ質量分析計を用いて分析した。

POCIS サンプルと並行してグラブサンプリングを行った。川から採取した水試料 1 リットルを、あらかじめ洗浄した褐色の瓶に保管し、冷暗所で保管した。採水時には水温（℃）、pH、電気伝導率（ mS m^{-1} ）、総溶解固形分（TDS; g L^{-1} ）、塩分濃度（ppt）を測定した。グラブサンプリングで得られた河川水は HLB カートリッジに通水し、メタノールとアセトンを用いて流下抽出した。POCIS サンプルと同様に前処理し、分析した。

リスク評価

SSD を用い、農薬濃度から農薬に影響を受ける種の割合を推定した。この割合が 5%以下であれば、農薬の生態リスクは低いと考えられる。

3. 結果と考察

野外調査

グラブサンプリングから得られたジノテフラン平均濃度は、POCIS から得られたジノテフラン濃度よりも低く、それぞれ 3.75（8 月 8-22 日）–10.1（7 月 10-25 日） ng L^{-1} 、5.43（7 月 25-8 月 8 日）–14.8（7 月 10-25 日） ng L^{-1} であった（図 1）。ジノテフランの濃度が 1 日で 119 倍（7 月 23 日）上昇したことが示すように、河川における農薬濃度は 1 日以内の短期間に上昇する。この濃度上昇は降水の影響であると考えられる（図 1）。よって、1 回/日のグラブサンプリングであっても、サンプリング間の濃度上昇イベントを見逃す可能性がある。POCIS は濃度上昇イベントを含めた期間の平均濃度を観測できる。このことから、POCIS の観測値がグラブサンプリングの平均濃度よりも高かったと考えられる。

リスク評価

野外調査で得られたジノテフランの最大濃度 106 ng L^{-1} から影響を受ける種の割合は 0.6%であり、期間内の吉田川におけるジノテフランのリスクは低いことが判った。

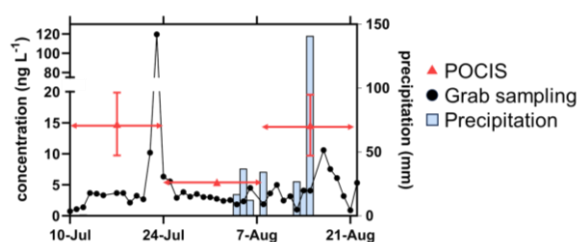


図 1 野外調査におけるジノテフラン濃度と降水量

キーワード ネオニコチノイド系農薬、パッシブサンプリング、POCIS、LC-MS/MS、SSD

本研究は科研費(24K03103)および環境研究総合推進費(JPMEERF20231M04)の助成を受け実施された。

日本からの輸出製品に含まれる化学物質が輸入国に与えるヒト健康リスクの評価 Assessment of the human health risk derived from chemicals in export products from Japan

大阪大学大学院工学研究科 ○小林諒真, 東海明宏, 中久保豊彦

1. 背景と目的

サプライチェーンを通じた化学物質のリスク管理レベルの確保のために、国内外で法律や条約が定められている。国内ではPRTR制度によって事業者が対象化学物質を排出・移動した際に、その量を把握し、国に届け出ることが義務づけられている。また、EUのRoHS指令では電気・電子機器を埋立や焼却処分するとき人に環境に影響を与えないように、EUで販売する電気・電子機器における有害物質の使用を制限している。しかし、世界規模で製品中に含まれる化学物質をモニタリングする法規制は存在しない。

日本国内で生産、使用、廃棄される製品に含まれる化学物質のリスク評価モデルは先行研究¹⁾にて構築されてきたが、日本で生産され国外へと輸出される製品に注目したリスク評価は行われてきていない。特に中古製品は生産から輸出までに時間差があるため、規制以前の物質が含まれた状態で輸出される可能性がある。また、製品の廃棄方法は輸入国によって異なり、輸入国におけるリスクの規定要因の違いも考慮する必要がある。そこで、本研究では製品輸入国の分類とリスク評価モデルを組み合わせることで、日本からの輸出製品に含まれる化学物質によって輸入国で発生するヒト健康リスクを定量的に評価する。

2. 方法

本研究の枠組みを図1に示す。国の分類では、日本からの中古車の輸入台数と環境パフォーマンス指数(Environmental Performance Index, EPI)²⁾の廃棄物管理のスコアの2軸で合計25のグループに分類を行った。中古車の輸入台数が多く、EPIのスコアが小さい国ほど、リスクが高いため、リスク評価の対象国に選定した。

リスク評価では、先行研究³⁾のモデルを引用するが、曝露評価に用いるUSE toxモデルのパラメータは輸入国に合わせてデフォルトの値から変更した。

3. 結果

輸入国の分類の結果、日本からの中古車の輸入台数が10⁵台より大きい国は2つであったが、いずれもEPIが20以下となっており、中古車の輸入台数が多い国

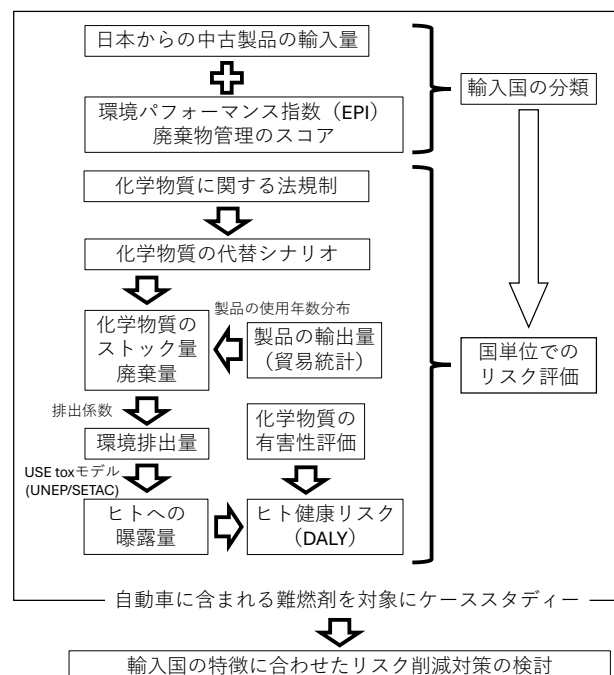


図1 本研究の枠組み

ほどEPIは小さい傾向にあることが分かった。

また、輸入国の分類によりリスクが高いことが分かったモンゴルを対象にリスク評価した結果、日本が輸出した中古車に含まれる難燃剤に起因するDALYは2026年に最大となり、 4.3×10^{-3} [year]であった。

謝辞

本研究は、環境省・(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20231M03)により実施した。

参考文献

- 1) 渡辺真也, 中久保豊彦, 東海明宏, 山本祐吾 (2011) 産業界による自主的な化学物質管理を支援するリスク評価手法の構築—テレビ筐体に含有される難燃剤を対象としたケーススタディー, 日本リスク研究学会誌, 21(4), 285-294
- 2) Yale University (2024) Environmental Performance Index
- 3) Kobayashi, R., Ito, L., Tokai, A. (2023) Assessment of the human health risk derived from chemicals in export products from Japan, Eco Design and Sustainability (SPRINGERにて公開予定)

キーワード 自動車, 難燃剤, リスク評価, 輸出製品, DALY

ポリ塩化ビフェニル廃棄物の無害化処理によるリスク削減効果及び費用対効果の推定 Estimation of risk reduction and cost-effectiveness of detoxifying polychlorinated biphenyl waste

大阪大学 ○宮崎蓮太，東海明宏，中久保豊彦，北九州市立大学 伊藤理彩

1. 背景と目的

日本で広く使われた残留性有機汚染物質の1つとしてポリ塩化ビフェニル (PCB) がある。その有害性から、多額の費用をかけて、PCB 廃棄物の処理が実施されてきた。しかし、その効果についての研究は PCB の排出量削減量によるものに留まる。そこで、本研究では PCB の中でも強い有害性を持つ Co-PCB について、PCB 廃棄物処理によるヒト曝露量削減量を推算することで、PCB 廃棄物処理の合理性を明らかにすることを目的とした。

2. 研究手法

2.1. シナリオの設定と Co-PCB 排出インベントリ作成

PCB 廃棄物は、高濃度 PCB 廃棄物と低濃度 PCB 廃棄物に大別される。前者は意図的に PCB が用いられた製品由来、後者は意図せず PCB が含まれた製品由来で、その処理の枠組みは異なる。そこで処理の実施度が異なる3つのシナリオ (A: すべての PCB 廃棄物を通常の産廃として処理, B: 高濃度 PCB 廃棄物の処理を実施, C: 高濃度 PCB 廃棄物処理に加えて低濃度 PCB 廃棄物の処理を実施) を設定した。各シナリオの Co-PCB 排出インベントリを、小柴ら(2021)¹⁾ の手法で作成した。

2.2. リスク削減効果と費用対効果の推定

リスク削減効果の推定のため、各シナリオの Co-PCB 排出インベントリに基づく環境中濃度下での Co-PCB 曝露量を求めた²⁾。一方で費用対効果の推定は、各シナリオでの排出量・曝露量の比較により、PCB 廃棄物処理による排出量削減量及び曝露量削減量を推算し、それで処理費用^{3,4)}を除することにより実施した。

3. 結果と考察

推算した環境中濃度下における Co-PCB 曝露量を図1に示す。図1より Co-PCB の曝露経路は食事経由が主で、魚介類が約60%を占めた。また、PCB 廃棄物処理の費用対効果の推計結果を表2に示す。表2から低濃度 PCB 廃棄物の処理による単位削減量あたりの費用は、高濃度 PCB 廃棄物の処理と比較して、排出量の段階で105~277倍、曝露量の段階で58~152倍であった。

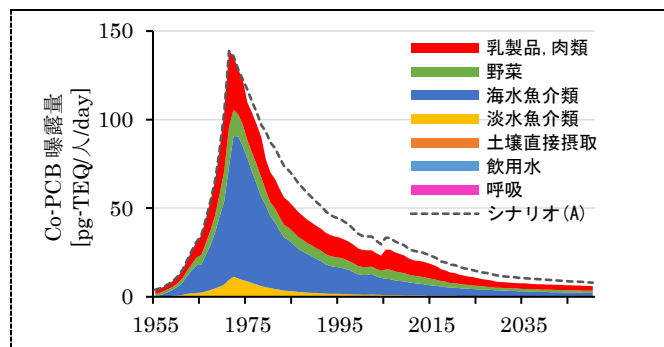


図1 シナリオ B の曝露量

表1 費用対効果の比較

処理対象	高濃度PCB廃棄物	低濃度PCB廃棄物
排出量削減量 [kg]	4,870	90
曝露量削減量 [mg-TEQ]	24,481	802
処理費用 [円]	8,000億	15,800-40,100億
排出量あたりの費用 [円/kg]	1.6億	174-443億
曝露量あたりの費用 [円/mg-TEQ]	0.33億	19-50億

4. 結論

本研究では、1955年にPCBが社会に導入されて廃絶に至るまでの物質としての生涯を解析するとともに、特に低濃度 PCB 廃棄物の無害化処理について、リスク削減効果と費用対効果の両面から、その実施の意義が小さいことを示した。

謝辞 本研究は、環境省・(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20231M03)により実施した。

参考文献

- 小柴絢一郎，平井康宏，酒井伸一：ポリ塩化ビフェニルの生産・使用規制および分解処理の効果検証，廃棄物資源循環学会論文誌，32，20-30，2021。
- Y. Hirai, S. Sakai, N. Watanabe, H. Takatsuki: Congener-specific intake fractions for PCDDs/DFs and Co-PCBs: modeling and validation, Chemosphere 54, 1383-1400, 2004.
- 中間貯蔵・環境安全事業株式会社：事業計画
- 経団連 環境安全委員会 微量 PCB の加速化に向けた新たな仕組みの導入について，2014。

キーワード PCB，曝露量，費用対効果

4種のマイクロプラスチックに吸着した多環芳香族炭化水素類の光分解量子収率の評価

Evaluation of photolysis quantum yields of polycyclic aromatic hydrocarbons adsorbed on four types of microplastics

静岡県立大学大学院 ○柿本祐奈, 野呂和嗣, 雨谷敬史

1. 背景

直径 5 mm 以下のプラスチックごみであるマイクロプラスチック (MPs) には様々な汚染物質が吸着している¹⁾。MPs に吸着した汚染物質 (吸着物質) は、生物による MPs 誤飲により生物に移行し、生物や生態系に悪影響を及ぼす可能性がある。代表的な吸着物質である多環芳香族炭化水素類 (PAHs) は、その一部が発がん性や変異原性をもつ。しかし、MPs に吸着した PAHs の環境リスクを評価するために不可欠な、PAHs の動態に関する知見は不足している。PAHs は光分解によって毒性が増悪する可能性があることから、MPs に吸着した PAHs の光照射下における動態が重要である。この動態には、温度や場所、MPs 粒径、MPs 素材などに依存すると考えられる。本研究では、MPs に吸着した PAHs の光分解における動態の解明を目的とし、MPs 素材が光分解に及ぼす影響を評価した。

2. 実験方法

2.1. 光照射試験

MPs 粉末 (50 mg) に、13 種 PAHs 混合アセトニトリル標準液 (2 mg L⁻¹, 125 μL) を滴下し、窒素吹き付けにより乾燥させて MPs サンプルとした。MPs の素材として、ポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP)、ポリエチレンテレフタレート (PET) の 3 種を用いた。石英ガラス窓付きステンレス容器内に超純水 (100 mL) と MPs サンプルを入れ攪拌し、恒温槽内で UV-LED 照射装置を用いて紫外線 (波長 305 nm) を照射した。照射時間は、5、10、15、30、60、120 min とし、温度条件は 20℃であった。並行して暗条件において試験を行った。

2.2. 抽出分析および解析

MPs サンプルを固相抽出チューブに回収し、アセトン：ヘキサン (1:1) 混合溶媒を用いて抽出した (1 mL min⁻¹, 20 min)。抽出液を濃縮し、アセトニトリルに溶媒転換した。この試料を、蛍光検出器付き高速液体クロマトグラフを用いて分析した。

MPs に残存した PAHs 量を一次反応速度式にフィッ

ティングし、光分解速度定数 (k 値) を算出した。この k 値、光線束、吸収断面積から量子収率 (ϕ 値) を算出した。

3. 結果・考察

MPs 素材に関わらず、PAHs の光分解が観測され、一次反応速度式にフィッティングすることで k 値が得られた。したがって、MPs に吸着した PAHs は、実環境においても光分解している可能性がある。ただし、MPs 素材 3 種に共通して、indeno[1,2,3-*cd*]pyrene の分解は確認されなかった。また、PP において phenanthrene および fluoranthene の光分解は確認されなかった。

PE、PP、PET における ϕ 値の範囲はそれぞれ、 2.64×10^{-5} (benzo[*a*]pyrene)– 1.10×10^{-3} (fluorene)、 5.78×10^{-6} (chrysene)– 3.12×10^{-4} (fluorene)、 1.26×10^{-5} (chrysene)– 6.89×10^{-4} (anthracene)であった (Fig.1)。PE、PET と比較すると、PP における ϕ 値が低かった。つまり、PP に吸着した PAHs は、太陽光照射下において長寿命化していることが示唆された。MPs 素材間で光分解速度に違いが生じていることが明らかになり、MPs 吸着 PAHs の動態を評価する際には、MPs の素材を考慮する必要があることが示された。

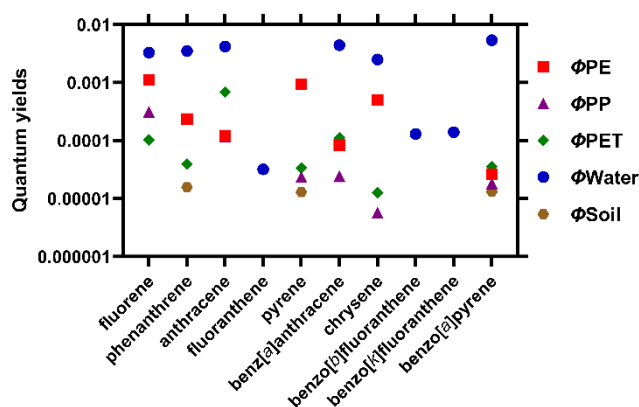


Fig.1 MPs 吸着および他媒体中 PAHs の量子収率

参考文献

1) Chih-Feng Chen et al. 2020. Chemosphere 254, 126818.

キーワード 動態解析、紫外線照射、PAHs

Sustainable Gastronomy Tourism Development in Rural Japan: The case of Chiba Prefecture

Chiba university ○Suleimanov Rizvon

1. Introduction:

Gastronomy tourism is an increasingly popular form of travel that connects a destination's cuisine, environment, traditions, history, and culture. Japan, with its rich culinary heritage and diverse landscapes, offers a unique ground for this type of tourism. This research explores the potential of sustainable gastronomy tourism development in Japan, specifically in rural areas. By examining current trends, challenges, and opportunities, this study aims to uncover strategies for development that benefit local communities, tourists, and businesses.

2. Research Methodology

This research employs a mixed-methods approach, beginning with a quantitative survey of 38 entities, including government agencies and tourism associations across Japan. The survey explored popular tourism types, attractions and landmarks, marketing and promotion, seasonal trends and new markets, visitor demographics, COVID-19 impact and safety measures, infrastructure quality, community engagement, sustainable and responsible practices, and the importance of gastronomy tourism. At the moment, the surveys with diverse range of questions are distributed among Municipalities, Businesses, Locals and Tourists in Chiba Prefecture to understand their needs, motivations and identify opportunities for sustainable growth in tourism sector.

3. Preliminary Survey Findings

Respondents highlighted cultural and gastronomic experiences as the primary attraction for domestic and international tourists (Figure 1) and an increasing diversity in tourist demographics, with a notable rise in younger and solo travelers seeking unique and immersive experiences. The survey also revealed concerns about infrastructure and the need for sustainable practices, highlighting critical areas for future development and research.

4. Conclusion

The research aims to assess the current state of gastronomy tourism in rural and lesser-known areas of Chiba

Prefecture. It seeks to identify unique culinary resources, traditions, and products for tourism development and explore collaboration opportunities among stakeholders and offer recommendations for sustainable and inclusive gastronomy tourism policies and practices in Chiba Prefecture.

Figure 1 Currently Popular and Emerging Tourism Trends

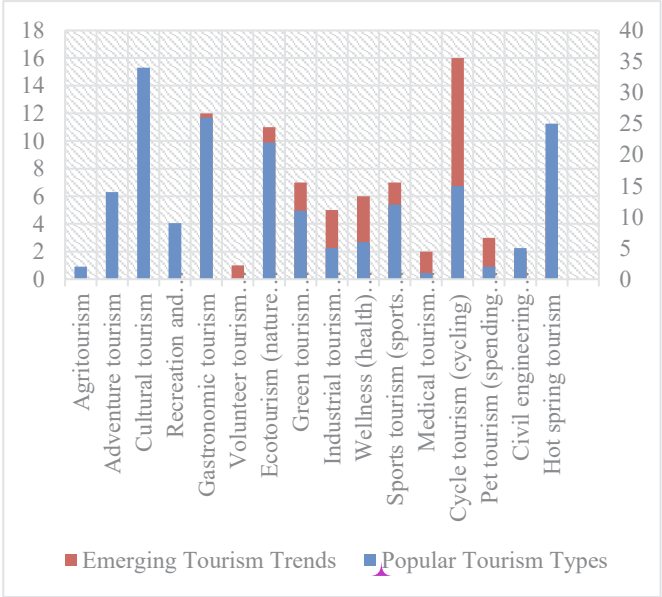
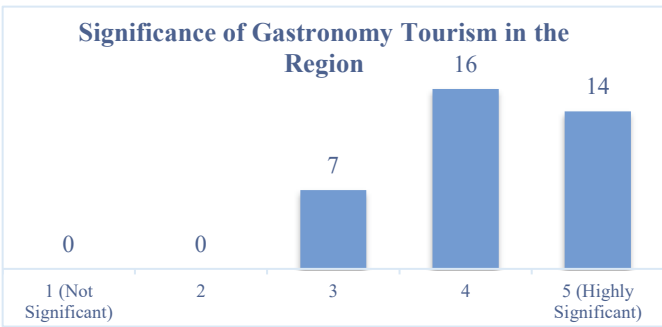


Figure 2 Significance of Gastronomy Tourism in the Region



Keywords: Gastronomy, Sustainable Tourism, Rural development

再生可能エネルギー利用拡大に向けた市町村連携における送電容量の考慮：

北九州都市圏域のケーススタディ

Expanding the Use of Renewable Energy Utilization by Considering the Transmission Capacity in Municipality Coordination: A Case Study of Kitakyushu city and its Surrounding Areas

北九州市立大学 ○垣内真安太，叢日超，藤山淳史，松本亨

1. はじめに

カーボンニュートラルの目標達成のためには再生可能エネルギーの大量導入が不可欠だが、自然条件や土地利用の制約等により、自治体によって再生可能エネルギーの発電ポテンシャルは異なる。そのため、複数の自治体を連系させ、再生可能エネルギーの余剰分を電力需要の大きい自治体へ供給することで、地域全体の再生可能エネルギー利用率向上を目指す広域連系のための電力ネットワーク増強等が検討されている。

本研究では、北九州都市圏域の 18 市町を対象に、各自治体の電力需要量と再生可能エネルギーの供給可能量、自治体間距離、自治体を通過する送電線の容量を考慮し、再生可能エネルギーの余剰が発生する自治体から電力需要の多い自治体へ再生可能エネルギー由来電力を供給することによる効果の推計を目的とする。

2. 研究方法

九州電力送配電の系統情報¹⁾と、送電系統図²⁾の情報をもとに、送電線の通過場所を把握したうえで運用容量の情報を抽出した。自治体間の送電線が複数ある場合は運用容量の合計値を算出し 1 本として扱った。また、送電線の容量を再生可能エネルギーの余剰が発生する自治体から電力需要の多い自治体へ電力を供給する際に配達される電力量の上限値として設定した。隣接自治体間の送電線の距離は、各自治体の市役所・町役場同士を結んだ直線距離と仮定し、送電線が通過している隣接自治体間を結ぶことで、最短経路となるルートを 18 市町全ての組み合わせで算出した。電力需要量と電力供給量（再生可能エネルギー導入ポテンシャル）については、自治体排出量カルテ³⁾をベースに、バイオマス発電と洋上風力の導入ポテンシャルを追加し、設定した。

推計には線形計画法を用い、式(1)に示すように、電力融通を行う自治体間の電力配達量とその自治体間の距離を乗じた値の合計値の最小化を目的関数として定式化した。本研究では送電線の容量を制約条件とするケースとしないケースについて推計を行ったが、下記には送電線の容量を制約条件とするケースの式を示す。

$$\text{Minimize} \quad \sum(x_{ab} \times d_{ab}) \quad (1)$$

$$\text{Subject to} \quad S_a = \sum x_{ab} \quad (2)$$

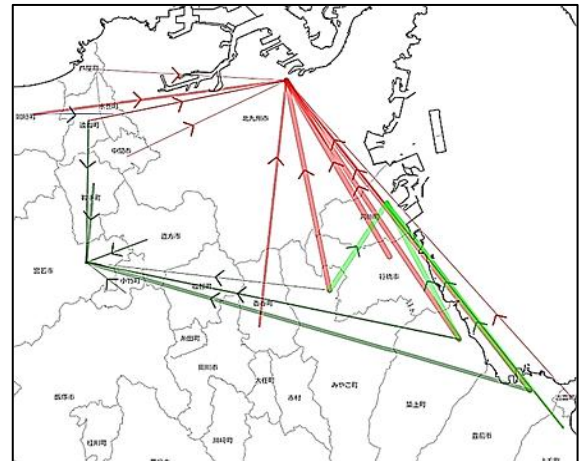
$$S_a \geq \sum x_{ab} \quad (3)$$

$$C_{ab} \geq x_{ab} \geq 0 \quad (4)$$

ここで、添え字の a, b は各自治体、 x_{ab} は b から a へ送電される電力量[MWh]、 d_{ab} は市町村 ab 間の距離[km]、 S_a は自治体 a の不足量[MWh]、 C_{ab} は市町村 ab 間の送電線の運用容量[MWh]である。

3. 結果

都市圏内で電力融通を行うことにより、再生可能エネルギー由来電力の自給率を向上させることができる可能性が示唆された。再生可能エネルギー由来電力の供給量が増加すれば、送電線の運用容量による制限があるケースにおいても供給元となる自治体が遠方の自治体に変わることで電力の配達自体は行われた。これは同時に、近隣の自治体間のみで電力融通を可能とするためには、現状の容量では不足する可能性を示唆している。



注) 電力配達の始点と終点を直線で結んだものであり、線の太さは配達量を表している。

図 1 運用容量を考慮した場合の推計結果

参考文献

- 1) 九州電力送配電 HP, 系統情報の公開
- 2) 松尾豪, 九州電力送配電 送電系統図
- 3) 環境省, 自治体排出量カルテ

キーワード 電力融通, 送電容量, 線形計画法

節水ミスト栽培の開発

Development of Water-saving Mist cultivation System

青森県立名久井農業高等学校 ○中居くらら, 鈴木奨梧, 平山昊也, 赤石紫音, 白鳥滉弥

1. 背景

水の惑星「地球」地球だが、使える淡水は地球の水のわずか 0.01% しかない。その 70% を人間は農業で利用している。人口増加、近年の気候変動により水不足はますます深刻になるといわれている。そこで水耕栽培の一種である噴霧水耕を応用して、節水を目的とした節水ミスト栽培の装置と新しい栽培法の開発に取り組んだ。

2. 実験の方法と材料

2.1. 栽培装置の製作

節水ミスト栽培では、密閉容器の底に 24W の小型超音波発生装置を貼り付ける。上部に植え付け穴を開け、レタス及びスイスチャードは 4 株、トマトは 1 株を植える。容器には養液 3L を充填し、定期的に噴霧した。比較は同規模の水耕栽培装置 (10L) を Control として行った (図 1)。

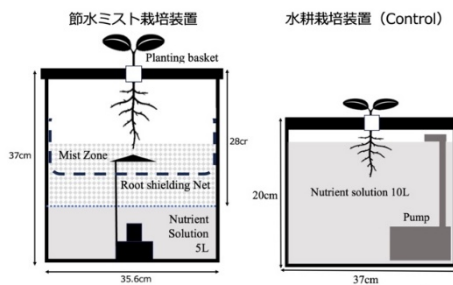


図 1 : 栽培装置

2.2. 試験区

レタスとスイスチャードは 1 時間毎に 1 回 15 分間噴霧する Mist24、1 時間に 2 回噴霧する Mist48 を設けた。トマトは乾燥に強いため約 2 時間毎に噴霧する Mist11 回と日中の 8 時から 16 時までは 1 時間に 1 回、夜間は 21 時と 2 時の 2 回だけの 11 回変則噴霧区を設けて生育、収量、糖度などを比較した。

3. 結果

3.1. 蒸発抑制試験

自作したミスト栽培装置 (3L)、一般的な水耕栽培装置 (10L)、赤玉土を充填した鉢 (0.3L) に養液を入れ、4 日間の蒸発率を測定した。蒸散の影響を受けないよう植物は植え付けなかった。その結果、土の蒸発量は 60%、水耕栽培装置は約 90% 蒸発したが、ミスト栽培装置は

まったく養液は減らず、高い蒸発抑制率が確認できた。

3.2. 生育調査

レタス及びスイスチャードの成長は、Control と Mist48 は大差なかったが、Mist24 では気温が高いと萎れることがあった。これは葉が薄いためだと考えられる。また葉色値 (SPAD) では Control より Mist でやや高くなった。水分不足のストレスを感じている可能性がある。なおミスト栽培すると細く微細な根が多く生えることがわかった。これは空気中の水蒸気を吸収する湿気中根で、これにより噴霧されない時間帯でも水分を得ていたと考えられる。収量では Control と Mist で大差なかった。

トマトでは Control と 11 回 Mist で糖度 8 以下だったが、変則では 11 度以上の高糖度トマトになった。これは日中に光合成の材料である水分を多く与えたことで糖分を多く合成できたこと、また夜間に吸水制限したことで糖分が希釈されなかったからだと考えられる。



図 2 : 左が湿気中根

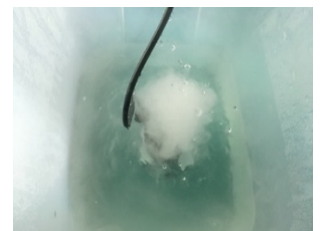


図 3 : ミスト発生

4. まとめ

研究の結果、水量では水耕栽培装置より 70% 削減、さらに定期的なミスト噴霧により肥料の吸収量削減、CO₂ 排出量も 65% 削減できた。

謝辞

本研究の一部は 2023 年度高校活動奨励賞 (クリタ活動奨励賞) の助成金で実施されました。心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Kobe Univ. (2021) Highly functional membrane developed for producing freshwater from seawater, h https://www.kobe-u.ac.jp/en/news/article/2021_01_21_02/

キーワード 節水, 水耕栽培, 持続可能システム

日本主要河川における塩分濃度差発電の発電量予測 Estimating electricity output from salinity gradient power at major rivers in Japan

山梨大学 生命環境学部 環境科学科 ○渡邊琴弓, 島 弘幸

1. 背景と目的

塩分濃度差エネルギー (Salinity Gradient Energy; SGE) とは、塩分濃度の異なる複数の溶液(主に海水と河川水)を混合させて得られる再生可能エネルギーの一種である。世界全体での SGE 潜在量は約 2,200 TWh/年 と試算されており [文献 1]、これは原子力発電所約 400 基分に相当する。この SGE を電力に変換する塩分濃度差発電は、発電量の時間変動が小さく、他の発電方式と比べて設置場所に関する地理的条件も少ない。特に、大都市近郊に設置した場合には、蓄電システムが不要であり、かつ周囲への環境負荷が低いというメリットがある。

日本には、SGE 発電に適した河口域が豊富に存在する。しかし発表者の知る限り、各河口域における SGE 発電量を定量的に推算した例はほとんどない。そこで本研究では、国内主要河川 (109 水系) に関する統計データを用いて、各河口域から得られる SGE 発電量を推算した。さらに、河口域周辺の電力供給源を火力発電から SGE 発電に切り替えた場合の CO₂ 排出削減量を試算した。

2. 解析方法

一般に、河川水(r: river)と海水(s: sea)を混ぜて汽水(b: brackish)にした時に外部へ取り出すことのできるエネルギーは $\Delta_{\text{mix}}G = \Delta_bG - (\Delta_rG + \Delta_sG)$ と表せる。ここで $\Delta_jG = -n_jT_j\Delta_{\text{mix}}S_j$ ($j = b, r, s$) は各溶液の混合ギブスエネルギーであり、モル数 n_j と温度 T_j と混合エントロピー $\Delta_{\text{mix}}S_j$ の積で表される。さらに各エントロピー項の塩分濃度 C_j 依存性を考慮すると、河口域で得られる電力 P_{SGE} は

$$P_{\text{SGE}} = 2RQ \sum_{j=r,s} C_j T_j \ln \frac{2C_j}{C_r + C_s}$$

とかける [文献 2]。ここで R は気体定数、 Q は河口域での年平均流量である。本研究では、上式に含まれる各パラメータ値を国土交通省が提供する河川データブックから抽出し、発電可能な電力量の理想値(最大値)および取水制限下での現実的な値を試算した。

3. 結果と考察

計算結果の一部を表 1 に示す。基本的には、大規模な(平均流量が多い)河川ほど、大量の SGE 発電電力量が見込まれる。ただし取水制限下での発電電力量を考える場合

表 1. 国内主要河川における SGE 発電量の推定結果(例)

	河口での 流量 Q [m ³ /s]	発電電力量 (最大値) [TWh/年]	発電電力量 (取水制限下) [TWh/年]	CO ₂ ガス相当量 (取水制限下) [× 10 ⁶ ton/年]
信濃川	636.99	9.25	3.55	3.07
石狩川	543.51	7.77	2.13	1.84
利根川	469.45	6.84	1.84	1.59
阿賀野川	461.73	6.70	1.10	0.96

は、渇水期 (1 年間のうちで水量が少ない時期) の流量に注意を要する。例えば冬季は、太平洋側で乾燥気候により河川流量が減少する一方で、日本海側では降雪のため渇水が抑えられる。実際、今回の試算結果においても、発電量の大きい上位7本の河川のうちの5本が、日本海側に河口をもつ河川であった。特に信濃川での SGE 電力量は、典型的な火力発電所 1 基分の発電電力量に相当することがわかった。すなわち火力から SGE への転換によって、電力供給量を維持したまま、火力発電由来の環境負荷を低減することができる。さらに表 1 に示した電力量値は、日本と似た地理的条件をもつスウェーデン主要河川での試算結果 [文献 2] と同程度か、やや上回る値であることがわかった。

国内における SGE 発電導入の適地例としては、新潟市が挙げられる。新潟市は日本海沿岸の最大都市(人口 77 万)であり、近年大規模な工業用地が開発されている。そこで、もし信濃川・阿賀野川の河口付近に存在する火力発電所8基の一部を SGE 発電に転換できれば、蓄電設備が不要というメリットを活かせるほか、相当量の CO₂ 排出量削減が期待できる。さらに、工場排水や下水処理水は SGE 発電の淡水源として、海水淡水化の副産物である濃縮海水は海水の代替として再利用することも可能である。今後はこうした水処理過程に起因する SGE 発電量への技術的制約条件を考慮することで、より実用価値の高い推算結果を提示したい。

参考文献

- 1) A. Cipollina and G. Micale (2016) *Sustainable Energy from Salinity Gradients*, Woodhead Publishing, 362 pages.
- 2) M. Essalhi *et al.* (2023) The potential of salinity gradient energy based on natural and anthropogenic resources in Sweden, *Renew. Energy* **215**, 118984.

キーワード 再生可能エネルギー、海洋エネルギー、電力量推定、浸透圧発電、逆電気透析発電

韓国の急激な少子高齢化に着目した需要側の温室効果ガス削減に関する研究

Estimating the Household Carbon Footprint in South Korea in the Context of an Aging Society

○岩元 晟洋¹⁾, 重富 陽介²⁾, Lee Jemyung³⁾, Suk Sunhee⁴⁾

所属 1) 長崎大学 環境科学部環境科学科, 2) 立命館大学 理工学部環境都市工学科,
3) 総合地球環境学研究所, 4) 長崎大学 水産・環境科学総合研究科

1. はじめに

家計は、最終的に消費される財・サービスのサプライチェーンを通じて直接的・間接的に排出される温室効果ガスを定量化するカーボンフットプリント (CF) に基づくと、一国全体の温室効果ガス排出量の約 2/3 に関与している¹⁾。このような家計消費由来の CF (Household CF: 以降は HCF) は人口動態の変化の影響を受けやすく、日本や中国等を対象に先行研究が存在する。

本研究では、これまで分析対象とされず、しかし今後日本以上に急激な少子高齢化の進行が予想されている韓国の HCF に着目し、同国の需要側から見た気候変動緩和策における政策的含意について考察することを目的とする。

2. 方法

本研究では、まず韓国の国家統計 (KOSIS) における家計統計から、世帯主年代階級別の家計消費データを取得した。この家計消費データによる世帯別消費性向 (例: 全消費に占める教育費の割合) および世帯間の市場シェア (例: 若年世帯における教育費の割合) を抽出し、それらの情報をもとに多地域間産業連関モデル²⁾の韓国の家計最終需要部門を、先行研究³⁾に基づく最適化計算によって詳細化した。この操作により、2015 年における韓国の世帯主年代階級別 HCF を、国産品と輸入品を区別しながら 200 部門の財・サービス別に定量化した。

次に、韓国国内における少子高齢化を反映した人口動態の変化が HCF に及ぼしうる影響について、上で求めた 2015 年の世帯主年代別の一世帯あたり HCF に、2050 年までの各世帯の世帯数予測を乗じることで推計した。

3. 結果と考察

本要旨では紙面の都合上、2015 年 (基準年) から 2050 年までの韓国国内における人口動態の変化による HCF への影響を推計した結果について説明する。まず、総 HCF については 2030 年にピークを迎え (基準年比で約 13%増)、それ以降は緩やかに減少すると予想された (図 a)。しかし、世帯主の年代別 (39 歳以下、40-49 歳、50-

59 歳、60 歳以上) にみると、39 歳以下をはじめ、60 歳以上の世帯以外の HCF が減少した (図 b)。一方で、60 歳以上の HCF は基準年比で約 2.5 倍増となった (図 c)。この結果、2050 年の世帯数は基準年比で約 20%の増加に対し、総 HCF は約 4%の増加に留まった。この差は年代別世帯数および家計消費の構成の変化に起因すると考えられる。次に、統合された 13 の消費分類別に HCF の変化を追うと、医療サービスと飲食料品由来の HCF が、それぞれ 2043 年と 2039 年にピークを迎えるまで増加することが示唆された。一方で教育に関しては 2021 年にピークを迎え、最も早く減少すると推計された。

したがって、高齢世帯のライフスタイル、特に医療と飲食料品に着目した GHG 削減対策に注力することが需要側からの気候変動緩和策に重要となると考えられる。発表当日は、より詳細な手法と結果について報告する。

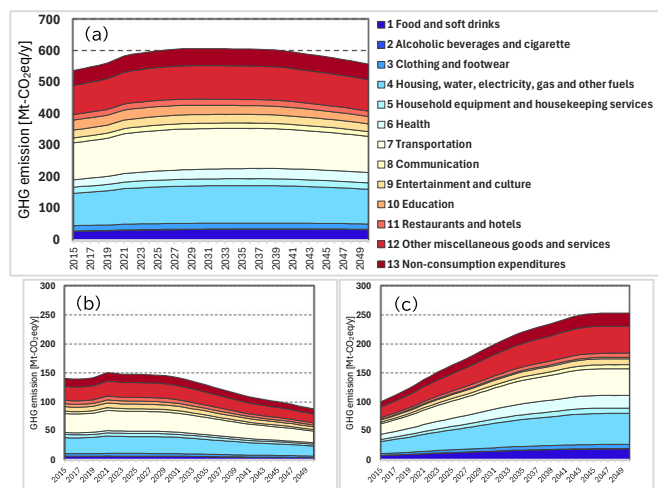


図 2015 年から 2050 年までの韓国における HCF の推移 (a. 総計 b. 39 歳以下 c. 60 歳以上)

参考文献

- 1) Hertwich, E.G. & Peters, G.P., *Environ. Sci. Technol.*, 2009
- 2) Stadler et al., *J. Ind. Ecol.*, 2018
- 3) Shigetomi, Y. et al., *Environ. Sci. Technol.*, 2014

キーワード カーボンフットプリント, 少子高齢化, ライフスタイル, 韓国

甲武信ユネスコエコパークのキシヤヤスデの行動 Behavior of *parafontaria laminate armigera* in Kobushi UNESCO Eco Park

山梨英和高等学校自然科学部 ○穴井音百, 望月夢羽, 加藤美桜

1. キシヤヤスデについて

キシヤヤスデは 8 年に 1 回地上に現れて群遊する。
2016 年に自然科学部では八ヶ岳の清里で発生したものを採集、飼育した。2020 年、私たちは奥秩父柳沢峠 1300m の地点で採集したものを飼育して研究し始めた。

2. 目的

中部山岳地方南部、特に甲武信エコパークと周辺の山地帯～亜高山帯にかけて生息する個体種（奥多摩群と南八ヶ岳群）のキシヤヤスデの社会生態生理について調査し新しい知見を得るとともに大発生の可能性も予測をする。

3. 目的キシヤヤスデとは

古生代から約 3 億年を生き延びてきた日本の固有種で中部地方の山地帯から亜高山帯にかけて生息している多足類の 1 種である。8 年に 1 度 7 齢時（亜成虫）に地上に現れて JR 線路上を群遊し車を止めたことからこの名前が付いたとされている。

4. 研究方法

調査地域をユネスコエコパークとして甲武信岳、大菩薩嶺の各 2 回の調査と調査地点を 37 カ所 72 地点設定する。採集等の現地調査を 10 回行う。土壌をツルグレン装置にかけて抽出する。キシヤヤスデを実験・飼育し生理的な研究も平行して実施する。

5. 結果

5.1. 生息種

ヤスデ目 6 種ムカデ目 6 種を確認した。オビババヤスデとキシヤヤスデの区別は糞の組成（2011, 岩島）や雄の生殖肢の形で同定した（2020, 石井）。ニクロババヤスデとは体色と大きさで区分した。

5.2. 生息分布および推生息標高下限の移動

甲武信エコパーク周辺にはキシヤヤスデが 4 群（奥秩父群、南八ヶ岳群、中部八ヶ岳群、志賀坂群）生息している。（1981, 新島）。そのうちエコパーク内にある 2 個

大群間の境界線（ラミナータライン）を特定した。近年個体数が減少するとともに生息域を狭めている。

奥秩父群と南八ヶ岳群ともに群遊時（新島、山本 2016）及び幼虫期の観察から 1 年間に 10m 前後の下限が上昇している。

5.4. 薬剤・乾燥耐性

8 齢のキシヤヤスデに霧状の殺虫剤をかけ放置し、薬剤に耐える力を持っているか検証した。結果は、耐性をもっていないと予想される。

5.5. キシヤヤスデの構造

幼虫から成虫になる間に改形変態する。成虫は体節が 20 節、同節 18 節からなっている。3 節までが 1 対で 4 節から 2 対脚がでている。幼虫の 4 齢から雄雌の区別ができる。

6. 結果

①ムカデとヤスデの種類や個体数もほぼ同数なのは豊かな森林であるといえる。

②奥秩父と八ヶ岳の間には境界線（ラミナータライン）があり、住み分けがされているといえる。

③エコパークのキシヤヤスデの生息地が確定できたと考える。先行研究と本研究により生息下限標高が 1 年間に約 10m 上昇してきていると考えられる。

④ヤスデは薬剤に非常に弱いと考えられる。

⑤ヤスデは無薬地にいるため殺虫剤のみならず除草剤にも弱いと考えられる。

参考文献

- 1) 新島溪子（1988）キシヤヤスデ類の大発生, 日本生態学会誌
- 2) 伊藤雅道（2001）キシヤヤスデ八ヶ岳霧ヶ峰集団の 2000 年の分布および群遊状況について, *Edaphologia*
- 3) Nijima, Nii, Yshimura（2020）Eight-year periodical outbreaks of the train millipede, *Royal society open science*

キーワード ラミナータ, 甲武信ユネスコエコパーク, キシヤヤスデの大発生

ミジンコウキクサによるバイオエタノールの発酵期間の適正条件

Optimal conditions for fermentation period of bioethanol production by buckwee

(山梨英和高) ○(高)横谷理央・○(高)白戸梨央奈・○(高)佐藤華英

1. 昨年度までの研究

「ウキクサによる水質浄化とバイオエタノール化」
→ミジンコウキクサを用いたバイオエタノールの生成に成功。

2. 研究目的

発酵期間の適正条件（アルコール濃度が最も高くなるまでの発酵期間とする。）を見つけることでミジンコウキクサによるバイオエタノール化が効率的に行えるようにしたいと考え、本研究を行った。

3. 予備実験

バイオエタノール化にミジンコウキクサを熱水処理する必要があるか調べた。100℃ 2時間と 60℃ 24時間での熱水処理を比較した。
→100℃ 2時間の条件での熱水処理が腐敗を抑えられ有効だと分った。

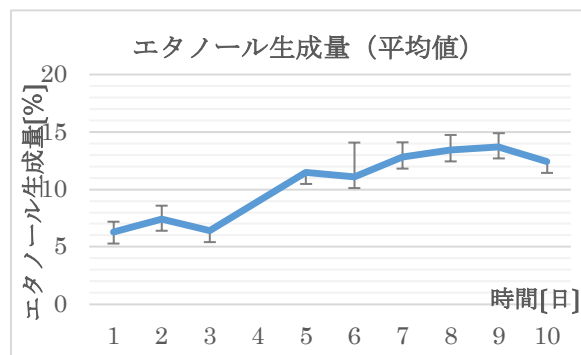
4. 研究内容

ミジンコウキクサ 5.0g（乾燥重量）を 100℃2時間の条件で熱水処理した。イースト菌、米麹を 5.0g、水を 10g 加えたものを恒温機 35℃で発酵させ、1日おきにエタノール濃度を計り、発酵期間による変化を調べた。実験を3回行い、エタノール濃度の計測にはポケットエチルアルコール濃度計を用いた。

5. 仮説

- ・発酵期間には適正な条件がある。
- ・発酵は一定の期間で進まなくなる。

6. 結果・考察



（グラフ2）発酵期間によるアルコール濃度の変化

（結果）アルコール濃度は9日目に一番高くなっていて、10日目には下がり始めた。また、8日目から9日目にかけでの増加量は小さくなり、3回の実験で同様に9日目に腐敗臭が強くなった。

（考察）3回の実験で同様に8日目から9日目でアルコール濃度が高くなったことから発酵期間には最適な条件があると考えられる。また、ミジンコウキクサ 5.0g は日間で十分に発酵できたと考えられる。

7. 今後の展望

- ・酵素の種類や量などの条件を調べる。
- ・細かい温度条件、時間での熱水処理方法で実験する。
- ・セルラーゼを用いて、セルロースの分解を効率的に行なう。
- ・腐敗を抑え、発酵を進める方法を検討する。
- ・ミジンコウキクサの効率的な培養方法を調べる。

参考文献

- 1) 三嶋大介、「ホテイアオイおよびボタンウキクサからのエタノール生成」（2008）
- 2) 森一博、遠山忠、清和成、河野哲郎、「尼ジョン水処理生物学会誌」（2005）

住宅における内装材・家財ストック量の推計

The estimation of interior materials and household goods stock in a house

名古屋大学工学部環境土木・建築学科 ○林優輝
名古屋大学大学院環境学研究科 長谷川正利, 白川博章, 谷川寛樹

1. はじめに

都市内に蓄積された資源の有効利用は、資源管理の大きな課題であり、その賦存量を把握することは再生材の供給ポテンシャルを検討する上で非常に重要である。そこで、本研究では住宅の内装材・家財に焦点を当てその賦存量および物質ストックの推計を行った。

2. 推計手法

本研究で対象とした内装材・家財を表1に示す。内装材・家財の推計は平均的な住宅の「一戸あたりの保有数(個/戸)」と「内装材等の単位重量(kg/個)」を求め、それらをもとに一戸当たりの内装材・家財ストック量(kg/戸)を推計した。内装材・家財の保有数は日本サッシ協会の資料¹⁾や内閣府の消費動向調査²⁾を参考とし、単位重量については、価格.comに登録されている商品重量の平均値を用いた。なお、内装材については、戸建て住宅と集合住宅に分類し、家財については単身世帯と2人以上世帯に分類してストック量を推計した。

さらに、対象とした家財のうち、家電リサイクル法の対象である主要4家電(冷蔵庫・テレビ・エアコン・洗濯機)については、鋼材、プラスチック、銅などの物質ストック量も推計した。

3. 結果

推計の結果、現時点では内装材のストック量は、戸建て住宅では724kg、集合住宅では1世帯あたり158kg、家財のストック量は、2人以上世帯では395kg、単身世帯では269kgと見込まれた。

主要4家電に含まれる物質ごとの重量割合を、1世帯あたりのそれぞれの家電ストックに乗じることで各家電の物質ストックが図1のように求められた。ここで、洗濯機はタテ型洗濯機を適用し、4家電において物質ごとに合計重量を出し、各物質の重量割合を算出すると、鋼材が約50%、プラスチックが約30%、銅が約7%、アルミニウムが約4%、ガラスが約2%を占めるということが分かった。

表1 対象とした内装材・家財

内装材	クロス, 畳, 玄関ドア, 窓, 網戸
家財	デジタルカメラ, タブレット端末, ビデオカメラ, 光ディスクレコーダー・レコーダー, 衛星放送受信装置, 電気カーペット, 掃除機, 温風ヒーター, パソコン, 空気洗浄機, CDプレイヤー, エアコン, 石油ストーブ, テレビ, 電子レンジ, 食洗器, 洗濯機, 冷蔵庫

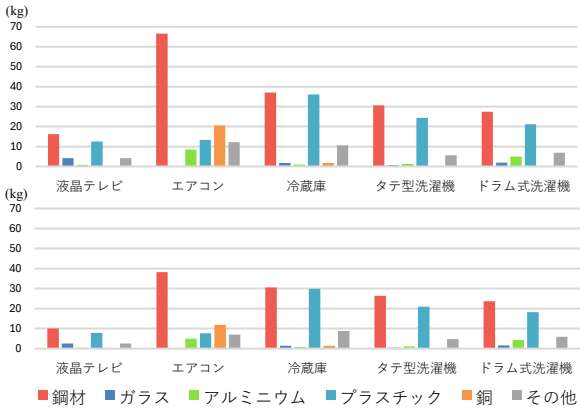


図1 主要4家電の1世帯当たりの物質ストック
(上: 2人以上世帯, 下: 単身世帯)

4. おわりに

本研究では、住宅一戸あたりにおける内装材・家財のストック量や物質ごとのストック量を明らかにした。今後の課題として、物質ごとのストック量を導出できた対象が冷蔵庫・テレビ・エアコン・洗濯機の主要4家電のみに限られたため、これを内装材や他の家財にも広げていく必要がある。

謝辞: 本研究は環境省環境研究総合推進費(JPMEERF20S11816, JPMEERF20223C02), 科研費(23H00531, 23K25059), JST 共創の場形成支援(JPMJPF2204)の一環として実施したものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 一般社団法人日本サッシ協会, 住宅用建材使用状況調査, 2022年3月
- 2) 内閣府, 消費動向調査, 令和5年3月実施調査結果

キーワード ストック・フロー分析, 内装材, 家財

未利用資源の活用ポテンシャルの定量化とその活用による脱炭素化の可能性について

Quantification of the utilization potential of unused resources and the possibility of decarbonization through their utilization

名古屋大学工学部環境土木・建築学科 ○盛岡謙太

名古屋大学大学院環境学研究科 長谷川正利, 白川博章, 長尾征洋, 谷川寛樹

1. はじめに

近年, 様々な未利用資源を活用した低炭素化の検討が進んでいる。例えば, 戸荻他 (2020) は下水汚泥と稲わらによるメタン発酵の利用可能性について検討を行っている¹⁾。本研究の目的は, 廃棄物や農業残渣などの未利用資源の供給ポテンシャルを推計するとともに, それらを活用した CO₂ 削減効果を検討することである。本報告では特に稲わらに焦点をあて, 稲わらから水素を生成した際の全国での利用可能性について検討を行う。

2. 推計手法

本研究では, はじめに, 地域のゴミ分別表等を参考としながら産業分類ごとに日本全国の未利用資源のリストアップを行った。稲わらについて新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の統計データ (再生可能原料アベイラビリティ調査報告書) と農林水産省による GIS データ (筆ポリゴン) を用いて, 日本全国の稲わらの発生量分布を空間的に推計した。さらに, 稲わらに含まれる成分のうち, セルロース, ヘミセルロース, リグニンから水素を生成し固体高分子形燃料電池 (PEFC) のエネルギー源とすることによって, 家庭での二酸化炭素排出の削減量を推計した。

3. 結果

産業分類ごとに排出される未利用資源をリストアップした結果, 約 200 種類の未利用資源をリスト化した。

また, 稲わらの賦存量は全国で約 650 万トンあり, それらからバイオマス由来の水素を約 28 万トン生成できることが明らかになった。また, その水素を PEFC の発電に用いて家庭に供給した際に, 家庭での電気, 灯油, プロパンガス, 都市ガスの利用による 1 年間あたりの二酸化炭素排出量を日本全国で合計 2%削減できることが明らかになった。図 1 は 3 次メッシュごとでの稲わらから生成した水素の家庭での自給可能性を示したものである。日本全国の合計で見ると削減割合の値は小さいものの, 北海道や日本海側の平野部, 中国山地などの地域では家庭のエネルギー消費を賄えるほどのポテンシャルがあることが明らかになった。

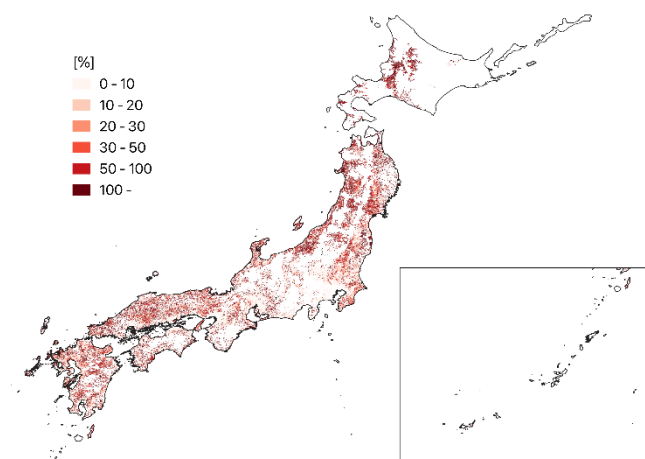


図 1 稲わら由来の水素による自給可能性

4. 終わりに

今後の課題として, 未利用資源リストについては新たな資源の追加や活用方法のさらなる充実, また, 食品廃棄物等その他の未利用資源についても同様の推計を行うことがあげられる。そのために, 未利用資源についての文献調査や, 様々な統計データや GIS データを用いたさらなる推計を行う。

謝辞

本研究は, JST 共創の場形成支援プログラム (JPMJPF2204) 科研費 (23H00531, 24K03140), 文部科学省科学技術試験研究委託事業 (JPJ010039) および環境省環境研究総合推進費 (JPMEERF20223C02) の一環として実施したものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献

1) 戸荻丈仁, 三崎岳郎, 松浦哲久, 田邊愛花, 濱口丈瑠, 小池主祥, 池本良子: 下水汚泥と稲わらの高温混合メタン発酵によるエネルギー回収と残渣の水田への利用可能性, 土木学会論文集 G (環境), Vol.76, No.7, III_481-III_490, 2020.

