



環 境 科 学 会
Society of Environmental Science, Japan

環境科学会 2025 年会

講演要旨集

期日： 2025 年 9 月 4 日(木)～9 月 5 日(金)

会場： 叡啓大学

公益社団法人
環 境 科 学 会

環境科学会 2025 年会

日 程： 2025 年 9 月 4 日（木）～ 5 日（金）

場 所： 叡啓大学

〒730-0016 広島県広島市中区幟町 1-5

<https://eikei.ac.jp/access/>

交 通： JR 広島駅から徒歩約 10 分

※詳細は会場案内図をご参照ください。

※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。なお、当日登録の場合は、最寄りの ATM 等で参加費振込後に受付に利用明細表を提示いただきます。現金払いへの対応は行いません。
- ・ 本年度より、迅速かつ正確に受付確認するため、事前登録による**参加申込締切日**と**参加費入金締切日**を下記の通り異なる日に設定しておりますのでご注意ください。

事前登録の参加申込み：5 月 8 日（木）～ 8 月 13 日（水）

事前登録の参加費振込：5 月 8 日（木）～ 8 月 20 日（水）

年会案内 WEB サイト：<https://www.ses.or.jp/conference/2025conf/>

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 13 日（水）までに参加登録、8 月 20 日（水）までに振込をすませた方に限ります。

※ 事前登録が完了していても、8 月 20 日（水）までに参加費の着金を確認できなかった場合は参加申込を自動的にキャンセル、「当日登録／振込払い」になりますので、会期当日に会場であらためてお手続きください。なお、「当日登録／振込払い」の振込先は、事前登録の参加費振込口座とは異な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	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15階 Eikei Top 西で実施します。交流会費は以下の通りです。

事前登録/振込払い：一般 7,000 円・学生 3,000 円・シニアフェロー3,500 円

※事前登録・事前振込が原則です。

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。

※問い合わせ先※

1) 年会全般について

公益社団法人 環境科学会 年会委員会

E-mail: nenkai@ses.or.jp

2) 参加・発表申込システム, 参加費納入について

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

3) 入会, 年会費納入状況, 会員情報について

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

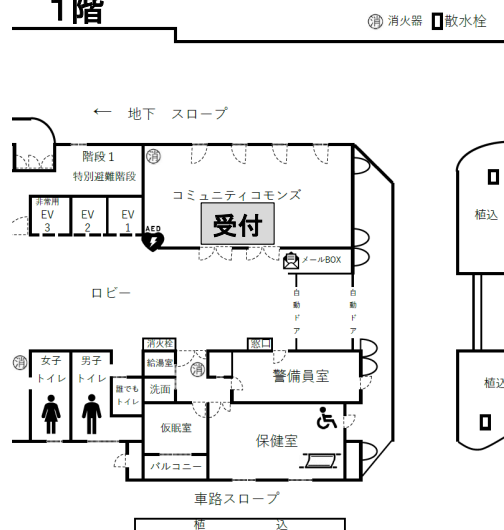
会場案内図 観啓大学



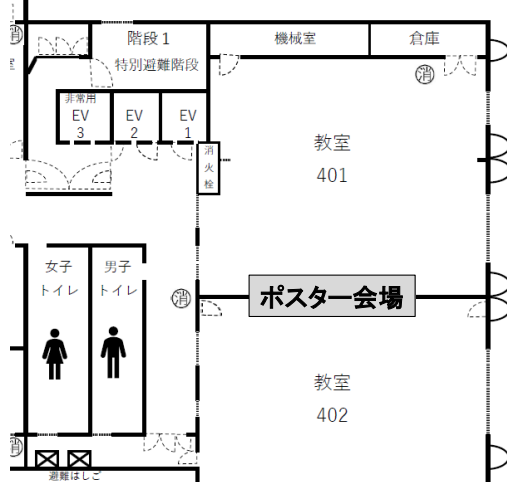
年会会場

会場に参加者用のゴミ箱はございません。恐れ入りますが、各自お持ち帰りいただきますようお願いいたします。

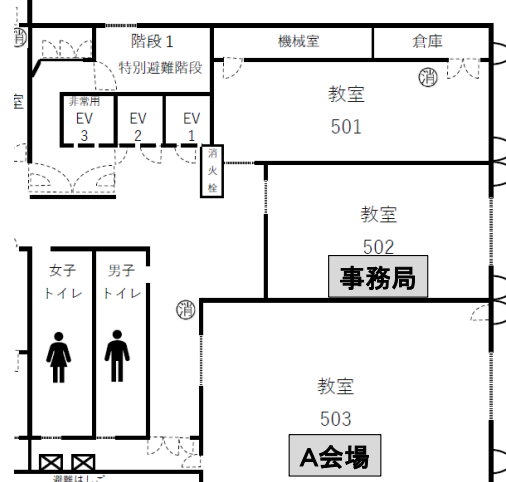
1階

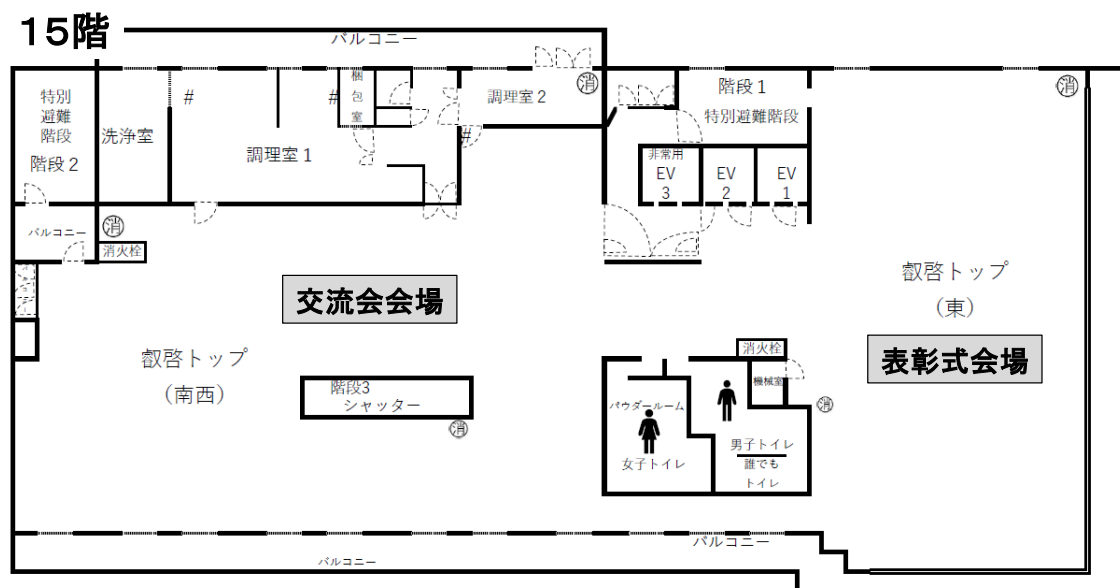
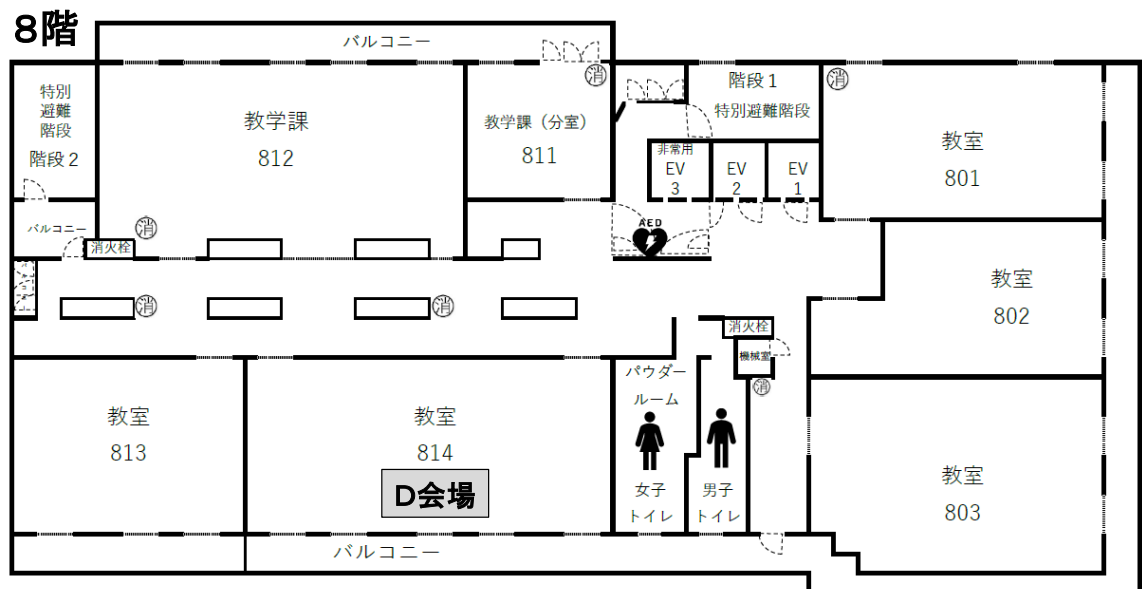
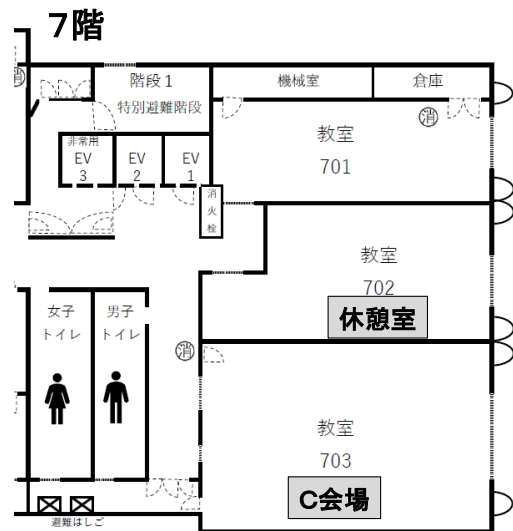
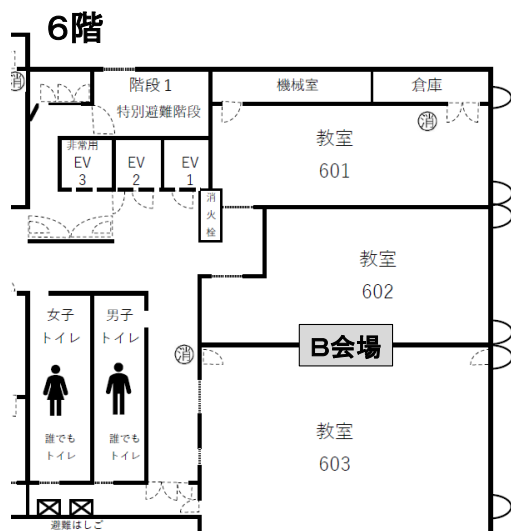