注記

※稲わらの値は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)・技術戦略研究センター (TSC) 2022 年度調査委託事業: 再生可能原料アベイラビリティ調査報告書, 付属資料

キーワード 未利用資源, 脱炭素, GIS

4d-GIS を用いた名古屋市中心部における TMR 推計 Estimating TMR (Total Material Requirement) in the center of Nagoya City using 4D-GIS

名古屋大学 ○丹羽倫太郎, 長谷川正利, 白川博章, 谷川寛樹
立命館大学 山末英嗣

1. はじめに

世界的に都市化が急速に進行しているが、その一因は都市化による環境負荷が過小評価され、都市化の便益が過大評価されていると考えられる。都市化による直接的な環境影響については様々な研究が行われてきたが、間接的な環境影響である「隠れた物質フロー (Hidden Material Flow)」は未だ十分評価されていない。

本研究は、都市化に伴い投入された建築資材の TMR (Total Material Requirement, 関与物質総量) の定量化を目的とする。3次元空間情報に時間軸を加えた経年 GIS データベースとして「4d-GIS (4次元型地理情報システム)」を構築し、建物毎に建築資材ストックを把握して、対象地域全体の TMR の推計を行う。

2. 方法

ケース・スタディ対象区域は、JR 名古屋駅から栄地域を含む約 12km² で、1970 年から 2020 年までの 8 時点である。対象地域での TMR の推計は、各都市構造物別に床面積当たりの建築資材ストックの資材投入原単位¹⁾を乗じて、建築資材ストック量を推計する。推計した建築資材ストック量に建築資材種に応じた TMR 原単位²⁾を乗じて、建物全体の TMR の推計を行い、対象地域全体の集計を行う。

3. 結果と考察

ケーススタディ対象区域の建築資材ストックの TMR の推計結果を図 1 に示す。コンクリートの TMR が 1970 年から 2020 年にかけて 4.17 倍に増加している。都市の立体化が進み、鉄筋コンクリート構造物や鉄骨造が増加し木造建築物が減少したことから、都市全体の TMR は増加傾向にあり、対象地域の建設資材ストック量と TMR を比較したグラフを見ても上昇傾向にあることから、都市化による間接的な環境影響を定量化することができた。

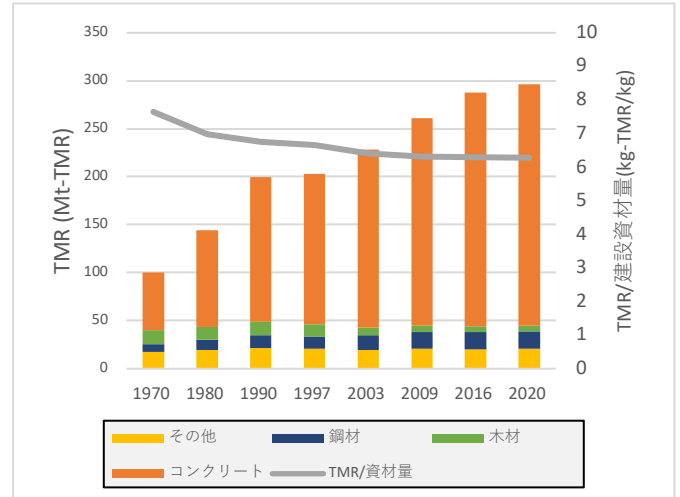


図 1 ケーススタディ対象地域での素材別 TMR 推計値

4. おわりに

都市化と TMR との関係をさらに詳しく検討するために、調査対象年とケース・スタディエリアを拡大し、4d-GIS データベースを充実させることが今後の大きな課題である。加えて、TMR が増加する地理的・社会経済的要因についても、今後、検討を進める予定である。

謝辞

本研究は、環境省環境研究総合推進費 (JPMEERF20223C02) および科研費 (23H00531, 23K25059, 24K03140) の一環として実施したものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) Hiroki Tanikawa, Seiji Hashimoto (2009) Urban stock over time: spatial material stock analysis using 4d-GIS, Building Research & Information, Vol37(5-6), 483-502
- 2) Eiji Yamasue, Ryota Minamino, Takeshi Numata, Kenichi Nakajima, Shinsuke Murakami, Ichiro Daigo, Seiji Hashimoto, Hideyuki Okumura, Keiichi N. Ishihara (2009) Novel Evaluation Method of Elemental Recyclability from Urban Mine —Concept of Urban Ore TMR—, MATERIALS TRANSACTIONS, Vol.50 No.6, 1536–1540

キーワード TMR, ストック・フロー, 都市構造物

気候変動対策による河道掘削量の推計

Estimating the amount of river channel excavation due to climate change measures

名古屋大学工学部環境土木・建築学科 ○岡田大翔
名古屋大学大学院環境学研究科 長谷川正利，白川博章，谷川寛樹

1. はじめに

近年、気候変動に伴う極端現象の増加により洪水リスクの上昇が懸念されており、河川の洪水対策が急務となっている。これまで、気候変動対策に関する研究は様々行われているが、気候変動対策が都市の物質循環に与える影響に関する研究はまだ十分行われていない。太田他（2023）は、日本全国の建築物と社会基盤施設を対象に物質ストックの定量分析および経時的な物質動態を明らかにした¹⁾。

本研究では、太田他（2023）を踏まえて、代表的な洪水対策の1つである、河道掘削に注目し、洪水対策として必要となる掘削量を推計する。これらを明らかにすることで、河道掘削事業の計画時に、河道掘削量や河道掘削にかかる費用、優先的に対応すべき地域、残土の活用法など様々な項目を考慮して判断するための1つの指標となることが期待される。

2. 推計手法

本研究では、日本全国の一級河川を対象に、洪水浸水想定地域や河川延長を用いて、建物の1階部分が完全に浸水する可能性が高いランク3以上で必要な河道掘削量を都道府県別に推計する。浸水ランクは、国土数値情報、洪水浸水想定地域の浸水深ランクコードより、ランク3を浸水深3～5m，ランク4を浸水深5～10m，ランク5を浸水深10m以上とする。また、川幅と掘削深は本来であれば河川や掘削箇所によって異なるが、今回は川幅、掘削深ともに1mと仮定する。

3. 結果

ランク3以上で必要な掘削量は北海道が約247万 m^3 で最も多く、次いで新潟県が約101万 m^3 ，茨城県が約85.1万 m^3 であった（図1）。また、ランク5で必要な掘削量は長野県が約29.5万 m^3 で最も多く、次いで岡山県が約22.4万 m^3 ，北海道が約17.0万 m^3 であった（図2）。ランク5で必要な掘削量において、長野県と岡山県は、ランク3以上で必要な掘削量が最も多い北海道を上回ることが明らかになった。

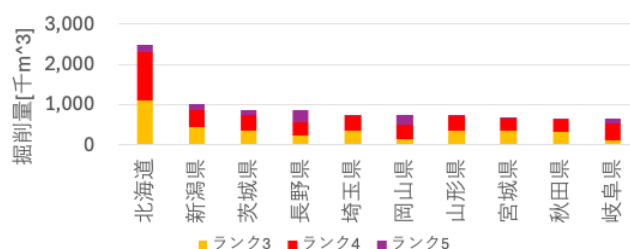


図1 ランク3以上で必要な掘削量上位10道県

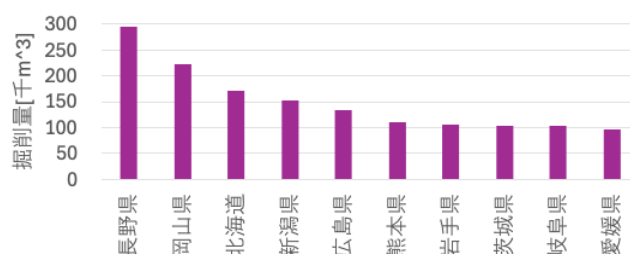


図2 ランク5で必要な掘削量上位10道県

4. おわりに

今後の課題として、河道掘削事業の事例を参考に、川幅や掘削深をより実例に近い値で仮定し、推計の精度を上げる。また、掘削後の残土処理を含む分析を行う必要がある。

謝辞

本研究は、科研費（23H00531, 23K25059, 20H00648 24K03140）および環境省環境研究総合推進費（JPMEERF20S11816, JPMEERF20223C02）の一環として実施したものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献

1) 太田裕也，山下奈穂，蛭田有希，白川博章，谷川寛樹（2023）都市構造物を対象とした世代間の同一性判定による建設資材のストック・フロー推計，環境情報科学，学術研究論文集，Vol37，I_195～I_201

キーワード 気候変動，河道掘削，洪水浸水想定地域

甲府市愛宕山のアラカシ林Ⅱ～ササラダニの温度耐性を通して～ Arcac forest II in Atagoyama, Kofu City -Through the temperature tolerance of the Spanish-

山梨英和高等学校自然科学部 ○藤原寿羽

1. 背景

2014 年の研究では愛宕山は夏緑樹林が優勢の冷温帯だったが、2022 年に照葉樹のアラカシ林が形成されたことと甲府市のバイオームが何かを愛宕山から調べるためだ。

2. 先行研究

本校の先輩方の愛宕山の研究より 2014 年標 340m 地点が最も豊か、2022 年照葉樹林のアラカシ林が形成。

3. 研究方法

①ササラダニの温度耐性調査

愛宕山の土をツルグレン装置に 1 時間かけ、高温器を 35 度にしササラダニを入れ 30 分ごと生死を観察した。

②土壤動物による土壤調査

5 点法と 100 点法の自然度、シンプソンの多様度評価、ササラダニの種類、林床照度の計 4 つの値を出した。

③甲府市の平均気温と暖かさの指数を出した。

4. 結果

表 1 から自然度は 5 点法は平均の 2.6 より、100 点法は平均の 53.2 より高く、シンプソンの多様度も半分より高く豊か。ササラダニの種類が増加し、2022、2023 年は豊か。林床照度の値が減少し、照葉樹林のアラカシにより、光が差し込み辛い。図 1 のグラフから平均気温も暖かさの指数も全体的に上昇している。

表 1 土壤動物による土壤調査

年/各値	自然度 5 点法/100 点法 (点)	シンプソン の 多様度評価	ササラダ ニの種類	林床照 度(Lx)
2014	3_64/64_99	0_881	18	
2022	3_14/57_13	0_877	33	38
2023	3_87/56_29	0_938	38	25

5. 考察

①本研究で発見された種の割合が増加したササラダニは熱への耐性が強く、温暖化適正があるササラダニがいた。

②温暖化適正のあるササラダニがいることで温暖化の指標動物になりうると示唆された。

③温暖化適正のあるササラダニは暖かい地域から移動した。

④土壤動物が多様であることから愛宕山の植生は豊かであることが分かった。

⑤林床照度が低く、照葉樹のアラカシが成長した。

⑥暖かさの指数から甲府市愛宕山は照葉樹林に該当する。

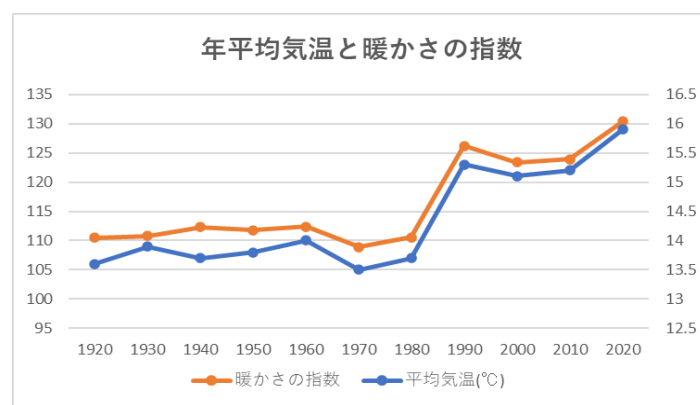


図 1 平均気温と暖かさの指数

4. 結論

甲府市の愛宕山は温暖化が進み、照葉樹林が拡大すると示唆される。

参考文献

- 1) 只木良也 (1971) 森の生態, 暖かさの指数
- 2) Yoshiya Tadaki (1971) Forest ecology, warmth index
- 3) 山梨英和高等学校 (2014) ササラダニによる山梨県甲府市の愛宕山の環境評価
- 4) Yamanashi Eiwa High School (2014) Environmental assessment of Mt. Atago in Kofu City, Yamanashi Prefecture by Sasara Dani

キーワード アラカシ林、ササラダニの温度耐性、暖かさの指数、温暖化

地方紙記事に対するテキストマイニングによる熊本県における SDGs に関する話題の把握に関する基礎的研究 ―気候変動問題に着目して― A Basic Study on Understanding Topics Related to SDGs in Kumamoto Prefecture by Text Mining of Local Newspaper Articles - Focusing on Climate Change Issues

熊本県立大学 ○萩本航生, 岩見麻子

1. はじめに

2015 年 9 月に国連サミットで持続可能な開発目標 (SDGs) が採択された。採択直後からローカライズの重要性が指摘されてきた SDGs であるが、目標年次である 2030 年までの折り返し地点を経過し、認知・理解する段階からその達成に向けて行動して効果検証する段階へ移行していく必要性が指摘されている。効果検証にあたって、日本の各地域におけるローカル SDGs の推進状況を把握することが重要である。一方、地域における取り組みなど社会状況を把握するツールとして新聞記事が挙げられる。特に地方紙は特定の地域の情報を中心に扱うため、ローカル SDGs の推進状況を把握するために有用と考えられる。そこで本研究では、豪雨や台風の気候変動の影響と考えられる自然災害が頻発している熊本県の地方紙を対象に「SDGs」が含まれる記事に対してテキストマイニングを行い、同紙で扱われてきた SDGs、特に気候変動に関する話題を把握することを目的とする。

2. 研究方法

熊本県の地方紙である熊本日日新聞において SDGs が採択された 2015 年から 2023 年 3 月までの期間を対象に「SDGs」を含む記事を収集する。次に、気候変動に関連する話題や動向を把握するため、対象記事における頻出語 (頻出語群 A) を出現傾向に基づきクラスタリングし、気候変動に関連すると考えられる語を含むクラスターを抽出する。その後、同クラスターに含まれる語を含む記事における頻出語 (頻出語群 B) を対象にネットワークグラフを作成する。

3. 結果

「SDGs」を含む記事は 2015 年 9 月に初めて出現し、合計 992 件 (人事異動に関する記事は対象外) であった。次に、対象記事に出現した頻出語群 A に対してクラスタリングを行い、気候変動に関連すると考えられる語「豪雨災害」「気候変動」「二酸化炭素」「地球温暖化」を含む 2 つのクラスターを特定した。その後、同

クラスターに含まれる語を含む記事を把握し、記事に出現する頻出語群 B を対象にネットワークグラフを作成した (図 1 参照)。図 1 に示すように円で囲んだ「気候変動」と「対策」、「豪雨災害」と「被災」の語が共起関係にあることから、対象記事では気候変動による影響やその対策が取り上げられていることが考えられる。また、「SDGs」「環境」「取り組み」の語に「企業」が共起関係にあることから、地域内の企業による取り組みについて報道されていると考えられる。気候変動に関連すると考えられる語を含む記事の内容を確認すると、異常気象の影響により世界各地で食糧不足が生じていることや熊本豪雨の被害、県内企業の脱炭素推進に取り組む連携協定などの話題が見られた。

以上の結果から、熊本県の地方紙では全球規模の気候変動の話題に加え、地域特有の気候変動による影響や対応が取り上げられており、熊本県においてローカル SDGs の取り組みが進んでいることが示唆された。

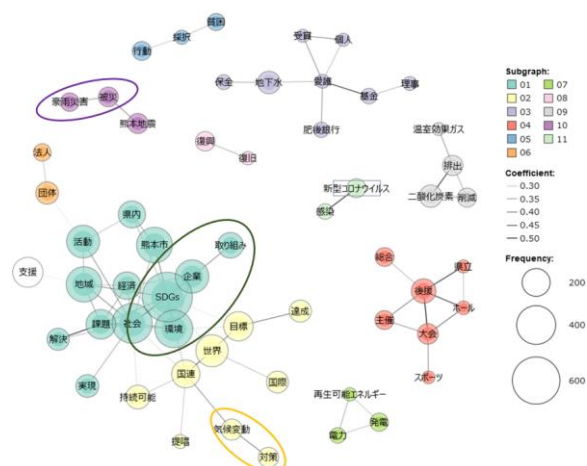


図 1 気候変動に関連すると考えられる語を含む
記事の頻出語のネットワーク図

キーワード 熊本日日新聞, ネットワーク分析, ローカル SDGs

謝辞 本研究は JSPS 科研費(C)22K12500 の助成を受けている。

多足類の物理運動の数式化

Mathematical expression of physical motion of myriapoda

山梨英和高等学校 ○森山有美菜

1. 背景

先輩方が行った「キシヤヤスデの物理運動について」という研究を、実験対象を複数種の多足類に広げることで発展させようと考えた。

2. 目的

多足類の運動を、数式を用いて一般化すること。

3. 研究方法

ヤケヤスデ、キシヤヤスデ、トビズムカデの運動を撮影し、その運動を数式化して比較した。

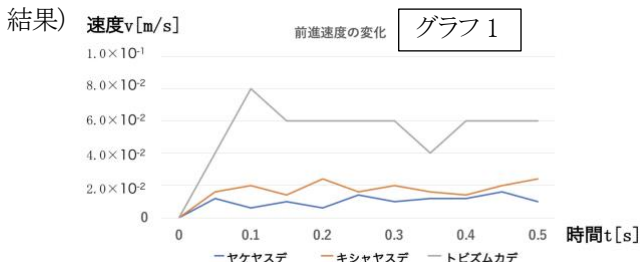
4. 仮説

- ・3種とも、加速した後に等速直線運動を行っている。
- ・肢の動きには規則性がある。
- ・3種の運動には共通性がある。

5. 結果と考察

(※数式やグラフは誤差を少なくするために 3 個体の平均の値となっている。)

①前進速度の変化



等速直線運動にはなっておらず、どの個体のグラフにも山と谷が見られた。

考察)速度のグラフが山になっている部分では、個体の体全体が一直線になっており、谷の部分では頭部が左右のどちらかに振れていたことから、頭部が左右どちらかに振れている間、速度が落ちていると考察した。

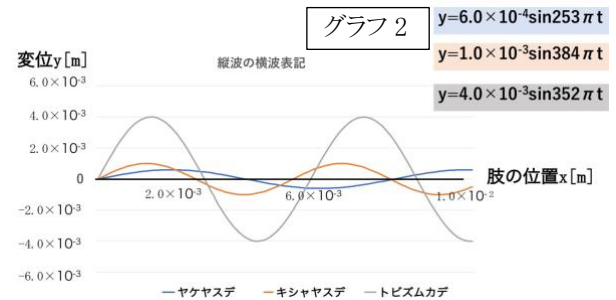
ヤケヤスデやキシヤヤスデと違い、トビズムカデでは山や谷の数が少ない。これは、トビズムカデが頭部を振る運動の周期が、ヤケヤスデやキシヤヤスデと比べて長いためであると考えた。

ヤケヤスデは 0.05 秒、キシヤヤスデは 0.05 秒、トビズムカデは 0.1 秒経過するまでに、最初の正の加速を終えていることから、3 種とも、0.1 秒以下という短時間で安定した動きに入ることが分かった。

②肢の運動(横波)

3 種の多足類の肢 1 本 1 本は円運動を行なっている。そこで肢 1 本に直目し、肢の長さや振幅をもとに、上下運動を単振動として数式で表した。

結果)「グラフ 2」の数式が導かれ、これらの数式のグラフと実際の運動は一致した。

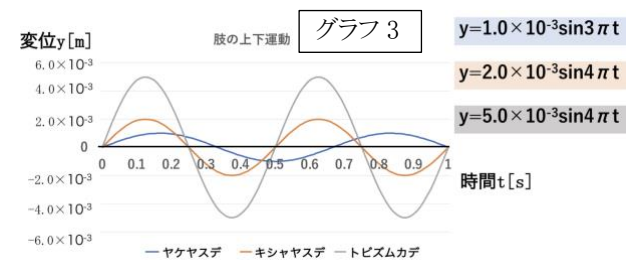


考察)3 種の肢の運動が全て単振動の式で表されたことから、多足類の肢の運動には、単振動であるという規則性があると考察した。

④肢の運動(縦波)

上から見た肢の前後方向への運動の波形、すなわち粗密を横波として表した。

結果)「グラフ 3」の数式が導かれ、これらの数式のグラフと実際の運動は一致した。



考察)前後方向への運動の波形にも、正弦波で表せるという規則性がある。

5. 結論

3種の動きは、前進運動が単純な等速直線運動ではない点、短時間で安定した運動に入る点、肢1本の上下運動や肢全体の波形が正弦波で表される点、において共通している。これは多足類全般に共通するものであると考えられ、他の多足類の運動をある程度予測することが可能となった。

参考文献

- 1) 山梨英和高等学校 自然科学部 吉川 栞
令和3年度「キシヤヤスデの物理運動について」
- 2) 青木 淳一、「日本産土壌動物-分類のための図解検索」、1999年2月20日出版、p.669、671、680、704
- 3) 衛生環境を整える DUSKIN www.Dustin.jp
(<http://www.Dustin.jp>)

キーワード 多足類, 数式化, ヤケヤスデ, キシヤヤスデ, トビズムカデ

カラスの生態および営巣地とねぐら

Crow's nesting site and the ecology of the roost

山梨英和高等学校自然科学部 ○清水羅愛

1. 背景

カラスは営巣地とねぐらを区別して生息しています。県内中北地方の営巣地は森林と耕作地がある場所であり、ねぐらは森林と市街地にあります。繁殖期には終日営巣地で過ごし、非繁殖期には集団ねぐらに帰り夜を明かしています。

2. 目的

営巣地を2ヶ所発見してその特徴とカラスの行動をまとめます。ハシブトガラスとハシボソガラスの営巣状況と行動についてまとめます。カラスの鳴き方についてグラフ化し、数式化します。

3. 研究方法

まず、山梨県の中北地方に営巣地を2ヶ所発見し、その1つ甲斐市大久保に観察地点を設定し、観察を継続します。それをもとに、営巣・求愛・なわばり・鳴き方に関する原則的データを収集し、ラボノートに記録を残します。できるかぎり電子機器(iPad ソナグラム)を利用して科学的に把握することにしました。

4. 仮説

営巣状況から生息密度、なわばり空間、つがい状況を明らかにすることができます。カラスの鳴き始め・鳴き終わり時刻と日の出・日の入り時刻との関係を一般化できます。

5. 結果

- ①甲斐市大久保には34ヶ所の巣が確認され18ヶ所に営巣がされました。
- ②営巣樹はハシブトガラス(以下ブト)が常緑樹、ハシボソガラス(以下ボソ)が落葉樹が多いです。
- ③なわばり空間の大きさはブトが半径100m、ボソが半径40mの円筒形空間(ブトはボソの6倍)でした。
- ④ブトは巧妙で天敵と協調しボソは徹底して戦うことが多いです。
- ⑤鳴き始め時刻は夏至で4時(最も早い)、冬至で6時20分(最も遅い)と周期性があります。
- ⑥鳴き終わり時刻は夏至で19時46分(最も遅い)、冬至

で17時28分(最も早い)と周期性があります。

6. 考察

- ①落葉樹にボソが多く営巣するのはブトがボソより強く、順位が高いためであると示唆されます。
- ②ブトは6倍もの空間をもつために密度が小さく狭い空間では個体数が少なくなると示唆されます。
- ③日の出時刻と鳴き始め時刻はほぼ比例すると示唆されます。鳴き始め時刻はサインカーブで表すことができると示唆されます。

参考文献

- 1) 山寺亮・山寺恵美子(1990)鳥がさえずり始める時刻と日の出時刻との関係, 日本野鳥の会 Strix Vol.9, 23-29
- 2) 谷口 高司(1998)野鳥観察ハンディ図鑑, 日本野鳥の会
- 3) 平林治(1960)山梨県須玉町津金を中心としたカラスのねぐら集合, カラスの生活第1報, 桐の教研報
- 4) 松原始(2016)カラスの教科書, 講談社文庫

キーワード

ハシブトガラス, ハシボソガラス, 縄張り空間

森林による二酸化炭素吸収量を増大することで 2050 年までにカーボンニュートラルは達成可能か？

Is it possible to achieve carbon neutrality by 2050 through increased carbon dioxide absorption by forests?

熊本県立水俣高等学校 ○中村百花, 柳生佐保, 森田久美, 国立水俣病総合研究センター 丸本倍美, 丸本幸治

1. はじめに

産業活動が活発になったことで、二酸化炭素 (CO₂)、メタン及びフロン類などの温室効果ガスが大量に排出されている。これらの大気中の濃度が高くなり、熱の吸収が増えた結果として、地球全体の気温が上昇し始めている。現在の人為起源による CO₂ の排出量は、森林等による CO₂ 吸収量を大幅に上回っている。今後も現在のようなエネルギー消費を伴う生活水準を維持した場合、CO₂ の排出量を減らすのは困難だと推測される。

本研究では、森林面積の拡大もしくは植栽する樹木の種類を選定することで CO₂ 吸収量を多くして、2050 年までに本邦におけるカーボンニュートラルを達成できるのかを検証することを目的とした。

2. 研究方法

2007 年～2022 年までの森林による CO₂ 吸収量を調べるため、炭素蓄積量を下記の公式¹⁾を用いて算出した。純年炭素蓄積量=(期末幹材積－期首幹材積)×拡大係数×容積密度×炭素含有率/年数
次に、算出された値を用いて下記の公式¹⁾に代入し CO₂ 吸収量を算出した。

$$\text{CO}_2 \text{ 吸収量} = \text{純年炭素蓄積量} \times 44/12$$

日本の国土面積は約 38 万 km²のうち約 2500 万 ha (約 25 万 km²) が森林であり、その面積は 50 年以上殆ど変化していない²⁾。よって、単位面積あたりの CO₂ 吸収量は上記の CO₂ 吸収量を日本の森林面積 25 万 km² で除して推定した。

また、2050 年における日本の CO₂ 排出量の推計値は浮池らの発表データを参照した³⁾。2020 年の発電および自動車による CO₂ 排出量は、それぞれ約 4 億 7800 万 t、約 1 億 8800 万 t、計約 6 億 6,600 万 t であった。一方、太陽光発電への転換等の対策を実施した場合、2050 年の両者の排出量は、発電が約 1 億 1500 万 t、自動車が約 1 億 200 万 t、計約 2 億 1,700 万 t と推測した。

3. 結果と考察

2007 年～2022 年までの森林による CO₂ 吸収量は低下傾向にあるが、2007 年以前の年間吸収量は増減して一定の傾向がないため¹⁾、直近 15 年間 (2007-2022 年) の年平均值 97,729 千 t-CO₂ が 2050 年まで維持されると仮定した。日本の森林面積から単位面積あたりの CO₂ 吸収量を求めると約 390t-CO₂/km² となった。太陽光発電への転換等の対策を実施した場合においても、現状のままの森林利用では、CO₂ 吸収量が不足し、排他的経済水域の一部を埋めるほど森林面積を増大させなくてはいけないことがわかった。そこで、CO₂ 吸収量の大きい植物である竹への植え替えをすることを仮定した。竹の CO₂ 吸収量は、約 2,017t-CO₂/km² と算出され、現在の単位面積あたりの CO₂ 吸収量を大きく上回った⁴⁾。現状の CO₂ 排出量削減対策では困難であるが、太陽光発電への転換等の対策を実施し、日本の森林面積の 43% を竹林にすれば、残りの 57% は今までの森林を維持したままで、カーボンニュートラルを達成できることが推測された。加えて電気自動車への転換を実施すると、森林面積の 32% を竹林にすることで達成できることが推測された。しかしながら、竹がこの CO₂ 吸収量を高く維持できるのは根茎からの発芽から約 5 年間であるため、約 5 年毎に竹を伐採し、かつ、燃やさずに利用されなければならないことが問題となる。

参考文献

- 1) : 松本光朗, 森林科学 33, 30-36, 2001
- 2) : 林野庁 HP
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kouhou/toukei/index.html>
- 3) : 浮池広基, 環境科学会 2023 年会 講演要旨集 p145
- 4) : Bamboo and Climate Change Mitigation
<https://www.inbar.int/wpcontent/uploads/2020/05/1489457789.pdf>

キーワード カーボンニュートラル, 二酸化炭素, 森林, 竹林

水俣病発生地域の高校生を対象とした水俣病及び水銀に関する理解度調査

Survey on Understanding of Minamata Disease and Mercury among High School Students in Minamata Disease Outbreak Areas

熊本県立水俣高等学校 ○多久島梨央, 坂本花菜, 山口杏華, 森田久美, 柳生佐保
国立水俣病総合研究センター 丸本倍美, 丸本幸治

1. はじめに

水俣病は1956年に公式確認された熊本県水俣市で発生した公害である。新日本窒素水俣工場から排出された工場排水に含まれたメチル水銀化合物が水俣病の原因である。

熊本県内のすべての小学校5年生の児童は、実際に水俣市を訪問し、水俣病資料館や環境センター等で学び、水俣病に対する正しい理解を図るとともに、公害被害から環境再生へと立ち上がる水俣の姿を体験的に学習する「水俣に学ぶ肥後っ子教室」という学習機会が設けられている。「水俣に学ぶ肥後っ子教室」に加え、水俣に住む私達は小学生の間は「水俣病」について学び、胎児性患者さんたちの交流など様々なことを体験する機会がある。しかしながら、「水銀」そのものについて学習する機会は乏しかったと感じている。

そこで本研究では、水俣病の発生した地域に暮らす高校生を対象に、「水俣病」及び「水銀」に関してどのくらい正しく理解できているのかを調査することを目的とした。

2. 研究方法

調査対象：水俣高校2学年普通科の生徒

方法：Google Form でアンケート調査し、得られた結果を集計し考察する。

質問項目：水俣病に関する質問

問1) 水俣病の原因となった水銀の名称は？

問2) 水俣病はうつるか？

問3) 水俣病の症状を答えて下さい。

質問項目：水銀に関する質問

問1) 日本では水銀の使用は禁止されていると思うか？

問2) 世界では金の採掘に水銀が使用されていることを知っているか？

3. 結果と考察

2 学年普通科の生徒 80 名から回答を得られた。

[水俣病に関する質問]

問1) 水俣病の原因となった水銀の名称は？

答え) メチル水銀 (正答率 98%超)

問2) 水俣病はうつるか？

答え) うつらない (正答率 100%)

問3) 水俣病の症状を答えて下さい。

答え) 神経症状 (正答率 98%超)

(回答内訳) 痙攣 26.8%・体が不自由になる 21.4%・痺れ 19.6%・感覚障害 10.7%・視野の狭窄 8.9%・麻痺 7.1%・震え 3.6%・わからない 1.8%

これらの回答結果より、多くの高校生が「水俣病」を正しく認識していることがわかった。

[水銀に関する質問]

問1) 日本では水銀の使用は禁止されていると思うか？

答え) はい (正答率約 60%)

問2) 世界では金の採掘に水銀が使用されていることを知っているか？

答え) はい (正答率約 60%)

本調査の結果、「水俣病」については多くの人が正しく理解できているが、「水銀」についてはあまり正しい認識ができていないことが判明した。

そこで、「水俣病」と「水銀」に対する理解度の差はそれぞれの学習回数に差があることにより生じていると推測し、市内の小中高校に対して、水俣病学習のカリキュラム及び時間数について調査を行った。その結果、小学校では40時間であったのに対し、中学校では水俣病に関する授業が2時間にまで減少すること、また、「水銀」そのものに関する授業が小中学校では実施されておらず、その結果が今回の調査と結びつくと考えられた。

前述の通り、高校生は「水俣病」そのものに対する知識は豊富であることがわかった。しかしながら、「水俣病」に対する知識をより深めるため、また、幅広い知識を習得するために、「水銀」そのものに関する授業を小中学生のころからカリキュラムに加えることを提案したい。

キーワード 水俣病, 水銀, 知識

鉄触媒における鉄の化学形態が空気清浄能に及ぼす影響

Effects of chemical form of iron in iron catalysts on air purification performance

静岡県立大学 ○池田 紫音, 大森 果菜, 徳村 雅弘, 牧野 正和, いすゞ自動車 達 晃一,
大阪産業技術研究所 道志 智, 前田 和紀, 産業技術総合研究所 篠原 直秀, 内藤 航

1. はじめに

現在市販されている空気清浄機は、一般的に空気中に浮遊する花粉や埃など、粒子状の汚染物質を除去することに優れている。一方、ガス状の汚染物質であるホルムアルデヒドは、その揮発性の高さや親水性という物理化学的な特徴から、活性炭などの吸着材を用いた既存の空気清浄法では処理が困難であることが報告されている。以上の背景に加え、ホルムアルデヒドはヒトに対して毒性があることから、健康被害が懸念されている。

既存の空気清浄能の評価法では、評価試験が実際の環境とは異なる条件で行われていることが多く、実際の環境下において期待される空気清浄効果が得られないことが懸念されている。特に、夾雑物質の影響を考慮する必要があると考えられる。

本研究では、高リスク懸念物質となりえるホルムアルデヒドを対象に、既往研究¹⁾にてホルムアルデヒドに対する触媒効果が期待できる鉄触媒を用いた除去技術の開発を行った。また、鉄の化学形態がホルムアルデヒドの分解メカニズムに及ぼす影響について検討した。

2. 方法

鉄触媒は、担体として綿布や陽イオン交換樹脂などを用いて調製した。例えば、担体として綿布を用いた場合は、10 cm × 10 cm の綿布に鉄イオン水溶液（鉄イオン源：硫酸鉄（II）七水和物）を噴霧して乾燥させたものを SpC、綿布を鉄イオン水溶液に一晩浸漬し、超音波処理をして乾燥させたものを SoC、綿布を鉄イオンに浸漬後、水酸化ホウ素ナトリウムを添加して還元・乾燥させたものを SoC-R とした。また、陽イオン交換樹脂を鉄イオン水溶液に浸漬し、一晩振とうさせて乾燥させたものを SoIER とした。

空気清浄能の評価試験は、連続発生式（ワンパス式）で行い、反応器には内径 28 mm、長さ 300 mm のパイレックスガラス管を用いた。光源には、紫外線ランプ（極大照射波長 = 352 nm）を用いた。ホルムアルデヒドガス流量は、0.6 L min⁻¹ とした。ホルムアルデヒドガス濃度は、高速液体クロマトグラフ（HPLC）を用いて測定した。

3. 結果と考察

本研究で調整した鉄触媒を用いてホルムアルデヒドガスを除去した結果を図 1 に例示する。反応器への入口ホルムアルデヒドガス濃度は、 $5.7 \pm 0.99 \text{ mg m}^{-3}$ とした。実験結果より、本研究で調整した鉄触媒を用いることで、ワンパス式で 22%–65% のホルムアルデヒドを除去することに成功した。

本研究で調整した鉄触媒のうち、綿布に担持した鉄の主要な化学形態として、 Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , $\alpha\text{-FeOOH}$, $\beta\text{-FeOOH}$, $\gamma\text{-FeOOH}$ が考えられる。これらの酸化鉄・水酸化鉄の酸化還元電位を考慮すると、適当なエネルギーをもった光を照射することで OH ラジカルやスーパーオキシドラジカルなどの活性酸素種を生成できると考えられる。そのため、綿布に担持した SpC, SoC, SoC-R では、上記のメカニズムによって生成した活性酸素種により、ホルムアルデヒドが分解されたと考えられる。一方、陽イオン交換樹脂に鉄を担持させた SoIER では、樹脂中のイオン交換により、鉄イオンが樹脂に担持していると考えられる。そのため、ホルムアルデヒドが、担持した鉄と錯形成後、光分解により除去されたものと考えられる。

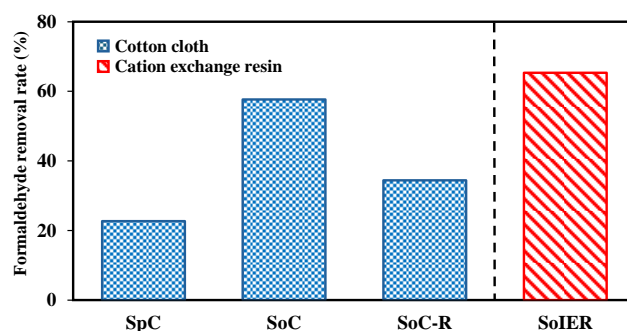


図 1 各種鉄触媒のホルムアルデヒド除去率

参考文献

1) Tokumura et al. (2011) Applied Catalysis B: Environmental, 106, 565-576.

キーワード ホルムアルデヒド, 鉄, 空気清浄法, 揮発性有機化合物, 健康リスク

バイオ液肥の環境影響評価に向けた残留抗菌剤の分析法の検討 Development of analytical method for residual antibiotics in liquid fertilizers

静岡県立大学 ○占部 杏珠, Umma SALMA, 三原 千穂, 徳村 雅弘, 野呂 和嗣, 雨谷 敬史, 牧野 正和

1. はじめに

日本は化学肥料のほぼ全量を輸入しており、近年、国際価格の変動による価格高騰が問題となっている。さらに、リン資源は数十年以内の枯渇が予想されている。このため、農林水産省の「みどりの食料システム戦略」においても、食品残渣・汚泥等からの肥料成分の回収・活用が期待されている。

家畜の排泄物や下水汚泥などをメタン発酵処理することで、バイオ液肥として再利用する試みが進められている。しかし、下水汚泥にはし尿が含まれているため、ヒト由来の抗菌剤がバイオ液肥中に残存している可能性が考えられる。液肥中に抗菌剤が残留した場合、肥料散布に伴い残留抗菌剤が圃場に散布され、薬剤耐性菌の発生を促進してしまうことが懸念される。薬剤耐性菌の問題については、2050 年までに関連する死者数が 1000 万人にまで増加する可能性が報告されている。しかし、環境中の残留抗菌剤の汚染実態は不明な点が多く、抗菌剤による環境汚染のモニタリングを強化し、適切な対策を講じることが喫緊の課題となっている。

本研究では、バイオ液肥中に残留抗菌剤の分析法の検討を行った。本報では、スルホンアミド系、テトラサイクリン系、リンコマイシン系、ニトロイミダゾール系の添加回収試験の結果を中心に報告する。

2. 実験方法

本研究では、世界の河川水中などの汚染報告例を参考にし、分析対象の抗菌剤としてスルファメトキサゾール (SMX)、スルファチアゾール (STZ)、スルファジメトキシシン (SDM)、スルファメタジン (SMZ)、スルファジアジン (SDZ)、オキシテトラサイクリン (OTC)、ドキシサイクリン (DOXY)、テトラサイクリン (TC)、クロルテトラサイクリン (CTC)、ミノサイクリン (MINO)、アジスロマイシン (AZM)、エリスロマイシン (EM)、ロキシスロマイシン (RXM)、クラリスロマイシン (CAM)、レボフロキサシン (LVFX)、シプロフロキサシン (CPFX)、オキシロニク酸 (OA)、ナリジク酸 (NA)、セファレキシシン (CEX)、セファゾリン (CEZ)、セフジニル (CFDN)、セフォタキシム (CTX)、アモキシシリン (AMPC)、アンピシリン (ABPC)、ペニシリ

ン G (PCG)、オキサシリン (MPIPC)、トリメトプリム (TMP)、リンコマイシン (LCM)、メトロニダゾール (MNZ)、合計 29 種類を選定した。

サンプルに EDTA-2Na とクリーンアップスパイク (SMX-*d*₄, CAM-*d*₃, CPFX-*d*₈, PCG-*d*₇) を添加し、前処理カートリッジで抗菌剤を捕集・回収した。その後、窒素パージで濃縮し、シリンジスパイク (カルバマゼピン (CBZ) -*d*₁₀) を加え、最終液量を 1 mL とした。抗菌剤の定量には高速液体クロマトグラフ-タンデム質量分析計 (LC-MS/MS) を用いた。

3. 結果

最適な前処理法を検討するため、前処理カートリッジの候補として InertSep HLB と InertSep MCX を用いて添加回収実験を行った。

図 1 に、スルホンアミド系 (SMX, STZ, SDM, SMZ, SDZ) (回収率: 96%–110%)、テトラサイクリン系 (OTC, DOXY, TC, CTC, MINO) (53%–140%)、リンコマイシン (LCM) (100%)、ニトロイミダゾール系 (MNZ) (100%) の回収率を示す。また、トリメトプリム (TMP) (120%)、ニューキノロン系 (LVFX, CPFX) (95%–100%) においても比較的良好な回収率が得られたことから、今回報告した前処理方法は有効な処理方法であることが示唆された。

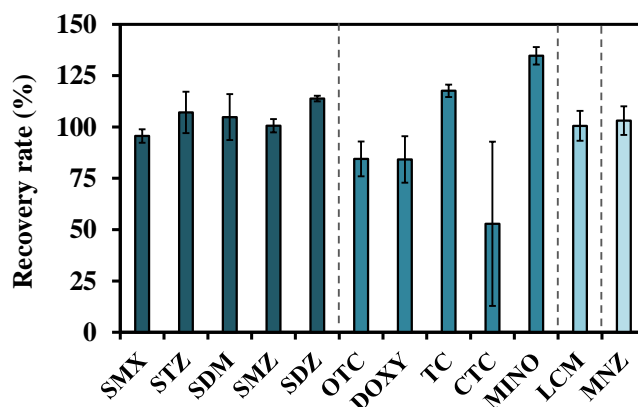


図 1 添加回収試験における各種抗菌剤の回収率

キーワード バイオ液肥, 残留抗菌剤, 薬剤耐性菌, 循環型社会, 環境リスク

作業環境のリスク評価を指向した揮発性有機化合物用の大気サンプラーの性能評価 Performance evaluation of volatile organic compound samplers for risk assessment in the working environment

静岡県立大学 ○今出夢乃, 野呂和嗣, 雨谷敬史

1. はじめに

揮発性有機化合物 (VOCs) は家庭用品から工業製品まで様々な分野で使われている。屋内では高濃度で頻繁に検出されており、シックハウス症候群や毒性、発がん性が懸念されている物質が含まれる。2023 年 4 月、労働安全衛生法改正により 36 物質の VOCs にも新しく濃度基準値が定められた。一方 VOCs の活性炭系吸着剤からの抽出溶媒としては二硫化炭素 (CS_2) が一般的に利用されてきた。しかし、毒性があり、分析者の健康リスクが懸念されている。近年、我々は、2-フェノキシエタノール (2PhE) が活性炭系吸着剤からの VOCs の抽出に有効な溶媒であることを報告した。そこで本研究では、濃度基準値が定められた 16 種類の VOCs について、 CS_2 と 2PhE を用いて、市販の 4 種のサンプラーからの添加回収試験を実施した。さらに、チャンバー試験によるパッシブサンプラーのサンプリングレートと算出を検討した。

2. 方法

2.1. 添加回収試験

サンプラーとして、柴田科学株式会社製のチャコールチューブスタンダード (CTS)、カーボンビーズアクティブ (CBA)、チャコールチューブジャンボ (CJ)、カーボンビーズアクティブジャンボ (CBAJ) を用いた。toluene- d_8 、1,2-dichloroethane- d_4 、chlorobenzene- d_5 を内標準物質としてそれぞれ 100 mg L^{-1} となるように CS_2 と 2PhE に添加し、抽出溶媒とした。次に各サンプラーに VOCs 混合溶液を $10 \mu\text{L}$ 添加した。VOCs 混合溶液の濃度は、基準値濃度の大气を 8 時間捕集した場合の等量である。0.0012 (1-bromopropane) – 0.43 (methyl tert-butyl ether: MTBE) mg L^{-1} とした。サンプラーに洗浄大气を通気 (0.1 L min^{-1} 、10 min) し、 4°C の条件において 12 時間静置後、試験管に抽出溶媒とサンプラー内部の捕集剤を加えた。なお、 CS_2 を用いる際は氷水によって冷やしながら、この捕集剤を加えた。抽出液の量は CTS と CBA では 1 mL 、CJ と CBAJ では 5 mL とした。 CS_2 では室温、2PhE では 50°C の条件において 60 分振盪抽出を行った。抽出後、遠心分離 (3000rpm 、10 min) し、上清 $300 \mu\text{L}$ をガスクロマト

グラフ質量分析計 (Agilent Technologies) で分析した。

2.2. チャンバー試験

ISO16107 に従ってチャンバー試験を実施した。条件は温度 20°C 、湿度 80%、風速 0.10 m s^{-1} であり、捕集時間は 2 時間であった。チャンバー内の VOCs 濃度は基準値濃度かその 0.5 倍の濃度とした。

3. 結果と考察

抽出溶媒に CS_2 を用いた条件における回収率は、CTS: 0.49 (N,N-dimethylacetamide; DMAC) – 1.2 (p-dichlorobenzene)、CBA: 0.67 (2-chloroethanol) – 1.1 (1-bromopropane)、CJ: 0.82 (acetonitrile) – 0.99 (MTBE)、CBAJ: 0.83 (isoprene) – 0.96 (allyl chloride) であった (図 1)。2PhE CS_2 を用いた条件において CTS: 0.76 (5-ethylidene-2-norbornene) – 1.0 (4-tert-butyltoluene)、CBA: 0.79 (p-dichlorobenzene) – 1.3 (epichlorohydrin)、CJ: 1.0 (MTBE) – 1.2 (isoprene)、CBAJ: 0.79 (allyl chloride) – 1.0 (MTBE) であった (図 1)。 CS_2 は 2-chloroethanol (CTS: 0.50, CBA: 0.67) と N,N-dimethylacetamide (CTS: 0.49, CBA: 0.73) について回収率が低かった。対照的に、2PhE では全ての VOCs から高い回収率 (> 0.76) を得た。したがって、 CS_2 と比較して、2PhE は VOCs への抽出溶媒として適切であることが示唆された。

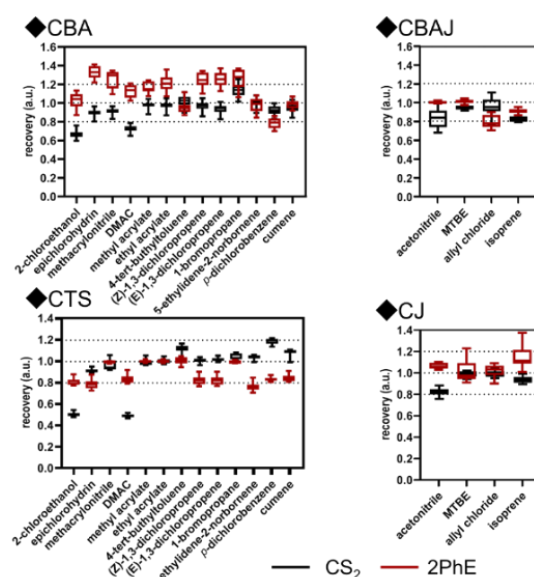


図 1 添加回収試験の結果

キーワード 大気サンプラー, 揮発性有機化合物, リスク評価

乳牛糞のメタン発酵システムを利用した脱炭素資源循環型インド社会の構築

Development of a Decarbonized Resource-circulating Society in India based on a Methane Fermentation System for Dairy Cattle Manure

豊橋技術科学大学 ○小林剛，金子光瑠，大門裕之

1. インドの現状

モディ政権が発足した 2014 年に世界 10 位前後だったインドの国内総生産は、2020 年代後半には 3 位になると予想されており経済発展が進んでいる。現在、インド国内で供給されているエネルギーの大部分は火力発電で補っているため、環境に対する負荷が低いエネルギー生産設備の導入が求められている。インドは 2070 年までにカーボンニュートラルを達成することを目標に掲げ、再生可能エネルギーの利活用を推進している。天然ガス車は、ガソリン車や電気自動車、水素自動車と比べ、原料の採取から車の走行段階における CO₂ 排出量が少ないと考えられており注目されている。インドでは天然ガス車が多く走っており、天然ガススタンドなどのインフラも増えてきている。それと同時に、メタン発酵設備や天然ガス車の代替燃料となるバイオガスを供給するスタンドも今後増やす計画がある。そのため、バイオガススタンドと天然ガス車の普及によりカーボンニュートラルの推進に大きく寄与できると期待されている。

2. 脱炭素資源循環型インド社会の構築

乳牛糞からバイオ肥料とバイオガスを生産するプロジェクトが始動している。本プロジェクトの推進がインド社会に与える効果を図 1 に示す。本プロジェクトのメタン発酵の基質として使用する乳牛糞は、酪農家や老牛施設から買い取る。そのため、農家および老牛施設の新たな収入源となり、農村振興や牛の福祉向上につながることを期待されている。また、乳牛糞を回収するにあたり輸送やメタン発酵の管理において人手が必要になるため、周辺地域における雇用の創出につながる。メタン発酵から得られる消化液は、加工しバイオ肥料として牧草や畑などの農地に使用し営農指導を進めることで農業振興にも貢献できる。農村地帯にバイオガススタンドを設置するためモビリティの向上により生活の質も改善できる。以上より、本プロジェクトはインドに対する脱炭素資源循環型社会の構築を軸にインドが有する課題の解決策のひとつとしても期待されている。

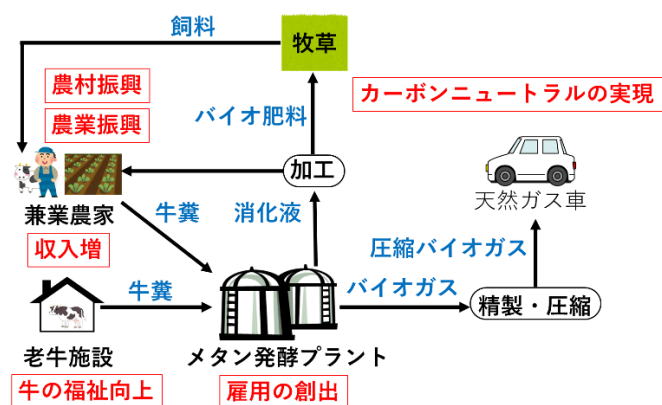


図1 本プロジェクトの推進がインド社会に与える効果

3. 新しい技術による本プロジェクトの改善効果

本研究室は、メタン発酵の高効率化に向けた技術開発を行っている。代表例としては、高有機物負荷条件下の発酵槽に対して活性炭を添加することで直接的異種間電子移動を促進させメタン生成効率を向上させる。さらに、発酵槽内に電極を挿入し電圧を印加することにより水素資化性メタン生成菌を活性化しバイオガス中のメタン濃度を向上させる知見を得ている。以上より、これら新しい技術を導入することによりメタン発酵槽に投入する原料の有機物負荷量の増加やバイオガス中のメタン濃度増加に寄与できるものと考えられる。

4. 課題と展望

本プロジェクトの課題としては、年間を通してインドでのメタン発酵効率やコストバランスが不明瞭、バイオ肥料の買い取り手の確保などが挙げられる。展望としては、これまでの知見に基づきメタン発酵の高効率化を目指すことである。具体的な目標としては、メタン発酵槽の投入有機物量を従来の5倍、発酵時間の半減、バイオガス中のメタン濃度を80%以上にしている。

キーワード メタン発酵，カーボンニュートラル，インド，天然ガス車，農村振興

ベトナム廃プラスチックリサイクル施設における多環芳香族炭化水素類及びハロゲン化誘導体の排出実態調査

Concentrations of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and their Halogenated Derivatives in Work Environments at Recycling Workshops for Mixed Plastic Wastes in Northern Vietnam

横浜国立大学 ○谷涼那, 田川瑛梨, 国立環境研究所 松神秀徳, 宇智田奈津代, 田中厚資, 鈴木剛, ハノイ自然科学大學 Le Huu Tuyen, Pham Hung Viet, 愛媛大学 国末達也, 横浜国立大学 三宅祐一