4階



5階





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4日（木）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4日（木）11：00～9月5日（金）14：00です。このうち、発表・討論のコアタイムは9月4日（木）12：45～13：45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、プロジェクタあるいは大型液晶モニ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。また、大型液晶モニタではレーザーポインタの光を吸収してしまう場合がありますので、発表の際にはご注意ください。
- ・ プロジェクタあるいは大型液晶モニタはHDMI接続に対応しております。USB Type-C出力のみの機器(Macbook, Surface等)をお持ち込みの場合はHDMI出力変換アダプタをできるだけご持参ください。
- ・ 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5日（金）14：00までに各自でお願い致します。
（14：00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 2025 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		503(5F)	602/603(6F)	703(7F)	814(8F)	401/402(4F)
9 月 4 日 (木)		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。
	9:00					
	9:15					
	9:30				口頭発表1D-1 化学分析・評価1 9:15～10:30 王 齊	
	9:45	シンポジウム-1	シンポジウム-2	シンポジウム-3		
	10:00	水インフラに見る人々の暮らしと 価値観	脱炭素実現に向けたCCS普及 策の学際的研究	「社会的質」の高いサステナビ リティを実現するために～安全保 障、包摂、結束、エンパワーメン トの観点から		
	10:15					
	10:30					
	10:45				口頭発表1D-2 化学分析・評価1 10:45～12:00 三宅祐一	
	11:00	村上道夫	有村俊秀	白井信雄		
	11:15	中村高志	鷲津明由	水谷香織		
	11:30	9:30～12:00	9:30～12:00	9:30～12:00		
	11:45					
	12:00					ポスター発表・討論 12:00～14:00 コアタイム 12:45～13:45 優秀発表賞審査・投票 13:30締切
	12:15					
	12:30					
	12:45	昼休み 12:00～13:45				
	13:00					
	13:15					
	13:30					
	13:45					
	14:00	シンポジウム-4	シンポジウム-5 (受賞シンポ)	口頭発表1C-3 ライフスタイル 13:45～15:00 中山敬太	口頭発表1D-3 化学分析・評価3 13:45～15:00 徳村雅弘	ポスター発表 (閲覧のみ)
	14:15					
	14:30	営農型太陽光発電による食糧 生産の持続可能性の確保	どうすれば環境ボランティアを増 やせるのか？			
	14:45					
	15:00					
15:15	倉阪秀史	森保文	口頭発表1C-4 ライフスタイル 15:15～16:30 金森有子	口頭発表1D-4 化学分析・評価4 15:15～16:30 奥田哲士		
15:30	馬上丈司	前田恭伸				
15:45						
16:00	14:00～16:30	14:00～16:30				
16:15						
16:30						
16:45	表彰式・若手育成事業表彰式 16:45～17:45 叡啓トップ(東) (15F)					
17:00						
17:15						
17:30						
17:45						
18:00	交流会 18:00～20:00 叡啓トップ(南西) (15F)					

会場名		A会場	B会場	C会場	D会場	ポスター会場	
部屋		503(5F)	602/603(6F)	703(7F)	814(8F)	401/402(4F)	
9 月 5 日 (金)	8:30	8:30 受付開始					ポスター発表 (閲覧のみ) ※14:00までに 撤収してください。
	8:45						
	9:00	シンポジウム-6 再生プラスチックに関する循環 経済システムの構築に向けた課 題とその研究動向	シンポジウム-7 持続可能な食システムに向けて	口頭発表2C-1 地域システム 9:00～10:00 増井利彦	シンポジウム-8 スクリーニング分析を用いた環境 および水質モニタリングの新展 開		
	9:15						
	9:30						
	9:45						
	10:00	小島直也 田畑智博 9:00～11:30	天沢逸里 栗栖聖 9:00～11:30	口頭発表2C-2 地域システム(4件) 10:30～11:30 松村寛一郎	小林憲弘 坂田脩 9:00～11:30		
	10:15						
	10:30						
	10:45						
	11:00						
	11:15	昼休み 11:30～12:30					
	11:30						
	11:45						
	12:00						
	12:15						
	12:30	口頭発表2A-3 市民活動・環境教育(6件) 12:30～14:00 岸上祐子	口頭発表2B-3 気候変動(7件) 12:30～14:15 今井健一	口頭発表2C-3 環境政策(7件) 12:30～14:15 牧誠也	口頭発表2D-3 資源・廃棄物(6件) 12:30～14:00 沼田大輔		
	12:45						
	13:00						
	13:15						
13:30							
13:45							
14:00							
14:15							
14:30							
14:45							
15:00	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4日)午前]

口頭発表 1D-1「化学分析・評価 1」D会場(814) 9:15-10:30

座長: 王 齊

- 1D-0915 プラスチックの分解と分解物の同定
○宮副 瑛輝, 諸熊 恵美, 石橋 康弘, 中道 隆広 (熊本県立大学, 長崎総合科学大学)
- 1D-0930 広島県酒都西条における地質的な特徴と地下水の水質変化
○竹野 健次, 沖村 雄二, 前垣 壽男 (安田女子大学・理工, 仙石庭園, 西条・山と水の環境機構)
- 1D-0945 食品接触材中の有機フッ素化合物の濃度調査
○植松 龍也, 三国 向日葵, 野呂 和嗣, 雨谷 敬史, 三宅祐一 (静岡県立大学大気環境研究室, 横浜国立大学)
- 1D-1000 加熱式タバコの葉および主流煙に含まれる金属類の定量評価
○青木 遥輝, 野呂 和嗣, 雨谷 敬史 (静岡県立大学大気環境研究室)
- 1D-1015 ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエチレンテレフタレータの光劣化を促進する多環芳香族炭化水素類の同定
○渡辺 拓海, 滝川 哲也, 野呂 和嗣, 雨谷 敬史 (静岡県立大学)

口頭発表 1D-2「化学分析・評価 1」D会場(814) 10:45-12:00

座長: 三宅 祐一

- 1D-1045 機械学習を用いた光化学オキシダント高濃度時予測における特徴量の検討
○亀屋 隆志, 坂東 瑠輝 (横国大院・環)
- 1D-1100 【論文賞受賞記念講演】土砂災害警戒区域内に立地する PRTR 対象事業所における Natech リスクの抽出
○森口 暢人, 伊藤 理彩, 東海 明宏 (東京海上 DR, 北九州市大, 新居浜高専)
- 1D-1115 カビ毒アフラトキシン産生菌の空間分布に関するデータセット構築と気候変動による影響の評価
○西森 基貴, 塚田 祐子, 若月 ひとみ, 長谷川 利弘, 細谷 幸恵, 久城 真代 (農研機構農業環境研究部門, 元・農研機構食品研究部門, 農研機構食品研究部門)

- 1D-1130 災害・事故による化学物質の異常放出の法的管理 ー環境法律における「事故時の措置」の検討
○赤渕 芳宏（明治学院大・法）
- 1D-1145 二酸化炭素回収プロセスにおける固体炭素の曝露評価
○高井 さつき, 長屋 太樹, 福田 絵美, 松井 康人（京都大・環境安全保健機構）

[1 日目(9 月 4 日)午後]

口頭発表 1C-3「ライフスタイル 1」 C 会場(703) 13:45–15:00

座長: 中山 敬太

- 1C-1345 生協店舗における食品ロス発生の部門別要因分析
○増原 直樹, 松林 勇希（兵庫県立大・環境人間）
- 1C-1400 インドネシア都市スラムの子どもの手洗いと栄養・衛生状態
○山内 太郎, 大塚 裕美子, 牛島 健（北大・保健, 北海道立総合研究機構）
- 1C-1415 環境に配慮した衣料品の支払い意志額に関する研究 ー選択型コンジョイント分析を用いてー
○勝又 淳司（法政大学大学院）
- 1C-1430 エネルギー消費と節約の認識とヒューリスティックス
○森田 稔, 佐藤 光南（高崎経済大学, 日本エネルギー経済研究所）
- 1C-1445 社会的投資収益率を用いたフードバンク事業の統合的評価
○藤山 淳史, 酒井 慶大, 松本 亨（北九州市大）