1. はじめに

多環芳香族炭化水素類 (PAHs) 及びそのハロゲン化誘導体 (XPAHs) は2環以上の芳香環が縮合した構造を持ち、その一部は発がん性などの高い有害性を示す。PAHs・XPAHs は燃焼により非意図的に生成するため、燃焼を伴う作業環境では高濃度で存在すると考えられ、作業員への職業的曝露が懸念される。そこで本研究では、ベトナムの廃プラスチックリサイクル施設において、作業環境中の PAHs・XPAHs 濃度を測定し、プラスチックリサイクル過程における PAHs・XPAHs の排出・汚染状況を調査した。

2. 方法

ベトナム北部ハイフォン市近郊にある、再生プラスチックペレットの製造を行っている施設 (WS-1)、ポリプロピレン製品の粉碎物の洗浄を行っている施設 (WS-2)、およびポリ塩化ビニル製品の破碎を行っている施設 (WS-3) の3施設においてサンプリングを行った。ミニポンプを用い流速 1.0 L min^{-1} で吸引捕集した。ミニポンプには吸着剤と PTFE バインダーフィルターを連結し、ガス態と粒子態の PAHs・XPAHs をそれぞれ捕集した。ガス態 PAHs はジクロロメタンで抽出した。粒子態 PAHs は45分間超音波抽出した後、シリカゲルカラムで精製した。これらのサンプルを濃縮し、GC-MS/MS (GC 8890 / MS 7010C, Agilent Technologies) で分析した¹⁾。なお、各種類のサンプラーの前処理における PAHs・XPAHs の回収率は58~113%であった。

3. 結果と考察

3.1. 異なるサンプリング場所における大気中濃度

本研究で対象とした PAHs・XPAHs について、サンプリング場所ごとの濃度は、再生プラスチックペレットの製造を行っていた WS-1 において最も高く、次にポリ塩化ビニル (PVC) 製品の破碎を行っていた WS-3 で高い濃度となった。また、横浜の一般環境の大気中濃度と比較するとどのサンプリング場所においても横浜の濃度

を1.2~8.3倍上回っていた。WS-1 においては、熱加工作業を行っていた場所の周辺が施設外と比べ総 PAHs 濃度が特に高く、さらに4環以上の PAHs の組成が高くなっていた。

3.2. リサイクル施設ごとの I/O 比

WS-1 における PAHs・XPAHs 計11物質の室内/屋外濃度比 (I/O 比) を Fig. 1 に示す。PAHs に関しては、高分子量 PAHs の I/O 比が低分子量 PAHs より高かった。WS-1 では、通常 PAHs が生成する $800\sim 900^\circ\text{C}$ よりも低い $200\sim 300^\circ\text{C}$ で廃プラスチックを熔融していたが、この過程で高分子量 PAHs が生成することが示唆された。また、臭素化 PAHs である 1-BrNap や 1,4-Br₂Nap においても I/O 比が高かった。プラスチックには難燃剤として臭素が含まれる場合があるため、リサイクルの過程で PAHs に臭素が付加することで生成したと考えられる。

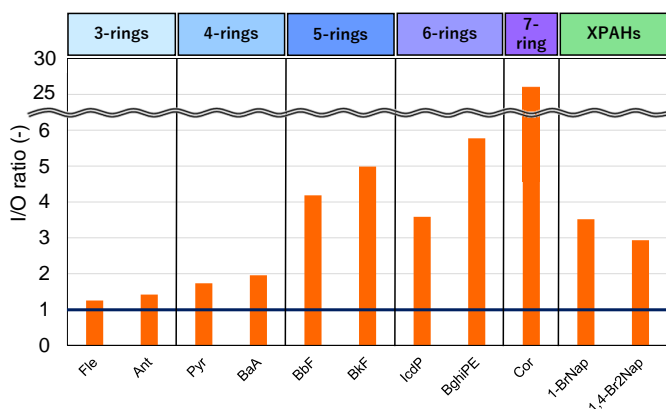


図1 WS-1 における I/O 比

4. 謝辞

本研究は JSPS 科研費・基盤研究 (B)、国際共同研究強化 (B) (課題番号: 21H03614、22KK0175)、および環境研究総合推進費 (JPMEERF18S11704、JPMEERF20231M04) の助成を受け実施した。

参考文献

1) Sei *et al.* (2021) *Chemosphere*, **271**, 129535

キーワード 多環芳香族炭化水素(PAHs)、ハロゲン化 PAHs、濃度実態調査、作業環境

水環境に油膜が張った条件におけるネオニコチノイド系農薬の分析方法の開発と評価

Development and evaluation of analytical methods for neonicotinoid pesticides under conditions of oil slick in aquatic environments

静岡県立大学 ○永長愛華, 野呂和嗣, 雨谷敬史

1. はじめに

化学物質流出事故時に、多種類の化学物質が水環境へ流出することが危惧される。実際、大雨の際に農家の小屋が損壊し、大量の農薬が環境中に流出した事故がある。また、油の流出は水環境において頻繁に発生する事故である。農薬の流出は水環境の生態系に深刻な影響を与える可能性があるが、油などの農薬分析の誤差要因となる物質が共存する条件は、既存の農薬分析手法において想定されていない。そこで本研究では、頻繁に水環境への流出が報告されているエンジンオイルが農薬とともに流出した事故を想定し、農薬分析手法の開発することを目的とした。

2. 方法

2.1. 水サンプルの前処理法の検討

InertSep C18 と PLS-3 (ジーエルサイエンス株式会社、東京) の固相カートリッジを連結して用いた。対象物質は、富士フィルム和光純薬株式会社から購入した農薬混合標準液 (WQ-1-2, WQ5) および、ネオニコチノイド系農薬 6 種とピラゾール系農薬 5 種の計 125 種であった。

農薬水溶液 10 mL (1 µg/L) を固相カートリッジに通水した。カートリッジを乾固させ、アセトニトリルを用いて抽出した。抽出液を乾固させ、メタノール 1 mL に定容し、内標準物質溶液を添加してサンプルとした。ガスクロマトグラフ質量分析計と液体クロマトグラフ質量分析計を用いてサンプル中の農薬濃度を測定した。また、農薬水溶液に 0.1 mL のエンジンオイルを添加し、同様に分析した。さらに、液々抽出、HLB による精製、シリカゲルカラムによる精製も検討した。

2.2. POCIS への油の影響評価

極性有機化合物積算サンプラー (POCIS) を水相パッシブサンプラーとして用いた。POCIS とは、2 枚のポリエーテルスルホン膜によって HLB 樹脂を挟み込み、金属リングで固定したものである。エンジンオイルにくぐらせた POCIS を農薬水溶 (200 ng/L) に 3 日間浸漬した。HLB をメタノールとアセトンによって溶出し、窒素吹き付けで乾固させ、MilliQ 水 100 mL に定容した。この水

溶液をセクション 2.1 油と同様の手法で前処理し、分析に供した。

3. 結果と考察

①液々抽出、②HLB による固相抽出、③シリカゲルカラムによる精製と液々抽出、④シリカゲルカラムによる精製、⑤エンジンオイルを添加していないサンプルの InertSep C18 と PLS-3 による固相抽出、⑥エンジンオイルを添加したサンプルの InertSep C18 と PLS-3 による固相抽出の結果を図 1 に示す。⑤エンジンオイルを添加していないサンプルの InertSep C18 と PLS-3 による固相抽出からは良好な回収率が得られ、0.8 < 回収率であった物質数は、32 種であった。⑥エンジンオイルを添加したサンプルの InertSep C18 と PLS-3 による固相抽出においてクロマトグラムにおけるノイズが低減されており、油が除去されたことが示唆された。しかし、0.8 < 回収率であった物質数が、11 種に減少した。これは、農薬が水相から油相に分配した影響であると考えられる。

①液々抽出と②HLB による固相抽出のクロマトグラムはノイズが大きく、油が除去されていないかった。また、③シリカゲルカラムによる精製と液々抽出、④シリカゲルカラムによる精製においては、シリカゲルに農薬が吸着し回収率が低かった。これらの結果から、InertSep C18 と PLS-3 による固相抽出をオイルが農薬とともに流出した条件における最適な農薬の分析方法と決定した。

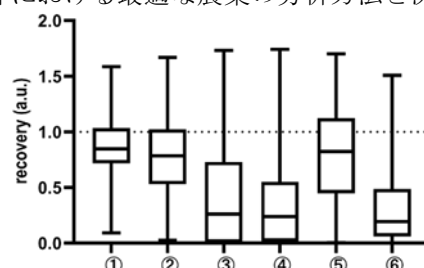


図 1 添加回収試験の結果

4. 謝辞

本研究は、環境研究総合推進費 (JPMEERF20231M04) および JSPS 科研費 24K03103 の助成を受け実施した。

キーワード POCIS, 油, 農薬, LC-MS/MS, GC-MS/MS

海水および海洋プラスチックごみにおけるプラスチック添加剤の前処理法の検討 Development of pretreatment methods to extract plastic additives from sea water and plastic debris

静岡県立大学 ○三国向日葵, 滝川哲也, 野呂和嗣, 雨谷敬史

1. はじめに

プラスチック添加剤は、プラスチックの劣化に伴い環境中へ放出される可能性がある。また、マイクロプラスチック (MPs) を水生生物が誤飲し、MPs に含有するプラスチック添加剤が体内に移行することが報告されている。このうち、臭素系難燃剤の一部は難分解性かつ蓄積性が大きいことから国際的に規制されており、近年ではリン系難燃剤などへ代替が進んでいる。しかし、リン系難燃剤である Tris(1,3-dichloro-2-propyl)phosphate の生殖毒が報告されている²⁾。そこで本研究では海洋プラスチックごみと海水中のプラスチック添加剤の汚染実態を把握することを目的とし、プラスチック添加剤の抽出および精製方法の検討を行った。また、実サンプルの分析を行った。

2. 実験方法

2.1. サンプルングおよびプラスチックの素材同定

2023 年 10 月–2024 年 3 月の駿河湾において、月 2 回の頻度でプラスチックごみおよび海水 3 L を採取した。素材はフーリエ変換赤外分光光度計により同定を行った。

2.2. 対象物質

難燃剤などの計 22 物質を対象物質とした。プラスチックは、ポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP)、ポリスチレン (PS)、ポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリ塩化ビニル (PVC) を素材同定の対象とした。

2.3. 抽出方法

凍結粉碎したプラスチックサンプルを 20 mg 分取した。PE および PP では、サンプルにヘキサン 1 mL を添加し 40°C で 3 日間静置後、上清 500 μ L を分取した³⁾。PS では、DCM 1 mL でポリマーを溶解後、メタノール 1 mL で再析出させ、遠心分離と上清の採取を 3 回繰り返した⁴⁾。各上清を窒素吹付で濃縮後アセトニトリル 1 mL に溶媒転換し、液体クロマトグラフ質量分析を用いて分析した

3. 結果と考察

3.1. プラスチック汚染実態調査

採集されたプラスチック 87 個の素材を同定した。PE

46%、PP 26%、PS 21%、PET 3%、その他 3%であった。このうち食品関連由来ゴミは 36%を占めた。

3.2. プラスチック含有難燃剤濃度

16 種の添加剤について、3 種のプラスチックからの回収率は 0.749 (PBhP) – 1.20 (TBBPA)であり、良好な回収率が得られた。

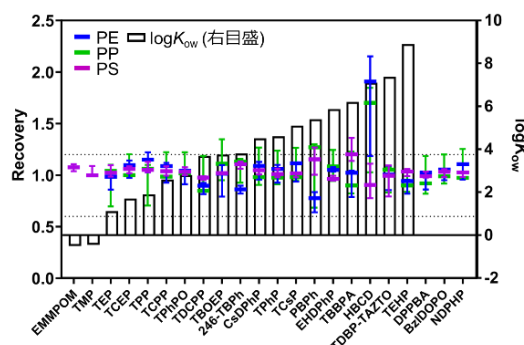


Fig.1 プラスチックからの添加回収率

2023 年 11 月の駿河湾で採集されたプラスチック中の添加剤濃度は検出下限値以下であった。検出されなかった原因は分析したサンプルの多くが食品包装由来など、添加剤の少ないプラスチック製品であったためであると考えられる。

謝辞

本研究は環境研究総合推進 (JPMEERF20231R03) の助成を受け実施した。

参考文献

- 1) Hasegawa et al. (2022), *Marine Pollution Bulletin*, **185**, 114343
- 2) Carignan et al. (2018), *Environment International*, **111**, 232–238.
- 3) Tanaka et al. (2019), *Marine Pollution Bulletin*, **145**, 36–41
- 4) Aminot et al. (2020), *Marine Pollution Bulletin*, **151**, 110862

キーワード 難燃剤, プラスチック添加剤, 海洋プラスチックごみ

撥水剤・防曇剤に含まれる有機フッ素化合物 PFAS の包括的定量分析 Simultaneous determination of PFAS in the water-repellents and the anti-fog agents

横浜国立大学 ○南村紬、磯部大斗、齋藤隼輝、国立環境研究所 松神秀徳、横浜国立大学 三宅祐一

1. はじめに

有機フッ素化合物 PFAS は残留性、高蓄積性、有害性が懸念され、PFAS 全体の管理が求められる。PFAS は身近な製品に使用されるが、近年、撥水剤・防曇剤中から新規 PFAS が検出されたと報告され¹⁾、新規 PFAS を含めた実態調査が必要である。しかし化合物ごとの個別分析だけでは、数千種以上存在する PFAS を網羅的に分析できない。本研究では市販の撥水剤・防曇剤を対象に、PFAS 個別分析に加えて総フッ素分析によるマスバランス解析、加水分解による分解生成能の評価を行い、製品中 PFAS を包括的に評価した。また未知の PFAS に対し、ノンターゲット解析ツールを用いて構造推定を行った。

2. 方法

2023 年に購入した撥水剤・防曇剤 8 製品を対象とした。各製剤をメタノールに溶解させ、GC-MS/MS、LC-MS/MS による 119 種の PFAS 個別分析、および燃焼イオンクロマトグラフ (CIC) による総フッ素 (TF) 分析を行った。また PFAS 個別分析で同定、定量されなかった未知 PFAS の構造を推定するために、LC-TOF-MS を用いて未知ピークの探索およびマススペクトルの測定を行った。さらに、得られたマススペクトルについて、ノンターゲット解析ツールを用いて構造解析を行った。

3. 結果と考察

3.1 PFAS 個別分析及びフッ素マスバランス解析

撥水剤・防曇剤 8 製品に対する PFAS 個別分析の結果、主に検出された PFAS は 6:2 FTOH および 6:3 FTOH であり、それぞれ 7 製品中から 0.43~730 mg/kg、5 製品中から 0.15~20 mg/kg で検出された。一方で総フッ素 (TF) 分析の結果、TF 濃度は製品 6 を除き 5000~90000 mg-F/kg と高濃度であった。フッ素マスバランス解析の結果、TF 濃度の 90%以上が個別分析で同定できない未知フッ素化合物であることが示され、また PFAS 個別分析で検出された PFAS は製品中の不純物であると考えられた。

3.2 加水分解による PFAS 分解生成能の評価

未知 PFAS の含有が示唆された 6 製品について、抽出液を加水分解し、同様に PFAS 個別分析を行った。その結果、加水分解前後で個別 PFAS の濃度は増加しなかつ

た。これより、今回の撥水剤・防曇剤中には、加水分解生成能を有するフッ素化合物は含まれないことが示された。なお、製剤はメタノールに完全に溶解することから、非ポリマー性の未知 PFAS が含まれると考えられる。

3.3 ノンターゲット解析ツールを用いた構造推定

LC-TOF-MS による未知ピークの探索とマススペクトル測定を行い、各製品で最も強度が高いピークに対し、ノンターゲット解析ツール (MetFrag、SIRIUS) を用いて未知 PFAS の構造推定を行った。製品 5 について、クロマトグラム (図 1) 中で最も強度の高いピークに対し推定を行った結果、2 つの解析ツールで共通の候補物質が複数得られた。そのうち、個別分析で微量に検出されていた 6:2 FTOH、6:3 FTOH に関連した部分構造を有する物質 ($C_{30}H_{18}F_{26}N_2O_4$) を、より妥当性のある候補と考え最終候補物質として選定した。同様に製品 2、4 についても、最も強度が高いピークの保持時間とマススペクトルが製品 5 と一致しており、同様に $C_{30}H_{18}F_{26}N_2O_4$ が製品中の主要 PFAS と推定された。なお図 1 中で、今回構造推定を行ったピークの他にも、未知 PFAS と考えられるピークが複数検出されており、最も強度の高いピーク以外についても、同様に構造推定を行う予定である。

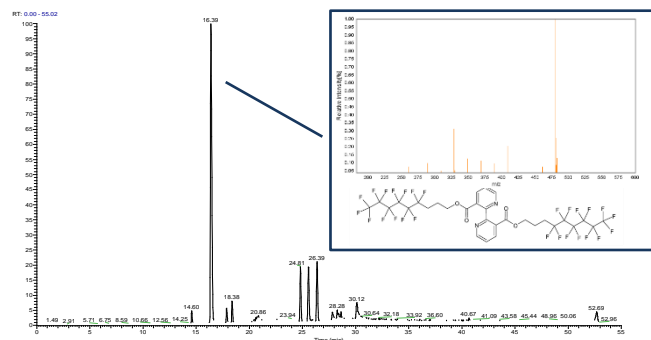


図 1 LC-TOF-MS による製品 5 のクロマトグラム

4. 謝辞

本研究は、環境研究総合推進費の助成を受け実施した。
(3-2102: JPMEERF20213002、3-2403: JPMEERF20243003)

参考文献

- 1) Herkert *et al.* (2022) *Environ. Sci. Technol.*, **56**(2), 1162-1173

キーワード：有機フッ素化合物 (PFAS)、撥水剤・防曇剤、フッ素マスバランス解析、構造推定

都市環境学者とアーティストとのコラボレーション Collaboration between Urban Environmental Scientists and Artists

国立研究開発法人国立環境研究所/名古屋大学大学院環境学研究科 ○一ノ瀬俊明

1. はじめに

「ファンダメンタルズ プログラム」(2021～: fundamentalz.jp) は、科学・アート・社会を新たに結びつけ直し、新たな文化を形成することを目指すものである。ここでは科学者とアーティストとの交流成果が、ファンダメンタルズ フェスなどの行事や、動画配信などのオンライン行事を通じて公表されてきた。発表者はフィールドサイエンティスト(都市環境学)として初年度より参加し、アーティストとの間で以下のコラボレーションを行ってきた。

2. 映像作家・澤崎賢一「マルチモーダルな共創/研究プロセスにおける情動」(2021～)

「対話の記録：科学者の研究について 一ノ瀬俊明×澤崎賢一」(澤崎, 2022: 75 分) などの短編映画に主演した(図1)。この作品で発表者は、サーモカメラを片手に東京駅の周辺を歩きまわり、表面温度の空間分布などから、当該地域の都市構造、自然環境、地理歴史などを読み解いている。本作品はNHKの著名番組「プラタモリ」をサイエンス寄りに仕上げたような内容となっている。



図1 澤崎監督映像作品の事例

3. 写真家・大槻唯我「風景」と社会課題」(2022～)

発表者は1990年に、農林水産省林野庁足尾治山事業所主任として足尾荒廃地(現在栃木県日光市足尾町)の治山事業に従事した。大槻は2019年から「生と死」をテーマに足尾荒廃地の撮影を手掛けており、発表者が撮影した1990年の写真との比較や、発表者が施工を担当したエリアのUAV空撮(可視および熱赤外)を行い、当該緑化(自然回復)事業の効果が確認できた(図2)。

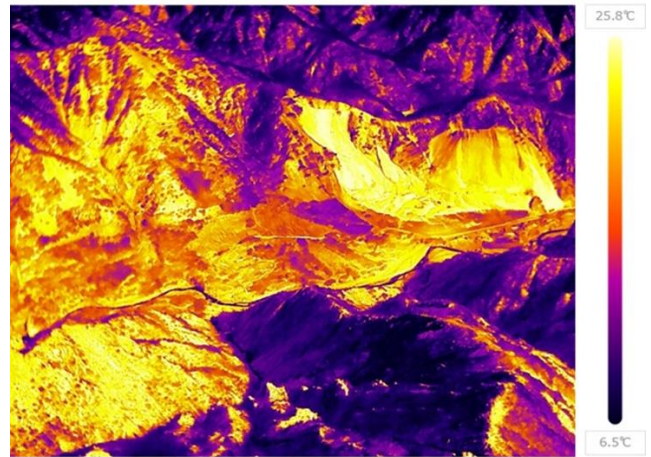


図2 足尾荒廃地上空からの熱赤外線空撮画像(2023年10月31日正午)

4. ミクストメディア作家・ヒロイクミ「環境未来予測」(2023～)

Ichinose and Yasui (2004, Encyclopedia of Life Support Systems) には、1990年代半ばにおける日本の環境学者数十名による2050年までの環境未来予測がまとめられており、2023年段階における振り返りとともに、環境未来予測をテーマとしたカードゲームを試作した(図3)。

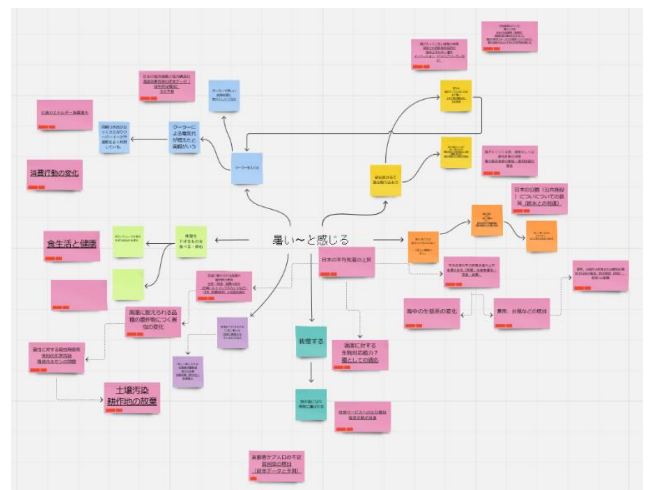


図3 地球環境予測を学ぶカードゲーム(試作事例)

当日は、(地理学などの)フィールドサイエンスと他の学術分野との相違や、アーティストの視点の特徴、コラボレーションの発展可能性などについて発表する。キーワード 都市環境学者、アーティスト、コラボレーション、ファンダメンタルズ、アウトリーチ

タイヤ凍結粉碎(CMTT)試料から溶出する化学物質のノンターゲット分析 ー水温・時間・UV劣化による溶出量の変化ー

Nontarget screening of chemicals leached from cryo-milled tire tread: variation in the quantities of leached chemicals by water temperature, time, and UV degradation

○国末達也, 田上瑠美, 仲山 慶, 後藤哲智 (愛媛大学 沿岸環境科学研究センター)
田中厚資, 高橋勇介, 鈴木 剛 (国立環境研究所 資源循環領域)

1. はじめに

タイヤには加硫促進剤, 老化防止剤, 架橋剤, 有機ゴムのスコッチ防止剤などが添加されている。老化防止剤のN-(1,3-dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine の変化体 6PPD-quinone (6PPD-Q)は, 一部のサケ科魚類に対して強い致死毒性を有することが明らかとなった¹⁾。タイヤ粒子中の化学物質を実測した近年の研究では, 添加剤だけでなく変化体や原料, 不純物の存在も確認されている²⁾。しかしながら, そのような化学物質における環境動態や生態毒性に関する知見は不足している。

本研究では, 降雨時におけるタイヤ粒子から水中への化学物質の溶出を想定したタイヤ粒子の溶出試験を実施し, 水中に溶出した化学物質のノンターゲット分析を試みた。また, 溶出試験の温度と時間, そしてUV劣化させたタイヤ粒子による溶出量の変化を解析した。

2. 試料と方法

米国タイヤ製造者協会から凍結粉碎したタイヤ試料(CMTT)を入手した。また, キセノンランプ促進耐候性試験機を用いて, 紫外線を8週間照射して劣化CMTTを調製した。溶出試験は, 100 mLの調製水に0.1 gのCMTTもしくは劣化CMTTを添加し, 25°Cまたは40°Cに設定したインキュベーター内で24時間または96時間, 連続攪拌した。静置後, 溶出液の上清をろ過したろ液10 mLを固相抽出し, 液体クロマトグラフィー四重極飛行時間型質量分析計で測定した。測定モードはData Dependent Acquisition, イオン化法はElectrospray ionizationのPositiveとNegativeを用いた。

ノンターゲット解析にはSciex OSソフトウェアとMS-DIALソフトウェアを用いた。CMTT溶出液から検出されたピークを抽出し, プリカーサーイオンの精密質量, 付加イオン, 同位体パターンの整合性, MS/MSスペクトルのMassBank libraryとの一致率に基づき, タイヤ粒子由来化合物の同定を試みた。MassBank libraryに一致する物質がない場合は, 測定したプリカーサーイオンの精密質量と同位体パターンに基づき分子式を推定

し, ゴム製品に添加される化合物情報, 文献ベースのMS/MSスペクトルなどを確認することにより, 物質同定を試みた。

3. 結果と考察

分析の結果, CMTT溶出液から加硫促進剤, 老化防止剤, 架橋剤, 合成原料, それらの変化体や不純物が検出された(図1)。溶出試験の時間と温度を変えて溶出量の変化を解析したところ, 同定した物質の多くは24 hと96 hでピーク強度は同程度を示したが, 25°Cよりも40°Cのピーク強度が高くなった。このことから, 路面温度が高温になる夏季に, 路面流出水へのタイヤ由来物質の溶出量が増加することが推測された。

UV劣化させたCMTTの溶出液からは添加剤のピークがほとんど検出されず(図1), UV照射による添加剤の分解が示唆された。

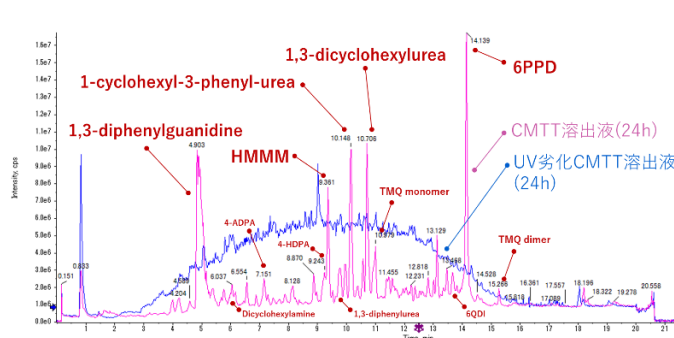


図1. CMTT (赤)およびUV劣化CMTT (青)溶出液のトータルイオンクロマトグラム

参考文献

- 1) Tian *et al.* (2020) Science, 371, 185-189
- 2) Müller *et al.* (2022). Sci. Total Environ. 802, 149799

キーワード タイヤ, 添加剤, 溶出試験, ノンターゲット分析

【謝辞】本研究は(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20221004)の支援により実施した。

アスベスト未報告工事検出手法の構築：廃棄物データを利用した基礎的検討

Trial for detecting unreported asbestos related construction by industrial waste control sheet data

熊本県保健環境科学研究所，熊本県環境生活部環境局環境保全課 ○豊永悟史

1. はじめに

解体工事及び改修工事（以下、「解体等工事」）におけるアスベスト（石綿）の飛散防止対策は重要な政策課題となっている。大気汚染防止法の改正により規制が強化され、2022年度以降は石綿事前調査結果報告システム

（以下、「システム」）を用いて各工事のアスベスト使用状況等の事前調査結果を自治体に報告することが元請業者に義務付けられた。これは、自治体が立入検査を実施する際の重要な情報になっているが、システムに未報告の状態で工事が実施される可能性もあるため、未報告工事を検出手法が求められる。検出手法に有用なデータとして考えられるのが産業廃棄物管理票（以下、「マニフェスト」）の情報である。マニフェストは、産業廃棄物（以下、「産廃」）の排出者がその処理を委託する際に交付される書類であり、解体等工事では基本的に交付が必要となることから、システムへの報告データと一定の対応関係が存在すると考えられる。

本研究では、熊本県を対象自治体として未報告工事の検出手法の構築に向けた基礎的な検討を行った。具体的には、マニフェストデータを業者（排出事業者）単位で集計し、排出された産廃の種類等から定常的に解体等工事を実施する可能性が高い業者（以下、「解体等工事業者」）を特定する方法を検討した。さらに、これらの業者について、システムの報告データに含まれる元請業者の情報との一致状況を確認し、未報告工事の存在が疑われる解体等工事業者の抽出を試みた。本稿では解体等工事業者の特定方法について、初期の解析結果を示す。

2. 使用データと解析方法

マニフェストデータとして、熊本県独自のマニフェスト報告制度で蓄積された情報を活用し¹⁾、利用可能な2013-2018年度までのデータを解析に使用した。このデータには業者の名称や産廃の種類、排出量（t）等の情報がマニフェスト毎に整理されているが、直接的に解体等工事由来の産廃に該当するか否かを判別できる情報は含まれていない。そこで、産廃の排出量等を業者別に集計した上で、解体等工事業者を特定するために複数の方法を検討した。本稿では誌面の都合により廃棄物の種類の年間排出量にクラスター分析を適用して各業者を

分類する方法について記載する。比較するシステムの報告データとしては、2022年3月18日-2023年6月5日までに報告されたものを使用し、元請業者の情報の一一致状況を確認した。

3. 結果と考察

クラスター分析を2018年度のマニフェストデータに適用した結果、各業者は14のクラスターに分類された（Fig.1）。クラスター5について、複数の市町村で産廃を排出している業者が多い、がれき類の排出割合が高い等の特徴が見られ、解体等工事業者が多く分類されていることが示唆された。

この方法は解体等工事業者の判別に有効な可能性が示されたが、業者名の表記の揺らぎによってデータ間での一致判定が不十分なケースも散見されたため、精査を進めていく必要があると考えられた。

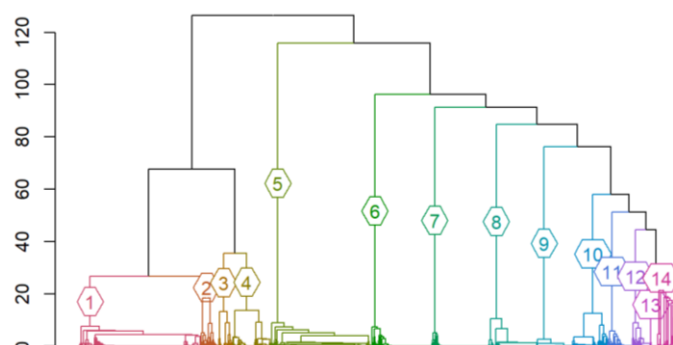


図1 クラスター分析の結果

4. 謝辞

本研究の一部は科学研究費（奨励研究）24H02361の支援を受けて実施しました。

参考文献

1) (公財)日本産業廃棄物処理振興センター（2019）電子マニフェストの明日を語る，JWセンター情報，18(4)，16-26.

キーワード アスベスト，立入計画，産業廃棄物管理票

出前支出額と容器包装プラスチック廃棄物との関係把握

Understanding the relationship between the amount of expenditures on delivery and plastic waste containers and packaging

元横浜市立大学 岡嶋 実佑, 横浜市立大学 ○大西 暁生, 九州工業大学 蔡 佩宜, 神戸大学 田畑 智博

1. はじめに

近年、インターネットの普及やコロナ禍での生活様式の変化に伴い、出前利用の需要が高まった。それにより、容器包装プラスチック廃棄物の利用と廃棄が増加していると考えられる。本研究では、出前支出額のデータを使用し、各地方（関東や近畿など9地方）の変動の特徴やその要因、また容器包装プラスチック廃棄物との関係を示すことで、出前サービスと容器包装プラスチック廃棄物の問題について考察する。

2. 分析方法

ここでは、2015年1月～2023年2月の出前支出額の特徴を把握し、EPA法（乗法モデル）を用いて、季節性や不規則性などの変動の傾向を把握する。さらに、得られた3つの変動と新型コロナ新規陽性者数の相関係数を考察することで、新型コロナと出前支出額との関係を示す。そして、出前支出額の変動の要因をパネルデータ分析で導出し、得られた係数を比較することで変動への影響を考察する。最終的には、日本全体と松山市（四国地方）を代表に容器包装プラスチック廃棄物との関係を示す。

3. 結果

ここでは、得られた結果の概要のみ示す。出前支出額は新型コロナ発症以降より急激な増加傾向があった。特に、12月に最も高くなり、また5月と8月にも多少高くなる季節性が日本全体で把握できた。また、出前支出額と新型コロナ新規陽性者数の長期に渡る変化に関連性があり、1年間における変化のパターンが相似している。特に、東海地方では出前支出額と新型コロナが密接に関連している可能性があり、関東地方では日本全体と同様の季節性がみられた。さらに、出前支出額の変動には配偶者の収入、配偶者の有業率、エンゲル係数、世帯主の年齢が正の影響を与えており、各地方における世帯数は負の影響を与えているという結果になった。コロナ禍に着目すると、コロナ感染者数も変動に関わっていることが分かった。

最終的には、日本全体と松山市を代表とする四国地

方において出前支出額と容器包装プラスチック廃棄物の間に正の相関関係があることが分かった（図1）。

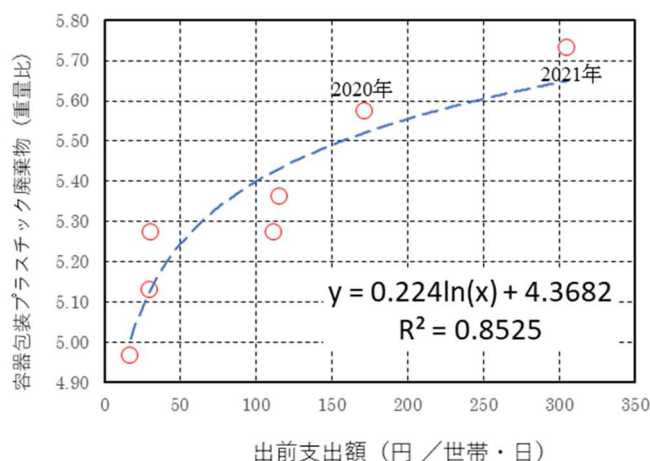


図1 松山市（四国地方）における出前支出額と容器包装プラ排出との関係

4. まとめ

ここでは、出前支出額についてのデータを取得し、新型コロナとの関係やその他の要因との関係を分析し、最終的に容器包装プラスチック廃棄物との関係について分析した。

今後の課題として、出前利用は継続すると考えられるため、どのような対策を講ずれば容器包装プラスチック廃棄物が削減できるのかを考える必要がある。そのため、出前支出額と容器包装プラスチック廃棄物との関係については、日本全体や松山市以外でも同様に分析し、地方ごとの比較・考察を行う必要がある。

謝辞

本研究は、基盤研究（C）（一般）「脱使い捨てプラスチックライフ」の実現に向けた社会システムデザインの検討（代表：蔡 佩宜，課題番号：23K11546）の助成を受けた。

キーワード 容器包装プラスチック廃棄物，出前支出額，コロナ禍

家庭における容器包装プラスチックの排出・分別に関する実証分析

Empirical analysis of disposal and segregation of plastic containers and packaging in households

神戸大学 ○田畑智博, (国研)産業技術総合研究所 蒲生昌志, 塚原建一郎, 玄地 裕

1. はじめに

カーボンニュートラル, 資源保全等を文脈として, プラスチックの使用量を削減するとともに, リサイクルを通じて資源循環を促進することを目的として, プラスチックのサーキュラー・エコノミーシステムの制度設計が国内外で急速に進められている。再生プラスチックの利用拡大の鍵を握るアクターの一つは, プラごみの排出や分別を行っている家庭である。本研究は, 特定の容器包装プラスチック(容リプラ)を対象として家庭における排出と分別に関する実態を把握することを目的とする。

2. 研究の方法

神戸市に居住する 20 歳以上の男女 1,652 名を対象として, 容リプラの排出時に利用する回収ルート, 分別時の洗浄度合い, 容リプラの再商品化製品の購入意向等を把握するための Web アンケート調査を実施した。調査期間は, 2024 年 1 月 19 日~同月 31 日である。質問では 6 品目の容リプラ(飲料用のペットボトルのキャップ, ペットボトル以外のキャップ, 冷凍食品のトレイ, 使用済みのタッパー容器, 豆腐の容器, ゼリーの容器。以下, プラ 6 品目)を具体例として取り上げた。

3. 結果と考察

図 1 に, プラ 6 品目別の回収ルートの選択割合の平均値を算出した結果を示す。資源ごみの排出時の主要ルートは, 資源ごみとして自治体で回収するルートであった。近年, 神戸市では各区で資源回収ステーションの設置が進んでいるが, 利用者は限られていた。19%の回答者は燃えるごみを選択しており, 資源ごみとしての回収量を増やす余地はまだあることが伺えた。

図 2 の洗浄度合いは, 4 段階の選択肢で大まかに尋ねた。グラフ縦軸の洗浄度合いは, 1 に近いほどしっかり洗浄されていることを意味する。自治体回収を基準とすると, 店頭回収や資源回収ステーションを用いたコミュニティ回収は洗浄度合いが高いことが伺えた。

リサイクルされた容リプラが, 全てあるいは一部分に使用された製品の購入意向を尋ねた結果, シャンプー・洗剤等の固形物や液体を保管するものや文具用品は購入意向が高かった。一方, 衛生用品, 子供のおもちゃ,

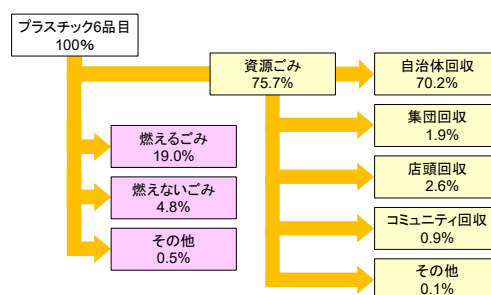


図 1 回収ルート

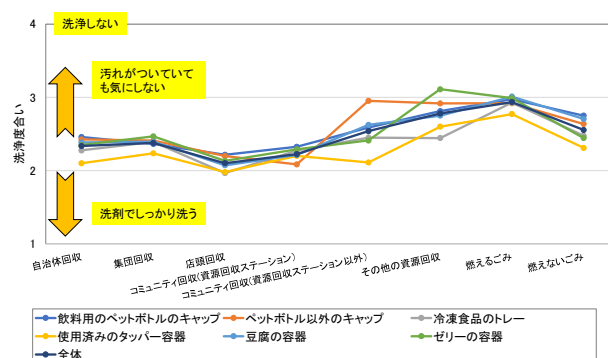


図 2 品目別の洗浄度合い

※洗浄度合いの選択肢・・・1: 洗剤を使ってすべての汚れを洗い落とす, 2: 汚れが無くなるまでざっと水洗いする, 3: ざっと水洗いするが, 汚れが残っていても気にしない, 4: 洗浄しない。

飲料食品に直に触れるものは購入意向が低かった。

4. おわりに

今後は, 家庭における容リプラの回収ルートとリサイクルルートを繋げることで, 家庭で排出された容リプラの質(汚れ等)とリサイクル材が使用された製品との関係性を把握するとともに, それに伴う CO₂ 排出量の違いを分析する予定である。

謝辞

本研究は, 内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(S323A302)および科研費(JP23K11546)により実施したものである。

キーワード 容器包装プラスチック, サーキュラー・エコノミー, リサイクル

「可愛くなりたい」は環境に悪い！？ “Being cute” is bad for environment ! ?

山脇学園高等学校サイエンスクラス 2年 ○坂井彩果、○濱中千聖

1. 動機および目的

日焼け止めに含まれる有効成分は、酸化チタン等の紫外線散乱剤と、紫外線のエネルギーを吸収・熱変換する紫外線吸収剤に大別され、後者として汎用されるオキシベンゾン (BP-3) やメトキシケイヒ酸エチルヘキシル (EHMC) には、内分泌攪乱物質としての危険性や、ヒトだけでなく海洋生物にも悪影響を及ぼすとの指摘が一部にある¹⁾。これら紫外線吸収剤が身近な環境水中にどの程度含まれ、どのような悪影響を与えているかを研究したいと考え、本研究を開始した。

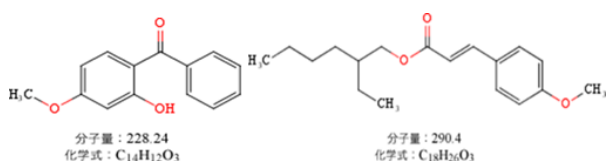


図1 BP-3 (左) とメトキシケイヒ酸エチルヘキシル (右)

2. 実験方法

実験1: 2023年9月23日多摩川下流域(玉川二子橋公園; 河口から約18km 地点付近)で採取した河川水500mLを、80℃に保った電気炉に静置し、得られた蒸発乾固物をエタノール20mLに溶かして試料液を得た。この試料液と未処理河川水を協力大学の支援を得て液体クロマトグラフィー質量分析器(以下LC/MS)にかけ、BP-3、EHMCの検出を試みた。

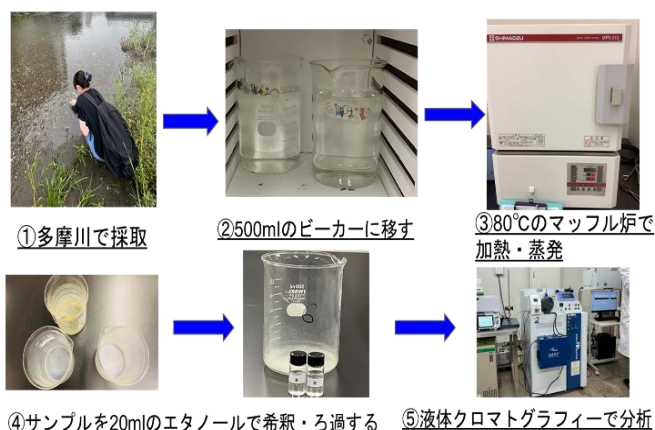


図2 実験1の実験手順

実験2: 市販日焼け止め剤2種(①、②)とBP-3、EHMCの10μg/L、1.0μg/L、0.1μg/L水溶液を調整し、LC/MSで検出限界を調べた。

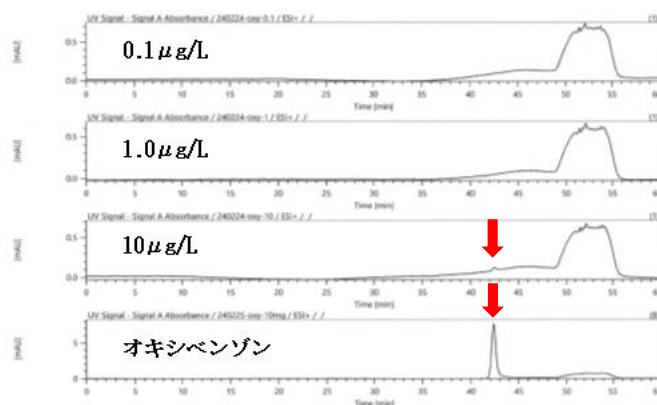


図3 LC/MS 分析結果

3. 実験結果

実験1: 試料液及び未処理河川水からBP-3、EHMCの何れも検出できなかった。

実験2: BP-3の10μg/L溶液のみ液体LC/MSで検出できた。その他の溶液はすべて不検出であった。

4. 考察

河川水や試料液からBP-3やEHMCは検出されず、また本法による水溶液中のBP-3の検出限界は10μg/Lと示されたが、これらの結果をもって河川水中に紫外線吸収剤が含まれず、安全性上も問題ないと結論付けることはできない。試料濃縮過程で揮発性物質は気化した可能性があり、検出限界も測定試料の保管法に影響を受けた可能性がある。また紫外線暴露で分解もしくは構造異性を呈した可能性も否定できない。

5. 今後の展望

先行研究²⁾を踏まえ、7月に採水した試料の抽出方法を変更して現在分析中である。今後は光分解産物も含む網羅的検出を試み、毒性評価に繋げていきたい。

謝辞: 本研究の一部は2023年度高校活動奨励賞(クリタ活動賞)の助成金で実施されました。心より感謝申し上げます。

参考文献:

- 1) Y.Kameda *et al.*(2007) *Organohalogen Compd.* (69)263-266
- 2) S.Bratkovics *et al.*(2011) *Anal. Methods* (3) 2943-2950

相対取引型カーボンクレジット制度の拡大による持続可能性への影響予測 Predicted sustainability impacts of the expansion of relative trading carbon credit scheme

NTT 宇宙環境エネルギー研究所 ○徳永大典
株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所 佐々木 貴宏

1. Abstract

気候変動対策として相対取引型炭素クレジット制度が日本でも導入されているが、その拡大を進めるには日本の持続可能性への寄与評価が重要となる。

GDP に代わる持続可能性評価指標として Inclusive Wealth Index (IWI) ⁽¹⁾ が注目されている。Inclusive Wealth (IW) とは国の豊かさ(国富)を国の包摂的な富(人工資本・人的資本・自然資本)の量で捉える考え方で、その資本価値を計測し指標としたものが IWI である。

本研究では、相対取引型炭素クレジット制度による国の IWI 予測モデルを作成し、GDP 比でクレジット市場規模を変化させたときの炭素排出量・IWI を 50 年予測した。炭素クレジット制度を拡大したとき炭素排出量、IWI 改善する変化が見られない結果を得た。

2. 予測モデル

経済成長予測モデル “World3” ⁽²⁾ のモデル構造を基に、IWI の 3 資本予測に拡張した System Dynamics モデルを作成した(図 1)。日本の経済統計データを基にパラメータ設定し、炭素排出と気候変動は IPCC SSP5 シナリオをベースに GDP 比で算出するモデルとしている。

次に相対取引型炭素クレジット制度の構造モデルを作成。制度に流入する投資額に応じたクレジット売買と炭素抑制量(森林資源増、炭素排出抑制量)および購入クレジット行使による追加生産活動(炭素排出・資源消費)を IWI 予測モデルに反映可能とした。クレジット市場の取引内容は J-CREDIT 取引実績を基に設定している。

3. 結果

クレジット制度規模を現状シナリオと拡大シナリオの 50 年間予測結果を示す(図 2)。拡大シナリオにより炭素排出は抑制され GDP は減速した。IWI の改善効果は確認できなかった。

4. 考察

現状のクレジット市場は森林回復が主で規模拡大により自然資本が回復するが、経済投資減による人工資本減少を上回ることができず、IWI の漸減傾向変化(持続可能性への寄与)が確認できなかった。

今回のモデルは相対取引型で獲得した排出権をそのまま生産活動に投入している。森林資源の増加によりみなし炭素排出量は抑制されるが、クレジット購入により生産コストが増加し GDP が減速したため、IWI の改善に繋がらなかったと考えられる。

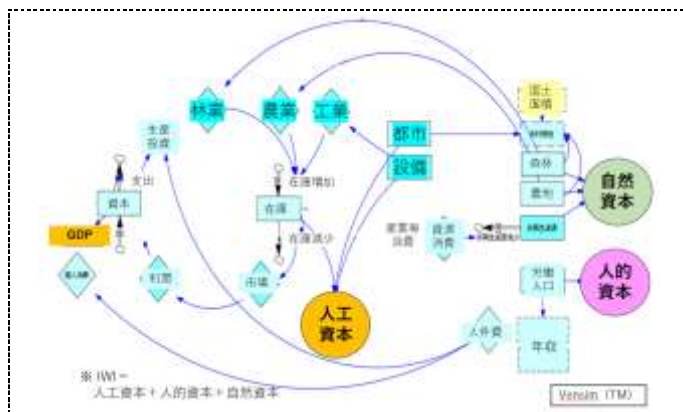


図 1 IWI 予測モデル (概観)

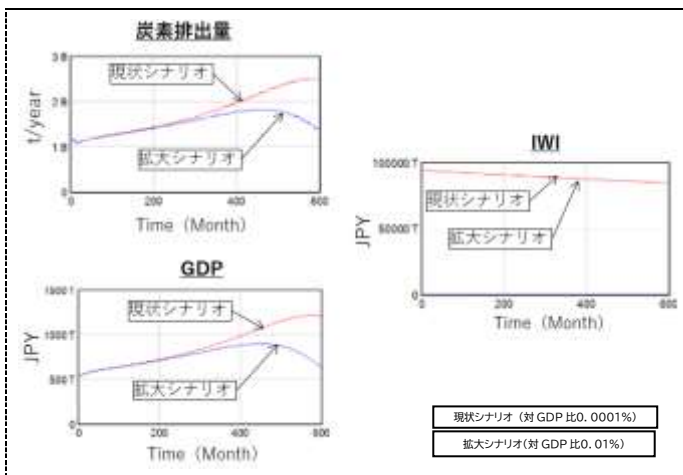


図 2 予測結果

参考文献

- 1) United Nations Environment Programme (2018) Inclusive Wealth Report 2018, UN environment, p.12
- 2) Donella Meadows, Jorgen Randers, and Dennis Meadows (2004) Limits to Growth: The 30-Year Update, Donella Meadows Project

キーワード 炭素クレジット制度, 持続可能性, シミュレーション, System Dynamics

Research on the Climate Change and Regional Tourism: Case Studies of Public Bathing Beach Usage Situation in Chiba

The University of Tokyo ○Shouni Tang, Kiyo Kurisu

1. Introduction

In recent years, the global warming has become evident, which has a great impact on beach tourism in each prefecture. Although the impact of climate change on beach disappearance has been widely investigated, the impact of temperature on beach bathing behavior has not been widely investigated. People who manage beaches have started saying that if it's too hot, no one comes. In this study, we aimed to clarify whether such a phenomenon can actually be seen in the data, focused on the beaches of Tateyama in Chiba, and analyzed the relationship between the temperature and the number of beach visitors.

2. Methods

Tateyama has magnificent natural landscape and one of the famous bathing beaches in Kanto area. There are 8 public beaches: 1) Funakata (2016-2018) 2) Nago (2016-2018) 3) Hojo 4) Arai 5) Okinoshima 6) Hasama 7) Sakata (2016-2017), and 8) Aihama (2016-2017). For these 8 beaches, the data from 2016 to 2023 were collected, such as date (weekday/holiday), weather and the number of visitors (Table 1). The data of weather, such as precipitation and temperatures, were collected from Japan Meteorological Agency¹⁾ and the number of visitors were provided from the Economic and Tourism Department of Tateyama city. The influencing factors were analyzed mainly focusing on the negative temperature effect on the number of visitors. This is because a tendency for the number of visitors to decrease has been observed when the temperature becomes too high.

Table1 Descriptive statistics of number of visitors

Beach	Data period	Number of dates	Number of visitors (people/day)			
			Min.	Max.	Average	SD.
1)	2016-2018	54	0	135	29.5	28.6
2)	2016-2018	54	0	240	47.6	59.1
3)	2016-2023	233	0	1720	432.0	378.5
4)	2016-2023	233	0	390	65.8	72.2
5)	2016-2023	233	0	3070	894.0	636.9
6)	2016-2023	233	0	3000	460.8	522.1
7)	2016-2017	63	0	345	108.7	79.3
8)	2016-2017	35	0	150	31.2	40.1

In order to eliminate the differences between different bathing beaches, such as size, location and so on, the number of visitors was standardized by Z-score. A linear multiple regression equation with four explanatory variables as shown below was used to determine a relationship among the variables.

$$V_i = \beta_0 + \beta_1 D_i + \beta_2 P_i + \beta_3 T_i + \beta_4 H_i$$

Where V_i is Z-score of the number of visitors of date i , D_i is a dummy variable for weekday (0) or holiday (1), P_i is the one-day precipitation of the date i (mm/day), T_i is the highest temperature of the date i (K), and H_i is a dummy variable for the highest temperature exceeding 31°C (0: < 31 °C, 1: ≥ 31 °C). The criterium (31°C) was decided based on a scatter plot and the value with the highest explanatory power of the regression analysis model performed in 0.5°C increments. The stepwise method was used to avoid the multicollinearity among the variables.

3. Results

The result in Table 2 showed that holiday (D) and the highest temperature (H) had significantly positive impacts and the precipitation (P) had significantly negative impact on the number of visitors as expected. As shown in the negative coefficient for H, it was found that the highest temperature exceeding 31°C had significantly negative impact on the number of visitors.

Table 2 Determinants for the number of beach visitors

Variables	Unstandardized		Standardized		p
	Coefficient B	Standard error	Coefficient β	t value	
(constant)	-43.398	5.640		-8.437	0.000
D	0.852	0.051	0.426	16.783	0.000
P	-0.013	0.002	-0.146	-5.445	0.000
T	0.142	0.019	0.317	7.612	0.000
H	-0.236	0.082	-0.116	-2.885	0.004

R² value = 0.271

Acknowledgement:

This research was performed by the Environment Research and Technology Development Fund (S-18-4(1), JPMEERF20S11815) of the Environmental Restoration and Conservation Agency of Japan. We would like to express our sincere gratitude to Tateyama City for providing us with the data.