口頭発表 1C-4「ライフスタイル 2」 C 会場(703) 15:15–16:30

座長: 金森 有子

- 1C-1515 市民の緑地利用と個人・地域幸福感の関係性：茨城県守谷市を事例に
○甲斐田 直子, 落合 一翔, 糸井 風音（筑波大学）
- 1C-1530 新婚世帯の家電取得行動から検討した気候変動緩和策の推進に関する研究
○金森 有子, 増井 利彦, 金光 琳平, 棟居 洋介（国立環境研究所, 東京科学大学・工）

- 1C-1545 Does Artificial Intelligence Energy Management System Reduce Electricity Consumption in Japan's Retail Sector
○Guanyu Lu, Hajime Katayama, Toshi H. Arimura, Shohei Morimura, Tomoichi Ishiwatari, and Tetsu Iwasaki (早稲田大学)
- 1C-1600 家庭部門における経済性からみた電化の見通し
○河瀬 玲奈, 日比野 剛, 金森 有子, 石河 正寛, 大田 宇春, 平山 智樹 (琵琶湖セ, 国環研, 住環研, MHRT)
- 1C-1615 小規模な気候市民会議の評価研究
○竹内 彩乃, 前田 洋枝, 松浦 正浩 (東邦大学, 南山大学, 明治大学)

口頭発表 1D-3「化学分析・評価 3」D 会場(814) 13:45-15:00

座長: 徳村 雅弘

- 1D-1345 シリコーンパッシブ法における評価可能物質の推定とリスクアセスメントへの適用
○田川 瑛梨, 宮本 睦子, 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)
- 1D-1400 モノリス型固相抽出遠心カラムを用いた PFAS の迅速前処理法の検討
○諸熊 恵美, Elwaleed Ahmed, Nguyen THI QUYNH, 小林 淳, 石橋 康弘 (熊大院・環共, 熊大・環共)
- 1D-1415 光化学オキシダント注意報レベル予測の機械学習における高濃度時データ収集範囲の検討
○坂東 瑠輝, 亀屋 隆志 (横国大院・環)
- 1D-1430 小型低流速土壌ガス吸引装置による有機塩素系溶剤汚染土壌の浄化予測モデルの検討
○鄭 桐偉, 柏 冬琳, 李 京, 小林 剛 (横浜国立大学大学院)
- 1D-1445 高濃度溶液の短時間流入時、及び、懸濁物質・油分共存時の金属類用パッシブサンプラーの性能評価
○森 育子, 矢吹 芳教 (大阪環農水研)

口頭発表 1D-4「化学分析・評価 4」D 会場(814) 15:15-16:30

座長: 奥田 哲士

- 1D-1515 グリホサートによる環境汚染をめぐる構造的問題に対する法的予防措置の可能性 ―ナッジやスラッジも踏まえて―
○中山 敬太 (早稲田大学)

- 1D-1530 PFAS の非点源汚染をめぐる国と自治体の環境行政についてーリスク行政と不確実性行政の「ねじれ」と「ゆらぎ」の観点からー
○中山 敬太（早稲田大学）
- 1D-1545 工場排水流入シミュレーションと製造現場へのフィードバック
○西村 総介, 後藤 尚弘（栗田工業株式会社, 東洋大・情報連携学部）
- 1D-1600 労働安全衛生法に基づくリスクアセスメントの精緻化に向けた VOC パッシング法の適用
○溝渕 円香, 王 齊, 雨谷 敬史, 福島 靖弘, 鈴木 義浩, 深澤 英, 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）
- 1D-1615 牛の消化液培養におけるカギケノリ添加のメタン削減効果
○井藤 千聖, 村山 遥人, 泉 賢一, 吉田 磨（酪農学園大・院酪農, 酪農学園大・農食環境, 日大・生物資源）

[2 日目(9 月 5 日)午前]