Reference:

- 1) 気象庁：過去の気象データ検索
<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php>

Keywords: Climate Change, Public Bathing Beach, Highest Temperature, Number of Visitors, Chiba

埼玉県熊谷市におけるスマートクールシティワークショップの試み Attempt at a smart cool city workshop in Kumagaya City, Saitama Prefecture

立正大学 ○白木洋平，渡来靖，(同) ツクル 三宅創太，(株) キョーリック 原田勲，熊谷市 大島英司

1. はじめに

熊谷市では、2023 年 7 月 4 日に開催された熊谷スマートシティシンポジウムの中で「熊谷スマートシティ宣言」が市長によって発せられて以降、これまでに様々な取り組みが行われてきた。なかでも、市民・大学・産業関係者・起業家が集まり、アイデアや発想を重視しつつ、データを活用した実用的な仕組みをつくる[1]という考えのもとで実施されているスマートクールシティワークショップでは、参加者が連携して知識の集積やアイデアの共有を行うとともに、暑さ緩和対策の具体的な検討や、それに伴う主体的な気温調査などが行われている。本研究では、スマートクールシティワークショップで行われているイベントについて概説するとともに、地方の都市における産学官民連携の在り方について検討を行う。

2. スマートクールシティワークショップの実施内容

2.1. ワークショップの概要

2024 年度は計 4 回のワークショップが予定されており、既に第 3 回まで終了している。なお、第 1 回および第 2 回のワークショップでは、気温の計測方法や活用方法について学び、第 3 回のワークショップではこれまでの学びを踏まえて徒歩による気温観測を行っている。図 1 に一例として 2024 年 6 月 29 日に実施された第 2 回ワークショップの様子を示す。図で示されている通り、行政や市民、大学、産業関係者、起業家などが集まり、暑さ緩和対策に関する様々なアイデアの共有や議論が活発に行われている様子が見て取れる。

2.2. 定点観測および自動車による移動観測による気温/湿度の収集

熊谷市内の気温分布の傾向を知るために、ワークショップ自体の活動とは別に気温/湿度の定点観測および自動車による移動観測を行っている。これらのデータはワークショップ内で共有され、暑さ緩和対策における一つの検討材料として用いられる。

なお、図 2 は定点観測地点に設置している気温観測用通風シェルター（自然通風式）である。設置地点は熊谷市役所に隣接する大規模緑地の中央公園内および

その周辺地域に 5 か所、市内中心部を流れる星川の周辺地域に 5 か所としている。

3 今後の流れ

第 4 回ワークショップにて気温観測の結果を踏まえたアイデアの深化を行い、2024 年度内に中間および最終報告会を行うことを予定している。このような多様な主体で実施されるワークショップは、市の魅力や課題点の再認識・再発見につなげることができ、また新たな施策や事業、いわゆる「新たな価値の創出」につながっていくものと考えている。



図 1 第 2 回ワークショップの様子
(熊谷市立商工会館内)



図 2 市内に設置してある自然通風式シェルター
(気温・湿度の観測)

参考文献

- 1) 熊谷スマートクールシティ, <https://www.kumagaya-smartcoolcity.jp/> (閲覧日: 2024 年 7 月 7 日)

キーワード 産学官民連携, 熱環境, スマートシティ

ハンドウイルカ親子の諸臓器における水銀及びセレン濃度

Mercury and selenium concentrations in various organs of the mother and the fetus bottlenose dolphins

国立水俣病総合研究センター ○丸本倍美, 丸本幸治, 坂本峰至, 中村政明

1. はじめに

歯クジラは魚介類の摂取により臓器中に高濃度の水銀を蓄積することが知られている。メチル水銀の毒性軽減には、必須微量元素であるセレンの役割が重要とされており、歯クジラではセレンによるメチル水銀の無機化の促進が毒性軽減に有用だとされている。メチル水銀は体内に取り込まれた後、時間の経過とともに生体内で無機化され、無機水銀の一部はセレンと 1 : 1 の割合で結合して存在することが知られている。鯨類、特にマイルカ科の歯クジラでは生体内のセレンがメチル水銀の毒性軽減に役立つことが知られており、セレンの役割が重要視されている。これまでの研究で、マイルカ科以外のイシイルカ及びネズミイルカの諸臓器における総水銀濃度とセレン濃度を測定したところ、モル比は必ずしも 1 : 1 にならず、臓器によってモル比が大きく異なることが示された。また、新生児の諸臓器においては、セレンの濃度が総水銀濃度の数十倍以上となること、肝臓・骨格筋では成長するにつれてモル比が 1 : 1 に近づく傾向にあることを示した。

新生児ではセレンが豊富な状態が保たれていることを示したが、胎子期における水銀及びセレン濃度は殆ど報告が無い。よって、本研究では、母イルカ及び胎子期のイルカのこれらの濃度を測定し検討することを目的とした。

2. 研究方法

材料：動物：ハンドウイルカ

母親 体長：293 cm 体重：不明

胎子 体長：113 cm 体重：26kg

臓器：母親：大脳・小脳・肝臓・腎臓・肺・骨格筋・尾びれ

胎子：大脳・小脳・脊髄・肝臓・腎臓・心臓・肺・肺門リンパ節・胸腺・骨格筋・横隔膜・小腸・大腸・胎便・尾びれ

分析：総水銀・メチル水銀・セレン濃度測定

3. 結果と考察

母イルカの大脳・小脳・肝臓・腎臓・肺・骨格筋・

尾びれにおける総水銀、メチル水銀及びセレン濃度の測定を実施した。胎子は大脳・小脳・脊髄・肝臓・腎臓・心臓・肺・肺門リンパ節・胸腺・骨格筋・横隔膜・小腸・大腸・胎便・尾びれの総水銀及びセレン濃度を測定した。母イルカの肝臓における総水銀濃度が高く、600ppm を超えていた。胎子においても最も肝臓における総水銀濃度が高かったが、母イルカに比べるとすべての臓器においてその濃度は低いものであった。母イルカの総水銀濃度は非常に高いが、そのほとんどは無機水銀であり、いずれの臓器においてもメチル水銀濃度は低かった。母イルカのセレン濃度は肝臓で最も高く、胎子では胎便で高かった。胎便のセレン濃度が比較的高かったことは、胎子へのセレンの供給が羊水から行われていることを示唆すると考えられた。母イルカのセレンと総水銀のモル比はほぼ 1 であり、尾びれのみセレンが豊富な状態にあった。これまでの研究により、授乳期および性成熟前のイルカの諸臓器では、セレンと総水銀のモル比が数十倍、つまり、セレンが豊富に存在していることを示してきた。しかし、胎子においては、臓器中のセレン濃度が低く、また、モル比も 1 以下の臓器が殆どであった。よって、セレンは生後、母親の母乳から供給されていることが示唆された。

キーワード ハンドウイルカ, 水銀, セレン, 胎子

謝辞

本研究を発表するにあたり、愛知学院大学・長瀬さつき氏、国立水俣病総合研究センター・基礎研究部・千々岩美和氏、環境・保健研究部・鬼塚重美氏、橋本二美可氏、本山愛氏および森本茜氏に謝意を表します。

保育施設における室内外空气中微生物の群集構造解析

Genetic analysis of microorganisms in indoor and outdoor air in nursery schools

○高橋ゆかり（富山国際大学）、岩本 玲佳、田中 大祐（富山大学）

1. はじめに

大気中には、細菌、真菌、花粉などの生物由来の粒子であるバイオエアロゾルが浮遊している。これらは、土壌、淡水、植物、動物の糞、ヒトから放出されることが知られている。また、これらがヒトの健康に影響を及ぼすものと考えられている。

一方、幼児のアレルギー疾患は増加しており、保育施設の室内空气中に存在する微生物の詳細な実態や、空中細菌群集構造の季節による変動についての情報は十分とはいえない。このため室内空气中におけるバイオエアロゾルの実態を把握することは大切である。

本研究では、幼児が昼間の大半を過ごす保育施設における室内外空气中の真正細菌および真核生物の実態を把握することを目的とし、室内外空气中の微生物の群集構造解析を行った。

2. 研究方法

富山市内の3か所の保育施設において、2023年7～8月（夏季）と12月（冬季）の2回、いずれも室内2か所と屋外1か所においてバイオエアロゾルを採取した。メンブレンフィルターを装着したミニポンプ（MP-Σ 300N II、柴田科学）を用い、3.0 L/minの流量で24時間空気を採取することにより試料を得た。捕集後の試料は、実験室に持ち帰り、DNA抽出まで-20℃で保管した。データログ（MCH-383SD、マザーツール）を用いて室内の温湿度および二酸化炭素濃度を測定した。さらに、部屋の使用状況や一日の活動についてのアンケート調査を実施した。

採取した試料からFastDNA SPIN Kit for Soil（MP Biomedicals）を用いてDNAを抽出した。これらの抽出DNAについて、真正細菌の16S rRNA遺伝子と真核生物の18S rRNA遺伝子を標的としたポリメラーゼ連鎖反応（PCR）によって増幅した。その後、次世代シーケンサー（Illumina MiSeq）と解析ソフトウェアを用いた菌叢の網羅的解析を行った。

3. 結果および考察

富山市の保育施設における室内空气中の細菌群集構造を解析した結果、門レベルでは、Proteobacteria 門、

Firmicutes 門、Actinobacteriota 門が優占しており、これらはすべての室内から検出された。3園とも、夏季にはProteobacteria 門の割合が高くなる傾向が見られた。夏季の室内では、これらに次いでFusobacteriota 門の割合が高かったが、冬季の室内では、Fusobacteriota 門よりもBacteroidota 門の割合が高かった。また、屋外では室内よりもCyanobacteria 門の割合が高かった。綱レベルでは、Gammaproteobacteria 綱、Bacilli 綱、Alphaproteobacteria 綱、Actinobacteria 綱などが優占していた。

室内試料からはヒトの常在菌も認められ、室内空气中には屋外から流入した細菌とヒト由来の細菌の両方が存在することがわかった。本研究で対象とした3園について、夏季と冬季の細菌類の結果を比較すると、季節によって群集構造が異なっており、冬季の方が多様性が高い傾向が見られた。

室内外空气中の真核生物を解析した結果、門レベルでは、Basidiomycota 門が優占しており、夏季の室内試料の81.6%以上、冬季の室内試料の69.6%以上を占めていた。綱レベルでは、Agaricomycetes 綱が優占しており、夏季の室内では71.5～87.2%、屋外では64.0～81.6%、冬季の室内では61.8%～71.9%、屋外では70.4～76.5%を占めていた。真核生物は、屋外と室内で類似した傾向を示したことから、室内から検出された真核生物は、屋外から流入する割合が高いと考えられた。また、夏季と冬季の真核生物の結果を比較すると、夏季よりも冬季において多様性が若干高い傾向が見られた。

参考文献

1) Daisuke Tanaka1, Kei Sato, Motoshi Goto, et al. (2019) Airborne Microbial Communities at High-Altitude and Suburban Sites in Toyama, Japan Suggest a New Perspective for Bioprospecting, Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 7, 12

謝辞

本研究は、富山第一銀行奨学財団による研究活動に対する助成を受けたものです。

キーワード 室内空気、微生物群集、群集構造解析

太陽光発電量の見通しに経年劣化および気候変化が与える影響について The impact of climate change and deterioration on solar power generation

琵琶湖環境科学研究センター ○河瀬玲奈

1. はじめに

CO₂ ネットゼロの達成には、再生可能エネルギーの大量導入が不可欠である。滋賀県における再生可能エネルギーポテンシャルに占める割合は太陽光発電が最も大きく、滋賀県 CO₂ ネットゼロ社会づくり推進計画（以下、計画）においては、2030 年度の導入目標は、2019 年度比 2 倍となっている。

太陽光発電量の減少要因である発電効率の悪化には、設備ストック平均の設置経過年構成による経年劣化、日射量増加や気温上昇によるパネル温度上昇が影響する。一方で、日射量の増加は、太陽光発電量の増加要因にもなる。そこで、将来の太陽光発電量に影響を与える要素（経年劣化、気温、風速、日射量）の影響について分析を行った。

2. 太陽光発電量の推計方法

太陽光発電設備の将来の導入量は、計画の 2030 年の導入目標および 2050 年の参考導入目標値が達成することを想定する。また、太陽光パネルの発電効率の経年劣化は年率 0.5% とする。

太陽光発電量の推計は、推計方法の違いによる影響を確認するため、METPV-20 を用いて、日射量 I と気温 T の入力値を特別と日別とした場合、風速 V 考慮の有無による発電量の差を分析した。発電量 E は、式(1)にて算出する。特別入力値の風速考慮有の総合補正係数 K は式(2)にて算出する（a,b,c,d はパネル設置条件等の係数）。

$$E = I \cdot K \quad (1)$$

$$K = a \cdot \left[1 - b \cdot \left\{ T + \left(\frac{c}{d \cdot V^{0.8} + 1} + 2 \right) \cdot I - 27 \right\} \right] \quad (2)$$

次に、NIES2020ver1.0 を用いて、疑似的な将来気象値を作成し、特別日別補正係数を算出した。最後に、気候シナリオの気象予測値から算出した日別発電量と特別日別補正係数を用いて将来特別発電量を算出した。

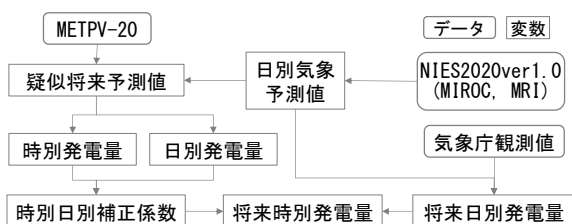


図1 太陽光発電量の推計フロー

3. 結果

3.1 推計方法の違いによる発電量

特別入力値の場合について風速考慮の有無（無風と 2.0m/s）の差を 2010 年代の天津市について比較すると、パネル温度の上昇により夏季には総合補正係数が約 0.7 に減少すること、風速の違いによるパネル温度の差は冬季に大きいこと、風速 2.0m/s の場合の総合補正係数の方が 0.05~0.06 ポイント大きくなることが分かった。月別の発電量は、特別（風速 2.0m/s）の方が日別（風速考慮無）に対し 0~4.3%大きく、年合計では 1.9%大きかった。風速が発電量に与える影響は小さく、また、2010 年代に対する将来の風速の変化は、±3%以内であったことから、風速は 2.0m/s で一定とした。

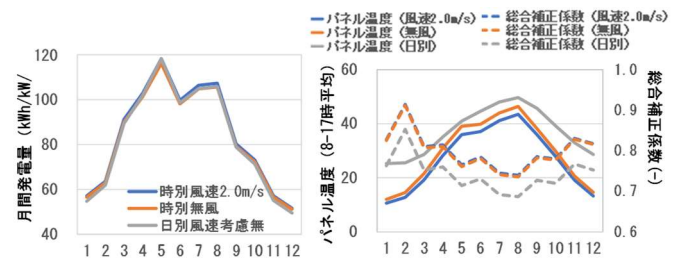


図2 推計方法の違いによる指標の差(2010 年代天津市)

3.2 経年劣化と気候シナリオを考慮した発電量

2040 年代の SSP2-RCP4.5 シナリオでは 2010 年代平均と比較すると、気温上昇や日射量増加により太陽光パネルの発電効率は 0.5%悪化するものの、2.9%の日射量の増加により kW あたりの発電量は 2.4%増加する。一方で、設置経過年構成による経年劣化によりストック平均の発電出力は 6.7%減少するため、発電出力容量に対し、発電量は 4.3%少なくなる。

表1 発電量の変化要因(SSP2-RCP4.5 シナリオ)

年代	発電効率		日射量	発電量	
	経年劣化	気象要因		kWあたり	ストック平均
2030年代	-5.6%	-0.5%	2.3%	1.8%	-3.8%
2040年代	-6.7%	-0.5%	2.9%	2.4%	-4.3%
2050年代	-6.9%	-0.7%	3.8%	3.0%	-3.8%

謝辞：本研究は、環境省・（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20231002）により実施した。
キーワード 太陽光発電，経年劣化，気候シナリオ

有機化合物の皮膚透過性へのマトリックスによる影響の評価 Evaluation of the effect of matrix on skin permeability of organic compounds

労働安全衛生総合研究所 ○王 齊, 小野 恵美, 岩瀬 真喜子, 柳場 由絵

1. はじめに

工業的に多く使用される揮発性有機化合物 (VOC) および一部の半揮発性有機化合物 (SVOC) は主に経気道により、ヒトへばく露することが認識されていたが、最近の研究では、経皮ばく露も化学物質の重要なばく露経路の一つであることが報告された¹⁾。また、最近の労働災害データにより、化学物質による障害別労働災害の発生件数のうち、約 50% が「皮膚に対する障害」であることが示された²⁾。我々の既往研究では、多種類の有機化学物質に適用する皮膚透過性の評価方法を開発し、スクリーニング評価を行った。その結果、有機溶剤製品に含まれる対象物質は、共存物質の影響を受けて皮膚透過性が変化する可能性があることを示した^{3), 4)}。

本研究では、化学物質の皮膚透過性に影響を及ぼす要因を調査し、マトリックスによる皮膚透過性への影響メカニズムを検討する。

2. 方法

フランツ拡散セルを用いて皮膚透過性実験を行った³⁾。皮膚モデルは 5 ヶ月齢のブタ (Yucatan micropig, YMP) から採取された背部皮膚を用いた。レセプター相はリン酸緩衝生理食塩水 (PBS, 細胞培養用, 和光) であった。添加溶液は以下の 5 種類であった。**1)** 作業環境測定対象物質に含まれる 52 種類の有機溶剤の混合液 (v:v = 1:1) ; **2)** トルエンで希釈した *N,N*-ジメチルホルムアミド (DMF, 約 0.5vol%) ; **3)** PBS で希釈した DMF (約 0.5vol%) ; **4)** トルエンで希釈したエチレングリコールモノメチルエーテル (EGME, 約 0.5vol%) ; **5)** PBS で希釈した EGME (約 0.5vol%)。

実験時の皮膚表面温度を 32 ± 1 °C になるように制御した。添加後の 15 分から 300 分の間、経時的にレセプター液を採取し、内標準物質 (トルエン-*d*₈, クロロベンゼン-*d*₅) 入りのアセトンで 100 倍希釈し、ガスクロマトグラフ質量分析計 (GC-MS, 7890B-5977A MSD, Agilent) を用いて分析した。

3. 結果と考察

52 種類の物質混合液を用いた実験では、33 種類の物質について 300 分後のサンプルにおいて最大透過率が約

1-100% であった。全体的に、エーテル類、アルコール類などの物質が比較的皮膚を透過しやすく、塩素系化合物、芳香族類などの物質は皮膚透過性が低い傾向であった。さらに、これらの物質の透過係数は、分子量および $\log K_{ow}$ との間に、いずれも有意な相関がみられたため、化学物質の皮膚透過性は分子量と $\log K_{ow}$ の影響を受けることが示された。

また、トルエンと PBS それぞれで希釈した DMF と EGME の実験結果 (図 1) により、マトリックスの影響による DMF と EGME の皮膚透過性メカニズムを検討した。DMF と EGME はそれぞれアミドとエーテル類の物質であるが、 $\log K_{ow}$ はそれぞれ -0.93 と -0.77 であり、いずれも親水性物質である。トルエンを溶媒とした場合、DMF と EGME はトルエンから皮膚中の水に分配しやすく、また、レセプター液に対して、皮膚中の水含有量が非常に低いため、一旦皮膚中に移行した DMF と EGME は、迅速にレセプター液に移行したと考えられた。今後、より詳細な調査が必要である。

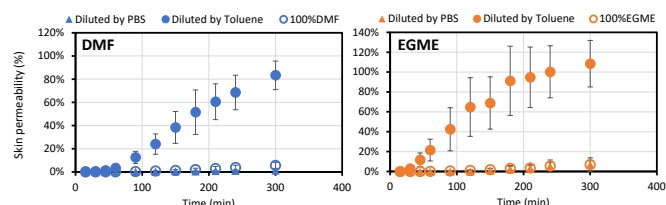


図 1 マトリックスの影響による DMF と EGME の皮膚透過性の変化

4. おわりに

本研究の結果により、有機溶剤製品に含まれる対象物質の皮膚透過性を評価する場合、共存物質の影響を考慮する必要があることが示唆された。

参考文献 : **1)** Tokumura et al. (2019) Chemosphere, 226, 316-320. ; **2)** 城内博ほか (2024), 化学物質管理者専門的講習テキスト総合版, 日本規格協会, 32-33 ; **3)** 王ら (2023) 2023 年室内環境学会学術大会講演要旨集, 112-113 ; **4)** 王ら (2024) 産衛誌, 66 巻, 459.

キーワード 経皮吸収, ばく露評価, 作業環境

地球温暖化の影響を加味したマクロ経済シミュレーションの考察 Adding the effects of global warming on to macroeconomic simulations

NTT 宇宙環境エネルギー研究所 ○二本木伸佳, 徳永大典, 河田博昭

1. はじめに

地球温暖化による経済活動への影響が様々な研究で示されている。本研究では、従来のマクロ経済予測に対して地球温暖化による補正を行い、その影響を評価した。

2. 方法

気候変動の影響を評価する際には、将来の社会経済の仮定を置いたシナリオとして SSP シナリオが広く利用されている。本研究では、SSP シナリオで設定された GDP 予測をベースラインとして、気温による影響を加味して GDP 予測を補正し、統合評価モデルに入力した。

気温の予測は CMIP6 の予測データを国単位で平均した。GDP への影響は Burke *et al*(2015)¹⁾に従い式(1)を適用した。ここで $T_{r,t}$ は地域 r における t 年の年間平均気温、 $h(T_{r,t})$ は一人当たり GDP の成長に対する影響を表す。 $\beta_1 = 1.27\text{E-}2$, $\beta_2 = -4.86\text{E-}4$ である。このモデルでは年間平均気温が約 13°C の時に最も効率的に GDP が成長する。

$$h(T_{r,t}) = \beta_1 T_{r,t} + \beta_2 T_{r,t}^2 \quad (1)$$

この $h(T_{r,t})$ を用いて Schultes *et al*(2021)²⁾の方法に基づいて GDP 予測の補正を行った。統合評価モデルは米国の国立研究所 PNNL で開発された GCAM³⁾を用いた。

3. 結果

2050 年における世界の人口と GDP の関係を表すローレンツ曲線を図 1 に示す。

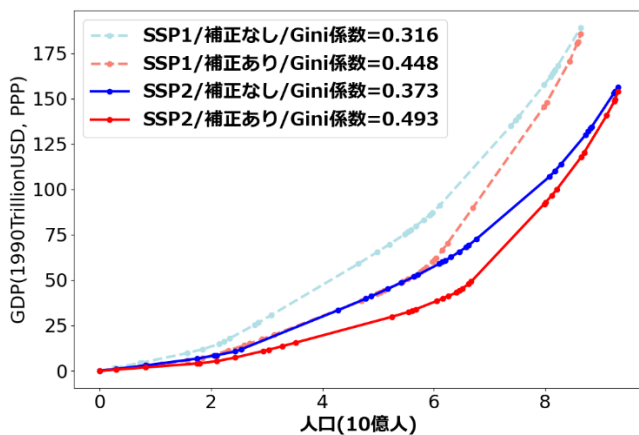


図 1 2050 年の世界の人口と GDP の関係

インド、日本、カナダの 3 カ国における 2020 年から 2100 年までの摂取カロリーの推移を図 2 に示す。

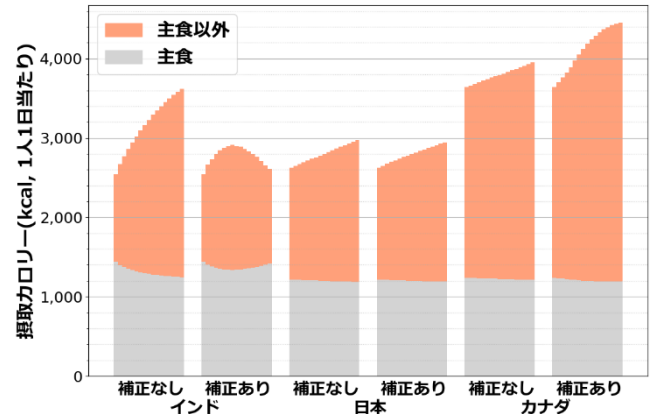


図 2 2020 年～2100 年の摂取カロリーの推移(SSP2)

4. 考察

地球温暖化によって補正された予測では、図 1 の通り、未補正の予測より地域間の経済格差が大きくなった。地球温暖化による格差の拡大は様々な研究で議論されているが、これを Gini 係数で定量的に示したことに意義がある。また、補正に対する反応は分野によって異なり、図 2 の通り、生活に欠かせない主食では反応が比較的小さく、主食以外の食料では反応が大きくなった。

参考文献

- 1) Burke M., Solomon M. Hsiang, and Edward Miguel (2015) Global non-linear effect of temperature on economic production, *Nature*, 527, 235-239.
- 2) Schultes A., Franziska Piontek, Bjoern Soerge, Joeri Rogelj, Lavinia Baumstark, Elmar Kriegler, Ottmar Edenhofer and Gunnar Luderer (2021) Economic damages from on-going climate change imply deeper near-term emission cuts, *Environmental Research Letters*, 16, 104053.
- 3) GCAM: Global Change Analysis Model, <https://gcims.pnnl.gov/modeling/gcam-global-change-analysis-model> (accessed 2024-6-25).

キーワード 地球温暖化, 統合評価モデル, GCAM, マクロ経済

再生プラスチックの健康リスク評価：再生プラスチック製品からの可塑剤のケーススタディ

Health Risk Assessment of Recycled Plastics Products: Case Studies of Plasticizer Exposures

産業技術総合研究所 ○小島直也，篠原直秀，小栗朋子，小倉勇，小野恭子，梶原秀夫，中村圭介，山崎絵理子，
羽成修康，蒲生昌志

1. 背景

循環経済の観点からプラスチックリサイクルへの関心が高まっており、関連する課題の一つとして、再生プラスチック内で見つかる添加物や非意図的生成物等による健康リスクが十分に評価されていないことが挙げられる。本発表では、再生プラスチック製品（ポリプロピレン製、以下 PP）による曝露シナリオを構築し、再生プラスチック製品に含有される可能性があり、有害性が高いと懸念される物質を取り上げ、リスク評価を実施した。

2. 方法

評価対象製品として、A)爪切りホルダー、B)乗用車用窓開閉ボタンパネル（以下、ボタンパネル）を取り上げた。これらの製品の使用に伴い添加物等への曝露が生じると仮定し、以下の曝露シナリオを設定した。

- A) 2 週間に 1 回、手足の爪を切る。片手指先から経皮曝露する。
- B) 1 日 60 分運転する。ボタンパネルへの接触（運転 1 回あたり 5 分）により片手の手のひらから経皮曝露する。また、車内気中に移行した物質を吸入曝露、車内ダストに吸着した物質を経口曝露する。

先行研究¹⁾では、プラスチックの樹脂別・用途別に、意図的・非意図的を問わず、添加および混入により含有される物質リストが提供されている。このリストに基づき、PP 製品に含有される可能性があり、健康への有害性が懸念される、可塑剤のフタル酸ジ-n-ブチル（DBP）とフタル酸ジ（2-エチルヘキシル）（DEHP）を評価対象物質とした。リスク評価に用いる無毒性量等については、日本、米国、欧州の各種評価書を参照し、そのうちの最小値（安全側の値）とした（表 1）。製品中の物質濃度は参考文献²⁾における抽出試験の実測濃度の最大値から DBP：4.5 mg/kg、DEHP：44 mg/kg とした。なお、他の先行研究においても、DBP、DEHP が検出したことが報告されているため、再生 PP 製品にはこれらが含有される懸念がある。

以上の製品中の物質濃度や曝露時間を産総研室内製品曝露評価ツール（AIST-ICET）³⁾ に入力した。製品か

らダスト・皮膚への移行量や移行した物質の吸収率などのパラメータについては、物性値をもとに AIST-ICET 内蔵モデルにより推計した値を使用した。

3. 結果と考察

ハザード比（HQ）は表 1 の全ケースで 1 より十分に小さく、健康影響の懸念がないと評価された。この結果から、これらの用途における健康リスクは許容可能な水準と見込まれる。今後はケーススタディを他の製品・用途への拡張することに加え、再生回数・流通量の増大を想定したリスク評価など、様々な観点から再生プラスチックの安全性についての評価を進める。

表 1 リスク評価結果

物質	製品	曝露経路	無毒性量※	曝露量※	ハザード比※※
DBP	爪切りホルダー	経皮	7.0E+1	3.3E-5	4.7E-8
	ボタンパネル	経皮		6.2E-3	7.6E-6
		吸入	2.0E+1	5.4E-3	2.7E-4
DEHP	爪切りホルダー	経口	7.0E+1	4.5E-6	6.4E-7
		経皮	7.2E+2	2.0E-4	1.0E-7
	ボタンパネル	経皮		6.2E-3	7.6E-6
		吸入	2.0E+1	4.0E-5	4.1E-5
		経口	3.6E+1	1.4E-7	4.0E-9

※単位について経口・経皮は $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ ，吸入は $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。※※ハザード比（HQ）= 曝露量／無毒性量。

参考文献

- 1) Ksenia J. Groh et al. (2019) Overview of known plastic packaging-associated chemicals and their hazards, Sci. Total Env., 651, 3253–3268.
- 2) Ministry of Environment of Denmark (2021) Initial safety assessment of recycled plastic for packaging of cosmetic products, Environmental Project no. 2174.
- 3) 東野晴行・梶原秀夫 (2017) 室内製品曝露評価ツールの開発，日本リスク研究学会誌，26(4)，209–216.

キーワード 再生プラスチック，健康リスク，循環経済

植物残渣のアップサイクルによる水質浄化材 Water purification materials by upcycling plant residues

ソニーグループ株式会社 ○末松三豪, 稲垣靖史

1. 目的・背景

産業を始めとした排水処理分野において、凝集剤が使用されている。例えば、工場排水等の水中に懸濁分散している微粒子を凝集分離し、水を清澄化するために、化石資源から製造されたポリアクリルアミドを代表とする高分子凝集剤が使用されている。ソニーグループではシマツナソ植物中の水溶性多糖類(図 1)が高分子凝集剤と同様に機能する事を過去に見出している¹⁾。しかし、同植物を用いた排水処理では清澄性は優れるものの沈降速度面で更なる向上が望まれていた。本件では昨今の環境の意識の高まりも踏まえ、異なる水溶性多糖類を有する植物残渣を組み合わせることにより、排水処理能力(沈降速度)が向上することを見出すに至り、これが従来の水溶性高分子凝集剤の代替となる可能性について検討結果を行ったので報告する。

2. 実験

【試料準備】

直鎖型水溶性多糖類源

- ・沖縄で収穫時に廃棄されるシマツナソ植物残渣。

分岐型水溶性多糖類源

- ・パキスタンで栽培されているクラスタマメ残渣。

高分子凝集剤

- ・ポリアクリルアミドを部分加水分解した市販品。

試験液

- ・半導体工場フッ素系廃液(SS 分 1%)

【評価】

沈降速度及び濾過速度

100ml の沈降菅に試験液を入れ、沈降速度の評価を実施した(表 1)

沈降速度評価後に形成したフロック液を東洋濾紙社製 No.5C 直径 185mm を用いて濾過した。5 分後の濾液量から濾過速度を算出した(表 1)。

3. 結果と考察

植物を用いた水溶性多糖類と高分子凝集剤を比較すると、高分子凝集剤は優れた沈降速度を示した。これは化学合成された高分子凝集剤は一千万程度の巨大分子量を有しているものの、水溶性多糖類は数百万程度

の分子量に留まっていることによると考えられ、この結果は沈降速度が分子量に比例することと一致する²⁾。直鎖型水溶性多糖類と分岐型水溶性多糖類を組み合わせた際、沈降速度の明らかな向上が確認できた。水溶性多糖類は相互作用を示すことが報告されており³⁾、2 種の多糖類間で相互作用が生じた結果、分子鎖が疑似架橋することで見かけ分子量が増加するところとなり、それぞれの単独使用時より凝集速度が向上したと考えられる。以上より、植物残渣のアップサイクル可能性と既存の高分子凝集剤の代替可能性を示した。

植物残渣由来の水質浄化材に関してより詳しいデータを用いた本発表では行う。

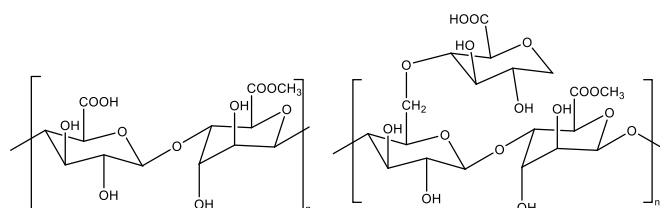


図 1 シマツナソ植物とクラスタマメ中の水溶性多糖類

表 1 各材料を試験液に 7.2ppm 添加した際の各特性

	沈降速度 cm ³ /min
直鎖型多糖類	6.1
分岐型多糖類	3.6
直鎖/分岐型多糖類	8.9
高分子凝集剤	9.8

参考文献

- 1) 特許第 3876497 号
- 2) 高田耕一, 流郷治郎 (1989) 分子量分布の実用的な評価とその凝集性能への影響* 高分子論文集, 46. 3., 139-144
- 3) Nikica Skara and Dubravka Novotni *et. al* (2013) Combined effects of inulin, pectin and guar gum on the quality and stability of partially baked frozen bread, Food Hydrocolloids, 30. 1, 452-457.

キーワード 植物材料, アップサイクル, 水浄化

新興国におけるライフスタイルと環境の変化-インドネシアバリ島を事例として-

Lifestyle and Environmental Changes in Emerging Countries: A Case Study of Bali, Indonesia

神戸大学 ○大野朋子, 田畑智博

1. はじめに

新興国と呼ばれる国々では、急速な経済発展のもと、人々は便利で豊かな生活を手に入れた。しかし、その一方では文化的、伝統的生活の変化や喪失が起こっており、特に自然資源の利用が地域、民族の生活基盤と強く結びつく地域では、その影響は顕著である。

そこで本研究では、新興国のなかでも宗教的習慣が日常生活と一体となり、自然資源の利用が不可欠である地域を対象として、近年の人々のライフスタイルの変化によって生じた自然資源利用の実態を明らかにすることを目的とした。それらの結果から今後の地域環境に及ぼす影響について考察する。

2. 調査地および調査方法

インドネシアのバリ島を調査対象とした。バリ・ヒンドゥー教徒である人々は日常的に多くの儀礼を行い、神への供物として多様な自然資源を利用している。

2020, 2022, 2023 年に計 4 回の現地フィールド調査を行った。これまでの調査から最も一般的かつ多用される供物は花かごによく似るチャナンと呼ばれるものであった。このチャナンを対象に市場調査、使用材料、栽培状況などについて現地確認および聞き取りを行った。

3. 結果

3.1. チャナンの使用実態

バリ・ヒンドゥー教には多くの神々が存在し、チャナンはそれら神への供物の一つである。寺社参りでも捧げるが(図1)、一般家庭の日常では、民家の入り口や台所などの各部屋、サンガと呼ばれる家寺など様々な場所にチャナンを朝夕供える。その1日あたりの必要数は、かつては100を超える世帯も少なくなかったが、聞き取りを行った50歳代女性によると本家では45~50個、分家である自身の家では15個であるという。近年、1世帯で使用するチャナンの個数は減少傾向にあるというが、その大きな要因として女性の社会進出や少子化といったライフスタイルの変化によって生じたチャナン作成時間の減少が考えられる。

3.2. チャナンに使用される材料とその入手

現在、チャナンは市場および露店で完成品やパーツ販売されており、日用品のように大量購入できる。チャナンの最も一般的な形状は四角いチャナン・チュペルであった。これに使用される材料を調査した結果、若いココヤシの葉で入れ物を作り、その中には主にハウセンカ、マリーゴールド、アジサイ、パンダン(タコノキ科)、キンマ(コショウ科)の葉が入れられている。特に大量消費されるのはハウセンカである。また、ハウセンカを含め、マリーゴールドやアジサイは園芸品種であり、近年使用され始めた植物であることが分かった。

3.2. 土地利用の変化

ハウセンカとアジサイの栽培地を調査した結果、ハウセンカは、ここ数年で水田の休耕期を利用して栽培する農家が増えているという。また、アジサイについては、30年ほど前から導入が始まったと言われ、バリ島の特産物であるコーヒーの栽培からアジサイ畑へ土地利用の転換が起こっていることが明らかになった。

これらの転換は、ライフスタイルとチャナン材料の需要の変化と関連している。しかし、近年の材料の変化は伝統や文化とは関連せず、今後定着するとは限らない。大規模な土地利用の変化は伝統的なバリ島の景観を変えるだけでなく、安易な園芸品種や外来種を用いることで、今後の環境への影響が懸念される。



図1 ティルト ウンプル寺院で大量に供えられるチャナン：2023年6月大野撮影

キーワード 宗教, 土地利用, 自然資源, 供花

夏季の都市空間における街路樹から感じる「涼しさ」評価 Evaluation of ‘Coolness’ Perceived from Street Trees in Urban Spaces in Summer Season

神戸大学 ○大野 朋子, 植竹 駿

1. はじめに

時代とともに都市が抱える課題は多様化しているが、その一つとして屋外における夏の暑さは、年々深刻化し、都市を訪れる人々の快適性の阻害のみならず、安全性をも脅かす深刻な問題となってきた。ヒートアイランド現象については、これまで様々な報告が行われており、樹木の緑陰が街路の温度を低下させることが明らかとなっている¹⁾。しかし、都市空間での街路樹は維持管理の難しさもあり、街路樹を設置しない街路も多くなっているのが現状である。街路樹のもつ効果は、温熱環境の改善だけでなく、修景やアメニティなど多岐に渡るため、人々が街路樹から心地よさを得られる視覚的な「涼しさ」も重要である。

そこで本研究では、夏季の都市空間で街路樹から感じる「涼しさ」について樹種別や樹形の違い等に注目して評価を行った。

2. 調査および解析方法

2.1 調査地および測定樹種の選定

調査地は神戸市都心部の灘区とした。また、測定を実施した樹種はケヤキ、クスノキ、イチョウ、サクラ、プラタナスの5種類とし、レーザー距離計を使用して調査対象樹木の樹高にできるだけ差が生じないよう各樹種3本ずつ測定対象として選定した。

2.2 街路樹による歩道上の温度低減効果の計測

アスファルト舗装上に生じる各樹種の樹冠下の日陰とその直近の日向箇所にて計測を行った。実施日は2023年8月13日から29日の計7日間、各樹種3本ずつ行った。計測位置は地表高1.5m(成人想定)と0.5m(幼児想定)の高さにおいて樹冠が作る緑陰の端から50cm内側(日陰部分)と外側(日向部分)とし、それぞれ3か所ずつ測った。熱中症指数モニターを使用し、各計測箇所です約30秒間静止、その間の最高気温を計測値として記録した。

2.3 視覚から得られる街路樹の「涼しさ」感の検証

Web アンケート調査を実施し、計1034名に対してアンケートを行った。質問内容は、回答者の基本属性に加えて、7～8月の夏の季節を想定した街路樹の樹冠、樹形、

樹種の違いから生じる「涼しさ」感についてイメージ画像を用いた5項目を質問した。

3. 結果

3.1. 樹種別および地表高別の温度比較

表1より日向と樹冠下との温度差が最も大きかったのは地表高1.5mのプラタナスで、地上高別にみると、地表高1.5mではプラタナスとサクラの温度差が大きく1.4℃と1.3℃であった。一方、イチョウ、ケヤキでは温度差が小さく、0.5℃と0.8℃にとどまった。また、地表高別に見るとほぼすべての樹種で地表高0.5mの方が温度差は大きいことが示された。

3.2. 夏季における街路樹の視覚的「涼しさ」感

樹冠の大きさは、緑陰を形成する重要な要因だが、樹冠幅はより大きければ涼しいと感じるものではなく、道路幅に対して同じ幅のものを涼しいと感じる人が52.4%を示し最も高いことが分かった。また、樹種別の「涼しさ」感については、順位1位を選択した回答者数が最も高かったのはサクラの30.3%、次いでクスノキ、ケヤキ、イチョウ、プラタナスの順だった。これにより実際の緑陰による温度低減効果と視覚的な「涼しさ」には樹種により異なるものがあることが分かった。

表1 樹種と地表高別の平均温度とその温度差

樹種	平均気温(℃)					
	日向		樹冠下(日陰)		温度差	
	1.5m	0.5m	1.5m	0.5m	1.5m	0.5m
ケヤキ	35.3	35.7	34.5	34.7	0.8	1.0
クスノキ	36.0	36.2	34.9	35.2	1.1	1.0
イチョウ	36.2	36.6	35.8	35.7	0.5	0.9
サクラ	36.2	36.8	34.9	35.2	1.3	1.6
プラタナス	35.8	36.0	34.4	34.3	1.4	1.8

参考文献

1) 淑 敏, 日置 佳之, 太田垣 亮 (2011) 熱画像を用いたケヤキの緑陰効果の評価, 日本緑化工学会誌, 37 巻, 1 号, 245-248

キーワード 緑陰, 樹種, 視覚, 街路空間

複数の自然災害を起因とする産業事故の定性的リスク分析におけるハザードエリアの抽出

Extraction of hazard areas for qualitative risk analysis of industrial accidents caused by multiple natural hazards

大阪大学大学院工学研究科 ○大岩竜也，東海明宏，中久保豊彦，北九州市立大学 伊藤理彩

1. 背景と目的

近年、Natech (Natural hazard-triggered technological accidents)と呼ばれる自然災害を起因とする産業事故が頻発している。Natech の要因となる災害は様々で、中国で複数災害の Natech リスクを分析した研究¹⁾があるが、日本では事例がない。そこで、本研究では Natech リスクをスコアとして算出する定義式を作成し、ハザードエリアを抽出して複数の災害を対象とした Natech リスクへの新たな評価指標を提示することを目的とした。

2. 方法

対象地は、東京都、愛知県、大阪府とし、定義式を構成する指標は3次メッシュ内の人口、PRTR 制度の対象事業所における化学物質在庫量、災害リスク、災害対応施設数としている。災害リスクについては、国土数値情報²⁾で警戒区域が公開されている土砂災害、洪水、高潮、津波を本研究の対象災害とした。次に、各指標について3次メッシュごとにデータ整備を行い、災害スコア、人口、化学物質在庫量は0から20の値をとるよう算出した。人口のスコアリングについて、環境への被害もNatechとして定義されるため3次メッシュ内の人口が0人の場合でも人口スコアは1とした。災害対応施設数は消防署数・避難所数とし、3次メッシュ内の合計件数を1から10にランク分けした。以下の式1に3次メッシュごとのNatech リスクスコア算定式を示す。なお、右辺を80で除すことでNatech リスクスコアが0から100の値をとるようにしている。

$$S_{Natech} = \frac{S_{複数災害} \times S_{在庫量} \times S_{人口}}{S_{災害対応施設}} \times \frac{1}{80} \quad \dots \text{式(1)}$$

3. 結果と考察

東京都、愛知県、大阪府の3次メッシュごとのNatech リスクスコアを計算した結果、スコアの最大値は東京都が25.33、愛知県が12.70、大阪府が16.50であった(図1)。3都府県すべてにおいて最もスコアが高くなったのは臨海部であり、

これは人口が集中していることや、高潮、津波の警戒区域が広範囲に及んでいることが原因であると考えられる。また、東京都では臨海部に加え北東部のスコアも高くなっており、これは荒川の流域が人口の多い平坦な地形と重なっていることが原因であると考えられる。

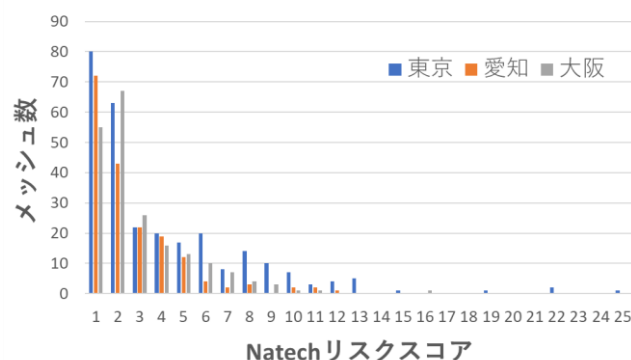


図1 Natech リスクスコアごとの3次メッシュ数

4. 結論

リスクエリアの抽出を行った結果、都市部では人口、化学物質在庫、災害リスクが集中する臨海部で共通してリスクが高いことが分かった。また、荒川など都市部の河川の河口付近は人口も集中しており特にスコアが高くなった。本研究では化学物質の在庫量のみを指標としたが、物性の評価指標も加えることで産業活動実態を反映したリスクの抽出を行うことができると考えられる。

謝辞

本研究は、環境省・(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20231M03)により実施した。

参考文献

- 1) Yue Gao et al : Natural hazard triggered technological risks in the Yangtze River Economic Belt, China, Nature, Scientific Reports 11, Article number 13842, 2021
- 2) 国土数値情報ダウンロードサイト, 国土交通省 (最終閲覧日 : 2024.07.08)

キーワード Natech, 複数災害, PRTR, リスク抽出

持続可能性評価結果に基づく土壌汚染地における浄化目標値の考え方の検討 Study of the Concept of Remediation Target Values for Soil Contaminated Sites based on the Results of Sustainability Assessment

横浜国立大学 ○小林剛, 万晟吉, 半田千智, 李京

1. はじめに

国内に土壌汚染地が 10 万か所潜在すると推算されている。汚染が発覚すると汚染濃度レベルによらずに 7 割は掘削除去が行われている。その中には、健康リスクは十分に低い状況にも関わらず、環境、経済、社会に大きな負荷を与えながら、とにかく速やかに基準達成を目指すことも多く社会課題となっている。本研究では、汚染事例の多い鉛や揮発性有機塩素化合物の持続可能性評価の結果から、浄化目標値の考え方について検討した。

2. 方法

これまでに検討してきた、揮発性有機塩素化合物や鉛による土壌汚染地でのサステナブルレメディエーション(SR)の研究結果¹⁾²⁾を用いて、健康リスクの評価結果と SR 評価結果から、土壌汚染地での浄化目標値の設定の考え方を検討した。SR 評価では、評価指標として環境 (NO_x, SO_x, PM_{2.5}, CO₂, エネルギー消費, 廃棄物量, 埋立土壌量等)、経済 (対策費用, 外部費用, 地価上昇等)、社会 (交通事故増加, 労働災害件数等) を考えた。

3. 結果・考察

健康リスク評価結果の例として、表 1 に、(a)鉛表層土壌汚染地 (事業所 A) 周辺での、土壌汚染によるハザード比 (TDI に対する曝露量の比) と、(b)水道水や食品の摂取や大気吸入に伴う曝露によるハザード比との比較例を示した。単に健康リスク評価の結果を示すのではなく、土壌汚染以外の曝露量も比較して示すことで、相対的に他の許容しているリスクの大きさと比較、判断できると考えられた。SR 評価結果についても、健康リスクの低減量当たりの影響量を数値化することにより、健康リスクの大きさに基づく、対策の必要性の検討、判断が可能になると考えられた。また、図 1 に土壌汚染地での健康リスク評価結果と SR 評価の結果から、浄化目標値を設定しながら対策手法を検討する考え方を整理した。最終的にはステークホルダーの価値判断に関わるため、彼らの議論と再検討が必要であると考えられた。

4. 謝辞

本研究の一部は、令和 2 年度不動産流通経営協会研究助成事業の支援を受けた。ここに記して謝意を表します。

表 1 土壌汚染リスクと他の鉛曝露によるリスクの比較

(a) 事業所 A の鉛土壌汚染によるハザード比の計算例

汚染土壌の経口曝露の経路別ハザード比			※事業所 A 基準値の 3.4 倍の汚染
土壌の直接摂取	50 mg/d	0.36	
鼻呼吸由来の経口曝露	6.1 m/d	0.18	
地下水飲用	0.9L/d	0.04	
農作物摂取 (根菜類 39g/d, 葉菜類 64g/d)		0.01	
経口曝露量 合計		0.59	
汚染土壌の吸入曝露のハザード比			
飛散した 10μm 以下の 20% の粒子吸入		0.1	

(b) 多様な鉛曝露によるハザード比の例

水道水や食品の摂取による経口曝露のハザード比			
【水道水】0.4L/d~0.9L/d の引用による曝露量	0.4L/d	~	0.9L/d
鉛製給水管使用 朝一番の水 (平均 0.0038mg/L)	0.029	~	0.065
鉛製給水管使用 流水 (平均 0.0023mg/L)	0.018	~	0.039
鉛製給水管不使用 (平均 0.001mg/L)	0.008	~	0.02
【食品】小児の 1 日当たりの摂取量の +1σ とする曝露量			
果実缶詰 (平均 0.02mg/kg)	62 g/d 摂取	0.022	
果実飲料 (平均 0.01mg/kg)	80 g/d 摂取	0.015	
ほうれんそう (平均 0.02mg/kg)	19 g/d 摂取	0.007	
セロリ (平均 <0.01mg/kg)	4 g/d 摂取	0.001	
大気吸入による吸入曝露のハザード比			
【大気】2019 年の最小から最大濃度	最小値	~	最大値
固定発生源周辺 (0.0012~0.19 μg/m ³)	0.002	~	0.38
一般環境 (0.00029~0.063 μg/m ³)	0.001	~	0.126
沿道環境 (<0.00077~0.025 μg/m ³)	<0.002	~	0.05

土壌汚染地での SR 評価による対策手法の検討

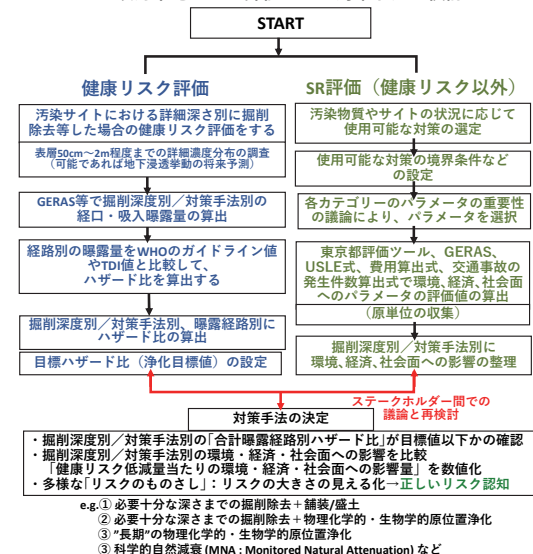


図 1 土壌汚染地での SR 適用・対策手法検討フロー案

参考文献

- 小林剛・万晟吉・李京(2023) 鉛表層土壌汚染サイトでのサステナブルレメディエーションの適用と対策の検討, 環境情報科学学術研究論文集 37, 220-225
- 古川靖英・小林剛・保高徹生・本藤祐樹ら(2018), 揮発性有機塩素化合物汚染における土壌汚染対策技術選定時のサステナブルアプローチの有効性検討と従来手法との比較, 土木学会論文集 G(環境), 74(4), 152-164.

キーワード 土壌汚染, サステナブルレメディエーション

オリンピックを対象とした持続可能性指標の提案とそれによる各大会の評価 Proposal of Sustainability Indicators for Olympics and Evaluation of each Games using them

東京工業大学 ○仲澤諒人, 棟居洋介, 国立環境研究所 金森有子, 増井利彦

1.はじめに

現在スポーツイベントでも持続可能性への配慮が求められる中で、本研究はオリンピックと持続可能性の關係に着目した。Müller, M. et al.^[1]の評価指標では、3分野9指標(環境的分野:新規会場割合;チケット販売数;大会関係者数、社会的分野:イベント開催支持率;強制退去者数;法改正、経済的分野:予算超過率;公的資金の割合;長期的生存可能性)を対象に個別の指標を標準化し、それらを重みづけして加えることで各オリンピック大会の持続可能性が評価されている。一方、持続可能性の評価については、JFS(ジャパン・フォー・サステナビリティ)^[2]のように、上記の3分野に「個人」を加えた定義も見られるようになっている。また、東京オリンピックでの持続可能性主要5大テーマに見られるように、近年のオリンピックでは環境面への取り組みが重視されるようになっている。そこで本研究では、個人に関する新指標をはじめいくつかの指標を加え、1992年以降に開催されたオリンピックを対象にデータを更新して評価することにより、Müller, M. et al.による評価との違いを考察し、新たな指標や分野を評価することによる影響を明らかにする。

2.研究内容

本研究では、持続可能性を示す分野を「環境、社会、経済、個人」の4分野に拡張する。その上で、環境分野の比重を高めた4分野13指標(環境的分野:新規会場割合;チケット販売数;大会関係者数;再エネ電気利用割合;運営時の廃棄物の再使用・再生利用率、社会的分野:女性アスリート参加割合;強制退去者数;法改正、経済的分野:予算超過率;公的資金の割合;長期的生存可能性、個人分野:ボランティア参加人数;イベント開催支持率)を新たに提案した(下線部は新たに追加した指標を示す)。提案した持続可能性評価指標に対して、採点基準の重みづけを見直し、1992年以降に開催されたオリンピックの持続可能性について評価、考察を行った。

3.分析結果

1992年以降に開催された夏季オリンピックの持続可能性スコアの結果を図1に示す。個人分野は「定性的指

標の導入」という意味だけでなく、人々のオリンピックに対しての支持を反映する指標を採用している。新たな指標による結果は、Müller, M. et al.と比較して大会規模の拡大や多様性の尊重による影響で「経済分野」の評価が低下し、「社会分野」の評価は増加傾向にあることが明らかになった。また、環境面の取り組みが重視されているが、開催地による評価の変動が大きく、結果は過去から現在にかけて採点は50点付近に停滞していた。

4.結論と今後の課題

「個人」に関する指標を加えたことによって、国民の感情に配慮した近年の大会のスコアが増加した。また、その他の指標を加えたことで、多様な持続可能性の取り組み、定性的な取り組みの評価に繋がった。結果として特に近年持続可能性スコアが減少傾向にある経済分野は、規模の縮小等の対策が必要であるといえる。

今後の課題としては、無形のレガシーである精神文化的側面への評価が不十分であり、指標ごとの重みづけの方法の違いがもたらす影響の評価等や、スポーツにおいて持続可能性の意識を向上させるためにこうした分析をいかに活用するかが挙げられる。

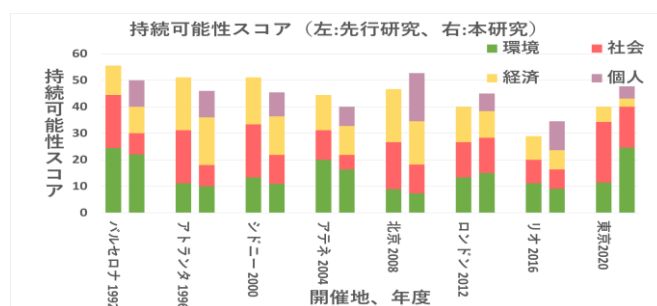


図1 持続可能性スコア(夏季五輪)

参考文献

- [1] Müller, M. et al. (2021) An evaluation of the sustainability of the Olympic Games. Nat Sustain 4, 340–348.
- [2] JFS(2006),持続可能性とは,
https://www.japanfs.org/ja/projects/sus_index/sus_index_id033517.html

キーワード 持続可能性指標, オリンピック, 定量評価

シンポジウム

シンポジウムー1

平時から災害事故時を対象とした化学物質リスクガバナンスに向けた基盤的手法の構築

9月9日(月) 9:15～11:45

シンポジウムー2

水から人々の暮らしと価値観を探るー私たちはどのような水環境を目指すべきかー

9月9日(木) 9:15～11:45

シンポジウムー3

多世代・多地域連携による人材育成ーインカレSDGsプロジェクトを例としてー

9月9日(木) 9:15～11:45

シンポジウムー4

カーボンニュートラル地域の実現に向けての社会実装研究(デジタルトランスフォーメーションの活用)

9月9日(木) 13:45～16:15

シンポジウムー5

シチズンサイエンスと熟議を基盤とした気候変動ナラティブと態度行動変容の可能性

9月9日(木) 13:45～16:15

シンポジウムー6

環境科学と大学の環境教育の体系化 歴史・現状・未来8 「環境冠大学院の教育改革・組織改革と現在地」

9月10日(木) 9:15～11:45

シンポジウムー7

水質スクリーニング分析の社会実装における課題と提言

9月10日(木) 9:15～11:45

シンポジウムー8

学術賞受賞記念シンポジウム 環境配慮行動研究の展開

9月10日(木) 9:15～11:45

シンポジウムー9

グローバルサウス諸国における環境防災

9月10日(木) 13:00～15:30

シンポジウムー10

サステナビリティの観点からみた地域の気候アクションを通じた人づくり・地域づくり

9月10日(木) 13:00～15:30

シンポジウムー1

平時から災害事故時を対象とした

化学物質リスクガバナンスに向けた基盤的手法の構築

オーガナイザー 東海明宏（大阪大学）教授

伊藤理彩（北九州市立大学）准教授

趣旨説明：

本シンポジウムは、環境省・環境再生保全機構の環境研究総合推進費 1MF-2303「平時から災害事故時を対象とした化学物質リスクガバナンスに向けた基盤的手法の構築」（2023～2024 年度）における研究成果物を報告する場として、企画致しました。自然災害に起因する化学物質リスクの評価・管理手法について、個々のケーススタディに基づく研究内容を発表致します。

Natech（自然災害起因の産業事故）への対策論について、ご参加頂く皆様と議論を深めたいと考えています。

Natech 事象後の回復期の評価 Risk Assessment at Recovery Phase after Natural Hazard Triggering Technological Disasters

大阪大学大学院 ○中久保豊彦，東海明宏

1. はじめに

災害・事故等に起因する化学物質リスクの管理にあたっては、発生時対応期間と回復期、それぞれにおける汚染状況の把握が不可欠であり、本研究では回復期に焦点を当てる。回復期においては、流出先となった一次汚染媒体からの物質移動により多様な環境媒体に偏在化した汚染状況が想定され、どの媒体に残留している可能性が高いのか、モニタリングする媒体の見通しを立てる必要がある。本研究では環境媒体中での残留汚染状況を把握するための物性値データベースを開発し、曝露が懸念される媒体ならびに経路を物性値に基づき予測する手法を提案する。

回復期における対策論の先進事例としては UK Health Protection Agency¹⁾が挙げられ、汚染環境の特定、回復期における対策オプションを踏まえた対策選定のための判定プロセスについて、物性値に基づき決定する枠組みを提唱している。関連研究である Wyke et al.²⁾では、物性値をリスト化し、各物性値がもたらす環境媒体中での挙動と残留の特徴を体系的にまとめることにより、汚染状況を把握するための目安値を示している。本研究では、化学物質把握管理促進法 (PRTR 法) で定められた PRTR 物質 (462 物質) を対象として、環境媒体中での挙動特性の視点から物性値をデータベース化することを試みた。Wyke et al.²⁾では物性値の読み取り方に限定しているのに対し、本研究では環境媒体中での移行率や除去率に換算した。これにより、挙動特性がより把握しやすいデータベースとした。

2. 物性値データベースの開発

2.1. 環境媒体の枠組み

UK Health Protection Agency¹⁾では、回復期における対象システムとして、3つのシステム領域 (Inhabited areas, Food production systems, Water environments) を要素としている。本研究においてもこの領域を参考に、市街地、農地、河川環境を対象とする環境媒体として設定した。挙動特性を整理する環境媒体内の構成要素を図1に示す。回復期における汚染状況の把握にあたっては、流出先となった一次汚染媒体が、他の媒体に二次的な(間接的な)汚染を引き起こす可能性を想定した把握が求められる。本研究のアプローチとして、環境媒体の容積を設定した上での濃度予測を行うのではなく、物質が環境媒体中で示す挙動特性を示し、物質が残留する汚染媒体の見通しを立てることに活用できることを目標とした。

2.2. データベース化する化学物質

PRTR 物質を対象とし、物性値の取得にあたっては化学物質の物性等に関する情報の換算ツールである EPI suite³⁾を使用した。一部の物性値については Hazardous Substances Data Bank⁴⁾を用いて補完した。

物性値の異なる多様な物質を含んだ PRTR 物質内での相対的な位置付けができるデータベースとすることで、流出物質の挙動特性を俯瞰的に理解できるように試みた。すなわち、PRTR 物質は平常時に環境管理されている物質として位置付けることができ、平常時から環境中に排出されている物質であるため、環境中での挙動特性

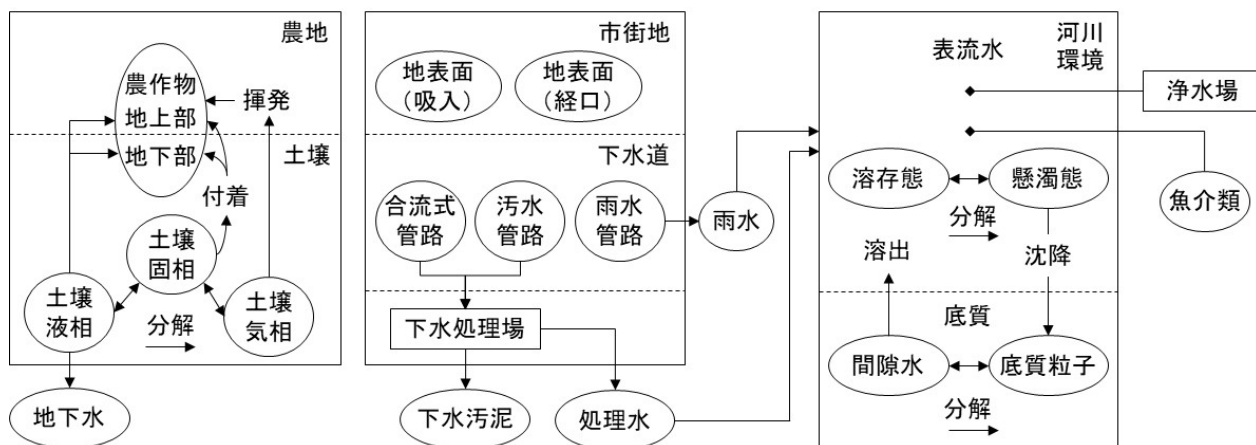


図1 汚染状況の把握に向けた環境媒体の枠組み

に対する知見が充実している。災害・事故時において必ずしも PRTR 物質が流出する訳ではないが、PRTR 物質を参照物質とすることで、物性値を踏まえて挙動の類似性を分析し、汚染経路を推定することができる仕様とした。すなわち、PRTR 物質の値と相対的に比較することを通して、対象物質の挙動特性を俯瞰的に解釈することが可能となる。

2.3. 物質挙動の推計式

化学物質の物性値を、分配平衡に基づく推計式により挙動特性値（移行率、除去率等）に換算して整理した。土壌や河川底泥等の環境媒体要素のパラメータ値（粒子密度、空隙率、水分含有率、有機炭素含有率等）は、変更が反映できるようにデータベースを組むことで、物性と環境媒体特性、それぞれが挙動に与える影響を分けて把握できるようにした。

EPI suite³⁾からの物性値の取得にあたっては、実測値がある場合は実測値を、実測値がない場合は推計値を採用した（沸点、融点、水溶解度、蒸気圧ならびにヘンリー定数、Kow）。Koc は実測値ではなく KOCWIN を使用し、Kow を介して推計する Log (Kow) 法を用いた。BCF も同様に、実測値ではなく推計 (BCFBAF) を使用した。

半減期は LEV3EPI を使用して得られる推計値（フガシティモデルにより、大気、土壌、河川水、河川底質で構成されるデフォルトモデル環境での化学物質の定常状態時の分配を推定する手法）を採用した。なお、金属は対象外とした。また、水域における浄水場での除去性能（活性炭への吸着指標）については、有機化合物に限定して整理した。

3. 災害・事故時における非定常流出を想定した流出源と被影響先のマッピング

3.1. 空間解析データの整備

ArcGIS Pro を活用して、PRTR 届出事業所の地点データと、被影響先のメッシュデータ（3 次メッシュ解像度）を整備した。対象とする環境媒体（図 1）に基づき、被影響先として農地（土地利用メッシュ）、市街地（土地利用メッシュ）、下水道区域（独自に下水道区域メッシュ推計モデルより推計）及び下水処理場（地点データ）、公共用水域（流域界、河川メッシュデータ）及び浄水場（地点データ）の空間データを整備した。短期的な想定曝露事象に加え、回復期における中長期的な汚染の残留性も対象として、被影響先に広がりを持たせた。

3.2. 流出事象の想定

PRTR 制度に基づく排出・移動量データは、大気への排出量、公共用水域への排出量、下水道への移動量、廃棄物の移動量等の区分に基づき、届出が行われる。非定常流出の考え方として、平時の排出・移動先とは異なる経路が流出先となりうることが想定される。特に移動量に着目すると、平時においては廃棄物として引渡しが行われ、環境中に排出されていない廃棄物（含有する化学物質）が、環境中に流出する潜在的可能性がある。平時における移動量が環境への流出量となりうることに着目して、非定常流出事象を想定している。

4. おわりに

想定される流出先環境媒体（一次汚染媒体）での高濃度な濃度出現期間、一般公衆も含む曝露人口を踏まえて、発生直後は短期集中型での管理が求められ、この期間は急性毒性管理フェーズとして位置付けられる。流出した物質の挙動特性を踏まえ多様な環境媒体に偏在化した後は回復期となり、慢性毒性ベースでの管理フェーズに移行する。ここでは、ホットスポットの出現可能性も念頭に置いた上で、モニタリングする媒体や地点を決定する必要がある。本研究で構築している回復期の評価法は、慢性毒性管理フェーズにおけるモニタリング計画の策定支援ツールとなることを目指している。

参考文献

- 1) UK Health Protection Agency (2012) UK Recovery Handbook for Chemical Incidents.
- 2) Wyke, S. et al. (2014) The importance of evaluating the physicochemical and toxicological properties of a contaminant for remediating environments affected by chemical incidents, Environment International, Vol.72, pp.109-118.
- 3) US Environmental Protection Agency: EPI Suite - Estimation Program Interface v4.11.
- 4) US Department of Health & Human Services: Hazardous Substances Data Bank.

キーワード 環境媒体、物性値データ基盤、挙動特性、モニタリング支援

謝辞 本研究は環境省・（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20231M03）により実施した。

土砂災害を起因とした化学物質流出事故のリスク管理に向けた評価手法の構築

Development of assessment methods for risk management of chemical release accidents triggered by landslide

大阪大学 ○森口暢人, 東海明宏, 中久保豊彦, 北九州市立大学 伊藤理彩

1. 背景と目的

近年、自然災害を起因とした産業事故 (Natural hazard triggered technological accident: Natech) が世界各国で発生しており¹⁾、リスク管理に向けた定量的なリスク評価手法の構築が進められている²⁾。これまでに構築されたリスク評価手法は主に事業所単位におけるリスク評価であるが、近年国家規模におけるリスク評価 (National risk assessment: NRA)の観点から、リスクの特定とそれに基づくリスクの分析・評価の枠組みが提案されている³⁾。

他方、日本では土砂災害の発生件数が増加傾向にあり⁴⁾、土砂災害を起因とした Natech も報告されている⁵⁾。一方、土砂災害を起因とした Natech のリスク評価に関する研究は限定的であり⁶⁾、リスクの高い事業所のスクリーニングやリスク評価手法の構築を含めた知見の整備が必要である。

以上を踏まえ、本研究では、土砂災害を起因とした化学物質流出事故のリスク管理に向けて、リスクの特定、分析・評価、管理の枠組みのもと、具体的な評価手法を構築することを目的とした。

2. 方法

2.1. リスクの特定

日本全国の土砂災害に被災する可能性のある事業所を特定した。具体的には、日本で整備されている土砂災害警戒区域のデータ⁷⁾と化学物質を扱う Pollutant Release and Transfer Register (PRTR)制度の対象事業所の位置データ⁸⁾をもとに、ArcGIS Pro を用いて事業所を特定した。

さらに、特定した事業所の分類を行い、得られた各事業所の特徴から定性的にリスクを抽出した。ここでは、各事業所における化学物質のハザード (年間取扱量、危険・有害性)と周辺地域の脆弱性 (人口、経済、施設、自然環境)に関する指標を整備し、クラスター分析によって事業所を分類した。

2.2. リスクの分析・評価

2.1 項で特定した事業所の中から、ケーススタディの対象とする事業所を取り上げ、定量的なリスク分析・評価手法を構築した。本研究では、タンク等の設備が特定

できることを条件として、新潟県の原油・天然ガス鉱業の事業所を取り上げた。また、事故のシナリオとして、土砂災害によってタンクが破損し、液体のノルマルヘキサンが流出、大気へ拡散することを想定した。具体的な評価では、Bayesian network (BN)モデルを構築し、ある地域で発生した事故によって影響を受ける人数と確率の関係を表す社会的リスク⁹⁾を用い、世界各国で定められている基準との比較を通じてリスクを評価した。

2.3. リスクの管理

リスクの管理では、対策の実施に必要な知見を整備するために、2.2 項で構築した BN モデル及びリスク評価の結果を基に、対策のリスク削減効果を定量的に評価した。本研究では、規制や対策事例集等を基に、タンクの厚みの変更、貯蔵率の制限、吸着剤の使用、オイルフェンスの設置を取り上げ、事故シナリオを設定した。また、リスク削減効果の指標として、1 人以上の死者が発生する確率を取り上げた。

3. 結果と考察

3.1. リスクの特定

本研究で特定した土砂災害警戒区域に該当する PRTR 事業所は 1,306 件となり、2019 年度の全 PRTR 事業所の約 3.9%が該当する結果となった (図 1)。定性的なリスク抽出の結果、化学物質が流出した場合に、ヒト健康リスク、生態系リスク、農地の汚染等のリスクが生じる可能性がある事業所はそれぞれ 321, 523, 462 事業所であった。

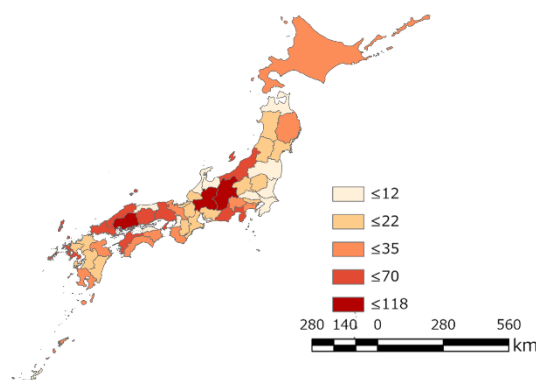


図 1 土砂災害警戒区域に該当する PRTR 事業所数

3.2. リスクの分析・評価

本研究では、土砂災害に伴うタンクの破損確率、化学物質の流出量、大気中濃度、死者が発生する確率を評価可能なBNモデルを構築した。構築したBNモデルにおける変数の組み合わせは174万7200通りとなった。

対象事業所におけるタンクの位置ごとの社会的リスクの評価結果から、斜面の下端からの距離が5-10 mの位置にあるタンクの社会的リスクはオランダの基準未満となった(図2)。また、タンクと斜面の距離が10-15 mの場合は、土砂が到達する確率が減少し、5-10 mの位置と比べ、社会的リスクは約100分の1になった(図2)。

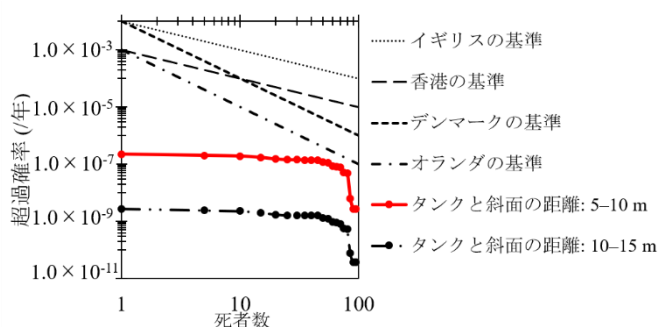


図2 基本ケースにおける各タンクの社会的リスク

3.3. リスクの管理

タンクの貯蔵率を80%から20-30%に変更すると、死者が生じる確率は約20%減少した(図3)。タンクの厚みを最小の3.2 mmから8.8-11.8 mm増やすと、タンクの破損確率が減少することによって、1人以上の死者が生じる確率は約99.9%減少することが示された(図3)。また、吸着剤の使用と貯蔵率の制限を組み合わせると、死者が生じる確率は約60%減少した(図3)。さらに、防油堤が機能しない場合にオイルフェンスを設置し、プール面積を制限することは有効であることが示された(図3)。

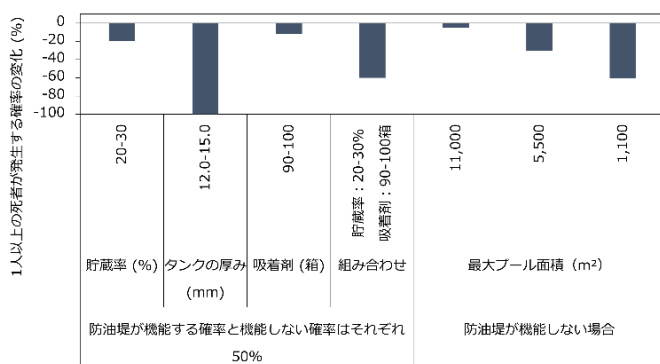


図3 各対策によるリスク削減効果

4. 結論

本手法は、全国規模でNatechリスクが懸念される事業所の特定や各事業所単位におけるNatechの定量的リスク評価、また具体的な対策の実施に向けた対策のリスク削減効果の評価及び比較を可能とする(図4)。

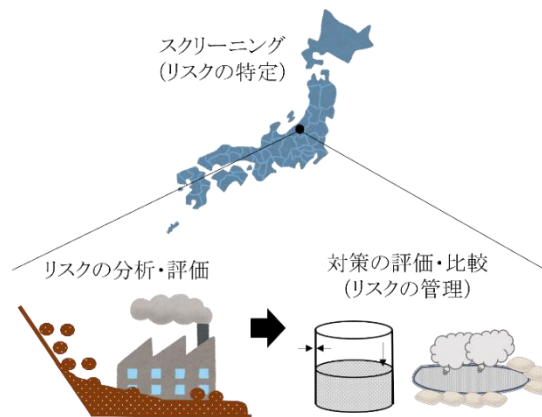


図4 本手法のまとめ

参考文献

- 1) Ricci, F., Moreno, V.C., and Cozzani, V. (2021) A comprehensive analysis of the occurrence of Natech events in the process industry. *Process Safety and Environmental Protection*. 147, 703–713.
- 2) Suarez-Paba, M., Perreux, M., Munoz, F., Cruz, A. (2019) Systematic literature review and qualitative meta-analysis of Natech research in the past four decades. *Safety Science*. 116, 58-77.
- 3) Girgin, S., Necci, A., Krausmann, E. (2019) Dealing with cascading multi-hazard risks in national risk assessment: The case of Natech accidents. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 35.
- 4) 国土交通省 (2024) 令和5年の土砂災害. P1.
- 5) 消防庁 (2020) 危険物施設の風水害対策のあり方に関する検討会 資料1-5-3.
- 6) Hao, J., Liu, L., Long, Z., Chu, Y., Zhang, D., Chen, X., Huang, C. (2023) Scenario deduction of Natech accident based on dynamic Bayesian network: A case study of landslide accident in a liquor storage tank area in Guizhou Province, China. *J Loss Prev Process Ind.* 83.
- 7) 国土交通省 (2022) 国土数値情報 (土砂災害警戒区域) .
- 8) 製品評価技術基盤機構 (2022) PRTR マップデータのダウンロード.
- 9) Krausmann, E., 2017. *Natech Risk Management and Assessment Chapter 7 Natech Risk and Its Assessment*. Elsevier, Netherlands.

謝辞 本研究は、環境省・(独) 環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20231M03)により実施した。

キーワード 土砂災害, Natech, リスク管理

内陸直下型地震を想定した化学物質流出事象の解析に基づく浄水場での活性炭吸着能の評価

Evaluation of activated carbon adsorption capacity at a water purification plant based on analysis of the chemical release accident triggered by the inland earthquake

北九州市立大学 ○伊藤理彩, 大阪大学 中久保豊彦, 東海明宏

1. 背景

水道水源となる河川への化学物質流出事故は、原水の取水停止や、浄水の供給停止のリスクを引き起こし、社会インフラの円滑な運用にも大きな影響を与える可能性がある。特に危険物施設においては、深度6弱以上で、地震と被害発生件数の関係から、施設の被災率が大幅に増加することが報告されている¹⁾。そこで浄水場では、平時から化学物質流出事故に対し、有害物質の除去のため活性炭を常備することで、突発的な災害事故に備えている。活性炭は、化学物質の吸着において、多孔質で高い表面積と大きな吸着容量があること、また低コストでもあることから、水道局で積極的に用いられている。しかしながら、活性炭の吸着実験の実例データ数は限られており、実際に河川沿岸で使用されている化学物質の中には、吸着率のデータがない物質も多数存在する。さらに活性炭自体、不規則な分子構造であるため、詳細な分子構造が理解されていない。そこで本研究では、河川沿岸の事業所に大きな影響を与え得る内陸直下型地震により、危険物施設から化学物質が水道水源の河川に化学物質が流出した事故を想定した。そして流出した化学物質を浄水場で活性炭に吸着させる対策の有効性について、化学物質の性状に基づき評価することを目的とした。

2. 方法

まず、活性炭の既知情報^{2,3)}から活性炭の基本構造モデルを構築した。活性炭の基本構造としては、グラファイト構造が挙げられ、それらが不規則に層状になり、アモルファス構造を伴うことを条件として設定した。また、分子レベルでの活性炭への化学物質吸着モデルを用いた計算として、Materials Studio (Dassault Systems Co., Ltd.)を用い、 2×2 , 3×3 の配列となるスーパーセルと、3種のナノクラスターを活性炭の分子モデルの候補として作成し、グラファイトの直径、密度、空隙率等を反映させ、配列の候補の選定を行った。対象物質は、活性炭吸着に関する詳細な実験データがあるフェノールとし、モデル上で水を共存させた状態でフェノールを炭素構造に吸着させることで、吸着率を計算した。モデルの妥当性の評価は、実測値との比較を行い、検証を行った。

3. 結果・考察

各構造パターンを持つ活性炭に対し、フェノールの吸着実験を行った結果、 3×3 のパターンのグラファイトから形成される活性炭に対する吸着量が最も多い結果が得られた。これらのモデルが実測の密度²⁾とも整合的であることから、水を共存させた状態での吸着実験を行うモデルとして選択した。工場出荷時の湿らせた活性炭を再現して吸着実験を行った結果、フェノールの活性炭吸着は活性炭の空隙内で等しく見られ、活性炭1gあたり 7.0×10^{-3} gの吸着量となった。また、実際の使用に合わせ、水分子の密度を $1\text{g}/\text{cm}^3$ となるよう調整してモデルに注入後、フェノールを吸着させたところ、活性炭1gあたりの吸着量は 4.0×10^{-4} gとなり、実際の使用場面では吸着量は17.5倍減少することが分かった。この結果は、実測データ³⁾とも整合的な結果となった。水を注入したモデルでは、フェノールは活性炭表層に吸着する傾向があり、活性炭内部の細孔は、実際の使用場面では、吸着サイトとして機能しにくいことが明らかになった。

4. まとめ

浄水場で活性炭を使用する際は、水を注入した状態で使用することを考慮すると、内部の細孔は吸着サイトとして機能しにくいことが分かった。高分子の化学物質の吸着にも対応可とするためには、中程度の空隙であるメソポアが発達した活性炭を導入することが効果的で、それにより化学物質の吸着量を増やすことが可能である。

参考文献

- 1) 大阪府環境農林水産部環境管理室環境保全課 (2013) 平成24年度災害時における化学物質のリスク低減事業報告書, 大阪府, 205pp.
- 2) Liu and Monson (2005) Molecular Modeling of Adsorption in Activated Carbon: Comparison of Monte Carlo Simulations with Experiment, *Adsorption*, 11, 5-13.
- 3) 安倍 (1993) 活性炭の基礎知識, 生活衛生, 37, 163-170.

謝辞

本研究は、環境省・(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20231M03)により実施した。

キーワード 化学物質, 流出事故, 活性炭

気候変動を考慮した将来の豪雨災害による化学物質の流出事故リスクの評価研究

Risk analysis of chemical spill accidents caused by heavy rainfall considering climate change in the future

大阪大学招へい研究員 ○平井 宏明

1. はじめに

近年は日本で日降水量 100 mm 以上の年間日数や極端な大雨の発生回数が増加傾向にある（気象庁，2023）。大雨や洪水の増加は，産業事故の観点から化学物質管理への影響が懸念されており，実際に近年油や化学物質の流出事故が発生している。

本研究では，過去の気候条件で生じた降水事象が河川流域に立地する事業者に与える被害と，気候変動の長期的な影響で変化した降水事象が河川流域内に立地する事業者に与える被害を推算し，その変化を評価した。加えて，事業所が貯蔵する化学物質の流出に与えるリスクの変化を評価した。本研究ではケーススタディとして，静岡県の実川流域における事業所を対象に貯蔵容器からトルエンが流出する確率を評価した。

2. 解析方法

2.1. 本研究で用いた気候データについて

本研究では，「大気近未来予測力学的ダウンスケーリングデータ（東北から九州）by SI-CAT」（dynamical downscaling data for near future atmospheric projection (from Tohoku to Kyushu)，以下 SI-CAT DDS5TK と略す。）(Sasai et.al，2019) を用いて過去と将来の降水を比較した。これは「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース」の 20 km 解像度のデータを 5 km に力学的ダウンスケーリングしたデータである (Mizuta et.al, 2017)。過去の気候条件のデータセットとして，1980 ～ 2011 年の気候を 12 パターン再現した計 372 年分を，将来の気候条件でのデータセットとして，産業革命後から 4℃上昇したと想定した 2080 ～ 2111 年の気候を 12 パターン予測した計 372 年分を用いた。（以降，それぞれのデータを用いた解析結果を過去気候シナリオ，将来気候シナリオと呼ぶ。）

SI-CAT DDS5TK のデータに対してバイアス補正を実施したのち，年最大日降水量を抽出した。抽出した年最大日降水量から，再現期間 50 年の日降水量を算出した。算出にあたっては，国土技術研究センター（1999）を参照し，以下の図 1 の手順で 5 つの確率分布からデータに最も適合する確率分布を選定した。

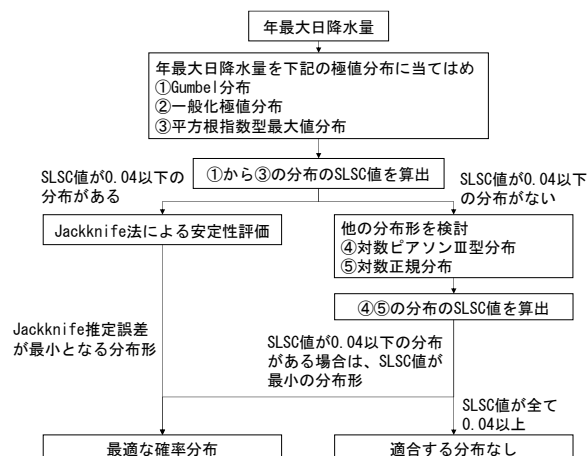


図 1 確率降水量の計算方法

※図中の SLSC は標準最小二乗基準

※国土技術研究センター（1999）より作成

また日降水量から時間降水量に変換した。時間降水量の推移は，アメダス観測地点「清水」における観測史上上位 50 位の降水の時系列推移を，ユークリッド距離に対して Ward 法を測定方法に用いた階層型クラスタリングで分類して抽出した，代表的な大雨の時系列推移を用いた。時間降水量から洪水による浸水状況を解析する際には，iRIC ソフトウェアを用いた。

浸水した事業所からのトルエンの流出を評価する際には，Yang et al. (2020) で示されている，洪水によって貯蔵容器から貯蔵物が流出した事例をもとに，「貯蔵物の横滑りや浮き上がりなどの移動による流出」と，「座屈による流出」の 2 パターンを想定して，貯蔵容器から化学物質が流出する確率で表した式 (1) のロジスティック回帰式を用いた。

$$P(x) = \frac{1}{1 + e^{-(\Phi(x))}} \quad \text{式 (1)}$$

$\Phi(x)$ は貯蔵容器の直径 D [m]，貯蔵容器の高さ H [m]，貯蔵容器内の液体の充足率 φ [0~1 の間の値]，貯蔵液体の密度 ρ [kg/m³]，浸水深 h [m]，氾濫流の流速 V [m/s] の 6 個のパラメータから構成される関数である。

また、洪水被害の軽減のために実施されるトルエン貯蔵容器の置き場所の敷地高を上げる対策度合いによる、貯蔵容器からトルエンが流出する確率の変化を検証した。敷地高が一律に 0 m, 0.3 m, 0.5 m, 0.7 m の場合の流出確率を比較検証した。

3. 結果と考察

浸水域が最大となったときの各事業所において、敷地高を 0 m としたときの貯蔵容器からトルエンが流出する確率は、過去気候シナリオと将来気候シナリオにおいて図 2 のように算出できた。

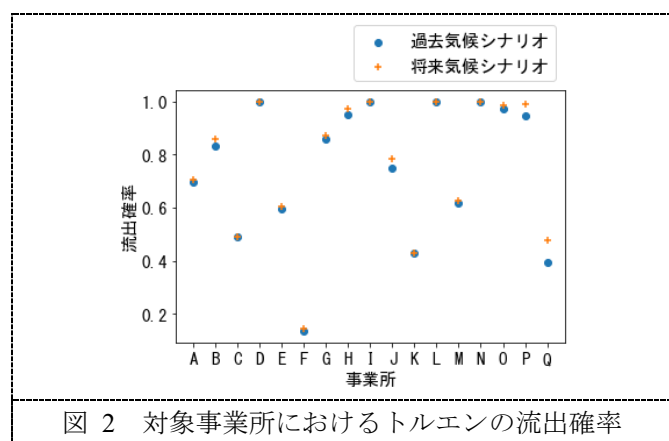


図 2 対象事業所におけるトルエンの流出確率

最も貯蔵量が多い事業所 O で敷地高別の貯蔵容器からトルエンが流出する確率の推移を図 3（過去気候シナリオでの降水事象）、図 4（将来気候シナリオでの降水事象）に示す。どちらのシナリオでも敷地高を高くすると、ピーク時のトルエンが流出する確率を低減できた。しかし、低減度合いが異なり、貯蔵容器の距離が地表から 0.7 m の高さにある場合、地表から 0 m よりも過去気候シナリオで 0.54 低減できていたところ、将来気候シナリオでは 0.41 の低減に留まった。事業所 O は将来、洪水による事故発生の可能性が高まることが示唆された。

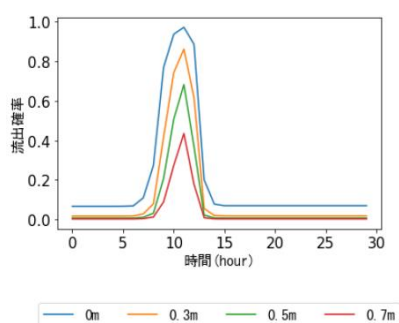


図 3 事業所 O における、過去気候シナリオの降水による流出確率の時系列推移（凡例：敷地高）

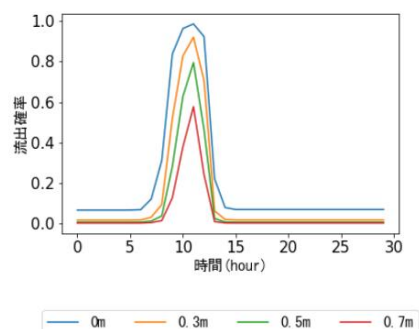


図 4 事業所 O における、将来気候シナリオでの降水による流出確率の時系列推移（凡例：敷地高）

4. 結論

気候変動が進んだ 2080 ～2111 年の気候の方が 1980 ～ 2011 年の気候と比較し確率降水量の大きく、事業所に達する洪水の浸水深や氾濫流の流速が大きくなり、貯蔵するトルエンが流出する確率が上昇する結論を得た。将来に向けて巴川流域においては洪水による化学物質の流出事故のリスクが高まることの示唆を得た。

参考文献

- 1) 気象庁（2023）「気候変動監視レポート 2023」（https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/2023/pdf/ccmr2023_all.pdf）
- 2) Sasai, T., Kawase, H., Kanno, Y., Yamaguchi, J., Sugimoto, S., Yamazaki, T., Sasaki, H., Fujita, M., and Iwasaki, T. (2019) Future Projection in Extreme Heavy Snowfall Event with 5-km large Ensemble Regional Climate Simulation, J. Geophysical Research, 124, 13,975-13,990. DOI: 10.1029/2019JD030781
- 3) 国土技術研究センター（1999）中小河川計画の手引き（案），平成 11 年 9 月，（<https://www.jice.or.jp/cms/kokudo/pdf/tech/material/pla-boo-1-01.pdf>）
- 4) iRIC Software, <https://i-ric.org>
- 5) Yang, Y., Chen, G., Reniers, G., (2020) Vulnerability assessment of atmospheric storage tanks to floods based on logistic regression, Reliability Engineering and System Safety, 196, 106721.

キーワード 気候変動適応, 洪水, 化学物質管理, Natech

謝辞 本研究は、環境省・（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20231M03）により実施した。

巨大地震およびそれに伴う河川遡上津波により河川に流出・拡散した化学物質の 浄水場取水影響評価

Assessment of the impact of chemical substances discharged and dispersed into river due to a massive earthquake and the resulting river run-up tsunami on water intake at water purification plants

京都大学防災研究所 ○米山望, 白皓東, 関西電力 尾崎亮介

1. 目的

自然災害由来の産業事故（Natech）の一つに地震により事業所から流出した有害物質が津波の遡上に伴って上流側の取水口に混入することによる取水障害がある。本研究では、南海トラフ地震が発生した時に淀川周辺で有害物質の流出が起きることを想定し、それにより淀川で最も下流側にある柴島浄水場での取水影響の全体像を予測することを目的とする。

2. 解析結果の概要

解析領域と有害物質流出地点を図 1 に示す。本解析では流出する有害物質の 1)密度,2)流出位置, 3)流出タンク数, 4)津波強さ, を変化させて柴島浄水場（上水取水口, 工水取水口）の取水影響を調べた。図 2 に case1（①からヘキサメチレンテトラミン(HMT)が流出）における有害物質の拡散の様子を示す。有害物質は地震発生後、淀川大堰を越流し、柴島浄水場の工水,上水取水口に到達する。また case1, case2（①からホルムアルデヒド(FA)が流出）および case3（①からトリエチルアミン(TEA)が流出）の上水取水口における有害物質濃度の時間変化から、case1 の水質基準値を上回る時間は約 15 時間となり、最大濃度,継続時間とも case1 が最大になった(図 3)。

3. 結論

南海トラフ巨大地震発生時に有害物質が淀川に流出した際に、淀川下流に設置された柴島浄水場で想定される取水影響の全体像について数値シミュレーションを用いた予測を試みた。その結果以下のことが分かった。(a) 水質基準値を上回る時間は最大で約 15 時間（上水取水口）と推定された。(b)有害物質密度が大きくなると取水口に到達する最大濃度は高くなり、濃度の低下に要した時間も長くなる。(c)流出タンク数が増加すると到達する最大濃度は比例して高くなる。(d)津波強さにより有害物質の挙動は大きく異なる。以上より、有害物質による取水影響は有害物質の密度や流出位置および津波強さなどの複数の因子の影響を強く受けるため、適切

な取水影響評価を行うにはこれらの要因を考慮した有害物質の詳細な挙動予測が重要である。



図 1 三次元解析領域と仮想有害物質流出地点

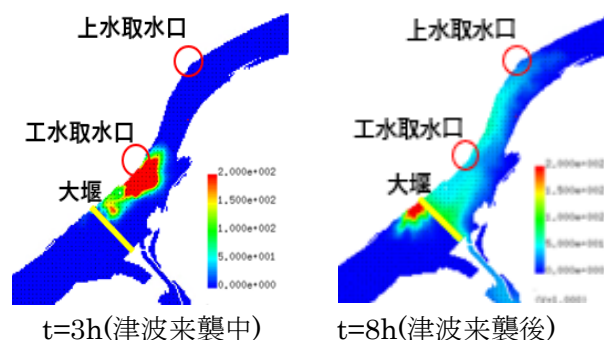


図 2 有害物質拡散の時間経過（case1）

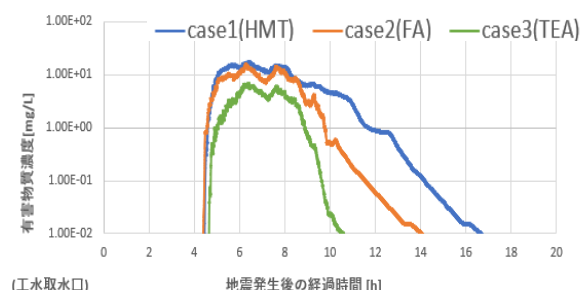


図 3 有害物質密度の時間変化（密度）

謝辞 本研究は、環境省・（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20231M03）により実施した。

キーワード 河川遡上津波, 化学物質, 浄水場取水

Natech への対策に関する調査 Survey on Natech prevention measures

日本エヌ・ユー・エス株式会社 ○豊田 真弘

1. はじめに

近年、大規模な地震や記録的豪雨が頻発し、甚大な被害をもたらしている。また、気候変動の影響として将来的に、水害・土砂災害を起こしうる大雨の増加のおそれがあること、南海トラフ地震発生 of 切迫性が高まっているとされていることなど、今後も継続して大規模災害をもたらす自然現象が生ずる恐れがある。こうした事象によって、化学物質を取り扱う事業所等で施設の破損等による化学物質の漏洩・それに伴う影響 (Natural-Hazard Triggered Technological Accidents :Natech) が発生し、周辺地域への悪影響を避けるため、行政が対応した事例も報告されている¹⁾。

こうした状況を踏まえ、国は化学物質排出把握管理促進法 (PRTR 法) に基づく化学物質管理指針を改正した。指定化学物質等取扱事業者は、本指針に留意して、事業所における指定化学物質等の取扱いの実態に即した方法により、指定化学物質等の管理の状況についての地方公共団体への情報提供及び災害による被害の防止に係る平時からの取組を行うよう努めなければならないこととされている²⁾。本研究では、事業所において Natech への対策を検討するためリスクアセスメントを行う際に参考となりうる知見について調査した。

2. 調査方法

国の対策事例集³⁾の内容を基に、それぞれの対策が自然災害発生前から Natech による影響が収束するまでのシナリオの中でどのように作用するかという観点から対策を分類した。分類結果は、リスクアセスメントにおける対策の変数化・パラメータ化や対策の優先度を付与する際に参考となりうる知見として整理した。

本調査では、2つの観点から対策の分類を行った。1つ目の観点として、労働安全衛生法に基づくリスクアセスメント指針を参考に、対策を①本質的対策：危険性・有害性の除去又は低減等 (危険源そのものを無くす等の対策)、②工学的対策：施設・設備の整備等 (基本的に人の行動に依存しない対策)、③管理的対策：マニュアルの整備等の3つに分類した。また、2つ目の観点として、それぞれの対策が Natech の発生・拡大シナリオの中でどのプロセスに作用するかについて確認し、①被害

発生防止対策：漏洩の防止を目的とした対策と②被害拡大防止対策：漏洩に伴う悪影響を防止することを目的とした対策の2つに分類した。

3. 結果と考察

本質的な対策のうち、被害発生防止のための対策には、水害の危険性が少ない事業所への製造設備の移管等の対策を分類した (「施設・設備の移管」)。被災確率を低減することにより従業員や周辺住民の健康被害、建物被害等の Natech による被害を防ぐ対策として整理した。この対策については、ハザードマップから自然災害に被災する可能性を確認することで効果的な移転先を検討することができる。このほか、事業所の周辺環境を含む保護対象から危険源や有害物質をなるべく遠ざけることでリスクを低減する対策を分類した (「保護対象との距離の確保」)。被害拡大防止のための本質的な対策には、特定の影響に対する曝露量閾値等に作用する対策として「危険性・有害性の低い物質への代替」を分類した。この対策については、代替を検討している物質の SDS の情報が参考となる。

工学的対策と管理的対策には、施設や設備、資機材といったモノによる対策が含まれる。このうち、特に管理的対策については、資機材の準備と同時に、従業員による資機材の保管場所や使い方の習熟、従業員の行動計画の整備、ヒューマンエラーを防止するための教育、施設・設備の老朽化を踏まえた点検の実施といったヒトの行動に期待する対策も整備することで、災害時に期待する効果を発揮できると考えたため、特定のプロセスに作用する一体的な対策として分類した。

被害発生防止のための対策のうち、工学的対策には「施設・設備の強化」を分類した。自然災害による直接的な被害の防止にアプローチした対策には、地震による液状化防止に作用する地盤改良や基礎杭の設置といった対策が含まれる。また、津波や大雨による浸水対策には、土嚢、水嚢の常備等が含まれる。これらは、天気予報による災害予知から災害発生まで比較的時間的猶予がある中での水害対策として、災害の危険性が高まった段階からの準備を含む管理的対策 (「浸水等防止計画・準備」) に分類し、被災時の化学物質の漏洩量の低減に

作用するものと考えた。また、被災時の化学物質漏洩防止を目的とした対策として、タンク等で化学物質を貯蔵・取扱う場合には、スロッシングや溢流を防止するスロッシング対策工事や槽の液面を低くするといった対策を分類した。このほか、配管に対しては損傷を防止するための可とう性配管の導入、容器については転倒・落下・衝突防止のための保管棚や架台の固定と浸水時の容器の浮き上がりを防止する容器の固定・繋ぎとめといった対策を分類した。さらに、電力喪失による設備の温度上昇等が漏洩に繋がる可能性がある場合、設備の安全停止のための地震時自動停止システムの導入や緊急停止ボタンの設置といった対策を分類し、前者を人の行動に依存せず自動的に作動する工学的対策、後者を手動での対応を想定した管理的対策として分類した。これらの分類結果は、リスクアセスメントで想定する自然災害や事業所の施設・設備の種類に応じて対策を検討する際に参考となりうる。

被害拡大防止を目的とした対策について、工学的対策としては、事業所敷地外への漏洩物の拡散量低減に作用する防液堤、床の浸透防止処理等、「拡散防止のための施設・設備の整備」を分類した。これらの対策は液体の漏洩物が排水経路等から流出することを防止する対策である。管理的な対策については、漏洩後にヒトによる被害拡大防止の効果が現れるのは異常現象を覚知したタイミング以降であると考え、「早期の異常現象覚知のための計画・準備」として漏洩の監視・検出装置の導入、配管の地上化等の対策を分類した。このほか、覚知後の対応を想定した対策には、事業所の従業員や周辺住民の傷病者数・死亡者数の低減等に作用する「消火・延焼防止活動に関する計画・準備」、「避難誘導活動に関する計画・準備」（ハンドマイクや広報車両の確保を含み、有害物質の曝露量低減等に作用）、「漏洩物の拡散防止・回収活動に関する計画・準備」（オイルフェンスや吸着剤等を含み、環境中濃度低減に作用）、「救助・救護活動に関する計画・準備」（傷病者の回復に作用）を分類した。

前述の被害拡大防止を目的とした管理的対策を補完する外部支援的な対策として、無線機・衛星電話といった資機材準備を含む「消防機関への通報や関係者への連絡に関する計画・準備」を関係機関の対応が始まるまでの時間に作用する対策として分類した。また、外部の関係機関や周辺住民に対する事前の情報共有や防災訓練といった「外部関係者への事前の情報共有」も同様の効果を期待する対策として分類した。具体的には、取り扱う化学物質の情報を共有することで、地方公共団体によ

る早期の異常現象の覚知や原因物質の特定に繋がること、避難誘導において周辺住民へ適切な情報提供に繋がること、消防機関による消火・延焼防止活動をより安全なものとする、医療機関による救護活動において傷病者への適切な処置が可能になることが期待できる。周辺住民に対しては、事故時の情報伝達の方法やその内容を事前に共有することで、円滑な避難行動に作用すると考えられる。

以上の対策については、より信頼性が高い対策という意味では①本質的対策、②工学的対策、③管理的対策の順、事故の進展をできるだけ早い段階で止めるという意味では①被害発生防止対策、②被害拡大防止対策の順に優先度の高い対策であると整理した。なお、これらは各対策を単体的に見た場合の優先度付与の考え方であるが、Natechの特徴として漏洩事象を起点に様々な被害が広がる可能性があること、工学的対策は管理的対策と比べて機械的でヒトの行動に依存しない一方で想定規模を超える事態には対応できない可能性があることから、多重防護の観点で異なる種類の対策を組み合わせる災害に備えることも重要と考えられる。

4. 結論

Natech への対策が、災害の発生・拡大シナリオの中でどのように作用するかについて着目し、リスクアセスメントにおける対策の変数化・パラメータ化や対策の優先度付与の際に参考となりうる知見を定性的に整理した。

謝辞

本研究は、環境省・（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20231M03）により実施した。

参考文献

- 1) 経済産業省・環境省（2019）産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会制度構築ワーキンググループ、中央環境審議会環境保健部会化学物質対策小委員会合同会合取りまとめ
- 2) 経済産業省・環境省（2022）指定化学物質等取扱事業者が講ずべき第一種指定化学物質等及び第二種指定化学物質等の管理に係る措置に関する指針
- 3) 経済産業省・環境省（2024）化学物質管理指針：災害による化学物質等による被害の未然防止に向けた好事例集

キーワード PRTR, Natech, リスクアセスメント

シンポジウムー2

水から人々の暮らしと価値観を探る

—私たちはどのような水環境を目指すべきか—

オーガナイザー 村上道夫（大阪大学）教授

中村高志（山梨大学）准教授

趣旨説明：

人々の暮らしと水の間に関わりや人々が水に対して抱く価値観を明らかにすることは、目指すべき社会像を社会で共有するために不可欠であり、水環境の科学を進める上での根幹となる。本シンポジウムでは、市民へのアンケートやインタビューなどを用いた調査事例を紹介すると共に、倫理的・法的・社会的課題の観点から目指すべき水環境の姿と科学の在り方を議論する。

市民参画型インフラ情報プラットフォーム利用が促す水に対する誇りと認識の変化 Pride and changed perceptions of water promoted by the use of citizen participatory infrastructure information platform

大阪大学感染症総合教育研究拠点 ○村上道夫, 八木橋真央

1. はじめに

日本全体で水に関して誇れる事柄がある人の方が、水インフラに対しての価値を高く認知する。本研究では、老朽化したマンホールなどのインフラ施設を特定する市民参加型のアプリ TEKKON の利用者に対してアンケート調査を行うことで、①アプリ利用による水や水インフラ施設、社会貢献、健康への関心の変化および個人属性との関連、および、②日本全体で水に関して誇れる事柄とアプリ利用、ウェルビーイング、水関連の考えや個人属性との関連、について解析した。

2. 方法

本研究は、大阪大学感染症総合教育研究拠点の倫理委員会の承認を得て実施した(2023CRER0712)。2024年1月4日～3月3日に、TEKKON のユーザーのうち、アクティブユーザー（一回でも post した人）から無作為に抽出された 2000 名にオンラインでのアンケート調査を行った。日本国内在住の 18 歳以上を対象とした。同意して回答した 93 人のうち、18 歳未満 4 名を除いた 89 名を対象とした。国外居住者や選択肢を指示した操作確認で 3 回不注意回答した人はいなかった。

アプリ利用によって水、水インフラ施設、社会貢献、健康への関心に変化が生じたかを選択肢の中央値（変わらない）と比較した。さらに 4 項目の中の変化の差異を被験者内の分散分析で検定した。次に、アプリ利用による各変化と個人属性、ウェルビーイング、アプリの使用状況との関連を Pearson の相関、t 検定又は分散分析によって調査した。さらに、日本全体で水に関して誇れる事柄の有無とアプリ利用による各変化、水への関心、水関連重要性認知因子、個人属性、ウェルビーイング、アプリの使用状況との関連を t 検定又は Fisher の正確確率検定によって解析した。効果量として中程度 ($|r| = 0.30$, $|d| = 0.50$, $\eta^2 = 0.06$, $|p|$ or $|V| = 0.30$)¹⁾に基づいて判定した。

3. 結果と考察

アプリ利用による水、水インフラ施設、社会貢献、健康への関心の変化に関しては、いずれも選択肢の中

央値よりも有意に高かった。4 項目の中では、社会貢献と水インフラへの関心の変化が高く、水への関心の変化が低かった。

直近 1 か月、総ポスト数と水への関心の変化が有意な正の関連があった。既婚者の方が未婚者よりも水への関心の変化が、自営業の方が会社員などより健康への関心の変化が有意に高かった。有意ではないが、世帯年収の社会貢献に関する効果量、婚姻の健康への関心の変化に関する中程度の効果量を超えた（それぞれ、300 万円以上、既婚が高かった）。

日本全体での水に関して誇れる事柄がある人の割合は 89 人中 78 人 (88%) であった。日本全体で水に関して誇れる事柄とポジティブ情動、水への関心、水関連重要性認知因子（水道水の安全・安定、食物の安全・安定）の間には有意な正の関連があった。有意ではないが、水道水満足度、社会貢献への関心の変化に関する中程度の効果量を超えた（誇りがある人の方が水道水満足度、社会貢献への変化が高かった）。

水インフラに関連したアプリの利用を通じて、水、水インフラ、社会貢献、健康への関心が高まることが示唆された。社会貢献や水への関心の高さは水への誇りを形成する重要な因子と考えられた。水に関して誇れる事柄がある人の方が水インフラに対しての価値を高く認知していることを鑑みると、水インフラへの価値の認知を高めるうえで、アプリ利用を通じた水や社会貢献への関心の増加が有用な可能性がある。

謝辞

クリタ水・環境科学振興財団（水や水環境分野における研究者のネットワークの構築を支援するための助成）を受けて行われた。

参考文献

1) J. Cohen, Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences, second ed., Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 1988.