口頭発表 2C-1「地域システム 1」C 会場(703) 9:00-10:00

座長: 増井 利彦

- 2C-0900 【奨励賞受賞記念講演】空間情報を用いた資源の需給ポテンシャル解析に関する研究
○牧 誠也（国立環境研究所 社会システム領域）
- 2C-0915 地域特性を踏まえた地熱発電導入における合意形成支援モデルの開発
○伊藤 瑞季, 磐田 朋子, 吉岡 剛（芝浦工大院・システム理工）
- 2C-0930 Study on the Utilization and Tourism of the Ramsar Convention on Wetlands in Japan
○タン ソウニ（広島大学）
- 2C-0945 国土強靱化に資する省力水稻栽培方法の開発と実践
○松村 寛一郎, 杉本 賢二, Srishti Arora（金城大学, 大阪公立大学, Ignisnova-Robotics (India)）

口頭発表 2C-2「地域システム 2」C 会場(703) 10:30-11:30

座長: 松村 寛一郎

- 2C-1030 東京都市圏 ACT を用いた働き方と鉄道サービスレベルによる交通行動の変化と環境面への影響
○有賀 敏典, 金森 有子, 池田 晃一, 森田 舞（千葉大学, 国立環境研究所, 株式会社オカムラ）

- 2C-1045 中国における 2060 年エネルギー消費量の予測モデル —四大地域の視点からの分析—
○劉 華偉（千葉大学）
- 2C-1100 送電容量制約下における再生可能エネルギー由来電力利用最大化に向けた市町村連携の可能性
○垣内 真安太, 叢 日超, 藤山 淳史, 松本 亨（北九州市大院, 静岡文化芸術大学, 北九州市大）
- 2C-1115 動的物質フロー分析に基づく日本の電気貨物自動車の普及と電力需要の推計
○勝島 大, 中谷 隼, 林 徹, 山下 奈穂, 藤田 壮（東大院・工）

[2 日目(9 月 5 日)午後]

口頭発表 2A-3 「市民活動・環境教育」A 会場(503) 12:30-14:00

座長: 岸上 祐子

- 2A-1230 資源回収ステーションを対象とした住民選好意識構造の比較分析
○鎌田 理玖, 藤山 淳史, 松本 亨（北九州市大院, 北九州市大）
- 2A-1245 地域のプレーヤーが起こす行動変容プロセスについての検討
○岸上 祐子, 馬奈木 俊介, 北村 友人（九州大学, 東京大学）
- 2A-1300 気候市民会議の参加者の年齢構成に関する考察
○松橋 啓介, 尾上 成一, 竹内 彩乃（国環研, 東邦大・理）
- 2A-1315 戸建て住宅の脱炭素政策に関するシナリオ選択型市民討議会におけるシナリオ選好の地域差の評価
○大塚 佳臣, 平松 あい, 後藤 尚弘, 花岡 千草, 荒巻 俊也（東洋大・総合情報, 東洋大・情報連携, 兵庫県大院・工, 東洋大・国際）
- 2A-1330 Personal experiences and ESG investment: Evidence from retail investors in Japan
賈 曉, 山本 裕基, ○松本 健一（東洋大, 関西大）
- 2A-1345 アクティブ・ラーニングを取り入れるリベラルアーツ科目での英語開講（EMI）環境学教育
○下ヶ橋 雅樹, KASPAREK Nick, 水島 希, 田口 陽子（叡啓大・SSD, 広大院・人）

口頭発表 2B-3「気候変動」B 会場(602/603) 12:30–14:15

座長: 今井 健一

- 2B-1230 日本における気候変動の緩和策の社会的受容
○森田 香菜子, 松本 健一 (慶應義塾大学, 東洋大学)
- 2B-1245 学校部活動における熱中症リスクとその対策による影響
○仲澤 諒人, 棟居 洋介, 金森 有子, 増井 利彦 (東京科学大 工学院,
(独) 国立環境研究所)
- 2B-1300 気候変動がアジアの食料安全保障にもたらす影響: コメを対象としたケーススタディ
○今井 健一 (大阪経法大・国際)
- 2B-1315 地域気候変動適応計画の改定に伴う計画内容の質的变化とその要因の分析
○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)
- 2B-1330 熱中症リスクに対する暑熱対策ツールの利用実態とその影響因子
○絹川 グリボスタン, 栗栖 聖 (東京大学大学院)
- 2B-1345 地域の観光における気候変動に対する脆弱性の評価
○塩谷 稀一郎, 栗栖 聖, 福士 謙介 (東京大学・工・都市工)
- 2B-1400 気候変動による洪水リスク軽減のための居住誘導における将来の土地利用およびCO₂削減の評価
○堀岡 茜李, 栗栖 聖, 福士 謙介 (東京大・工)

口頭発表 2C-3「環境政策」C 会場(703) 12:30–14:15

座長: 牧 誠也

- 2C-1230 言語の違いを考慮した研究タイトルを対象としたテキストマイニングによる環境研究の時代的変遷 —国立環境研究所における研究論文・発表タイトルを事例として
○牧 誠也 (国立環境研究所 社会システム領域)
- 2C-1245 中国における営農型太陽光発電の現状と課題 —中国浙江省の事例研究から
○徐 雨晨 (早稲田大・社会学)
- 2C-1300 社会における立場や背景理解の差異に起因する水俣病問題への態度の違い
○平松 あい, 高野 誠二 (東洋大・情報連携, 東海大・文理融合)