キーワード 水, インフラ, 市民参画

能登半島地震で考えるフェーズフリーな水・インフラ・地方 Phase-free "Water, Infrastructure, and Rural Areas" after the Noto Peninsula Earthquake

山梨大学・国際流域環境研究センター ○中村高志，西田継，遠山忠，亀井樹

1. はじめに

2023年1月1日16時10分に発生した能登半島地震により半島の広い範囲で家屋倒壊，土砂崩れ等，甚大な被害が生じた。この地震後，石川県輪島市三井町の住民から相談を受け，給排水サービスの復旧とその後を見据えた地域づくりを共通項とした共同研究が始まった。その後，復興後の地域づくりに向け活動している住民のネットワークを通じて，珠洲市真浦町へと調査を展開している。本発表では，水インフラの災害状況の調査結果と復旧ならびに復興後の地域の水インフラのあり方について住民らと共同で考えた内容について報告する。

2. 現地調査の結果

本研究は，科学技術振興機構によるSDGsの解決に向けた共創的研究開発プログラム（SOLVE for SDGs）の一環として，2019年10月から始まった水サービスに関する研究活動で，事業名の通称として「小さな水」と呼んでいる。地域住民の相談を受け，オンラインミーティング後，震災からおよそ1ヶ月後の2月8日～10日にはじめて現地入りし，その後は月毎に現地に出向き住民との共同調査を実施している。

三井には震災以前におよそ700世帯1,000人強が住んでいたが，人口のおよそ半分が親族を頼って金沢市を始め県外へと避難した。能登半島全体の傾向ではあるが，この地域においてもライフラインとしては電気の復旧が最も早く，次に道路・空港の復旧と補助通信システムの供給がなされた。これらに対して，上水道の復旧は他県からの応援をもってしてもかなり遅れていた。三井の上水道の水源は，およそ12km離れた輪島市の市街地にある標高6mの輪島浄水場から三井の配水池のある山間部（標高約150m）まで3箇所のポンプ場を経由して送水されていたが，震災後から導水管や配水池のタンク破損により断水となっていた。これに対して，河川水の取水に臨時的なろ過システムを導入するなどして，三井に給水が開始されたのは3月の中旬であった。内閣府（2024）によれば，6月4日時点で能登半島のほぼ全ての地域で断水戸数が0となった。しかし，住宅の宅地内の配管や給湯器等の復旧については

個人の対応となっており，これらの修繕に必要な業者も不足しているため，復旧には至っていない被災者も多い。排水システムについては，三井は非下水道処理区域であるため，浄化槽を使用していたが，地震時の浮き上がり等により大きく破損している事例が散見されている。浄化槽破損の場合，敷地内配管の破損にくらべ槽そのものの入れ替えなど，大規模な工事が必要なため，発災後半年を過ぎた今でも，復旧の見通しはほとんどたっていない。以上の様に断水解消はされたものの実質として断水状態下にある人は少なくない。

3. 住民との考察

本研究では，趣旨に賛同する企業が加わり，身近にある河川や井戸水，農業用水路の水を水源として用水給水する小型浄水システムと，人工湿地による植物栽培と排水処理を両立させる技術を，地域の事情に合うよう試行錯誤で開発することを目標に活動を継続している。どちらの技術についても，日常的に利用されることで非常時にも機能する，フェーズフリーの考えを重視することで意見が一致した。中長期的には，本事業において他地域で実施してきた水文水質調査のノウハウを活用した水源マップづくりや，上水道や浄化槽を補完する多元給水・多元排水サービスの重要性について強く共感し，これらのサービスを含む社会デザインについて，自宅避難者が残る2～3の集落で話し合いと活動を始めるに至った。

謝辞

クリタ水・環境科学振興財団（水や水環境分野における研究者のネットワーク構築の支援）ならびに，科学技術振興機構（SDGsの解決に向けた共創的研究開発プログラム，SOLVE for SDGs：JPMJRX21I7）の助成を受けて行われた。

参考文献

- 1) 内閣府，令和6年能登半島地震による被害状況等について，2024.（2024年6月4日閲覧）

キーワード 水，インフラ，市民参画，フェーズフリー

小規模水道組合からみた水の価値観

The value of water from the perspective of local residents managing small water supply system associations

法政大学 ○野田岳仁

1. 問題関心

本報告の目的は、小規模水道組合を運営する人びとの水に対する価値観を明らかにすることである。その手がかりとして、小規模水道組合を運営する村落社会の論理を分析する。

小規模水道組合とは、近代的な上水道システムの整備されていない地域で、集落やとなり組を基礎的単位として構成された水道組合を指している。給水人口 100 人以下の小規模水道のことで、該当する人口規模は全国で 200 万人程度とも想定されている。報告者は集落による水道組合である特徴に注目して「小規模集落水道」と呼んでいる。

小規模水道をとりまく国の体制整備は大きな転換期にある。国の上水道に関連する業務は、2024（令和 6）年 4 月に厚生労働省から国土交通省と環境省に移管され、国土交通省では上下水道を一元的に所管することになった。それに先立ち、旧厚生労働省水道課では、小規模水道の担い手不足に備えて上水道システムの新規導入や統合、給水車による「運搬送水」が検討され、一部の地域では「運搬送水」の試験導入を開始した。「運搬送水」は浄水場と配水池の間を管路で結ばず、車両で水を運ぶ手法で、コスト削減への期待が高い。このように、国も「縮小社会」への政策的な対応を検討しているものの、小規模水道組合を維持する地元の反応は必ずしも好意的なものばかりではない。

そこで本報告では、100 年も小規模水道組合を維持する新潟県村上市大毎集落を対象とし、行政による簡易水道が導入されているにもかかわらず、なぜ人びとは小規模水道組合を維持し続けるのか、その理由を分析する。

2. 大毎集落の貨幣交換できない水の価値

大毎集落は、116 戸、340 人ほどの農業集落である。調査の結果、大毎集落では多様な社会集団が存在しており、7 つの水道組合が存在していることがわかった。水源はいずれも湧き水であり、水神講や組合費の徴収など、独自の管理が行われている。

集落内で最多の 80 戸が加入する大毎水道組合は、1924（大正 13）年に整備され、今年創設 100 周年を迎える。

大毎水道組合は 9 つの組に分かれ運営されている。驚いたのは、この組ごとに水神講が行われ、それぞれ見事な水神が描かれた掛け軸を持っていることである。聞きとりを重ねていくと、水神の掛け軸は集落の住民が描いたものであることがわかった。これは全国的にとっても珍しいことである。水神講は、12 月 14 日に床の間に水神の掛け軸を飾り、共同飲食をするものであった。「ヤド」となる家は持ち回りで、参加者をもてなした。水道組合の役員は男性であるのに対して、この水神講は女性だけの集まりであった。「楽しかったんだ水神講。好きなこととして、騒いで」と語られるように、着物を着て踊ったり、歌を歌ったようだ。婦人たちが集まる場が限られた時代には、それは楽しみだったそうである。

管理面をみていこう。組合の役員は各組から 1 名ずつ、9 名の役員のなかから組合長、副組合長が選出される。組合長は年に 2 回水源地周辺の草刈りを行い、役員は貯水タンクの点検や組合費の回収を行う。組合費（年間）は、1 口あたり 2400 円が徴収される。組合費は貯水タンクや配管の管理や修繕に充てられるものである。したがって、水の利用自体は無料である。大毎集落の人びとにとって、水は貨幣交換できない「コモンズ」であるのだ。その利用と管理は組合員に限られ、排除性の働く「コモンズ」であることが基本的性格である。

1978（昭和 53）年には、旧山北町によって大毎と隣接する大沢集落に簡易水道が導入されている。大毎集落にとって簡易水道は必要なかったが、水源の乏しかった近隣の大沢集落への配慮から導入を決めた。旧山北町のなかで中核的集落である大毎集落が反対すれば大沢・大毎集落への簡易水道の導入は見送られる可能性が高かったからである。大毎集落の人びとの簡易水道の利用は水圧の必要な風呂やトイレなどの限定的な利用に留まっている。

簡易水道の導入に際しては、旧山北町からは大毎水道の水源を簡易水道の水源にしたいと打診があったそうだが、それを断っている。その理由が注目される。簡易水道となると、水道法の規制を受けるため、塩素の混入が避けられないこと。そして大切なことは、お金を払って水道を利用することになるからであった。簡易水道は

水の使用量に応じて料金が増額するものである。すなわち、水は「商品」なであり、水道は貨幣と交換する「サービス」となる。それゆえ、簡易水道の水源とすることは許されることではなかったのである。

さらに大毎集落では、昨年度の総会で大毎水道の水源地の土地の所有権を購入することを決議している。水源地の所有者は集落住民であったが、よそに転出したことを受けて、将来に水源地の土地が転売されないように考えての対応であるという。

このようにみれば、小規模水道と上水道システムの違いは、たんに運営主体やその規模にあるのではなく、水という自然資源に対する考え方そのものが根本的に異なっているのだといえよう。

3. 村落秩序を支える「平準化の論理」

さらに調査を続けるなかで浮かびあがってきたのは、「平準化の論理」とでも呼べるような集落運営の基本原則の存在であった^{2) 3)}。大きくは4つある。すなわち、

①大毎集落の自治会費をかつては40階級にも細かく分けていること（近隣集落が16階級であったことから驚くべき数字である。各戸の世帯構成や経済状況にあわせて設定されるもので、各戸に「平等」に一定額を求める平等割よりも、各戸の実情を汲み入れた「公平性」を重視した見立割と呼ばれている）。②集落のとなり組や大毎水道組合の9つの組がそうであるように、大毎集落のさまざまな社会集団をより小さい10戸程度のまとまりにこだわっていること（大毎水道組合ではかつて20戸に増えた組を2つにわけて、ひと組あたり10戸にしていた。そのためにわざわざ住民が水神の掛け軸を新たに描いている。現在の地域政策は人口減少や高齢化による担い手不足を考慮して、地域組織を合理化・広域化させる傾向にあり、小さなまとまりをより大きなまとまりへ集約しようとしている。それに逆行していることが注目される）。③2010（平成22）年度に17組あったとなり組を12組に再編させたこと。④となり組の組長を1ヶ月交代とさせていること（となり組の組長は1年交代が一般的である）。これらのことは、すべて各家の権利（権力）と義務（負担）を公平に分配する工夫のあらわれなのであった。そのうえで見逃せないことは、この「平準化の論理」が近年になって、排除性の高かった水道組合にも反映されるようになったことだった。

旧山北町が簡易水道の水源に大毎水道の水源を利用したいとの打診を断って以降の大毎水道組合の動きをみていくと、1993（平成5）年には「吉祥清水」という

水汲み場が整備され、大毎水道は組合員だけでなく、不特定多数に水が開放されることになった。さらに、2022（令和4）年度の総会では、集落として大毎水道の水源地の所有権を購入することが決議されている。

これらの動きも「平準化の論理」が貫かれた結果である。大毎水道以外の6つの水道組合ではさまざまな努力が重ねられているが、水源はさほど安定しているわけではなく、集落内で水に関する格差がないわけではなかったからである。これらの近年の動きは、大毎水道を「みんなのもの」にし、水をめぐる集落内の格差を是正しようという試みなのであった。

このように、水道組合の運営には、村落の秩序を支える「平準化の論理」が貫かれている。そのことによって、大毎集落の高度な自治機能が維持されてきたわけである。これは上水道システムでは決して代替することができないものだ。このことは集落に導入された簡易水道の利用が限定的であることから明らかであった。

4. 結論

簡易水道が導入されているにもかかわらず、大毎集落の人びとが水道組合を維持し続ける理由とは、水道組合がこのように村落の秩序の維持と不可分な存在だからである。小規模水道を廃止したり、上水道システムに移行することになれば、村落の秩序の切り崩しに直結する恐れがある。

本報告では、小規模水道組合を運営する人びとの水に対する価値観を把握したうえで、村落の自治機能を損なわない小規模水道のあり方について議論したい。

参考文献

- 1) 野田岳仁（2023）小規模集落水道の貨幣交換できない「水の価値」、水の文化、74、36-41
- 2) 野田岳仁（2023）「むら」の自治支える小規模集落水道、水の文化、75、36-41
- 3) 野田岳仁（2024）地域生活の持続性と小規模集落水道、水の文化、76、36-41

キーワード 小規模水道、平準化の論理、コモンズ

天水を利用した伝統的な農業水利システムの継承に向けた実践的課題

Practical issues for the inheritance of traditional reservoir-based irrigation systems

新潟大学佐渡自然共生科学センター ○新田将之，元東洋大学大学院 伊藤海音

1. はじめに

伝統的な農林水産業の価値を評価し，保全を促す取組として，世界農業遺産（GIAHS）が実施される¹⁾なか，我が国では，2016年，日本版世界農業遺産ともいえる日本農業遺産が創設された。日本農業遺産は，国内における世界農業遺産認定への気運を消すことなく，多様な伝統的な農林水産業を営む国内地域の価値を評価し，認知度を高め地域の活性化につなげることを目的としている²⁾。こうした世界／日本農業遺産の鍵となる視点³⁾として，①人間・自然間の関係性や土地利用などの要素間の機能的関係（システム性），及び②「伝統的な農業システムを維持するにとどまらず，現代社会の技術や制度も取り入れながら改善を行い，未来に継承できる仕組みにしていくもの」と定義される動的保全の二点があげられる。

筆者らが地域支援を目的として関わってきた埼玉県滑川町を含む比企丘陵地域は，2023年，「比企丘陵の天水を利用した谷津沼農業システム」として日本農業遺産に認定された。本報では，上述した世界／日本農業遺産の視点をふまえつつ，滑川町を事例として，本認定地域の概要を説明したうえで，筆者らが現在進行形で行っている調査・支援内容を報告し，「動的保全」（継承）に向けた課題を，地域支援に関わってきた立場から論じる。

なお，本報は既発表の内容^{3),4)}に継続調査結果を加え，実践支援という観点から分析・再編したものである。

2. 天水を利用した伝統的な農業水利システム

比企丘陵地域では，地形的に河川水を水源とする灌漑農業を営むことが難しい一方，河川の浸食作用により谷津地形が高密度に形成されていることから，古来，これらの谷頭部にため池を築造し谷底部の水田（谷津田）の灌漑用水を確保するという，「天水を利用したため池灌漑農業」が営まれてきた。1600年頃までに築かれた350以上のため池は「谷津沼」と呼ばれ，ため池灌漑の近代化が進む日本にあって，今なお天水のみを水源としている点に特徴がある。こうした水利の不都合さを象徴するものに，雨乞い等の水に関する伝承文化が各地で残存している点が挙げられる（少なくとも22社の神社で確認）。

また，谷津沼の管理は，谷津ごとに組織された「沼下」と呼ばれる水利組合によって行われており，ため池下部

では水田稲作，丘陵地斜面では少量多品目の畑作を中心とした農業が営まれ⁵⁾，本地域の特徴的な谷津沼景観を形成している（図1）。さらに，本地域の農業水利の要となっているため池では，1985年，環境省第4次レッドリストで絶滅危惧IA類に指定されているミヤコタナゴ *Tanakia tanago* の生息が確認されており，この発見以降，本種の野生復帰に係る取組が行われている。

このように，本地域では，天水のみを利用した伝統的なため池灌漑農業を中心として，少量多品目栽培によって形成された地域景観や沼下コミュニティ，生物文化多様性といった各要素間に機能的関係性があると評価され，2023年，日本農業遺産に認定された。

3. ため池灌漑システムに対する住民評価調査と動的保全に向けた支援

筆者らは，知人から「農業遺産を目指して活動している地域があるので訪れてほしい」という声かけをいただき，2021年度より比企丘陵地域の中核的自治体となっている滑川町と関わり始めた。その際，日本農業遺産認定に向けた取組の担当者から「そもそも住民が谷津沼農業を知らないのではないか」という懸念が表明されたことを受けて，ため池灌漑システムに対する住民の評価を半構造化インタビューにより調査した³⁾。その結果，ため池灌漑システムを好ましいと思う理由として，「食料」をはじめとして「教育・学び」や「楽しさ」など，12項目もの多岐にわたって評価されていることが分かった。一方，高齢層の方が当該システムを多様な評価軸か



※滑川町作成資料より抜粋

図1 比企丘陵の谷津沼景観のイメージ

つ広い空間領域で評価する傾向がみられ、また将来意向においても世代間で温度差があることが伺われた。これらから、ため池灌漑システムの継承に向けて、その価値の再評価を内包しつつも将来ビジョンを多世代で共有できるプロセス（機会）が必要だという考えに至った。

インタビュー調査の結果を受けて、ため池灌漑システムに対する価値の再評価と今後のあり方を検討するために、インタビュー調査で得たデータを、住民協働のもと KJ 的手法によって分類した。そして現在、分類項目間の関係性を整理したツール（図 2）を用いて、ため池灌漑システムの将来ビジョンや利活用のアイデアを募るワークショップ（WS）⁴⁾を実施している（図 3）。これまでの WS では、価値の再評価が促されるよう、なるべく多様な属性（年齢、農家／非農家）の住民の参集を呼び掛けた。事後アンケート（n=36）では、86.1%が「多様な意見や思いを知ることができた」を選択し、66.7%から「今後の行動に変化があると思う」という回答が得られた。初期（2023 年）に WS を行った地区では、WS 後、多面的機能支払制度を活用して、取組の工夫（楽しく取り組めるように、女性や子どもがいる世帯に声がけする等）や内容変化（里山の下草刈り等）もみられた。

一方、「ここ（農村部）だけでなく町全体の意見が知りたい」や「（ため池灌漑システムを）活用しようにも手が回らない」「担い手がない」「住民のほとんどは月

の輪（都市部）に住んでる」等の課題があった。また農業遺産関係者から「今は行政中心なので活動に限界がある」「他自治体との連携がない」といった意見があった。

4. 継承に向けた今後の課題

本地域の農業水利システムの継承に係る取組は開始されたばかりであり、現在、様々な取組が試行錯誤されている状況にある。従って、各取組を個別にみれば課題は多岐にわたるため、ここでは、全体的な取組のマネジメントという視点から、継承課題を述べる。今後、活動主体を行政から住民へ移行する必要があることは自明だが、その際、筆者らのボトムアップ的支援のみでは限界があることから、トップダウン的にも広域連携できる組織づくりを進めることが求められる。この時、ため池灌漑システムという小規模分散的な管理体制と広域組織の取組とをどのように機能的にリンクさせるか、が重要な視点だと考えられる。具体的には、都市農村交流事業等の参加者（都市的地域の住民）などのため池灌漑システム管理に参画意思のある潜在的担い手が、実際に農村部における小規模分散的な管理活動にその後も参画できるような仕組みをどのようにつくるかが課題である。本課題に域学連携を継続する中で検討したい。

謝辞

クリタ水・環境科学振興財団 23C003 ならびに JSPS 科研費 23K17088、24K01868 の助成を受けて実施した。

参考文献

- 1) 濱本和孝（2016）世界農業遺産と日本農業遺産，農村計画学会誌，35 巻 3 号，357-360.
- 2) 武内和彦（2016）日本における世界農業遺産（GIAHS）の意義，農村計画学会誌，35 巻 3 号，353-356.
- 3) 新田将之・伊藤海音・廣瀬裕一・二宮仁志（2024）丘陵地域におけるため池に対する担い手評価構造の世代間比較分析—埼玉県比企郡滑川町のため池維持管理参加者を対象として—，農業農村工学会論文集，92 巻 1 号，I_51-I_63
- 4) 伊藤海音・新田将之（2023）ため池の固有性を考慮した将来ビジョンの意思決定支援手法に関する実践的研究，令和 5 年度土木学会全国大会.
- 5) 吉田浩（2019）悠久の谷津沼と共に歩む里山農業，水環境学会誌，42 巻 2 号，55-59.

キーワード 日本農業遺産，ため池灌漑システム，継承



図 2 ワークショップに用いたツール



図 3 ワークショップの様子

アラビア乾燥地の利水と治水：温暖化と水害多発の時代に Water use and flood control in the Arabian arid lands in the era of global warming

総合地球環境学研究所／総合研究大学院大学 ○近藤康久，東京外国語大学 黒沼太一，慶應義塾大学 三木健裕

1. 背景

現在のアラブ首長国連邦（UAE）とオマーン国が位置する南東アラビアは、世界有数の乾燥高温帯にありながら、インドモンスーンがハジャール山脈に降水をもたらす（図1）。両国では近年、下水インフラの設計想定を超える水害が頻発するようになり、気候変動との関連が指摘されている¹⁾。しかし、1901年以降の年平均気温と年降水量の統計（図2）によると、気温は1950年頃より上昇しているが、年降水量は2020年代よりも1970・80年代の方が、年較差が大きい。つまり、石油開発に伴い両国で進行した都市化に対して、下水インフラが脆弱であることが原因にあるようにみとれる。今後、地球温暖化の進行に伴い、これまでは十年に一度の頻度で起こっていたレベルの豪雨災害が世界的に頻発することが予測されている²⁾。

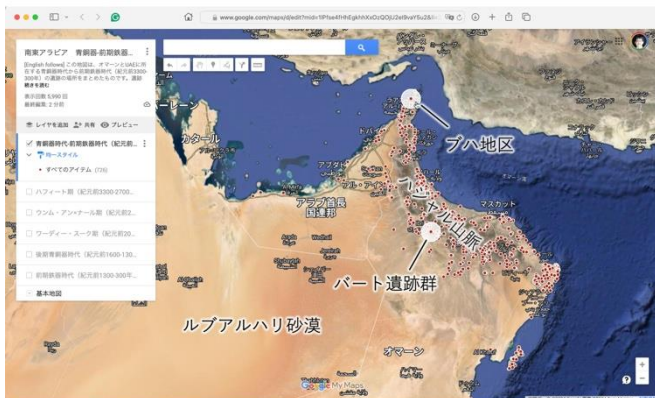


図1 南東アラビアの遺跡と調査地（既製地図³⁾を加工）

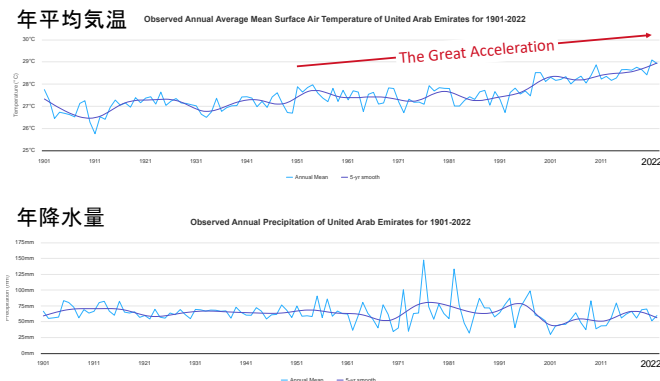


図2 UAEにおける1901年から2022年までの気候変動（世界銀行のデータ⁴⁾に基づき作図）

筆者らは過去十余年にわたりオマーンで、考古学と地理学の手法を組み合わせた考古地理学的方法により、旧石器時代から新石器時代・青銅器時代・鉄器時代を経てイスラーム時代へと続く当地の人類史を研究してきた。本発表では、これまでの調査で得られた知見に基づいて、水害が多発する南東アラビアにおける安全・安心な未来社会の実現に向けて、地域の伝統知をどのように活かせるか考察してみたい。

2. 考古地理学から見た南東アラビアの利水と治水

歴史的に水資源の限られる南東アラビアにおいては、紀元前4千年紀末より開削式水路の存在が確認されている⁵⁾。前期鉄器時代（紀元前1300年～前300年頃）までには、現地語で現在はファラージュ（または複数形でアフラージュ）と呼ばれる、地下水路を伴う灌漑システムが出現した。ファラージュについては南東アラビア全土で悉皆的研究がなされており、その構築と管理に関する技術と資源配分ルールに関わる伝統知が明らかになっている。しかし、水害を予防する治水の技術や伝統知についてはいまだ明らかでない。

筆者らは、オマーン内陸部の世界遺産バート、アル＝フトゥム、アル＝アインの考古遺跡群において、遺構のデジタル目録の作成に取り組んだ。バート遺跡群では、紀元前3300年頃から3千年間にわたり、無数の墓が造営されたことが知られているが、それ以外に、丘陵から涸れ川（ワディ）に出る小谷を締め切るダム状の壁の存在が明らかになった（図3）。



図3 バート遺跡群の周壁とダム

このダム状の遺構は、上流から来る洪水を堰き止めることにより、作物や家畜、あるいは人間に給水するための利水施設なのだろうか？それとも、洪水からそれらを護るための治水施設なのだろうか？調査の際には、それがどちらか分からなかった。

3. ムサンダム地方のワアブ

その後、筆者らはオマーン遺産観光省からの要請を受けて、南東アラビア最北端の飛地であるムサンダム特別行政区で遺跡調査を行なうこととなった。ホルムズ海峡に面するムサンダム半島の北端は、ハジャル山脈が海に突き出る格好になっており、リアス式沈降海岸が発達している。歴史的に陸路での往来は困難で、舟で海岸伝いに交通していた。平地が狭隘なため、ファラージュを伴う大規模なオアシス集落が見られない。ハジャル山脈の他の地区と比べ、河川勾配が急で、集水域が小さい。

2024年3月に第1次踏査を、ムサンダム特別行政区の西海岸に位置するブハ県で実施したところ、現地語でワアブ（複数形アワブ）と呼ばれる遺構が複数確認された。ワアブは一边数十メートルの方形区画を基本としており、複数の区画が接続しているものもある（図4）。区画は高さ数十センチメートルの石壁で囲まれているが、上流側の石壁には隙間が設けられている。最下段に小さな入口が設けられている例もある。これに対し、他の辺の壁には隙間がなく、基礎を補強するなど、密閉性と強度に配慮がなされている。隣の区画との接続部は段築形になっている。内部の地表面を観察すると、上流側は礫が多めに散乱している一方で、中央部から下流部は粒度の細かい土砂が堆積しており、礫はあまり見られない。



図4 ワアブの一例（BUK06 遺跡 B 地点）

現地在住者に話を聞くと、ワアブはムサンダム各地に見られ、かつてはコムギを栽培していたという。降雨時に表層を流れてくる洪水（sheet flood）を壁の隙間の取水口から区画内に導水して湿地を作り、そこでコムギを

育てていたと考えられる。余剰の水は下の段に供給した。

4. 着想と今後の課題

ひるがえってオマーン本土の北部では、ファラージュによって灌漑されるオアシスの遠位端に、同じくアワブと呼ばれる湿地が形成され、野菜や牧草の栽培に用いられている。とすると、バートで確認したダム状の遺構は、天水農耕のための水留め、つまり利水施設の性格をもつのではないか。今後は、ムサンダム半島において、衛星画像の判読と現地踏査を組み合わせ、ワアブの集成を行ない、その立地と構造の特性を明らかにすることにより、乾燥地で水を得られる場所についての伝統知を明らかにしていきたい。

謝辞

本研究はクリタ水・環境科学振興財団ネットワーク構築助成 21T009-2、人間文化研究機構広領域連携型基幹研究プロジェクト「人新世に至る、モノを通した自然と人間の相互作用に関する研究」、ならびに科研費 JP21H00605、JP24H00112 の助成を受けて実施された。

参考文献

- 1) Dinneen, J. (2024) What caused the floods in Dubai? *NewScientist* 27 April 2024.
- 2) IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*（政策決定者向け要約暫定訳）
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC_AR6_WG1_SPM_JP.pdf（2024年6月30日アクセス）
- 3) 黒沼太一（2022）南東アラビア青銅器-前期鉄器時代遺跡分布図。
<https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1IPfse4fHhEgkhhXxOzQOjU2eI9vaY5u2&usp=sharing>（2024.6.30 アクセス）
- 4) World Bank (2022) Climate Change Knowledge Portal – United Arab Emirates.
<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/united-arab-emirates/climate-data-historical>（2024.6.30 アクセス）
- 5) Castel, C. et al. (2020) First discoveries of the Bat/al-Arid mission (Sultanate of Oman). *Proceeding of the Seminar for Arabian Studies* 50: 71–84.

キーワード オマーン、気候変動、風土、ワアブ

水管理をめぐる倫理的・法的・社会的課題（ELSI）の歴史事例分析

Case study analysis of ethical, legal and social issues (ELSI) related to water managements

名古屋大学大学院工学研究科 ○中村晋一郎, 近畿大学農学部 木村匡臣, 農研機構 吉田武郎,
東京大学大学院農学生命科学研究科 西原是良, 大阪大学感染症総合教育研究拠点 村上道夫

1. はじめに

水は人が生きるために不可欠な資源であり、その管理は人間社会の原始的かつ根源的な活動である。水の管理に際しては、洪水や渇水といった水対人、あるいは水紛争のような水を介した人対人の水をめぐる問題が生じ、人々は技術や制度を用いてそれらの問題を解決してきた。そして、その水の技術や制度の導入過程では、様々な倫理的・法的・社会的課題（ELSI）が生じてきた。近年、気候変動、少子高齢化といった社会変化のもと、水の技術と制度の統合化の動きが活発している中、水管理に関する共通的な ELSI を理解し、それらへの対応方策を検討する必要がある。そこで本研究では、水管理に関する歴史事例へと ELSI 抽出のための既存フレームワークを適用し、複数の歴史事例から水管理における共通の ELSI の抽出を行った。

2. 方法

ELSI が社会的課題→倫理的課題→法的課題という時系列で生じるとの既存の分析フレームワーク¹⁾を複数の歴史事例へと適用した。まず、法的課題に関する出来事に着目し、そこから遡って社会的課題、倫理的課題を抽出した。なお、ここでの法的課題にはソフトローも含む。対象事例は、1953 年に熊本県・白川で発生した水害を契機に導入された確率手法、1992 年に大幅改正された水道水質基準、1994 年に完成した長良川河口堰、そして、1990 年代後半に発生した吉野川の第十堰をめぐる反対運動である。前者の二つは新たな制度の導入を、後者の二つは新たな施設を導入する際に生じた問題である。

3. 結果と考察

いずれの事例も社会的課題→倫理的課題→法的課題の時系列で整理が可能であり、採用したフレームワークの有効性が認められた。「確率手法」の導入を例に挙げると、1953 年に熊本県で白川水害が発生し、建設省(当時)は川幅を拡大する治水計画を立案した。しかし、川沿いには戦後の引揚者の住居が多数立地しており、それらの移転の正当性と政府の手続きに対して、地元から反対運動が巻き起こった(社会的課題)。当時の治水計画では過

去に生じた最大の洪水に対して河川の容量を決定することになっており、仮に 1953 年の洪水を対象に河川の容量を決定すると、河川沿いの住居の移転、そして莫大な建設費用が必要となる。また、住民の移転と政府への不信という課題に合わせて、このような大水害が全国で発生すると洪水が発生した河川とそうでない河川とで洪水に対する安全度にばらつきが生じることも問題となった(倫理的課題)。そこで、建設省は「河川砂防技術基準」という河川計画の基準を作成し、その中で確率を使用した新たな計画制度を導入した(法的課題)。

ここでの倫理的課題は、住民の強制的移転によって生じる居住権に関するもの、政府の手続きへの不信という手続き的公正に関するもの、そして全国での治水安全度の不均衡という分配的公正性に関するものが挙げられる。これらは社会的公正性に関する課題であり、長良川河口堰と第十堰に関する問題においても同様に抽出されている。よって、社会的公正性は一つの共通の ELSI であるとみられる。

本研究では、法的課題に関する出来事から遡って社会的課題、倫理的課題を抽出するというアプローチを採用したが、逆に社会的課題(社会運動や水害など)から倫理的課題、法的課題を抽出するアプローチもあり得る。このようなフォアキャスト型のアプローチが整えば、まだ規制がされていないような、あるいはソフトロー化されていないような事象に対しても本手法は適用可能となると想定される。

謝辞

本研究は、JST、RISTEX、JPMJRS23J6 の支援を受けたものです。

参考文献

- 1) 朱喜哲, SpringX 超学校 エビデンスと共に考える「いのち」と「くらし」を豊かにする講座 第 8 回 公正(フェアネス)って何だろう? 日常からデータビジネス、哲学まで, 2024。(2024 年 2 月 18 日閲覧)

キーワード 水, ELSI, 社会的公正性

シンポジウムー3

多世代・多地域連携による人材育成

ーインカレSDGsプロジェクトを例としてー

オーガナイザー 中口毅博（芝浦工業大学）名誉教授

杉本卓也（千葉商科大学）教授

趣旨説明：

大学には次世代の社会の担い手を育成するという側面から、SDGs 達成に向けた学びの機会提供という社会的要請がある。SDGs の対象は広範であり、異世代・地域・学校連携型で個別最適な学びと協働的な学びを同時に実現することが効果的でありうる。そこで本シンポジウムは、多世代・多地域連携による「インカレSDGsプロジェクト」の実践報告をはじめ、SDGs 達成に貢献する人材育成に携わる研究者等の意見交換の場とする。具体的には、まず、インカレSDGsプロジェクトの「課題研究支援」「合同実習」「合同実践ワークショップ」「フォローアップ」の中身について紹介した上で、芝浦工業大学、東邦大学、千葉商科大学の事例について紹介する。東邦大学の事例では理学部生命圏環境科学科のプロジェクト実習の紹介を行う。環境プロジェクトの検討を行うが、実習が終わった後も継続を試みるが増えている。今回は企業や地域と連携した事業について紹介する。千葉商科大学は大学が所在する市川市と鎌ケ谷市と包括協定を結んでおり、その協定に基づいて小学生向けの環境講座を実施している。環境講座の実践は正課講義の一環として実施する場合と、学生の課外活動のひとつとして実施している場合があるが、本報告では、自治体との包括協定に基づく活動の一環として実施した環境講座について、環境講座の企画運営に携わる学生の活動について報告する。総合討論では、他の大学における実践についてフロアからの事例紹介を求めた上で、地域や国際社会のニーズを満たしつつ学びを深めそれを人生に活かす方策について議論したい。

多世代・多地域連携による人材育成—インカレSDGsプロジェクトを例として— Human resource development through multi-generational and multi-regional collaboration - Example of the intercollegiate SDGs project

オーガナイザー 中口毅博（芝浦工業大学）、杉本卓也（千葉商科大学）

1. 趣旨説明

大学には次世代の社会の担い手を育成するという側面から、SDGs 達成に向けた学びの機会提供という社会的要請がある。SDGs の対象は広範であり、異世代・地域・学校連携型で個別最適な学びと協働的な学びを同時に実現することが効果的でありうる。

そこで本シンポジウムは、多世代・多地域連携による「インカレSDGsプロジェクト」の実践報告をはじめ、SDGs 達成に貢献する人材育成に携わる研究者等の意見交換の場とする。具体的には、まず、インカレSDGsプロジェクトの「課題研究支援」「合同実習」「合同実践ワークショップ」「フォローアップ」の中身について紹介した上で、芝浦工業大学、東邦大学、千葉商科大学の事例について紹介する。

2. インカレSDGsプロジェクト-異世代・多地域連携での個別最適な学び・協働的な学びを社会や人生に活かす

中口毅博（芝浦工業大学）名誉教授

インカレSDGsプロジェクト：Incolle SDGs Project

とは、異世代・地域・学校連携型で個別最適な学びと協働的な学びを同時に実現するSDGs達成活動であり、Individual optimal and Collaborative Learning with cross-generations, regions, and schools for achieving SDGs の頭文字を取ったものである。大学間の連携（インターカレッジ）で小中高生と学びを深めるイニシアティブという意味も併せ持つ。学習指導要領では持続可能な社会の創り手の育成に向け、主体的・対話的・深い学びを求めるとともに、個別最適な学びと協働的な学びの一体的充実が求められている。これを実現する既往の実践では、個人の興味に即した自由なテーマ設定や異世代・地域間の連携による探求学

習や社会活動の実践により、資質能力やキャリア意識向上や、地域の持続可能性維持に役立つことが知られている。しかし、単一の学校では多岐にわたる個人課題研究について教員だけでは対応できない。さらに、個別最適と協働的な学びとの両立は一層難しく、多様な協働先を安定的・継続的に確保することは単一の学校では困難である。

そこで本プロジェクトでは、インカレSDGsプロジェクトを推進するネットワーク組織を設立し、大学・NPO・企業・行政が連携し、多様な学校の生徒が自分の興味に応じて参加できる現地見学・社会活動などのプログラムを提供することを目的とする。

インカレSDGsプロジェクトの全体像を図1に示した。プロジェクトは「A課題研究支援」：コーディネータの学校訪問による課題研究の個別アドバイス、「B合同実習・合同授業」：大学等が①研究室・企業見学、②体験型社会活動、③創造型社会活動等のプログラムの提供、「C合同実践ワークショップ」＝プロジェクト型探究活動実践や試行実験ができる場の提供、「Dフォローアップ



図1 インカレSDGsプロジェクトの全体像

プ」＝SDGs アクターの資格を授与するとともに、学びを活かすための進路相談、入試や就活対策等のキャリア支援から構成している。

2024年7月1日現在、14の合同実習が実施され、延べ196名の高校生・大学生が参加または参加予定である。

3. 環境プロジェクトと地域をつなげる実践事例

竹内彩乃（東邦大学）准教授

東邦大学理学部生命圏環境科学科は、環境化学・環境生態学・地球科学・環境管理・創成科学の4つの分野の教員が在籍しており、様々な観点から環境問題について学ことができる。この特徴を活かして作られたのが「生命圏環境科学プロジェクト実習」である。環境科学に関するプロジェクトに参加し、PDCAサイクルを意識したマネジメントについて学ぶ学部2年生対象の実習である。生命圏環境科学科の環境管理・創成科学分野の教員3名が中心となり、学生が取り組むプロジェクトのテーマに応じて、学科の他の分野の教員が関わることになっている。また、3名の外部講師が関わり、学生が現場の経験に則した助言を受けることができる体制となっている。

2022年度は、受講生が8名とかなり少なかったため、一つのプロジェクトに全員で取り組むこととした。企業が抱える社会課題「歯ブラシのリサイクルをいかにして促進するか？」がテーマであった。初回の実習において企業の担当者から社会課題について説明していただき、2週間ほどの時間をかけて学生に解決策について検討してもらった。子供達への意識啓発から進められたら良いのではないかというアイデアが出され、リサイクルゲームを開発することになったことを企業に報告した。その後も定期的に報告を行いながら方向性を確認して検討を進め、子供達への意識啓発に加え、子どもたち同士のコミュニケーションの機会を増やすことも目的に含めることとなった。大学内の心理カウンセラーより、子供のコミュニケーションを促すための方法論を教えていただきながら、ゲームの内容をブラッシュアップし、最終的には企業本社での最終発表を行うまでになった。その後、企業から頂いた寄付金を活用し、大学キャンパス近隣の子供食堂でゲームの実証を行った。その成果を、2023年度のエコプロで報告したところ、自治体から興味を持っていただき、2024年の夏に、自治体の夏休みイベントで実施することになった。本発表では、これまでの活動内容に加え、夏休みイベントの様子を報告する予定である。

4. 自治体との包括協定における環境講座の企画運営 —千葉商科大学における正課講義と課外活動を活用した多様な学び

杉本卓也（千葉商科大学）教授
手嶋進（千葉商科大学）准教授

千葉商科大学は大学が所在する市川市と鎌ケ谷市と包括協定を結んでおり、その協定に基づいて小学生向けの環境講座を実施している。環境講座の実践は正課講義の一環として実施する場合と、学生の課外活動のひとつとして実施している場合があるが、環境講座の内容は各自治体の環境施策を踏まえつつ、小学生にとっての分かりやすさと馴染みやすさを考慮しながら学生が制作した。

まず市川市での環境講座については、千葉商科大学の学生団体 SONE が企画立案を行い2022年11月より具体的な準備を進め、市川市の環境部局との連絡調整を経て、2023年4月と10月に千葉商科大学市川キャンパスで実施した。例えば4月の環境講座では、参加者は市川市の広報誌である「広報いちかわ」で受け付けし、小学生と保護者を対象として16名が参加した。環境講座は全体で90分程度で設計され、断熱施工を行っている教室で実施し、①気候変動・地球温暖化に関する基礎知識、②再生可能エネルギー、③省エネ施策（断熱）に関する講義と、千葉商科大学の「自然エネルギー100%大学」の取組紹介と施設見学を行った。

鎌ケ谷市で実施した環境講座においては、春学期、秋学期にそれぞれ特別講義を設置し、正課授業の一環として小学生向けの環境講座を実施した。講師役は授業履修学生の10名で、その中には学生団体 SONE の学生も2名含まれている。環境講座の授業スライドは春学期の授業期間に作成し、鎌ケ谷市の環境部局と小学校教諭の助言を経て完成させた。授業スライドは気候変動・地球温暖化に関する基礎知識を中心として、再生可能エネルギーに関する内容とした。環境講座は小学校での授業1コマ分（45分間）で実施し、対象とした生徒は小学校4年生である。

本報告では、自治体との包括協定に基づく活動の一環として実施した2つの環境講座について、環境講座の企画運営に携わる学生の活動について報告する。なお、実施した環境講座については、一部、学生から報告を行う予定である。

参考文献

- 1) インカレSDGsプロジェクトホームページ
<https://incollage-sdgs.site/>

シンポジウムー4

カーボンニュートラル地域の実現に向けての社会実装研究

(デジタルトランスフォーメーションの活用)

オーガナイザー 藤田 壮（東京大学）教授

松本 亨（北九州市立大学）教授

趣旨説明：

脱炭素社会実現に向けて地域の拠点地区・施設を重層的にネットワークさせることにより、地域の短期・中長期の経済社会経済価値を高めつつ、脱炭素のグリーンイノベーションの先導事業を計画、実装するためのガイドラインと、デジタルトランスフォーメーションを実現する都市情報インフラシステムについて議論する。その際に、地域のスマートモニタリングに地域診断システムの開発と、地域自律エネルギー、次世代交通等の重層的な価値の創出による新しい脱炭素社会の構築のゴール、その実現に向けての分野横断の先導プロジェクトの計画と、合理的で実現可能な将来効果を明らかにする地域連携実装研究について議論する。

カーボンニュートラル地域の実現に向けての社会実装研究 (デジタルトランスフォーメーションの活用)

Social Implementation Study toward Realizing Carbon-neutral Cities and Regions (Utilizing Digital Transformation)

オーガーナイザー 東京大学 藤田壮, 北九州市立大学 松本亨

1. はじめに

地域脱炭素の実現に向けて、地域の特性を活かしながら、環境・経済・社会の統合的向上に向けた取組の具体化を自立的に進め、あらゆる観点からイノベーションを創出する必要がある。地域特性を高精度で定量的に解析し、多様な資源を活用する脱炭素将来ビジョンを描くとともに、その実現が地域価値に波及するような設計プロセスを構築することが求められている。さらに、地域主体が参画することで推進力を確保する計画支援システムを構築することも課題である。

本シンポジウムでは、地域の拠点地区・施設を重層的にネットワークさせることにより、グリーンイノベーションの先導事業を計画・実装するためのガイドラインと、デジタルトランスフォーメーションを実現する情報インフラシステムについて議論する。その際、地域のスマートモニタリングの開発と、地域自律エネルギー等の重層的な価値の創出による新しい脱炭素社会の構築のゴール、その実現に向けた分野横断の先導プロジェクトの計画と、合理的で実現可能な将来効果を明らかにする地域連携実装研究について議論する。

2. 脱炭素地域を実現する社会実装研究にむけて

○藤田壮・林徹・黄文彦（東京大学）

都市計画に係る GIS データなどの統計データによる推計、事業者データの解析、脱炭素行動を検証する個別スマートモニタリングを含む階層的な脱炭素地域モニタリングシステムのフレームワークを構築した。得られたモニタリングデータと、再エネポテンシャル・設備導入量と供給の時間変動情報を整備したものと重ね合わせることで、先導事業の実現可能性調査を行うことができる。脱炭素地域の計画策定、合理的な目標設定とそこへの脱炭素事業の計画と評価、実装プロセスの構築までのプロセスを要素化・一般化し、社会モニタリングシステムに基づく科学的な脱炭素地域計画支援システムの構築を進めている。さらに、脱炭素まちづくりを進める自治体等と連携する社会実装研究を通じて、システムの実用性の検証を進めている。その

状況について報告する。

3. 電力消費のモニタリングとエネルギーマネジメントへの活用可能性

○松本亨・藤山淳史・叢日超（北九州市大）

エネルギー消費量等をリアルタイムで計測するための汎用的なスマートモニタリングシステムのプロトタイプを、市販の測定装置等を組み合わせることにより構築した。構築したシステムを用いて、低圧電力は紳士服製造販売業（自社ビル内で縫製から販売まで一貫生産をしている専門店）と斎場（葬祭業）の2か所に、高圧電力は製造業（中小企業）の1か所に設置し、それぞれ電灯トランスと動力トランスに分けて測定ができることを確認した。モニタリングデータをもとに、機械学習を用いて電力需要予測モデルを構築した。さらに、平均平方二乗誤差（MAPE）を用いて、予測値と実測値とを比較することで精度検証を行った。得られた電力需要予測モデルを用いて可能となるエネルギーマネジメントの展開可能性について考察した。

4. 時系列データに基づくエネルギー消費特性解析

○芦名秀一・牧誠也・平野勇二郎（国立環境研）

地域ごとに効果的な脱炭素計画を策定していくためには、地域の特徴・特性を明らかにし、それを踏まえた対策の同定と実施が肝要である。本発表では、特にエネルギー消費に焦点をあて、モニタリングから得られる時系列データをもとに対象地域・建築物等の消費特性解析を行う手法を開発し、異なる特性を有する複数の建物群を対象として計測している実際のモニタリングデータに適用した結果を報告する。

具体的には、電力消費の時系列データを、長期的変化傾向や季節・週間・日間の変化、非周期的変化（ランダム変化）、固定的消費の別の特徴を抽出・分離し、それぞれについて対象建物群の各種指標や属性情報等をもとに変化・変動要因の分析を試みた。これら分析等を通じて、本研究で開発している手法をも用いることにより、需要家の特徴を反映した電力消費の特性を明確化する

ことができるとともに、省エネルギー対策や行動変化などの効果も定量的に評価できるようになることが確認できた。

5. 脱炭素地域づくりに貢献する地域エネルギー事業の計画・評価

○平野勇二郎（国立環境研）・藤田壮（東京大学）・磯崎恭一郎・安達健一（日本環境技研）

地域の脱炭素化に向けて地方自治体と研究機関が連携して分散型エネルギーシステムに関する計画を推進した事例として、福島県新地町において実施した地域連携研究を紹介する。これまでに国立環境研究所は新地町と連携・協力に関する基本協定を締結し、東日本大震災後の復興まちづくりを科学的根拠に基づいて支援する様々な取り組みを行なってきた。その一環として、情報通信技術を用いた住民のエネルギー消費量の見える化と省エネルギー行動支援、津波被災地の復興プロセスにおけるコージェネレーション型エネルギー供給システム導入などの議論に学術的に貢献するとともに、これらの知見を他地域へ展開するツールとして地域エネルギー計画・評価システムを開発した。

6. 脱炭素・ストック型社会の構築に資する資源蓄積計測システムの構築

○谷川寛樹・白川博章・長尾征洋・中村勇斗・長谷川正利（名古屋大学）・國枝稔（岐阜大学）

都市には様々な資源が蓄積されており、それらを有効利用できれば、新規資源の投入量の削減による脱炭素化やストック型社会の構築に貢献できると考えられる。そのため都市内にある資源の空間分布を詳細に把握することは非常に重要である。本研究の目的は、既存の地理情報、衛星データ、LiDAR センサなど、様々な情報を統合することで、従来よりも精度よく資源の蓄積量を計測するシステムを構築することである。ここでは、LiDAR センサ等を用いた都市の3Dスキャンの実証実験を中心に報告する。

7. 市民の態度・行動変容に向けたゲームの活用

○後藤尚弘・石河颯也・荒巻俊也・大塚佳臣・平松あい・花岡千草（東洋大学）

脱炭素化に向けた市民の行動変容を促すために、脱炭素ゲームを開発した。脱炭素に関する知識や行動に関するクイズを出題し、正答率やランキングを競うという内容である。ゲームの有効性を評価するために、

体験調査を実施した（2023年11月、被験者数168人）。ゲームの体験前後での脱炭素に対する意識の違いについて調査を行った結果、全体的にゲームの体験前よりも体験後の方が環境意識は高くなったが、特に20代以下と30代で、伸びが大きいことが分かった。この結果、ゲーム体験による行動変容は20代、30代で期待できることが示唆された。また、市民の脱炭素に関する意識や行動アンケート調査を実施したところ（2024年2～3月、ネット調査、サンプル数10500件）、意識、行動によって4つのグループに分類された（G0：低意識・低活動、G1：中意識・活動受動的、G2：高意識・高活動、G3：高意識・活動受動的）。属性についての特徴を分析すると、男性、30代以下、未婚 or 子供なしの層への脱炭素の知識や行動に関する情報を提供することが効果的であることが示唆される。

8. 地域特性に応じた脱炭素施策の提案プロセスの構築

○大塚佳臣・嶺岸聖也・後藤尚弘・平松あい・花岡千草・荒巻俊也（東洋大学）

地域特性に応じた脱炭素施策推進の計画支援プロセスの構築に向け、本研究では、1) 脱炭素先行地域に選定された自治体が提出した計画提案書に記載された様々な地域情報を変数として、自己組織化マップ（SOM）を用いて脱炭素先行地域を類型化し、グループ別の特徴を明らかにする。その上で、2) 各自治体の基本統計（人口、産業、地理、気候など）をもとに、類型化された先行地域群と全国の自治体の類似度評価を行い、基本統計の観点から類似している先行地域の取り組みをベンチマークとして、全国の自治体での脱炭素政策を提案する。本報では、2023年度までに選定された脱炭素先行地域（73提案）について、C1：エリア別の施策実施有無、C2：電力需給状況、C3：既存の再エネ発電量、C4：導入予定の再エネ発電量、C5：再エネポテンシャル、C6：地域活性化の7つの視点から得た57の特徴量をもとに、SOMによる類型化した結果ならびに得られた地域グループの特徴を報告する。

謝辞 本シンポジウムは、文部科学省 JPJ010039、環境研究総合推進費 1-2305 の助成を受けて企画・開催したものである。

キーワード 地域脱炭素化、計画支援、デジタルトランスフォーメーション、スマートモニタリング

シンポジウムー5

シチズンサイエンスと熟議を基盤とした

気候変動ナラティブと態度行動変容の可能性

オーガナイザー 馬場 健司（東京都市大学）教授

木村 道德（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）専門研究員

趣旨説明：

本シンポジウムでは、シチズンサイエンス（市民参加型モニタリング）により収集した気候変動の影響と思しき事象に係わる伝統知・地域知を、専門家や政策担当者らと熟議を行いながら科学的知見（専門知）とをナラティブとして統合していくことにより、データや事象への理解を深め、脱炭素社会・気候変動適応社会の構築に向けて人々の態度行動変容を促進していく可能性について展望する。例えば、国内サイトにおける地域知・伝統知（史料の有無やシチズンサイエンティストの存在等）の収集可能性、オンライン熟議プラットフォームのあり方、人々の態度行動変容を促すメカニズム等の 이슈ーについて議論する。

シチズンサイエンスと熟議を基盤とした気候変動ナラティブと態度行動変容の可能性 Establishing the Methodology of Attitude and Behavior Change Through Integrating Narrative and Scientific Knowledge Based on Citizen Science and Deliberation: Case of Climate Change

○ 東京都市大学 馬場健司、○ 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター 木村道徳

1. はじめに

シチズンサイエンス（市民参加型モニタリング）により収集した気候変動の影響と思しき事象に係わる伝統知・地域知を、専門家や政策担当者らと熟議を行いながら科学的知見（専門知）とをナラティブとして統合していくことにより、データや事象への理解を深め、脱炭素社会・気候変動適応社会の構築に向けて人々の態度行動変容を促進していく可能性について展望する。例えば、国内サイトにおける地域知・伝統知（史料の有無やシチズンサイエンティストの存在等）の収集可能性、オンライン熟議プラットフォームのあり方、人々の態度行動変容を促すメカニズム等の 이슈について議論する。

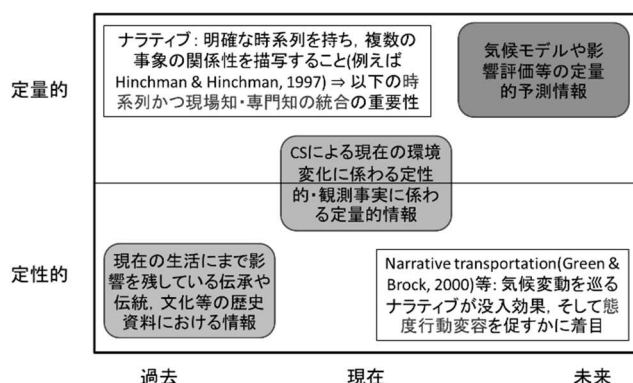


図1 伝統知・地域知・専門知のナラティブとしての統合と態度行動変容の可能性

2. 身近な環境情報が人びとの気候変動危機意識に与える影響の把握（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター・木村道徳）