- 2C-1315 日本における 2050 年脱炭素社会を実現する温室効果ガス排出経路の定量化
 ○増井 利彦, 日比野 剛, 芦名 秀一, 金森 有子, シルバ・ヘラン ディエゴ, 畑 奨, 河原崎 里子 (国環研)
- 2C-1330 人口減少期のわが国における耕作放棄地活用のための農地政策とそれらが依拠する環境思想の考察
 ○澁谷 知之 (日本国際学園大・経)
- 2C-1345 社会関係資本による気候変動緩和行動の促進可能性：私的・公共領域に着目して
 ○糸井 風音, 甲斐田 直子 (筑波大学)
- 2C-1400 第六次環境基本計画策定をめぐる意見の貢献度分析：重み付けおよび可視化による定量的アプローチ
 ○石井 康平, 亀田 堯宙 (千葉大学大学院, 人間文化研究機構)

口頭発表 2D-3「資源・廃棄物」D 会場(814) 12:30-14:00

座長: 沼田 大輔

- 2D-1230 小規模自治体におけるごみ排出原単位増加の背景 ～福島県湯川村を例に～
 ○沼田 大輔, 稲月 萌, 丹野 栞里, 小野寺 翔汰, 國分 逸生, 牧野 未侑 (福島大学)
- 2D-1245 資源と環境の統合に基づく木質バイオマス供給量の将来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)
- 2D-1300 Production of Eco-feed for Poultry Using Solid Food Waste via Unsterile Aurantiochytrium sp. L3W Cultivation
 ○パムンガス ブリアン, 佐々木 元, 中井 智司, 末永 俊和, 後藤 健彦, 西嶋 渉 (広島大学)
- 2D-1315 モンゴル国ゴビ地域の牧民による灌木"ザグ"の再生行動に関する分析
 ○中村 洋, ナラントゥヤ バツク, ソドノムダルジャー デルゲルジャルガル (山口東京理科大学・共通教育センター, 早稲田大学大学院・アジア太平洋研究科, Vetemnet LCC)
- 2D-1330 Assessment and mitigation of environmental impacts in pig husbandry by maximized waste recycling
 ○李 友仁, 林 彬勒, 一杉 佑貴, 井上 和也, 利谷 翔平, 寺田 昭彦 (産業技術総合研究所, 東京農工大学)

- 2D-1345 熊本県球磨川流域における木質バイオマス資源量とエネルギー利用可能性調査
○柴田 葵, 諸熊 恵美, 石橋 康弘, 中道 隆広 (熊本県立大学 環境共生学研究科, 長崎総合科学大学 総合情報学部 生命環境工学コース)

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4日(木)12:00-13:45 (コアタイムは 12:45-13:45)

- P-1 中国における 2060 年エネルギー消費量の予測モデルー四大地域の視点からの分析ー
○劉 華偉 (千葉大学)
- P-2 社会関係資本による気候変動緩和行動の促進可能性：私的・公共領域に着目して
○糸井 風音, 甲斐田 直子 (筑波大学)
- P-3 シリコーンパッシブ法における評価可能物質の推定とリスクアセスメントへの適用
○田川 瑛梨, 宮本 睦子, 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)
- P-4 熱中症リスクに対する暑熱対策ツールの利用実態とその影響因子
○絹川 グリボスタン, 栗栖 聖 (東京大学大学院)
- P-5 モノリス型固相抽出遠心カラムを用いた PFAS の迅速前処理法の検討
○諸熊 恵美, Elwaleed Ahmed, Nguyen THI QUYNH, 小林 淳, 石橋 康弘 (熊県大院・環共, 熊県大・環共)
- P-6 第六次環境基本計画策定をめぐる意見の貢献度分析：重み付けおよび可視化による定量的アプローチ
○石井 康平, 亀田 堯宙 (千葉大学大学院, 人間文化研究機構)
- P-7 地域の観光における気候変動に対する脆弱性の評価
○塩谷 稀一郎, 栗栖 聖, 福士 謙介 (東京大学・工・都市工)
- P-8 光化学オキシダント注意報レベル予測の機械学習における高濃度時データ収集範囲の検討
○坂東 瑠輝, 亀屋 隆志 (横国大院・環)
- P-9 気候変動による洪水リスク軽減のための居住誘導における将来の土地利用および CO2 削減の評価
○堀岡 茜李, 栗栖 聖, 福士 謙介 (東京大・工)
- P-10 熊本県球磨川流域における木質バイオマス資源量とエネルギー利用可能性調査
○柴田 葵, 諸熊 恵美, 石橋 康弘, 中道 隆広 (熊本県立大学 環境共生学研究科, 長崎総科大学 総合情報学部 生命環境工学コース)
- P-11 資源回収ステーションを対象とした住民選好意識構造の比較分析
○鎌田 理玖, 藤山 淳史, 松本 亨 (北九州市大院, 北九州市大)