市民参加型モニタリングを通じた人々の行動変容には、市民にとって身近で観察可能な範囲での情報やデータが重要になると考えられる。本研究では、滋賀県の地球温暖化防止活動推進員（推進員）を対象に、市民参加型ワークショップを通じて、気候変動影響と思わしき事象についての情報やデータを収集し、これらの情報提供が気候変動危機意識に与える変化について把握し評価を行った。結果、気候変動影響と思わしき事象に関する情報やデータとして、自然観察を中心とした情報を収集することができ、図1に示すように情報提供を受けた推進員においては、危機意識が情報提供前と比較して高くなる傾向があることがわかった。

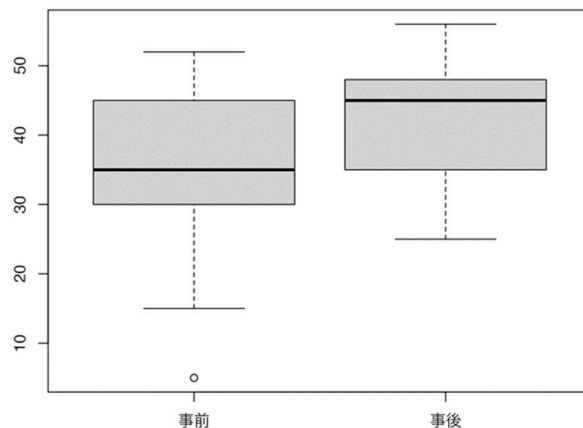


図2 気候変動危機意識の変化の把握結果

3. 気候変動リスクに対する人びとの態度と行動の関係（静岡大学・小杉素子）

人間の認知や態度と行動との関係については、心理学分野で投票行動や消費行動を対象に研究が行われ、複数の行動決定モデルが提案されている。リスク管理行動については防災分野で多くの先行研究があり、リスク認知や対策の有効性、感情などが行動を規定することが示されている。

本研究では、気候変動リスクへの認知と、対策行動との関連を明らかにすることを目的に、2024年2月にオンライン質問紙調査を実施した。全国の成人3000人(男女各1500人、平均年齢44.8歳)から得た回答を用いて、気候変動の緩和策と適応策の実施数を規定する要因を分析した。その結果、人びとは気候変動影響の中でも特に「夏の熱中症や高温による体調悪化などの健康被害」と「局地的な大雨、豪雨、台風などによる水害・土砂災害」の増大を強く実感していることが分かった。また、この2つの被害に対しては、自分が対処すべきであるとの認識が相対的に強く、これら影響の実感や対処への関与度の強さが対処行動数に寄与していることが示された。

4. フロントランナーの実践を通じた態度行動変容の拡大波及をねらうトランジションマネジメント（明治大学・松浦正浩）

気候変動対策として、社会の構造を成す諸システムの包括的な入れ替えを伴う「トランジション（transition）」

を加速する必要性が指摘されている。しかし民意を無視した規制強化等の強権的手法は現代のガバナンスでは許容されないため、個人の態度行動変容の拡大波及を狙ったトランジションマネジメント（以下 TM）の方法論が模索されている。TM は、トランジション後の未来社会を先取りして活動するフロンランナーたちの実践の認知と共感を契機とした態度行動変容を推進し、新たな実践を拡大波及（スケールアップ）させることで、社会の構造の入れ替えを促す。TM はトランジションを加速させる一般的な方法論を提示するものの、拡大波及や態度行動変容の具体的な仕組みや技法の議論が少なく、本発表では態度行動変容の既存研究等を TM へと応用する可能性について議論する。

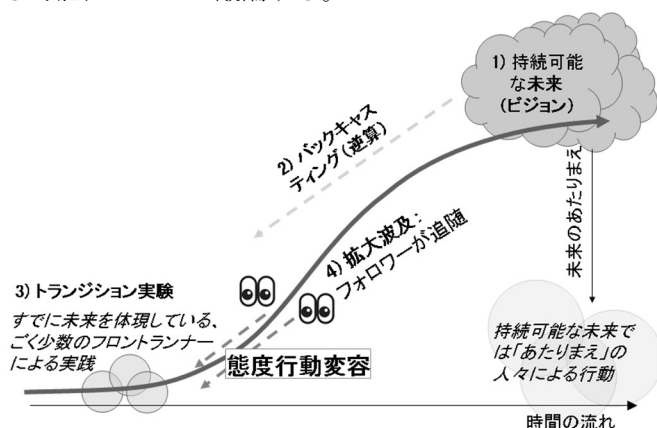


図3 TMにおける態度行動変容の位置づけ

5. オンライン熟議システムのための知識グラフ生成手法の開発(大阪電気通信大学・古崎晃司)

オンライン熟議においては、対面による意見交換のようなリアルタイムのやり取りが困難のため、参加者がお互いの発言を正しく理解することがより重要となる。本研究ではシステムに記録された発言内容から、その背景となる議論の因果構造を可視化した「知識グラフ」を生成する手法を開発する。知識グラフの生成は、事前に収集した情報源から抽出した知識の関係性を一般化したオントロジーを基に行う。この際に利用する情報源を①環境分野の専門家が作成したオントロジー、②ブログ等の SNS 上のテキスト、③審議会・委員会等の議事録、④Web 全体から構築した汎用言語モデル、のように多様なレベルの情報を収集・統合することより、合意形成に向けたガイドラインにつなげる。

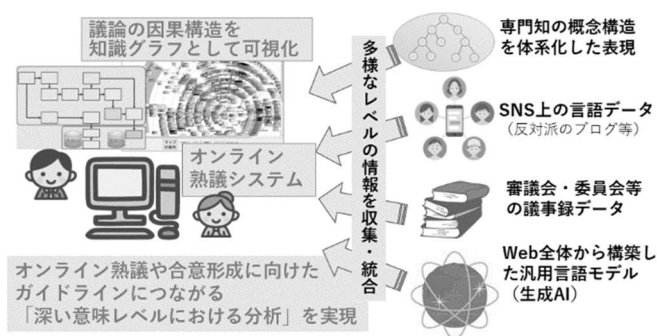


図4 知識グラフ生成手法の概要

6. 気候変動適応のための予測情報（海洋研究開発機構・石川洋一）

気候変動への適応を進めていくために、それぞれの地域やセクターにおける影響をきめ細やかに評価するとともに、実行可能ないくつかの選択肢を用意しておくことが必要である。そのために必要なものとして、さまざまな気候変動因子の解像度の高い将来予測情報が挙げられる。文科省・気象庁は国内のいくつかの研究プロジェクトなどで作成された将来予測情報を「気候予測データセット 2022」として、影響評価・適応策の検討に使うことができるように取りまとめている。このデータセットには気象要素に加え、海域の予測情報もあり、また予測手法について異なる複数のデータが含まれているので、目的にあった予測情報を活用できるようになっている。さらに、「気候変動予測先端研究プログラム」では新たな将来予測データセットの作成も始まっており、気候変動への適応につながる情報の創生が進んでいる。

謝辞 本研究は、総合地球環境学研究所実践プログラム「地球人間システムの連環に基づく未来社会の共創」2024 年度 FS「シチズンサイエンスと熟議を基盤としたナラティブとサイエンスの統合・態度行動変容手法の確立：気候変動を題材として」の助成を受けたものである。

参考文献

総合地球環境学研究所実践 FS『地球人間システムの共創プログラム』『シチズンサイエンスと熟議を基盤としたナラティブとサイエンスの統合・態度行動変容手法の確立：気候変動を題材として』（FS 責任者：馬場健司）<https://www.chikyu.ac.jp/rihn/activities/project/detail/72/>

キーワード 地方自治体、リスク認知、トランジションマネジメント、知識グラフ、気候変動科学

シンポジウムー6

環境科学と大学の環境教育の体系化 歴史・現状・未来 8

「環境冠大学院の教育改革・組織改革と現在地」

オーガナイザー 内山 弘美（千葉日大一高）非常勤講師

山中 康裕（北海道大学地球環境科学研究所）教授

趣旨説明：

本シンポジウムは、1990年代を通して開催されたシンポジウム「全体と要素」の理念を継承し、環境科学と大学・大学院レベルの環境教育、とりわけ環境を冠する学部・学科・大学院を中心に上げてきた。過去10年間に、SDGsの提唱や気候変動の深刻化など、環境科学を取り巻く状況が大きく変化した。同時に、COVID-19、グローバリゼーション、高等教育政策における大学の組織改革や教育改革の中で、環境冠大学院の教育も大きく変化している。今回は、環境冠大学院の過去10年の教育改革・組織改革を振り返り、教育の現状と今後の展望について議論を進める。対象とする大学院は、環境科学研究科として設立された3大学の大学院である。本学会でこれまで開催された、他の「大学の環境教育のシンポジウム(杉本他)」の成果も視野に入れながら、環境冠大学院の教育について議論することは、ますます重要になるものと考えられる。

理工情報生命学術院環境学学位プログラム・准教授・松井健一

1. はじめに

この発表では、筑波大学における環境科学教育の約45年の実践経験を題材に、国際化の中で変化・発展してきた大学院教育の足跡を辿ると共に、現在と将来に求められる世界のための環境科学教育・研究について提言を行う。特に、教育現場での経験知に基本的な視座を置きながら、環境科学ができる国際学術貢献のあり方を考える。

2. 筑波大学の環境科学と日本の環境問題

筑波大学は、1977年度に全国初の大学院プログラムである環境科学研究科（修士課程）を立ち上げた。当時は、四大公害病訴訟や光化学スモッグ、赤潮など深刻な環境問題が日本人の身近に存在していた。こうした問題を解決する高度専門人材を育成するため専門科目群を配置した。当時の教育ニーズを反映してか、年間100数名の学生が3・4倍の競争率を乗り越えて入学した。学類には環境科学がなかったため、入学者の大多数が社会人や研究所を含める外部からの進学者であった。

しかし、1990年代になると、同様な高度職業人材を育成するための環境系大学院課程の数が増えるとともに、日本が抱える環境問題への喫緊性も緩和されるようになった。その他の要因も重なり、筑波大学環境科学研究科への国内進学者は徐々に減っていった。一方で、留学生数が増え、出身国・地域の環境問題解決に協力する教育・研究体制が芽生えた。

3. 環境科学の国際プログラム化

この頃には、地球規模で複雑化する環境問題に対して学際的な教育・研究へのアプローチが推奨された。2008年度に環境科学研究科が生命環境科学研究科に統合されると、生物学、農学、地球科学分野との共存・協働が可能になったが、統合前の社会科学（文化生態学、歴史人類学）や都市工学、公共衛生との協力体制がジリ

貧となっていた。一方、同時期に環境科学のカリキュラムは、環境循環・共生・倫理を必修授業として英語で行うようになった。さらに、博士後期課程の持続環境学専攻を加え、環境学フォーラムというかたちで循環・共生・人間分野の授業を英語で提供した。

生命環境科学研究科に統合された環境科学専攻は、他の専攻に先駆けて学位を英語のみで修得できるICEPプログラムを環境系専攻の中に立ち上げた。つまり、専攻の学生には、英語か日本語で学位を修得する選択肢ができたことになる。この背景には、2006年のJICAとの国際協力に関する合意書を契機に、JICAの人材育成無償支援事業、通称JDS事業（旧方式）、に参加した背景がある。この事業は、アジアの政府から派遣された中間管理職職員を再教育するもので、秋入学を可能にした。次に、JSTが公募した環境リーダー育成拠点事業に「環境ディプロマティックリーダーの育成拠点（EDL）」として2008年度から採択され、5年間の英語プログラムを日本人と留学生に対し行なった。同時に、2010年度に文科省のG30事業により留学生増員が推進され、環境科学専攻は廃棄物管理に特化したプログラムを提供した。こうした国政からの追い風の中で環境科学専攻と持続環境学専攻（環境系専攻）の国際化が加速した。

4. SUSTEPプログラムの歩み

EDLプログラムの事業期間が終了すると、環境系専攻はICEPプログラムを進化させ、2013年度に持続科学・技術・政策（SUSTEP）プログラムを立ち上げた。この教育目標は、地球規模の高度専門家リーダーの育成である。これまでと違い対象学生を専攻内に限らず、学内の学生が誰でも履修できるようにした。プログラムが提供する研修については基準に基づいて活動証明書を発行した。また、次の4つの専門性を醸成することを目標に掲げた：①水問題や気候変動、②生態系や生物多様性保全・再生、③総合的廃棄物・排水管理、④

持続可能な開発のための政策・計画。グローバル・リーダーシップの育成について、深化させた専門知識を地域や国際会議レベルで扶植できる環境リーダシップ論や科学コミュニケーション能力も育成した。

SUSTEP プログラムは、JDS 事業委託が申請方式に移行した後、積極的に応募し現在までに 10 カ国から 265 名の行政官を受け入れた。ICEP として始めた頃は、年に 2 名の JDS 生を 2 カ国から受入れただけだった。他は 3 分の 1 程度が留学生だった。その頃から考えると大きな飛躍である。さらに 2014 年度からは、アフリカからの人材を育成する JICA の ABE イニシアティブが始まり、事業の 5 年で 8 カ国から 11 名受け入れた。その後事業対象国が縮小されたが、継続して毎年 2・3 名の留学生を受け入れている。2016 年度から太平洋島嶼国の行政官を対象として JICA の Pacific-LEADS 事業が始まり、その間に 5 カ国から 7 名の留学生を受け入れた。他にも、マレーシアとの持続環境学に関する連携大学院を立ち上げる際の母体となった。現在は、本学のマレーシア校となっている。

SUSTEP プログラムは、海外からの留学生を多く受け入れ、各国の喫緊の環境問題について問題解決型の論文指導を行ってきた。つまり、政府などから派遣された学生が課題を持ち込み、それについて既存の研究室が独自のアプローチから一緒に問題を解決する構図が確立されたわけである。研究の過程で、学生は基礎・応用・政策に関わる授業を受け、視野を広げることを求められる。一方研究指導教員は、これまでの研究領域を応用させながら、世界各地の案件を教育・研究指導を通して学び、解決策に関する知を創出する。2013 年から 2020 年までに 167 本の査読入論文を掲載と、9 回の学会賞受賞などが成果の一例である。

さらに、JICA 事業の受託によって、既存カリキュラムとは別に教育活動を行う予算が一学位プログラムと同程度ついたことから、国内外への実習研修や海外の著名研究者の招聘など活発な教育活動を毎年行うことができた。ヨーロッパの著名な大学と発展途上国で、問題解決型共同セミナーを開催したり、国連の GUPES に参加することで大学間の国際連携を試みた。

国際化の努力の副産物として、事務体制の国際化が

ある。留学生に対する入試、事務書類、履修支援、証明書の確認・発行、コロナや事件などの危機対応、英語ウェブサイトによる可視化など、さまざまな学務において国際化が強化されてきた。さらに、SUSTEP プログラムの国内研修に大学内の職員が参加することで学内事務職員の語学力の向上だけでなく、国際的な知識と対応力を強化している。さらに、教員と学生、事務職員がプログラム運営に協力することで、国際・学際プログラムの重要性を広く学内に周知する効果にもなっている。

5. まとめと提言

以上のように、筑波大学大学院の環境系学位プログラムは、政府の大型教育支援事業の受託を契機に、国際化への舵取りを行なった。大型事業終了後は、比較的低予算でプログラム独自の努力から学生の獲得を国・地域レベルで行ってきた。近年は、アフリカ諸国からの私費留学生も多くなり、国際的な価値創生と認知度向上が徐々に可視化されている。また、学内に波及した国際化の副産物も重要な成果である。

現在、環境系学位プログラムは、日本人の少子化、運営費交付金の減少、学際教育・研究のための協力体制の行き詰まり、大型教育事業の減少など多くの問題に直面している。そんな中で、世界を視野に入れた環境科学分野の教育・研究を開拓・成長させる戦略はあるのか。筆者は、答えはいくつもあると考えている。まず重要なのは、教育・研究が成長産業になり得ることを認識することだ。さらに、プログラムが提供する知と経験の価値をどう地球規模に設定・表現できるか。大学の地域特性を国際協力の場に繋げることができれば、教育活動の内容もさらに魅力的になるだろう。リーダーシップは、多様な特性を持つ構成員の公正な評価と育成の場を確保・保守し、学生が教員と「半学半教」の精神で学び合いながら教育現場を楽しくすることが重要だろう。多くの教員、学生、事務職員の顔に笑顔が現れた時に、成長産業としての将来を垣間見ることができるだろう。

環境冠大学院の組織改革・教育改革（和文）

Reform of Organization and Education of Environment Related Graduate Schools in Japanese National Universities

千葉日大一高・○内山弘美

1. 緒言

本シンポジウムは、1990年代を通して開催されたシンポジウム「全体と要素」の理念を継承し、環境科学と大学・大学院レベルの環境教育、とりわけ環境を冠する学部・学科・大学院を中心に上げてきた。過去10年間に、SDGsの提唱や気候変動の深刻化など、環境科学を取り巻く状況が大きく変化した。同時に、COVID-19、グローバリゼーション、高等教育政策における大学の組織改革や教育改革の中で、環境冠大学院の教育も大きく変化している。

今回は、環境冠大学院の過去10年の教育改革・組織改革を振り返り、教育の現状と今後の展望について議論を進める。対象とする大学院は、環境科学研究科として設立された3大学の大学院である。

本学会でこれまで開催された、他の「大学の環境教育のシンポジウム(杉本他)」の成果も視野に入れながら、環境冠大学院の教育について議論することは、ますます重要になるものと考えられる。

2. 環境冠大学院を対象とした環境科学シンポジウム

過去7回(2014年シンポジウムを加えれば8回)のシンポジウムのうち、環境冠大学院を対象としたのは、4回である(表1)。

表1 環境冠大学院（環境科学シンポジウム）

年	北海道大学	東北大学	筑波大学
2004	地球環境科学研究科		環境科学研究科
	組織・制度		組織・制度
	池田元美、渡辺梯二		内山、渡辺梯二
2007	環境科学院		環境科学専攻・持続環境専攻
	組織・制度、カリキュラム		組織・制度、カリキュラム
	南川雅男		安仁屋政武
2008		環境科学研究科	環境科学専攻・持続環境専攻
		組織・制度、カリキュラム、教育プログラム	教育プログラム
		高度環境人材養成、ヒューマンセキュリティ、環境フロンティア国際、RESED	留学生国際教育カリキュラム(ICEP)
		谷口尚司	増田美砂
2010	環境科学院	環境科学研究科	環境科学専攻・持続環境専攻
	教育プログラム	教育プログラム	教育プログラム
	南極学カリキュラム	高度社会人環境人材養成プログラム	環境ディプロマティックリーダー(EDL)
	杉山慎	古川柳蔵	辻村真貴

表1より、最初の2回は、制度・組織・政策的側面に焦点を当てた。第2回目には、正規のカリキュラムの比較も行い、環境冠大学院の環境教育研究に貢献することができた(Yamanaka, 2019)。

3回目以降は、国立大学法人化やグローバリゼーションの新段階を象徴する、外部資金等による国際的な大学院環境教育プログラム等の比較検討を行った。

環境冠大学院の制度・組織・政策的側面に関しては、新たな知見を提示することができた。今後は、大学院環境教育プログラムをはじめとする、特徴のある教育についての実践報告の蓄積と多様な視点からの議論が期待される。

3. 環境冠大学院の教育改革・組織改革の10年+α - 「環境科学研究科」として設立された大学院 -

3.1. 北海道大学環境科学院

(1) 組織改革

2005年に環境科学院に改組(教員組織は地球環境科学院)されて以降、地球圏科学専攻・生物圏科学専攻・環境物質科学専攻・環境起学専攻から構成されている。

(2) 教育改革

北海道を象徴する南極学プログラムや、GCOE等、環境科学の教育プログラムが盛んに行われている。

3.2. 東北大学環境科学研究科

(1) 組織改革

東北大学大学院環境科学研究科は、東北大学が強みを持つ、環境系の材料科学を中心に設立された。設立時には、環境科学専攻の一専攻であり、複数のセンター等の教員を含め、理系から文系までの学際的な環境科学の教育を行ってきた。

その後、先進社会環境学専攻と先端環境創成学専攻専攻の2専攻体制に改組された。前者は社長を目指すT字型のゼネラリスト、後者はノーベル賞を目指す凸型人材の養成を理念としている。

(2) 教育改革

環境科学研究科に特化した教育プログラムの他に、全学的な大学院教育を担う、高等大学院機構が提供する大学院共通科目、研究科横断科目、さらに大学院横断型型の環境関連の国際教育プログラム等に参加している。例えば、留学生が多数を占めるヒューマン・セキュリティプログラム等がある。

3.3. 筑波大学環境科学学位プログラム

(1)組織改革

筑波大学では、分野横断的な研究プロジェクトの必要性等から、複数の研究科を統合する議論がなされていた。2020年、筑波大学の全学的な大学院改革の中で、環境科学専攻・持続環境学専攻を置く生命環境科学研究科は、他の理工系の研究科と統合し、理工情報生命学術院の中の生命地球科学研究群に改組された。環境科学専攻・持続環境学専攻は、日本初の大学院学位プログラムである、生命地球科学研究群の中の環境科学学位プログラム・環境学学位プログラムへ改組された。これにより、従来の学際的な教育・研究指導の体制へと先祖帰りをした形態となった。

さらに、マレーシアとの連携大学院である、国際連携持続環境科学専攻が立ち上げられた。

(2) 教育改革

ICEPとして立ち上げられた留学生国際教育プログラムは、環境ディプロマティックリーダー(EDL)へ引き継がれ、さらに持続科学・技術・政策(SUSTEP)プログラムが立ち上げられた。これらの国際教育プログラムは、国際連携持続環境科学専攻の立ち上げの基盤となった(松井,2024 環境科学シンポジウム要旨)。

4. 総合討論

今回は、大学院教育が中心であるので、本学会の他の大学教育シンポジウム(杉本他)と繋ぐ議論を行う予定である。

注

注1：山路恵子筑波大学大学院環境科学学位プログラム長同大学院内田太郎環境学プログラム長、松井健一国際教育プログラム長インタビュー,2024年5月。

注2：吉岡敏明東北大学大学院環境科学研究科長ZOOMインタビュー,2024年4月

注3：沼田治筑波大学特命教授,電話インタビュー,2024

年6月

参考文献

1)- Yasuhiro Yamanaka, Shota Mitsui, Michiyo Shimamura (2019) How do universities provide education relevant to interdisciplinary studies? – Environmental studies courses in research university as IR survey using education support system, International Journal of Institutional Research and Management, 3(1), 15-28 No., page-page

2) 特集「大学院の学位プログラム化」,FDCOMPASS,筑波大学,2023.

キーワード 環境科学, 高等教育, 大学院環境教育プログラム, 大学院国際教育プログラム, 気候変動教育

北海道大学大学院環境科学院における動向

Current situation at the Graduate School of Environmental Sciences, Hokkaido University.

北海道大学大学院地球環境科学研究院 ○山中康裕

1. はじめに

大学院環境科学院は、1977年に設置された日本初の環境系独立大学院である環境科学研究科より、1993年の地球環境科学研究科を経て、北大における教・教分離により、2005年に設立された¹⁾。基盤となる地球圏科学専攻・生物圏科学専攻・環境物質科学専攻および学際的な環境起学専攻からなり、2024年度、教員140名が参画し大学院生517名が在籍している。

2. グローバル COE プログラムとその成果

2008-2012年度グローバル COE プログラム「統合フィールド環境科学の教育研究拠点形成」(拠点リーダー: 発表者)が実施された。民間から大学へ(その逆)というマルチプルキャリアパスの若手人材育成として特任教員・特定専門職員12名が雇用され、現在、北大教授・国立研究開発法人のセンター長を務めるものも輩出した。GCOE ユニットと呼ばれる運営スタイルのアイディアは北大 URA ステーションの原型となり、北大の世界展開力事業 PARE や RJE3 などにも生まれた。また、2011年度に環境科学院を再編し、留学生を積極的に受け入れる国際環境保全コース、および、大学外と連携をはかる実践環境科学コース(発表者がコース代表教員)が新設された。留学生数は、2008年47名から、2014年138名に増加した(現在180名超)。特に環境起学専攻では、修士課程においても、留学生が半数を超えるようになった。

3. 学際的分野としても環境科学

北大は、2015年度の大学院において、環境に関して254科目提供していた(うち、環境科学院84科目、工学院61科目、農学院34科目、…)。²⁾ 生物多様性指数(Shannon 指数)を用いて、科研費14分野に分類すると、環境科学院は5.9分野相当、工学院は1.8分野相当、農学院は1.1分野相当の科目を提供していた。また、環境科学院が提供する科研費の環境科学に関する25科目は、北大の35科目の7割に相当する一方、環境科学院84科目の3割に過ぎなかった。すなわち、学際的分野である環境は、学際的な大学院(環境科学院)で多様な分野の科目を提供しているか、伝統的な大学院(工学院・農学院)で環境関連の科目を提供していることが分かった。

4. 環境科学院/環境起学専攻の苦悩

学際的・イノベーション・共創といった流行語とは裏腹に、論文数/被引用数/IFが高い雑誌への投稿など、研究業績は1分野に特化した方が自然と上がり、その総体である組織としても好ましい評価が得られる傾向がある(多様性指数などが採用されれば別の話)。そのため、多くの教員は、特に助教・准教授は上位ポジションへの公募における、研究業績の観点から、学際領域や大学外連携を必然的に避けてしまう。環境起学専攻に参画する教員数も徐々に減っている。そのような事情もあり、教員一人あたりの指導学生数は多いものの、入学者は北大全専攻で唯一の2年連続定員の8割未満となっている。

5. 新たな使命を担うか、それとも終えるべきか

VUCA やSDGsに象徴されるように、環境科学に比べて幅広い学際や連携が望まれるようになり、「環境科学」という特色は相対的に褪せてきたと感じている。また、気候変動も自然科学的側面から工学的・社会科学的側面が強調されるようになり、(発表者を除いた)北大環境科学院に所属する教員の専門分野から離れつつある。

発表者は、北海道・札幌市の多くの審議会委員等の行政へ、高校の「総合探究の時間」等への助言など大学外との連携や多くの社会人を実践環境科学コースに受けいれているが、残念ながら、教員の個人的活動と見なすこともできる。最後に、大学の新たな役割の模索としての「気候次世代100人会議」や「北大 Well-being コンパスプロジェクト」等の活動を紹介したい。

参考文献

- 1) 南川雅男(2008) 北海道大学大学院環境科学院における環境教育の特徴, 環境科学会誌, 21(3), 231-234
- 2) Yasuhiro Yamanaka, Shota Mitsui, Michiyo Shimamura (2019) How do universities provide education relevant to interdisciplinary studies? – Environmental studies courses in research university as IR survey using education support system, International Journal of Institutional Research and Management, 3(1), 15-28

キーワード 学際分野, 大学院, 業績評価

東北大学大学院環境科学研究科における気候変動教育から見てきたこと Insights from Climate Change Education at Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University

東北大学 東北アジア研究センター・同大学院環境科学研究科 ○明日香 壽川

1. 教育目標

東北大学環境科学研究科では、総合大学である東北大学の「知」を結集し、持続可能な発展をささえる文化と循環社会の基盤となる社会構造を確立するため、文系、理系という伝統的区分を越える総合科学として新たな枠組みの環境科学を構築し、多様な領域の効果的接近と新たな学問領域を創出することにより、環境問題の解明と解決に関わる幅広い知識と理解力を有しつつ深い専門性を持ち、国際社会においても活躍できる人材を養成することを教育の目標とします。

前期課程にあつては、文理一体教育により環境関連の研究を遂行する上で必要な幅広い基礎学力を習得し、研究課題を独自の発想により展開させ、論文としてまとめて学会等にて発表する能力を備えるとともに、俯瞰的な視野と、専門分野における研究や技術・教育指導のための基本的能力を備えた人材、環境政策・地域開発を立案するような人材を育てることを教育目標とします。

後期課程にあつては、幅広い観点からの社会的要請を視野に入れ研究課題を開拓し、国際水準の論文をまとめて国際会議にて発表する能力を有するとともに、研究経験をもとに関連の環境分野においても主体的に研究を遂行あるいは環境政策や地域開発を提言できただけでなく、リーダーとして広い視野に立って国際的視点から研究あるいは環境政策を指導できる人材の育成を教育目標とします。

2. 講座および分野

環境科学研究科は、「先進社会環境学専攻」と「先端環境創成学専攻」の2専攻体制で運営されています。各専攻を構成する研究室は「基幹講座」、「協力講座」、「連携講座」、「寄附講座」のいずれかに所属していますが、所属する学生は講座の種類によらず、本研究科の目標に沿った指導を受けることができます。また、研究室とは別に地域連携やアウトリーチを担う補助組織があり、研究科の活動をサポートしています。

3. 気候変動問題に関する授業

エネルギー問題に関する授業が多いため、その意味では多くの授業が気候変動に関わっています。

4. 筆者が担当している地球温暖化論

この講義では、気候変動やエネルギーに関する情報を客観的に見て判断できる能力を身につけること、および日本を含めた各国・地域における気候変動対策や国際枠組みに関する国際交渉の現状と課題について基礎的な知識を得ることを目的としています。そのため、まず気候変動のメカニズムや現状・今後の予測について、何がどこまでわかっているのかを、理系教員が理学的見地から概説します。次に、文系教員が具体的な気候変動対策やエネルギー政策について、技術、経済、政治、倫理などの総合的な側面から、それらのメリットとデメリットを明らかにします。様々な意見や予測も紹介しますが、これらにどう対処すべきかは、あくまで学生諸君にゆだねることとし、判断のよりどころとなる事実を中心に解説し、ディスカッションやディベートなどを通して理解を深めていきます。

5. 設立 20 年を振り返っての感想

- 1) 気候変動の科学に対する懐疑的な見方は、いまだに多くの学生の間に存在する。
- 2) 福島第一原発事故の記憶は風化しつつある。
- 3) 気候変動対策も脱原発も、経済負担が大きいと考えている学生が多い。
- 4) 経済負担に関して、費用と投資との違いがわからない学生が多い。
- 5) 再生可能エネルギーや省エネに関する知識が乏しい（これは原発も含めたエネルギー一般に言える）。
- 6) 多くの言説が利益団体によって作られているという事実に対する認識が乏しい。
- 7) エコチェンバー現象が頻繁に見られる。

参考文献：

明日香 壽川『エネルギー・温暖化問題 Q&A 2023』（原子力市民委員会、2023 年）
明日香 壽川『グリーンニューディール』（岩波新書 2021 年）

キーワード：

気候変動、エネルギー、再エネ、省エネ、原発

シンポジウムー7

水質スクリーニング分析の社会実装における課題と提言

オーガナイザー 小林憲弘（国立衛研）室長

栗栖 太（東京大学）教授

趣旨説明：

水環境や水道水において監視が必要な化学物質は無数に存在する一方、公定法による検査は対象物質が限られ、検査に多大な労力を要することから、多物質を迅速に測定し評価する体制の構築が求められている。現在、検査機関物質の情報を予めデータベースに登録することで、検査時に標準品を用いずに網羅的に定性・定量が可能な「スクリーニング分析」の水環境や水道分野への適用が検討されている。しかし、スクリーニング分析は公定法と比べて誤同定が起りやすく定量誤差が大きい等、その実運用には様々な課題があることから、本シンポジウムではスクリーニング分析法の社会実装に向けた課題と、それらを踏まえた運用方法について提案し議論する。

水質スクリーニング分析の社会実装における課題と提言

Challenges and recommendations for social implementation of water quality screening analysis

シンポジウムオーガナイザー

国立医薬品食品衛生研究所 小林憲弘

東京大学大学院工学系研究科 栗栖 太

主旨

水環境や水道水において監視が必要な化学物質は無数に存在する一方、公定法による検査は対象物質に限られ、検査に多大な労力を要することから、多物質を迅速に測定し評価する体制の構築が求められている。現在、検査対象物質の情報を予めデータベースに登録することで、検査時に標準品を用いずに網羅的に定性・定量が可能な「スクリーニング分析」の水環境や水道分野への適用が検討されている。しかし、スクリーニング分析は公定法と比べて誤同定が起りやすく定量誤差が大きい等、その実運用には様々な課題があることから、本シンポジウムではスクリーニング分析法の社会実装に向けた課題と、それらを踏まえた運用方法について提案し議論する。

1. 水道水質検査におけるスクリーニング分析の社会実装に向けた進捗と課題

小林憲弘（国立医薬品食品衛生研究所）

水道水質検査においてスクリーニング分析は、農薬等の多成分の一斉分析が必要な項目に対し、検査労力削減に役立つことが期待されている。そこで我々は、GC/MS 検査対象農薬を中心に、複数の装置でデータベース登録、定量精度、解析者による差、実試料への適用による検証を行ってきた。

一方、水道水質管理へのスクリーニング分析法の適用については今後の課題が多いが、以下の3つの方法での運用を検討している。1つ目は、国による検査対象農薬リストの作成である。スクリーニング分析による実態調査の結果から高頻度・高濃度で検出される農薬を特定することで、より実態に即したリストを作成でき、かつ定期的な見直しが可能となる。2つ目は、検査機関による検査対象農薬の絞込みである。地域毎にスクリーニング分析の結果を活用することで、検査の優先度の高い農薬を選定できる。3つ目は、目標値（基準値）の適合評価である。スクリーニング分析の定量誤差を考慮しても検出値が目標値を大きく下回る場合は、スクリーニング分析の結果を目標値の適合評価に活用することで、より迅速に水道水の安全性を評価できると考えられる。

2. AIQS-GC 自動同定要件の信頼性検討

亀屋隆志（横浜国立大学）

環境基準設定項目や水道水質検査項目以外にも、化審法優先評価化学物質や化管法指定化学物質、水質要調査項目、有害大気汚染物質に該当する可能性がある物質や優先取組物質など、環境リスクが懸念される未規制物質に対する一斉スクリーニング分析のニーズが高まっている。筆者らは、これまで約15年に亘ってAIQS-GCのデータベース拡充とモニタリングデータの蓄積を行ってきたが、いずれもIn-houseでの事例的な取組みであるため、社会ニーズに対応するためには関係者間の議論や検証、相互協力が不可欠と考えている。

最近では、AIQS-GC分析で得られる同定結果について、スクリーニング分析として解析者の技能にできるだけ依存しない自動化を前提としつつ、同一性と信頼性ある同定結果を得られることが運用上の大きな課題になると考えている。このため、実環境のモニタリングデータを用いて、異なる解析システムにおいても同定結果の同一性が担保できる自動同定要件の探索や、AIQS-GC分析に対し都度指摘される誤同定が多く発生する問題について、GC/MSのTIM分析の範囲で検証可能な誤同定の要因チェックの検討を行っている。こうした検証を積み重ねることによって、未規制物質のスクリーニング分析データの蓄積に貢献できることを目指している。

3. GC/MS スクリーニング分析による河川水中農薬の実態調査と測定精度

木下輝昭（東京都健康安全研究センター）

アジレント・テクノロジー社製GC/MSを用いて168種農薬のスクリーニング分析法（以下、スクリーニング）を構築し、多摩川水系河川水中農薬類の実態調査において解析に用いた。解析の評価として、ある職員のスクリーニングによる解析結果と別の職員の通知法を用いた通常分析による解析結果を比較することとした。その結果、定量下限値以上で検出された農薬では、定性において100%一致し、定量値の誤差は1/2–2倍以内と一定の範囲内の定量精度で分析可能であった。このことから、

河川水中農薬類の実態調査において、スクリーニングは有用であることが示された。GC/MS を使用していくと、装置の汚れ等により感度が低下し、スクリーニング作成時と装置状態が異なっていると想定される。そこで、スクリーニング作成時から河川調査等で GC/MS を使用し、インサート交換やイオン源洗浄等によるメンテナンス実施までの装置状態を評価した。評価方法は、評価時に各農薬類の検量線用標準液を調製して検量線を作成し、傾きの比較を行った。スクリーニング作成時と水道水や河川水等約 480 検体の試料測定後（約 11 か月後）における各農薬の傾きの相関関係を確認したところ、決定係数 (R^2) は 0.938 であったが、メンテナンスの実施直後では 0.978 と改善されたことから、適切な時期にメンテナンスを実施し、装置状態を良好に維持しておく必要があると考える。

4. LC-QTOF/MS を用いたスクリーニング分析における機種依存性低減の取り組み

鈴木裕識（岐阜大学）

我々は、スクリーニング分析の機種依存性低減を目指して、保持指標 (RI) の導入可能性、同一試料分析データの機種間差異、他機関測定データを外挿したデータベース (DB) に基づくサスペクトスクリーニングの適用可能性などについて検討してきた。

RI の導入では、幅広い保持時間 (RT) で構成した内部標準物質を用いて予測 RT を算出し補正する手法の有効性や、環境中で高感度・高頻度に検出される物質（例：ペルフルオロカルボン酸）を RI 物質として活用することによるモニタリングの低コスト化の可能性を示した。

機種間差異では、異なる機種の測定データを自社と第三者 (MS-DIAL) のツールで解析して定性結果を比較した。測定条件を統一しつつ、第三者解析ツールを用いることで解析上の偽陽性判定が低減されることを示した。

サスペクトスクリーニングの一例では、医薬品類 107 種に対し NORMAN Substance Database と MassBank から情報を収集した DB を構築し、環境水分析に適用した。解析条件の工夫により、ターゲットスクリーニングの定性結果との一致率 90.3%（河川水, $n=380$ ）が得られた。

さらなる機種依存性低減により、他機関で構築された DB の活用簡易化および促進、データ取得機関以外によるデータ比較や Retrospective 解析への発展が期待される。

5. LC-QTOF/MS を用いた水道水中農薬類のスクリーニング分析法の構築と課題

高木総吉（大阪健康安全基盤研究所）

農薬類の中には GC/MS では分析が難しい農薬も存在

する。我々はこれを補い、スクリーニング分析をより多くの農薬類に適用するために、LC/MS を用いたスクリーニング分析の検討を行っている。スクリーニング分析用のデータベースに必要な情報は、マススペクトル、保持時間および検量線情報である。同定に必要なプリカーサーイオンとプロダクトイオンのマススペクトルを同時に取得するために、LC-QTOF/MS を用いたデータ非依存型取得 (DIA) 法 (SWATH 法) を採用した。また、保持時間の補正や検量線情報に必要な内部標準物質は、保持時間が分析時間内で偏らない物質を選定した。最終的に正イオン化用として 233 種、負イオン化用として 25 種の農薬類についてデータベースを構築した。

LC-QTOF/MS を用いたスクリーニング分析の課題は、使用する装置が高額であり、まだ検査機関には広く普及していないことである。我々が検討している SWATH 法が可能な装置は 1 社だけであるため、他社の装置では構築したデータベースを使用できない。また、構築したデータベースの同定・定量精度については検証を進めているが、装置が異なった場合の誤差についてはまだ検証が不十分である。引き続き、LC-QTOF/MS を用いたスクリーニング分析の定量誤差について検証を行うとともに、データベースの更新・拡充を行っていく計画である。

6. 四重極 LC-MS/MS を用いたトリガーMRM 法による環境水中の農薬スクリーニング分析法の検討

古川浩司（三重県環境保全事業団）

四重極 LC-MS/MS を用いたトリガーMRM 法（以下、t-MRM 法）による水道水中の農薬スクリーニング分析法の検討を行った。この分析法では、水道水試料に内部標準物質を添加し、そのまま装置に導入した。t-MRM 法は、定量イオンのピークがあらかじめ設定された閾値を超えることがトリガーとなり、設定された確認イオンの測定を開始する方法であり、定量イオン用の Dwell Time を最大限に振分けることができる。このため、t-MRM 法を用いれば、定性能力を確保し、多成分の測定対象物の高感度測定が可能となる。

今回は、水道水で検討した分析法を参考に測定対象を環境水に拡大し、農薬スクリーニング分析法の検討を行った。なお、環境水は、水道水とは異なり試料中に粒子状物質が多く含まれる。このため、直接、環境水を装置に導入する方法は、配管等の目詰まりがあり、故障リスクを高まる。この問題点を解決するため、試料のろ過とろ過に付着した粒子状物質からの溶出による前処理法を検討した。また、160 種類の農薬及び代謝成分に対し、添加回収試験とスクリーニング分析の検証を行い、本分析法の有効性を評価した。

シンポジウムー8

学術賞受賞記念シンポジウム「環境配慮行動研究の展開」

オーガナイザー 村上一真（滋賀県立大学）教授

甲斐田直子（筑波大学）准教授

趣旨説明：

環境配慮行動の規定要因の解明や促進方策の検討に係る研究は、これまで省エネや廃棄物発生抑制、環境ボランティア活動への参加や寄付など、多様な分野の行動を対象に数多く実施されてきた。近年、日本では、法律・条令の制定、世論の高まり、技術の進展などに伴い、食品ロス、容器包装プラスチック、電気自動車などの分野での研究も増えてきている。また、環境学習・教育、ライフスタイルや well-being、コミュニティ活動との関連、諸外国との比較の研究も見られる。本シンポジウムでは、これら研究に関する話題提供と、今後の研究展開について議論を行いたい。

環境配慮行動研究の展開

The evolution of pro-environmental behavior research

シンポジウムオーガナイザー 滋賀県立大学 村上一真, 筑波大学 甲斐田直子

1. はじめに

環境配慮行動 (pro-environmental behavior) 研究は、研究対象の環境配慮行動、研究目的に関わる着目するポイント、研究方法・分析方法などの多様さが特徴であるといえる。そのため本企画では、その多様さをそのまま話題提供することで、参加者の皆様にとって、研究のヒント、新たな研究の展開、共同研究のきっかけなどにつながることを期待している。当日は6名の話題提供ごとに質疑応答を行い、最後に総合討論を行う予定である。

2. 個別の研究発表

2.1. 環境配慮行動研究から実験的研究への展開 村上一真 (滋賀県立大学)

(1) 環境配慮行動の意思決定プロセス

村上(2016)¹⁾では、個人の節電行動、集団での森林ボランティア活動、住民の森林環境税制度の必要性判断に係る意思決定プロセスを明らかにした。節電行動では、定量的に測定した節電行動の効果(対前年比での節電率)までも対象とした、意思決定および行動効果プロセスに係る研究を行った。これにより、意識と行動のギャップ(思っているけど出来ない)だけでなく、行動と効果のギャップ(出来たつもりでも効果がない)を把握することで、節電行動の実行性に加え、節電効果としての実効性までも含んだ考察が可能となった。これにより初めて、家庭の節電効果を高めるような実際の意思決定および行動効果プロセスを明らかにでき、節電効果拡大に資する知見が得られると考えた。

森林ボランティア活動では地域への愛着や身近な他者とのつながりと、フォーマルな制度としての森林環境税制度の影響を検証した。森林ボランティア活動は他者に見えやすい環境配慮行動である。学校、職場、地域などの準拠集団における身近な他者の知識・情報や選好、圧力、期待に影響を受け、自らの評価・評判形成を気にかける程度は、先の個人の家庭での節電行動よりも大きい。仮に他者に見えにくい個人での環境配慮行動と、他者の眼に触れやすい集団での環境配慮行動の規定要因が異なるとすれば、環境問題解決に資する対策の検討において有益な示唆が得られると考え、研究を進めた。

(2) 他者に見える環境配慮行動の意思決定プロセス

村上(2021)²⁾では、(1)の流れを踏まえ、他者に見える2つの環境配慮行動(自然再生事業に伴う環境保全活動、家屋外での緑のカーテンの実施)と、これに係る環境政策(早崎内湖自然再生事業、緑のカーテンの普及施策)を対象に、他者を意識・参照する度合いも考慮した意思決定プロセス、環境政策の効果発現メカニズムを明らかにした。そこでは、「他者の意識・参照、他者や地域との関わりやつながり」、「自身の価値観や信念、自然環境との関わりやつながり」などが意思決定プロセスに影響を与える。そしてヒューリスティック処理の度合いとしての「環境問題や環境政策の知識・関心水準」と「環境配慮行動の経験状況」がその影響に差異をもたらす。

(3) 実験的研究への展開

(1)(2)において、行動経済学の3本柱(リスク選好、時間選好、社会的選好)のうち社会的選好に着目して、意思決定プロセス研究を進めてきた。(3)でも社会選好に関わる社会的比較、記述的規範を中心にして、RCTを用いた実験的研究を進めている。具体的には、(1)(2)で明らかにしてきた意思決定要因に対応させて設計した提供情報による環境配慮行動促進への効果を、家族以外の他者には見えにくい家室内での節電行動⁴⁾、他者に見える家屋外の節電行動としての緑のカーテン実施^{2) 5)}を対象に、他者に見える・見せることができる行動か否かによる差異も含めて明らかにしている。

2.2. 環境配慮意識を形成する「きっかけ」と行動の関係性 甲斐田直子 (筑波大学)

多くの人は環境問題になんらかの関心を持つが、意識するようになった契機(きっかけ)は様々である。きっかけの特徴や印象度合いによって、のちの環境配慮意識や行動に与える影響は異なると考えられるが、よくわかっていない。本報告では、大学生および市民を対象とした聞き取り・質問紙調査結果⁵⁾をもとに、環境配慮意識を形成するきっかけの世代的・地域の特徴を紹介するとともに、現在の環境配慮意識・行動との関係性を議論する。

2.3. コミュニティ意識が環境配慮行動におよぼす影響

とは? : 環境意識調査で見えてきたこと 法理樹里

(農林水産省 農林水産政策研究所)

環境配慮行動の促進には、その文脈によって様々な諸要因が複雑に絡み合っている⁹⁾。例えば、コミュニティ意識として「地域への愛着・連帯感」が高い人ほど、環境配慮行動に対する参加意欲も高いことが明らかにされている⁷⁾。本報告では、琵琶湖淀川流域在住者を対象に実施したアンケートの結果を用いて、地域への愛着やコミュニティ・アイデンティティなどのコミュニティ意識が環境配慮行動におよぼす影響を議論する。

2.4. 琵琶湖流域の環境保全活動に影響を与える要因

平山奈央子 (滋賀県立大学)

琵琶湖の環境は、生活排水や田畑での農薬・肥料の使用、森林の管理など湖内部だけではなく流域内の様々な活動の影響を受ける。つまり、流域内の人々の環境配慮行動や環境保全活動への参加が琵琶湖の環境保全のために重要である。本報告では、滋賀県民を対象としたアンケート調査結果を用いて共分散構造分析を実施し、琵琶湖流域の環境配慮行動に影響を与える要因について検証した結果を報告する。一例として、地域への愛着は琵琶湖流域環境保全への関心を介して間接的に環境配慮行動に影響を与えることなどが明らかとなった⁸⁾。

2.5. 日本・マレーシアにおけるプラスチック汚染緩和行動と促進要因：文化・信仰的背景に着目して 糸井風音 (筑波大学)

近年、プラスチック汚染は世界共通の環境問題として知られ、日本・マレーシアでも消費者のプラスチックごみの削減やリサイクルなどの行動促進が課題となっている。信仰や文化的な背景が環境意識の形成や環境配慮行動に一定の役割を果たすことがわかっているが、その影響は国や文化圏ごとに特徴がある⁹⁾。本報告では、信仰や文化的背景のプラスチック汚染緩和に向けた環境配慮行動への影響について、両国の大学生を対象にした質問紙調査およびインタビュー調査による結果とその分析から議論する。

2.6. 一般家庭と企業における電気自動車導入意思の要因分析 白木裕斗 (名古屋大学)

気候変動緩和策のひとつとして、電気自動車 (EV) への期待が高まっている。他方、新車販売台数に占めるEVの割合は依然、2-3%程度と、普及が進んでいるとは言いがたい。本報告では、企業や一般家庭を対象にした質問紙調査により、EVの導入意思の影響要因を特定した。

分析の結果、企業を対象にした分析では、企業の社会的責任やEV導入による企業イメージ評価が導入意思に対して有意に影響を与えていた。一方、一般家庭では、先進性評価やデザイン性評価がEVの購買意識に有意に影響を与えていることが確認された¹⁰⁾。

参考文献

- 1)村上一真(2016)環境配慮行動の意思決定プロセスの分析：節電・ボランティア・環境税評価の行動経済学，中央経済社，p.282.
- 2)村上一真(2021)環境政策の効果と環境配慮行動の分析：地域の自然環境の保全と創出の行動経済学，日本評論社，p.296.
- 3)Murakami, K. and Kochi, I. (2023). Providing Electricity Price Information to Households and Reducing Electricity Consumption: Results from a Field Experiment in Japan, *ITS Discussion Paper Series*, No.2.
- 4)Murakami, K. and Kochi, I. (2024). Do green nudges affect “green curtains”? Result from a field experiment in Japan, *Cleaner and Responsible Consumption*, <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2024.100204>.
- 5)杉田真緒・甲斐田直子(2022)環境問題を意識し始めた過去のきっかけと現在の環境配慮行動の関係：大学生を対象に，環境情報科学論文集，36，197-202.
- 6)Hori, J., Inoue, S. and Tokuchi, N. (2022) What types of community consciousness factors encourage people to participate in small-scale nature conservation programs in Japan? *Japanese Association for Coastal Zone Studies*, 35(2), 57-62.
- 7)法理樹里・赤石大輔・徳地直子(2020)コミュニティ意識が一般市民の意識レベルにおける海岸清掃活動への参加意欲におよぼす影響，沿岸域学会誌，32(4)，51-59.
- 8)平山奈央子・法理樹里・佐藤祐一(2024)地域への愛着が持続可能な琵琶湖流域社会を目指す市民活動に及ぼす影響 - マザーレイクゴールズ (MLGs) を事例として - ，環境情報科学，(掲載決定).
- 9)糸井風音・甲斐田直子・岩本浩二・Azrina Sobian・Norhayati Abdullah・水野谷剛(2022)路上ポイ捨ての理由と解決方策に関する認識比較分析：日本・マレーシア大学生を対象に，環境情報科学論文集，36，256-261.
- 10)白木裕斗・佐藤真・村上一真(2020)企業における電気自動車の導入実態と導入意思の要因分析，土木学会論文集 G (環境)，76(5)，I_187-I_195.

シンポジウムー9

グローバルサウス諸国における環境防災

オーガナイザー 山本佳世子（電気通信大学）教授

岩本茂子（電気通信大学）協力研究員

趣旨説明：

グローバルサウスとは発展途上国と同様の意味で用いられる言葉であり、南半球に多いアフリカ、ラテンアメリカ、アジアの新興国などが当てはまる。一方、2015年の国連サミットで加盟国の全会一致で採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」に、2030年までに持続可能でよりよい世界を目指す国際目標として持続可能な開発目標（SDGs：Sustainable Development Goals）が記載された。しかし、グローバルサウス諸国は気候変動の影響を受けやすい地域に位置していることが多く、環境保全と経済発展を両立させることが急務となっている。また、気候変動の影響により、豪雨、熱波、干ばつなどの自然災害の発生が増えている。本シンポジウムでは、若手研究者のこうした地域を対象とした災害環境リスクに関する研究成果について紹介するとともに、参加者とともに、グローバルサウス諸国における災害や環境に関する対策の方向性について議論する。

Temporal Prediction of Heavy Rainfall Using Total Lightning Associated with Summer Thunderstorms Over Japan

Debrupa Mondal¹, Yasuhide Hobara^{1,2}, Hiroshi Kikuchi², Jeff Lapierre³

1. Department of Computer and Network Engineering, The University of Electro-Communications, Tokyo, Japan
2. Center for Space Science and Radio Engineering, The University of Electro-Communications, Tokyo, Japan
3. Earth Networks, Germantown, USA

1. Introduction

Summer thunderstorms with intense rainfall (≥ 100 mm/h) resulting in flash flooding in the river basins and mountainous area lead to the highest number of fatalities, infrastructure damage and disruption of essential services. With the increasing occurrence and severity of short-time thunderstorms (TSs), the quantitative prediction of rainfall with spatial and temporal accuracy is becoming crucial to mitigate the devastating impacts. Lightning discharge radiates electromagnetic energy in a wide frequency range which enables ground-based detectors to monitor lightning activity and studies have shown the possibility to predict weather extremes using lightning data [1, 2]. Using X-band multiparameter radar-derived 3D volume scan and total lightning data, a recent study [3] demonstrated the peak in-cloud (IC) lightning precedes maximum ground rainfall by ~ 10 mins which can be useful for monitoring and short-time prediction of torrential rain associated with isolated summer TSs over Japan. The maturity phase of a TS's life cycle is more variable and related to TS intensity [4], occurrence of cell merging and/or splitting in multicellular thunderstorms makes early prediction more challenging. In this study, we propose an area-correction methodology to normalize the unrealistic changes in the temporal evolution of both the IC and ground rainfall resulted from the merging and/or splitting of TS cells. We also obtained the temporal prediction pattern of ground precipitation volume (PV) for both isolated and multicellular TSs by means of simple linear regression using IC pulse rate.

2. Data and Methods

The rainfall data were collected from the eXtended RAdar Information Network (XRAIN) developed by Ministry of Land, Infrastructure, Transport, and Tourism and provides consistent monitoring of rainfall across the major parts of Japan. The network consists of 26 C-band radars and 39 X-band multiparameter (X-MP) radars with an observation range of 80 km. The X-MP radars require 5 min to produce a three-dimensional volume scan data ranging from 0° to 20° by scanning twelve elevation angles. Along with the 5 min volume scan data, the composite ground rainfall intensity data (mm/h) with a high spatial resolution of 250 m were also collected from XRAIN for every 3 min time interval.

TL data for the TS events were obtained from the Japanese Total Lightning Network (JTLN) which is made up of 16 Earth Networks Total Lightning Sensors over Japan deployed by the University of Electro-Communications (UEC) and jointly operated with Earth Networks (Figure 1). We have collected lightning parameters such as types of lightning (IC and CG), time of occurrence (UT), location (latitude-longitude), and lightning polarity for each lightning discharge.

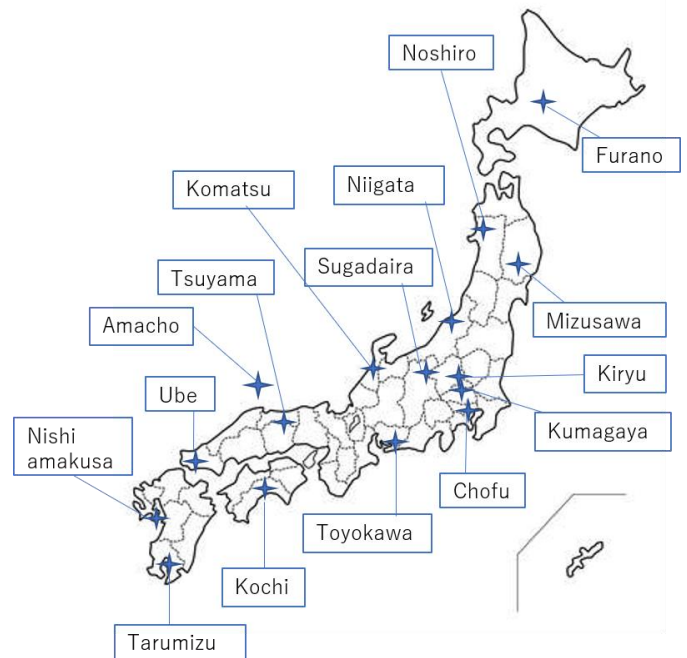


Figure 1 Spatial distribution of Japanese Total Lightning Network (JTLN) sensors

We identified splitting time of a selected cell or merging time of two adjacent cells by comparing every 5 min spatial distribution plot of TL on the maximum radar reflectivity projection (NS-EW).

3. Results

The detailed temporal evolution of IC and ground PV of one isolated TS and one multicellular TS which occurred on July 31, 2022 and June 2, 2022 respectively in Gunma prefecture were analyzed in this study. For the isolated TS, the peak of IC (21:00 JST) preceded peak ground rainfall (21:12 JST) by 12 mins. We have considered dynamic linear regression, in which the input (or independent) variable was IC rate (number

of pulses/3 min at time t) and the ground PV at future time points, such as PV at $(t+3 \text{ min})$, $(t+6 \text{ min})$, $(t+9 \text{ min})$, and $(t+12 \text{ min})$ were predicted. The first five values from the IC and ground PV time series data were used to build the initial linear regression model and then the model was updated at each time step using the next new data point from the time series to provide a new prediction. With the inclusion of most recent IC rate and ground PV information in the input, the input (test data) was limited to five most recent observations to incorporate the variability of developing stage and increase the accuracy. The highest Pearson correlation coefficient ($r=0.94$) and lowest Root Mean Square Error ($\text{RMSE}=2.89 \times 10^4$, $\text{Normalized RMSE}=0.13$) between the observed PV (blue solid line) and the predicted PV (red solid line) for the TS was obtained for the four step ahead prediction i.e. when the IC pulse rate (at time t) and the ground PV at time $(t+12 \text{ min})$ were considered.

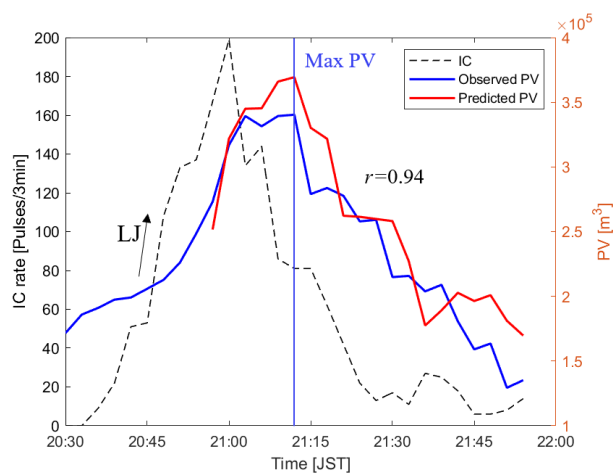


Figure 2 Time series of four step ahead predicted ground PV and actual PV during TS occurred on 2022/07/31

For the multicellular event (here, splitting case), we applied area correction for the time points before splitting time (18:15 JST). The corrected PV and IC were obtained by multiplying the observed PV and IC by the area ratio of before and after splitting. The temporal evolution plot with corrected values showed a 6 min time-lag between peak IC and peak ground PV. When the 5 most recent IC pulse rate and the 2 step ahead ground PV values from the time-series data were taken into consideration, we obtained the highest Pearson correlation coefficient ($r=0.94$) and lowest RMSE ($=1.18 \times 10^4$, $\text{NRMSE}=0.09$) between the observed and predicted PV.

4. Discussion

For both the isolated and multicellular TSs (after applying the area-correction), the precursory signature i.e. time lag between peak IC and peak ground PV were obtained. We demonstrated the possibility of predicting ground PV from IC lightning by

using a continually updated linear regression with the five most recent observations. For the isolated TS, the amount of intense ground PV at 21:03 JST and 21:12 JST were predicted with lower residuals (percentage errors are 1.6% and 8.5% respectively) at 20:51 JST and 21:00 JST respectively. For the splitting event also, the amount of maximum ground PV was predicted with good accuracy (percentage error 6.64). In this study, we were able to predict the amount of precipitation with a low percentage error and the peak ground rainfall precisely in time. The predicted time series pattern will be useful for understanding time points of further refinement to take other meteorological conditions into account. Consideration of meteorological parameters (such as temperature, relative humidity, wind speed, and direction, etc.) along with the TL for an improved spatiotemporal prediction of severe rainfall will guarantee safety and increase resilience to natural catastrophes and climate-related risks.

References

- 1) B. Gungle and E. P. Krider (2006), Cloud-to-ground Lightning and Surface Rainfall in Warm-season Florida Thunderstorms, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 111, D19203.
- 2) N. Pineda, J. Bech, T. Rigo, J. Montanya (2011), A Mediterranean nocturnal heavy rainfall and tornadic event. Part II: Total lightning analysis. *Atmospheric Research*, 100(4), 638–648.
- 3) D. Mondal, Y. Hobara, H. Kikuchi and J. Lapierre (2023), Thunderstorms and Total Lightning Characteristics Causing Heavy Precipitation in Japan: A case Study, *Radio Science Bulletin*, 378, 70-76.
- 4) T. Rigo, N. Pineda, and J. Bech, Analysis of warm season thunderstorms using an object-oriented tracking method based on radar and total lightning data (2010), *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, 1881–1893.

Keywords: Total lightning, heavy precipitation, temporal prediction

Comparative Analysis of Ecological Vulnerability in Three Provincial Capitals in Pakistan Using Satellite Imagery

電気通信大学 ○Muhammad Kamran, 山本 佳世子

1. Introduction

Ecological vulnerability assessment (EVA) is an integrated analysis method used to evaluate the quality of ecosystem at spatial and temporal scale. It is carried out with the help of “indicators” belonging to various systems such as social, economics and natural system. The use of indicators enables us to model selected aspects of an ecosystem by separating them from innate complex interactions within the ecosystem. The term eco-environment is also often used to refer to ecological environment in the literature [1].

The development of database of indicator needs variety of datasets. The situation becomes more complicated when the target is to evaluate multi-year ecological vulnerability, but the missing data or data secured behind strict privacy policies of data curator institutions become an obstacle. Given the problem of data unavailability or inaccessibility faced by researchers worldwide, the use of satellite remote sensing (RS) data has become popular in the past two decades to carry out EVA [2].

In current time, the use of satellite RS data offers an opportunity of monitoring large area monitoring at high spatial resolution and fast revisit time (temporal resolution). More importantly, most RS datasets are publicly disseminated or at least they are made available for research purposes on request. Therefore, the use of RS offers a promising source of developing indicators. Once the database of indicators is developed, they are fed into models such as Principal Component Analysis (PCA) or Analytical Hierarchy Process (AHP) to compute EVA [3].

Pakistan is a developing country which is facing severe impacts of climate change. Therefore, it is crucial to monitor the past to present ecological vulnerability in Pakistan. This study aims at conducting EVA for 1990 and 2020 for three provincial capitals, namely Lahore, Karachi and Quetta, of Pakistan.

2. Study Area

The three provincial capitals namely Lahore, Karachi and Quetta belong to Punjab Province, Sindh Province, and

Balochistan Province respectively. They are among most populated districts of Pakistan, which implies that there is a competition of seeking services from finite sources of any ecosystem.

3. Data and Methods

This study utilizes Landsat 5 data for 1990 and Landsat 8 data for 2020. The dataset is accessed and processed in Google Earth Engine (GEE). GEE gives an opportunity to process large RS datasets in a cloud computing environment. The processing includes four key steps.

i. Pre-processing, cloud removal and preparation of cloud free mosaic of data

The data for March to June are processed for each year and then median value is chosen to reduce the impact of abnormalities

ii. Calculation of indicators

Four indicators namely Normalized Difference Vegetation Index (NDV), Normalized Differential Build-Up and Bare Soil Index (NDBSI), Wetness using wet component of Tasseled Cap Transformation, and Temperature as Land Surface Temperature (LST) are calculated and integrated into the analysis. These four indicators formulate the “remote sensing ecological index (RSEI)”.

iii. Combining the indicators using computational approach

PCA was used to collectively compute the indicators and construct RSEI of 1990 and 2020

iv. Classification and analysis of results.

The resultant map is divided into five vulnerability categories from poor to excellent as shown in the results section. The spatial and temporal interpretation of results provides vital information for policy makers.

Overall, the methodology is presented as the following equation:

$$RSEI = f(\text{Greenness}, \text{Wetness}, \text{Dryness}, \text{Heat})$$

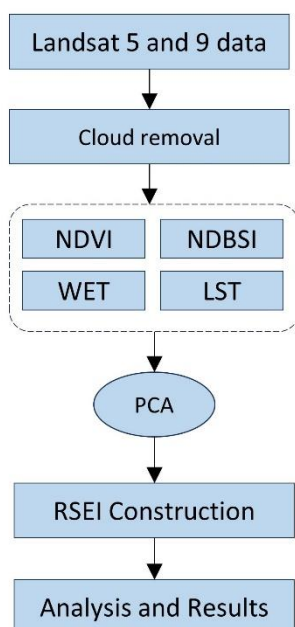


Figure 1: Technical scheme showing steps of remote sensing data processing and analysis.

4. Results

Figure 2 presents the spatial distribution of ecological vulnerability in Lahore, Quetta and Karachi. It is evident that the levels of vulnerability have reduced in Lahore district over the time between 1990 to 2020. However, it is evident the health of ecological environment has been declined in case of Quetta and Karachi.

The EVA has potential to supply an essential dataset for measuring and monitoring terrestrial eco-environmental sustainability. Therefore, it can be rightly said that EVA has a strong relationship with sustainable development goal (SDG) number 15: “Life on Land” which emphasizes “protecting, restoring, and promoting sustainable use of terrestrial ecosystems.” According to a dashboard built for the visualization of sustainable development report 2023 (Sachs et al., 2023), Pakistan’s performance in SDG 15 is unsatisfactory. The dashboard and profile of Pakistan is accessible at:

<https://dashboards.sdgindex.org/profiles/pakistan>. Against this backdrop, the scientific insights derived from the current study can help put Pakistan in a sustainable trajectory.

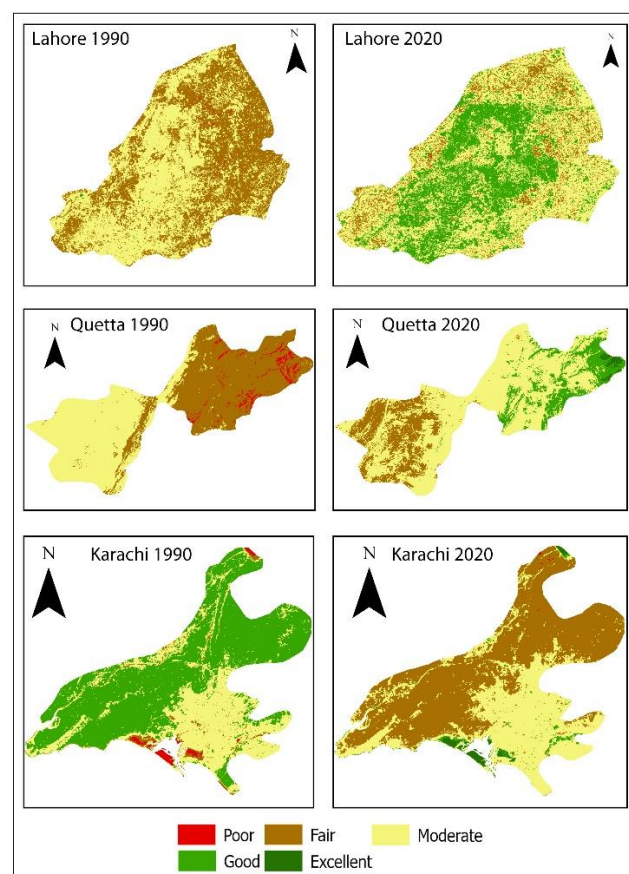


Figure 2: Distribution of ecological vulnerability levels in provincial capitals of Punjab, Balochistan and Sindh

References

Keywords: ecological vulnerability assessment, remote sensing, integrated analysis, spatio-temporal analysis

1. Beroya-Eitner, M.A. Ecological vulnerability indicators. *Ecological Indicators* **2016**, *60*, 329-334, doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.07.001>.
2. Kamran, M.; Yamamoto, K. Evolution and use of remote sensing in ecological vulnerability assessment: A review. *Ecological Indicators* **2023**, *148*, 110099, doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110099>.
3. Airiken, M.; Zhang, F.; Chan, N.W.; Kung, H.T. Assessment of spatial and temporal ecological environment quality under land use change of urban agglomeration in the North Slope of Tianshan, China. *Environmental Science and Pollution Research* **2022**, *29*, 12282-12299, doi:<https://doi.org/10.1007/s11356-021-16579-3>.

Monitoring Greenhouse Gases (GHG) Concentration using Earth Observation data and Google Earth Engine: A Case Study Karachi, Pakistan

Shaker Ul Din ¹, Kayoko Yamamoto ¹

¹ Graduate School of Informatics and Engineering, University of Electro-Communications (UEC), Tokyo, Japan.

1. Introduction: Air pollution, a critical atmospheric condition, arises from specific element concentrations that harm human health and the environment. Effects include acid rain, global warming, transportation challenges, and ozone layer depletion (World Health, 2021). It causes significant death rates that impact both developed and developing nations globally, as well as several noteworthy environmental problems and threats to human health. It is crucial for preventing localized air pollution and climate change. The definition of greenhouse gases (GHGs) is defined by several international organizations and dictionaries in essentially the same way: they are gases with the ability to absorb infrared radiation or even heat energy, that is emitted from the Earth's surface and reradiate it back to the surface, thereby contributing to the greenhouse effect. In other words, GHGs are essentially gases that trap heat in the atmosphere (Moore et al., 2024; Zaman-ul-Haq et al., 2020). Methane (CH₄), sulfur dioxide (SO₂), nitrogen oxide and dioxide (NO, NO₂), carbon monoxide (CO), and ozone (O₃) are examples of air pollution (Al-Alola et al., 2022; Patra & Khatri, 2023). Recent research has highlighted alarming trends. The study “State of Gaseous Air Pollutants and Resulting Health Effects in Karachi, Pakistan” investigated pollutants such as NO, NO₂, O₃, HNO₃, and SO₂, revealing that SO₂ levels exceed World Health Organization guidelines (Moyebi et al., 2023). The study aims to go beyond simple measurement to gain a better understanding of the relationship between human actions and environmental repercussions. The findings aim to serve as a foundation for targeted interventions, fostering community engagement, and promoting strategies to mitigate the effects of warming temperatures in Karachi, while additionally contributing to a broader scientific awareness of urban environmental dynamics and the development of sustainable cities.

2. Data and Methods: In this study, we leverage Sentinel-5P satellite data and Google Earth Engine to identify air pollution characteristics and explore their relationship with meteorological factors

(temperature and wind speed) in Karachi. Instead of relying solely on conventional ground station measurements, we employ cutting-edge tools like the Sentinel-5 Precursor, Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), and Global Wind Atlas. Analyzing satellite imagery, Sentinel-5P data (extracted in October 2022), delves into the relationship between four key air pollutants: methane (CH₄), nitrogen dioxide (NO₂), carbon monoxide (CO), and sulfur dioxide (SO₂). Our methodology involved data extraction using Google Earth Engine (GEE) coding scripts, followed by the export of results in Tiff format. Spatial analysis was conducted using ArcGIS 10.2, and outliers were removed from all four air pollutant concentration outputs. Additionally, statistical analyses were performed to explore the relationships between air pollutants and meteorological parameters (temperature and wind).

3. Results: The air pollutants CH₄, NO₂, CO, and SO₂ concentration levels were analyzed from the Sentinel 5P images, and temperature and wind speed were extracted from the MERRA-2 model. The descriptive statistics of the air pollution parameters including CH₄, NO₂, CO, and SO₂, temperature, and wind speed are shown in Table 1.

Table: 2 Descriptive statistics of parameters

	CH ₄	NO ₂	CO	SO ₂	Wind speed	Temperature
Minimum	1927.535	0.0000574	0.0313	-0.0001038	2.91	27.5
Maximum	1989.965	0.0001698	0.0358	0.000281	8.44	32.5
Mean	1954.848	0.000109317	0.033375	0.00006505	5.168333	29.6
Standard Deviation	23.08386719	0.0000562	0.001655861	0.000124911	1.703129	1.522132
Sample value	26	29	29	29	29	29

The study analyzed tropospheric gas concentrations in a city. Methane (CH₄) levels ranged from 1927.535 to 1989.965 molecules/m². The central and eastern parts had higher CH₄ concentrations due to transportation routes. Nitrogen dioxide (NO₂) levels varied from 0.0000574 to 0.0001698 molecules/m². The

southeastern industrial zone had the highest NO₂ concentration. Carbon monoxide (CO) ranged from 0.0313 to 0.0358 molecules/m², with the city center and industrial areas showing elevated levels. Sulfur dioxide (SO₂) varied from -0.0001385 to 0.000281 molecules/m², with the southeastern region having the highest concentration due to industrial sources.

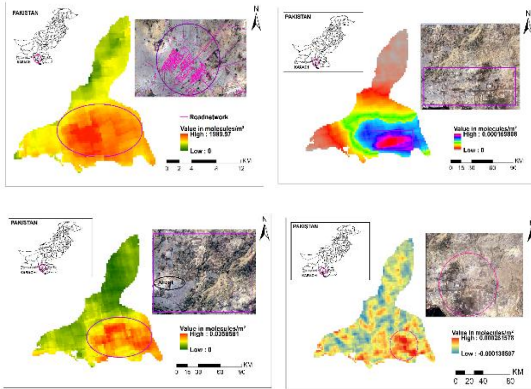


Fig. 1. shows the Concentration of (a) CH₄, (b) NO₂, (c) CO and (d) SO₂ in Karachi

Table 2: Correlation, P-value, and Number of observations of metrological parameters and Air pollutants

	CH ₄	NO ₂	CO	SO ₂	Temp	Wind
CH ₄	1					
Nobs	26					
NO ₂	0.21777	1				
Nobs	8	29				
P-value	0.4432					
CO	0.55556	0.26390	1			
Nobs	3	3	29			
P-value	0.0049*	0.1666				
SO ₂	0.22661	0.99628	0.26	1		
Nobs	6	5	4368	29		
P-value	0.4543	<.0001*	0.16			
Temp	-	-	-	-	1	
Nobs	0.26729	0.51183	0.31	0.48	29	
P-value	0.2231	0.0045*	0.161	0.561		
Wind	0.17299	0.98911	0.22	0.99	-	1
Nobs	29	1	149	3898	0.46	29
P-value	0.6	29	29	673		
	0.66	<.0001*	0.24	<.00	0.01	
		*	82	01**	0.07*	

*P-values < 0.05; **P-values < .0001
Nobs: Number of observations

The key findings from the study on air pollutants and their correlations:

Methane: As temperature rises, CH₄ levels slightly decrease (correlation coefficient: -0.2627), and Wind speed has minimal impact on CH₄ concentrations (correlation coefficient: 0.0881). **Nitrogen Dioxide:** Temperature and NO₂ share a moderate negative correlation (correlation coefficient: -0.5118) and Wind speed has a very

strong positive correlation with NO₂ (correlation coefficient: 0.9891). **Carbon Monoxide:** CO levels tend to decrease with increasing temperature (correlation coefficient: -0.3210) and Wind speed has minimal impact on CO concentrations (correlation coefficient: 0.1270). **Sulfur Dioxide:** SO₂ levels decrease with rising temperature (correlation coefficient: -0.4856) and Wind speed significantly impacts SO₂ concentrations (correlation coefficient: 0.9939). Overall, temperature and wind play crucial roles in influencing CH₄, NO₂, CO, and SO₂ levels. Additionally, statistical analysis of Sentinel-5P data reveals significant associations between these pollutants, with wind speed showing positive correlations with CH₄ and CO, as well as strong associations with NO₂ and SO₂.

4. Discussion: As Karachi experiences rapid urbanization and industrial growth, its air quality faces significant challenges. Fine particulate matter (PM_{2.5}), methane (CH₄), nitrogen dioxide (NO₂), carbon monoxide (CO), and sulfur dioxide (SO₂) are major pollutants of concern. This study utilizes innovative approaches, combining Sentinel-5P satellite data with tools like the Sentinel-5 Precursor and MODIS, to monitor pollutant levels. Alarming trends reveal CH₄ and NO₂ concentrations exceeding World Health Organization (WHO) standards. Notably, NO₂ correlates with CO and SO₂ emissions, likely stemming from industrial processes and vehicular traffic. Wind patterns play a crucial role in pollutant dispersion, while temperature impacts overall air quality. Urgent interventions, public awareness campaigns, and evidence-based policies are essential to combat Karachi's air pollution crisis.

References:

- World Health, O. (2021). *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and carbon monoxide: executive summary*. In *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and carbon monoxide: executive summary*. World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/345329>
- Zaman-ul-Haq, M., Saqib, Z., Atif Bokhari, S., Akhtar, N., & Amir, S. (2020). The Dynamics Of Urbanizations And Concomitant Land Use Land Cover Transformations In Planned And Quasi-Planned Urban Settlements Of Pakistan. *GEOGRAPHY ENVIRONMENT SUSTAINABILITY*, 13. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2020-64>
- Moore, M. J., Rathish, B., & Zahra, F. (2024). Mpox (Monkeypox). In *StatPearls*. StatPearls Publishing Copyright © 2024, StatPearls Publishing LLC.
- Moyebi, O. D., Sannoh, F., Fatmi, Z., Siddique, A., Khan, K., Zeb, J., . . . Khwaja, H. A. (2023). State of gaseous air pollutants and resulting health effects in Karachi, Pakistan. *Environ Monit Assess*, 195(2), 266. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10787-1>
- Al-Akela, S. S., Alkadi, I. I., Alogayell, H. M., Mohamed, S. A., & Ismail, I. Y. (2022). Air quality estimation using remote sensing and GIS-spatial technologies along Al-Shamal train pathway, Al-Qurayyat City in Saudi Arabia. *Environmental and Sustainability Indicators*, 15, 100184. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indic.2022.100184>
- Patra, P. K., & Khatri, P. (2023). Atmospheric Mixing Ratio of Greenhouse Gases and Radiative Forcing. In H. Akimoto & H. Tanimoto (Eds.), *Handbook of Air Quality and Climate Change* (pp. 967-995). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2760-9_29

Integrating Citizen Science Data with Official Monitoring Efforts: Enhancing Environmental Radiation Surveillance Post-Fukushima

Imam Ghazali Yasmin¹, Kayoko Yamamoto^{1,2}, Yo Ishigaki²

¹Joint Doctoral Program for Sustainability Research, University of Electro-communications, Tokyo, Japan.

²Research Center for Realizing Sustainable Societies, University of Electro-communications, Tokyo, Japan.

1. Introduction

A seismic event with a magnitude of 9.0 occurred near the shoreline of Japan on March 11, 2011. This event led to a colossal tidal wave that caused the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant to malfunction and cause serious accidents. This incident highlights the significance of thorough environmental radiation monitoring.

The Japan Atomic Energy Agency (JAEA) is officially in charge of one of the monitoring initiatives around the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP). Other than that, there have been grassroots efforts to oversee and measure radiation levels¹. Individuals, typically assembled in collectives, initiated the process of quantifying the amounts of radiation in their vicinity by utilizing a range of instruments, including Geiger-Muller counters and handmade radiation detectors².

Safecast is a non-profit organization that is powered by a team of international volunteers who utilize bGeigie Nano devices equipped with GPS technology, allowing citizens to gather and exchange radiation data, which improves the understanding of environmental radiation levels³.

The JAEA undertakes thorough radiation monitoring with the KURAMA (Kyoto University Radiation Mapping) system, which employs vehicle-based surveys to map the distribution of radiation. This official datasets provides a crucial reference point for radiation levels in the impacted region⁴.

In this study, both datasets from Safecast and will be presented. The datasets will be compared and integrated to see the opportunities and challenges in this endeavour.

2. Datasets and Methods

The datasets utilized in this study are categorized into two distinct components, datasets derived from citizen science and datasets obtained from official monitoring sources. The datasets chosen are the 2022 datasets, which only utilize the vehicle-borne survey method for measurements. The study area is the area around Fukushima Prefecture in general.

Specifically focused on several cities around the FDNPP Accident Area such as Okuma City, Namie City, Futaba City and Tomioka City.

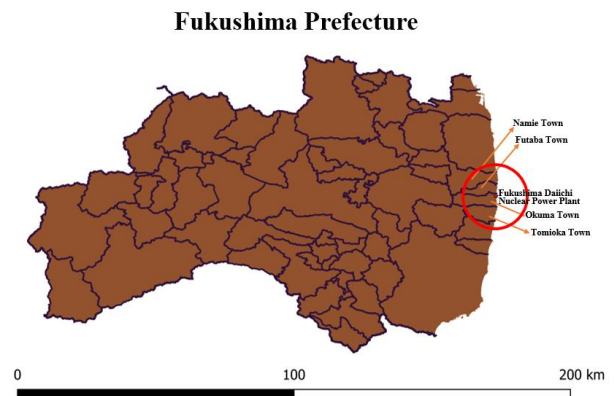


Figure 1. Study Area.

The citizen science datasets were acquired from Safecast. Safecast possesses a diverse range of datasets that have been gathered by individuals. The datasets were derived from individuals efforts to monitor radiation levels in the surrounding area of Fukushima using a variety of radiation detection devices. As a result of the wide range of devices utilized, the data obtained is extremely diverse. This study exclusively utilizes the Safecast datasets obtained from the bGeigie device, which is equipped with the Geiger Muller tube LND7317. This device is a Safecast device, manufactured and calibrated directly by the organization. Consequently, the data supplied by this device is more reliable and assured compared to data from other devices. Measurements are taken from this data collection at regular intervals of 5 seconds.

The official monitoring datasets are acquired from the JAEA Database for Radioactive Substance Monitoring. The official monitoring datasets are categorized into two different categories of data: data sourced from The Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), and the Secretariat of the Nuclear Regulation Authority (SNRA), as well as data obtained from the Tokyo Electric Power Company (TEPCO). This study utilizes datasets from MEXT and SNRA due to their greater amount of data

availability. The device utilized is the KURAMA device which uses a CsI(Tl) scintillation detector that performs measurements at regular intervals of 1 second.

Subsequently, both datasets undergo processing and filtering to acquire high-quality and consistent data. Specifically, the Safecast data requires unique treatment due to its public nature. Both datasets include crucial information regarding the geographical coordinates (latitude and longitude) and the level of radiation dose rate measured in microsieverts per hour (uSv/h). QGIS 3.36.3 software was used to perform the mapping and data analysis.

3. Results and Discussion

The Safecast datasets and the official monitoring datasets have been mapped using the QGIS software. The mapping findings are presented as coordinate points that include data on the dose rate of gamma radiation in the specified region. The data is categorized into 10 groups according to the level of radiation dose rate. The data with the lowest value is represented by the dark blue colour, which gradually transitions to lighter shades until it eventually changes to red. The data with the highest value is represented by the dark red colour.

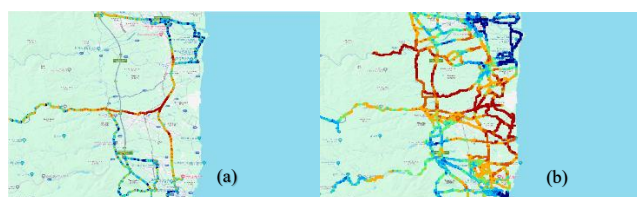


Figure 2. Safecast (a) and JAEA (b) Map.

The Safecast datasets mapping indicates that the data do not encompass the entirety of the area surrounding FDNPP. The data collected from official monitoring differs from it. Figures 2 display the mapping results for both datasets. Official monitoring has a wider geographical scope and greater density. This is since not all roadways surrounding the FDNPP are accessible to the general public. Certain regions are currently undergoing decontamination and have not yet received full authorisation for public access.

The radiation dose rate data in the datasets from Safecast generally correspond to the measurements obtained from official monitoring. The integration of these two datasets has the potential to offer opportunities also challenges raised.

The temporal discrepancies arise from the varying measurement intervals employed by the two detectors. The bGeigie device has a time interval of 5 seconds, whereas the

KURAMA system has a time interval of 1 second. This task necessitated precise alignment, surpassing the mere merging of the two datasets. Furthermore, it is crucial to synchronize measurement standards between citizen science and government monitoring. A barrier to achieving such alignment is the restricted performance of the bGeigie device.

Moreover, variations in sensitivity and accuracy arise from the utilisation of distinct detector technologies, such as Geiger-Muller and scintillation types. The Geiger-Muller counter, which is used by people to monitor radiation, is a viable choice due to its cost-effectiveness, despite its relatively lower sensitivity compared to the scintillation detector. Therefore, people require an additional option that allows them to monitor radiation levels with both high sensitivity and affordable costs.

4. Conclusion

Integrating data collected by citizens with official monitoring efforts can effectively monitor environmental radiation levels after the Fukushima incident. Despite the challenges associated with data integration, the integrated datasets provide a more comprehensive overview of radiation levels. Future research should prioritize the development of enhanced integration methods, the establishment of defined protocols for integrating diverse sources of radiation monitoring data, and the selection of more precise equipment that can be accessible to the general public.

References

- 1) Kimura, A. H. (2016). Radiation Brain Moms and Citizen Scientists: The Gender Politics of Food Contamination after Fukushima. Duke University Press
- 2) Abe, Y. (2015). Measuring and communicating the uncertainty of Fukushima-derived radiation. *Technology and Society Magazine, IEEE*, 34(2), 31-39
- 3) Brown, A. et al. (2016). Safecast: Successful citizen-science for radiation measurement and communication after Fukushima. *Journal of Radiological Protection*, 36(2), S82
- 4) Tanigaki, M. et al. (2015). Development of KURAMA-II and its operation in Fukushima. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 781, 57-64.

Keywords: Citizen Science, Fukushima, QGIS, Radiation

Machine Learning Algorithms for Streamflow Prediction in CAMELS Catchments

Manzu Gerald Simon Kenyi¹, Kayoko Yamamoto¹

¹Joint Doctoral Program for Sustainability Research, University of Electro-Communications,
1-5-1 Chofugaoka, Chofu-shi, Tokyo, Japan

1. Introduction

Accurate river streamflow forecasting is pivotal for effective water resource planning, infrastructure design, utilization, optimization, and flood planning and warning. Streamflow prediction is a cumbersome task due to several factors, including but not limited to uncertainties and complexities in hydrological processes and characteristics such as precipitation, the influence of climate change, topography, and lack of observed data in some cases[1].

Streamflow forecasting relies predominantly on univariate or multivariate time-series data, representing observations recorded at discrete points or continuously through time. In univariate time-series analysis, which is our focus, a single variable is exclusively observed at each data point, exemplified by the volumetric rate of water flow measured in cubic meters per second (m^3/s). It is assumed that the variable is primarily dependent on its historical values, thereby serving as a foundation for forecasting and prediction methodologies.

Large datasets such as CAMELS (Catchment Attributes and Meteorology for Large-Sample Studies) data, which is a comprehensive hydrological dataset designed to support large-sample studies in hydrology covering a wide array of data such as hydro-meteorological time series, land cover, soil and geology[2] plays an important role in training models that can be used in regions with scarce data. We utilize the CAMELS data for benchmarking and model development. The trained models are used for univariate prediction of streamflow on the Sobat River, a tributary of the White Nile River in South Sudan. There are several streamflow forecasting models that continue to be widely used, though in this study, the seasonal auto-regressive integrated moving average (SARIMA) and Prophet models are chosen.

Foundational and traditional time-series forecasting models such as exponential smoothing, auto-regressive integrated moving average (ARIMA) the SARIMA [3] and data-driven machine learning models such as Prophet, Long Short-term Memory, and Random Forests among others, have long been extensively used in streamflow prediction, capturing vital parameters, patterns and seasonality in observations. Studies have demonstrated that the intrinsic linear or non-linear dynamic characteristics that govern hydrological time series have a profound impact on the performance of forecasting models. Consequently, there is a pressing need to

introduce and develop new models that can effectively overcome the challenges posed by the intrinsic features of time-series[4].

Several existing studies that have utilized SARIMA and Prophet for univariate streamflow prediction have focused primarily on examining either SARIMA, Prophet or both. There is an existing gap due to the limited exploration of the synergistic benefits of combining the two models, even after studies indicated that both the SARIMA and Prophet models struggled to correctly predict extreme events, resulting in either underestimations or overestimations[5]. We address this gap by investigating whether a hybrid SARIMA-Prophet model can improve the accuracy and robustness of streamflow forecasting for the Sobat River in South Sudan, compared to using SARIMA and Prophet individually.

2. Data and Methods

Due to the absence of an existing gauging station Fig. 1, historical data *Table 1* from the Sobat River was used for this study.

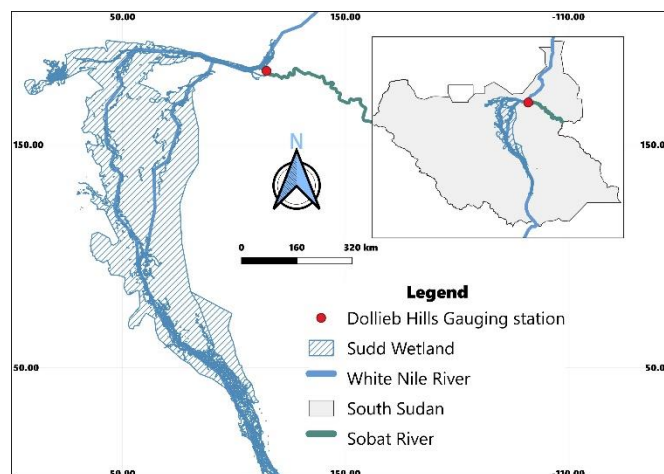


Fig. 1 Study Area

Table 1 Study data

Data	Start	End	Years
Observed	1907-01-01	1944-12-01	37 years
Training	1907-01-01	1937-12-01	30 years
Validation	1938-01-01	1944-12-01	7 years

The contributions of the SARIMA and Prophet models based on their predictive performance on an evaluation segment of the observed time-series data are aggregated by dynamic weighting. This adaptive mechanism ensures that the hybrid model remains

responsive to changes in the underlying data. A detailed comparative analysis of the residuals and the predictive performance of the SARIMA, Prophet, and hybrid SARIMA-Prophet models is conducted using the mean absolute error (MAE), root mean squared error (RMSE), and the coefficient of determination (R^2) (Fig. 2). By combining these models, we aim to enhance the predictive performance, particularly in the context of hydrological time-series where both linear trends and complex seasonal patterns are present.

$$\hat{y}_t = \omega \hat{y}_{SARIMA_t} + (1 - \omega) \hat{y}_{Prophet_t} \quad (1)$$

where: \hat{y}_{SARIMA_t} and $\hat{y}_{Prophet_t}$ are the forecasts from the SARIMA and the Prophet models at time t , respectively. ω is a weight parameter that optimizes the predictive contributions of both the SARIMA and Prophet models.

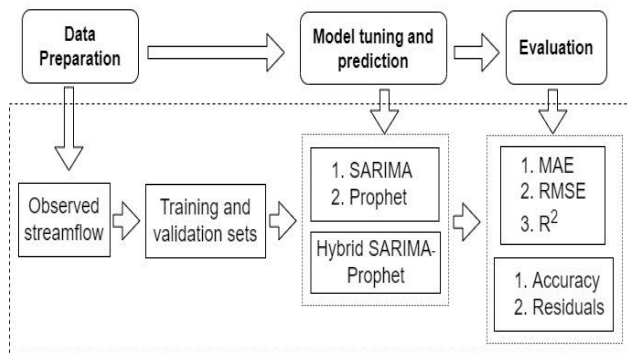


Fig. 2 Workflow of the methodology

3. Results

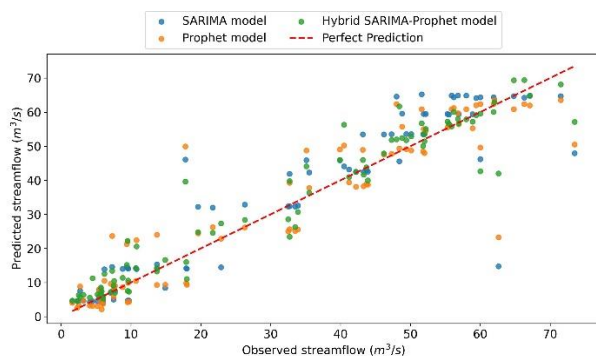


Fig. 3 Combined model prediction against observed streamflow

The hybrid SARIMA-Prophet model predictions which are represented by green dots in Fig. 3, show tighter clustering around the perfect line of prediction (dotted red) than does the individual models. While deviations from perfect prediction exist, the hybrid approach reduced the magnitude of errors observed in the individual models, indicating that combining the strengths of both models helped in achieving more accurate predictions.

3. Discussion

We compared the performance of the models based on the three-performance metrics as shown in Table 2.

Table 2 Comparative performance of the models

Model	MAE(m ³ /s)	RMSE(m ³ /s)	R ²
SARIMA	5.39	8.70	0.85
Prophet	5.35	8.32	0.86
Hybrid	4.047	6.17	0.92

The hybrid SARIMA-Prophet model outperformed the individual SARIMA and Prophet models. With the lowest MAE (4.047 m³/s) and RMSE (6.17 m³/s) and the highest R^2 (0.92), the hybrid model significantly reduced prediction errors and explains 92% of the variance in the observed data.

4. Conclusion

While the Prophet and SARIMA models competed in terms of accuracy, both models displayed limitations in handling extreme values and short-term fluctuations.

By integrating the SARIMA and Prophet models, the hybrid approach minimized residual variability and reduced extreme errors.

References

1. Yoon, H.N., et al., *Bayesian model calibration using surrogate streamflow in ungauged catchments*. Water Resources Research, 2022. **58**(1): p. e2021WR031287.
2. Coxon, G., et al., *CAMELS-GB: hydrometeorological time series and landscape attributes for 671 catchments in Great Britain*. Earth System Science Data, 2020. **12**(4): p. 2459-2483.
3. Shumway, R.H., et al., *Time Series Analysis and Its Applications*. 1st 2000. ed. Springer texts in statistics. 2000, Springer, New York, NY: Springer.
4. Rahmani, F. and M.H. Fattahi, *Exploring the association between anomalies and multifractality variations in river flow time series*. Hydrological Sciences Journal, 2022. **67**(7): p. 1084-1095.
5. Elseidi, M., *A hybrid Facebook Prophet-ARIMA framework for forecasting high-frequency temperature data*. Modeling Earth Systems and Environment, 2023: p. 1-13.

Keywords: Time-series prediction, Machine Learning, CAMELS data, Sobat River

シンポジウムー10

サステナビリティの観点からみた

地域の気候アクションを通じた人づくり・地域づくり

オーガナイザー 白井信雄（武蔵野大学）教授

増原直樹（兵庫県立大学）准教授

趣旨説明：

ゼロカーボンや気候変動適応のための地域政策（地域の気候アクション）が急ピッチで進められるなか、大企業や行政主導の技術導入を中心とした取り組みだけではサステナビリティの規範を満たす地域づくり（持続可能な地域づくり）につながらない可能性がある。サステナビリティの観点から必要なことは、地域主体となる住民や地元企業・NPO等の参加と協働、社会的包摂や校正・公平の観点での地域づくり、地域政策と連動する気候変動教育や専門的なコーディネート人材の育成等である。本シンポジウムは、サステナビリティの観点から地域の気候アクションを通じた人づくり・地域づくりの実践の分析を共有し、あるべき施策を考える対話の場となるように開催する。

サステナビリティの観点からみた地域の気候アクションを通じた人づくり・地域づくり

Capacity Building through Local Climate Actions from Perspective of Sustainability

シンポジウムオーガナイザー

武蔵野大学 白井信雄, 兵庫県立大学 増原直樹

1. はじめに

ゼロカーボンや気候変動適応のための地域政策（地域の気候アクション）が急ピッチで進められるなか、大企業や行政主導の技術導入を中心とした取り組みだけではサステナビリティの規範を満たす地域づくり（持続可能な地域づくり）につながらない可能性がある。

サステナビリティの観点から必要なことは、地域主体となる住民や地元企業・NPO等の参加と協働、社会的包摂や校正・公平の観点での地域づくり、地域政策と連動する気候変動教育や専門的なコーディネイト人材の育成等である。

本シンポジウムは、サステナビリティの観点から地域の気候アクションを通じた人づくり・地域づくりの実践の分析を共有し、あるべき施策を考える対話の場となるように開催する。

2. 個別の研究発表

2.1. 住民における気候変動に関する意識変化と気候変動教育の必要性～飯田市における2012年と2023年の住民アンケート調査結果を中心として

白井信雄（武蔵野大学）

長野県飯田市は2000年代より地域ぐるみで市民共同発電の設置とそれを教材とした気候変動教育を進めてきた地域である。2012年の住民アンケート調査では、市民共同発電事業の影響により、住民は気候変動問題や太陽光発電に対する問題認知と住宅用太陽光発電の設置意向を高めていることが確認できている。

その後、飯田市では再生可能エネルギーによる持続可能な地域づくりを進める条例を制定して、地域自治組織の主導による市民共同発電所の設置と気候変動教育を進めてきた。気候変動の非常事態宣言が出されるようになり、ゼロカーボンを目指す政策が進められる今日、飯田市住民の問題認知、意識や行動はどのように変化してきているか。2023年に実施した住民アンケート調査を2012年の調査と比較し、飯田市における地域づくりと人づくりの時代変化を明らかにして、さらに今後の気候変動教育のあり方を展望する。

2.2. シティズンシップ力向上を目指した気候変動教育&地域づくりの方法論と成果～福井県坂井市での実践をもとに

水上聡子（アルマス・バイオコスモス研究所）

福井県坂井市では、戦略的気候変動教育を展開しており、①3領域における重層的ESD、②内発的動機づけによる課題解決型地域づくりの2点を目指している。

市内全小学校（19校）で実施している「ストップ地球温暖化対策授業（90分×2回）」では、①授業前後の変化を評価するセルフチェック、②家庭で実践するチャレンジとチャレンジふりかえり、③最後の感想を記すふりかえりの3つにより学習成果を定量的、定性的に分析し、意識変化と行動変容の様子を考察しているが、持続可能な社会の担い手として必要なコンピテンシー（資質・能力）としてユネスコが提示した8指標（システム思考、戦略的、自己認識、統合的問題解決、批判的思考、予測、規範的、協働的）¹²⁾が成長するとともに、内発的動機づけが高まった。特に3領域重層的ESDのうち、課題解決型地域づくりに取り組んでいる地区組織と連携している小学校でより深い学習成果を見出している。R6年度は、さらに中学生～市民のための2種の教材を開発し、脱炭素市民ワークショップに取り組むことで、3領域重層的ESDを目指している。

2.3 神奈川県相模湾沿岸地域における気候変動に関するステークホルダーの認識と参加の仕組みづくり

小澤はる奈（持続可能な地域創造ネットワーク事務局／東京都市大学）

神奈川県気候変動地域適応センター（以下、神奈川県適応C）では、県内各地のステークホルダー（以下、SH）の気候変動に関する認識の調査・分析に取り組んでいる。筆者らは、神奈川県適応Cと協働で、相模湾沿岸地域にて延べ69団体・個人を対象にSH調査を実施した。ヒアリング記録のテキストを対象にKH Coder3.0を使用してテキストマイニングを適用し、SHの気候変動問題への関心や評価を可視化、さらに地域ごとの特徴を明らかにした。

各調査年度末には、調査対象となったSHをオンライ

ン／オンラインで招集し、分析結果を開示するとともに専門家からの情報提供およびSHと専門家が参加するワークショップを実施した。このSHミーティングは、SHの属性ごとに異なる気候変動への認識を共有し、地域における適応行動の喚起を意図したものであり、また普及ツールとしての将来シナリオ作りに繋げるものであった。神奈川県における一連の試みについて報告する。

2.4. ゼロカーボンシティ宣言自治体担当者との協働と政策移転～脱炭素化をめざす京都ラウンドテーブルの実践から

青木えり（総合地球環境学研究所）

京都府と総合地球環境学研究所は、連携協定に基づき、脱炭素化に向けた協働を進めてきた。2022年には、文部科学省「大学の力を結集した、地域の脱炭素化加速のための基盤研究開発」の助成により京都府下の基礎自治体担当者が集う「脱炭素化をめざす京都ラウンドテーブル（以下、RT）」を発足させた。

RTは対話のプラットフォームであり、環境政策の実効性と波及性のジレンマ³⁾を踏まえつつ、自治体担当者が研究者から科学的知見を学ぶだけでなく担当者が互いに学び合い、連携を深めることで政策移転のための学習が段階的に進むよう知識共有と議論を設計しながら継続している。開催内容にあわせ自治体施策及び担当者への質問紙調査も実施し、脱炭素施策の状況とともにRT参加による担当者の変化も確認した。参加者としての人の変化を、実効性の高い施策としていかに地域に波及させていくことができるのか、多地域に寄与しうる実践的な戦略提供を目指したい。

2.5 高知県での地域における気候アクション～住民等の参加・学習の視点から

松本明（高知大学）

高知県では、4提案・5市町村（須崎市・日高村、北川村、梶原町、黒潮町）が脱炭素先行地域に選定されているなど、地域特性を活かした先進的な気候アクションが各地で進められている。このうち、いくつかの地域では、気候変動分野における行政計画である“地球温暖化対策実行計画（区域施策編）”の実効性を高めるため、自治体、環境NPO、地球温暖化防止活動推進センター、研究機関などが連携しながら、地域の様々な立場のステークホルダー（事業者、住民等）を巻き込んだ計画づくりなどに取り組んでいる。

本報告では、住民等の参加・学習の視点から、上記取組のうち、住民等との関係性づくり、住民等からの意見収集のあり方、それらを踏まえた未来像の描き方、気候アクションの支援・取組に関する具体策等に焦点を当て、先行的な検討・取り組み事例を紹介する。また、これらの事例を通じた今後の地域における気候アクションのあり方への示唆等を考察する。

2.6. 集团的アクションを通じた気候エンパワメント～環境教育・ESDの視点から

二ノ宮リムさち（立教大学）

国連気候変動枠組条約第6条やパリ協定第12条にもとづく「Action for Climate Empowerment（ACE：気候エンパワメント行動）」では、社会のすべての人々を気候アクションへの取組に向けエンパワーする必要性がうたわれている。

これまでのESDに関する議論を踏まえれば、気候変動「についての」教育で知識を伝えるだけでなく、気候アクション「を通じた」教育で感性・価値観を育み、気候アクション「のための」教育で意志やスキルを含む社会性・情動の学びを促し、気候正義・持続可能性「としての」教育で集団・社会的アクションを支え、一人ひとり、そしてコミュニティ全体としてのエンパワメントにつなげることが大切だと考えられる。

本報告では、ACEやESDとして効果的な気候変動教育のあり方を見出すために、国際研究プロジェクトMonitoring and Evaluating Climate Communication and Education Project (MECCE)の成果を紹介する。あわせて、日本の環境教育等促進法基本方針が強調する「協働取組」の可能性にも言及する。

参考文献

- 1) 水上聡子、高橋敬子（2021）「福井県版気候変動ミステリーを用いた教育プログラムの可能性ーシティズンシップ教育における内発的動機づけとコンピテンシーの視点からー」、日本環境教育学会、
- 2) 水上聡子、井口豊（2023）「福井県版気候変動教育ジグソー法を用いた課題解決ワークショップの可能性ーシティズンシップの視点からー」、日本環境教育学会
- 3) 馬場健司他（2012）産業・業務部門における低炭素政策波及の可能性と促進・阻害要因、環境科学会誌 25(2) 73-86.

キーワード サステナビリティ、気候アクション、人づくり・地域づくり

2025 年度

『水』と『水環境』に関する 学術研究助成公募スケジュール

応募受付予定期間

2025 年 3 月 1 日～ 2025 年 4 月 31 日

助成対象研究分野

自然科学・技術 (1)

人文・社会科学

萌芽的研究 (b)

自然科学・技術 (2)

萌芽的研究 (a)

特別テーマ「水を究める」研究

2025 年度の募集要項詳細は当財団ホームページにて 2 月下旬に公開する予定です。

*2024 年度版はホームページに掲載中ですのでご参照ください。

<https://www.kwef.org>

パワーエレクトロニクスを 社会のちからに、優しさに。



Courtesy of PT. SEMI

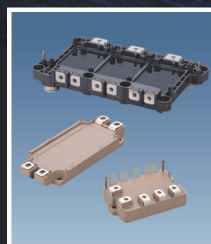
地熱発電プラント



パワーコンディショナ



無停電電源装置



パワー半導体



インバータ



自動販売機

サステナブルな社会の実現に貢献

FE 富士電機
Innovating Energy Technology

SPE-03

8-Channel Automated SPE System

A compact and efficient workhorse for semi-volatile pollutants in water, food, soil, petroleum and biological samples

Capable of fully automating even the most challenging extractions like EPA Method 537.1 for PFAS in drinking water

Configurable for high-throughput protein purification



国内販売店：株式会社サイプレス・インターナショナル
〒150-0001
東京都渋谷区神宮前2-30-8-101
E-mail: cypresspromochrom@gmail.com

公益社団法人 環境科学会 2024 年会

年会実行委員

委員長	藤田 壮	東京大学
幹事	栗栖 聖	東京大学
委員	中谷 隼	東京大学
委員	村山顕人	東京大学
委員	木下裕介	東京大学

年会委員会

委員長	島崎洋一	山梨大学
理事	荒巻俊也	東洋大学
理事	栗栖 聖	東京大学
幹事	白木洋平	立正大学
幹事	杉野 誠	法政大学
幹事	野呂和嗣	静岡県立大学
事務局	林 信宏・村瀬彩子	

本講演要旨集の著作権は当学会に帰属しておりません。

転載許可につきましては個々の著者に直接お問い合わせ頂けますようお願いいたします。

公益社団法人 環境科学会 2024 年会 講演要旨集
編集・発行：公益社団法人 環境科学会
〒162-0801
東京都新宿区山吹町 358 番地 5
TEL: 03-6824-9383 FAX: 03-5227-8631
Email: sesj-office@as.bunken.co.jp
<https://www.ses.or.jp/>