- P-12 送電容量制約下における再生可能エネルギー由来電力利用最大化に向けた市町村連携の可能性
○垣内 真安太, 叢 日超, 藤山 淳史, 松本 亨 (北九州市大院, 静岡文化芸術大学, 北九州市大)
- P-13 小型低流速土壌ガス吸引装置による有機塩素系溶剤汚染土壌の浄化予測モデルの検討
○鄭 桐偉, 柏 冬琳, 李 京, 小林 剛 (横浜国立大学大学院)
- P-14 プラスチックの分解と分解物の同定
○宮副 瑛輝, 諸熊 恵美, 石橋 康弘, 中道隆広 (熊本県立大学, 長崎総合科学大学)
- P-15 労働安全衛生法に基づくリスクアセスメントの精緻化に向けた VOC パッシブ法の適用
○溝渕 円香, 王 齊, 雨谷 敬史, 福島 靖弘, 鈴木 義浩, 深澤 英, 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-16 動的植物質フロー分析に基づく日本の電気貨物自動車の普及と電力需要の推計
○勝島 大, 中谷 隼, 林 徹, 山下 奈穂, 藤田 壮 (東大院・工)
- P-17 牛の消化液培養におけるカギケノリ添加のメタン削減効果
○井藤 千聖, 村山 遥人, 泉 賢一, 吉田 磨 (酪農学園大・院酪農, 酪農学園大・農食環境, 日大・生物資源)
- P-18 食品接触材中の有機フッ素化合物の濃度調査
○植松 龍也, 三国 向日葵, 野呂 和嗣, 雨谷 敬史, 三宅 祐一 (静岡県立大学大気環境研究室, 横浜国立大学)
- P-19 加熱式タバコの葉および主流煙に含まれる金属類の定量評価
○青木 遥輝, 野呂 和嗣, 雨谷 敬史 (静岡県立大学大気環境研究室)
- P-20 ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエチレンテレフタレート of 光劣化を促進する多環芳香族炭化水素類の同定
○渡辺 拓海, 滝川 哲也, 野呂 和嗣, 雨谷 敬史 (静岡県立大学)
- P-21 大気環境分野における全国規模の共同研究が地方環境研究所に与える影響の検討
○豊永 悟史 (熊本県保健環境科学研究所)
- P-22 スリランカのコロombo都市圏における都市洪水対策事業の気候変動適応効果に関する評価研究
○佐藤 一郎, アンディ・ベッセ リンバ, 成田 大樹, 小川田 大吉, 松村 明子, 余田 奈穂 (JICA 緒方貞子平和開発研究所, 東京大学大学院総合文化研究科, 日本工営株式会社)

- P-23 ハンドウイルカの肝臓及び骨格筋における水銀及びセレンの局在
○丸本 倍美, 坂本 峰至, 丸本 幸治 (国立水俣病総合研究センター)
- P-24 洪水を想定した太陽光発電の災害廃棄物発生量の推計 ―北海道を対象として―
○杉本 賢二, 上田 一嘉, 林 希一郎 (大阪公立大学, 名古屋大学)
- P-25 家計のエネルギー価格に対する脆弱性の実態把握と緩和対策の提案に関する研究
○田畑 智博, 蔡 佩宜 (神戸大・発達, 九工大・教養)
- P-26 東京都水道水質検査外部精度管理への取り組み
○木下 輝昭 (東京都健康安全研究センター)
- P-27 球磨川流域における関係価値と政策信念 ―ダム政策支持に与える影響の分析
○竈橋 一輝, 大野 智彦 (南山大学・国際教養, 名大・環境学研究科)
- P-28 ロジスティック回帰分析による日常生活における温暖化対策行動の要因分析
○尾崎 平, 檀 寛成, 北詰 恵一 (関西大学, 早稲田大学)
- P-29 タイヤ凍結粉碎試料から溶出する添加剤由来化合物の同定と高速道路型集水樹に貯留する雨水中の残留実態
○国末 達也, 田上 瑠美, 鈴木 剛, 仲山 慶 (愛媛大・先研院・沿環科研セ, 国環研・資源循環)
- P-30 製品中のデクロランプラス (DP) 分析法の検討
○古川 浩司, 後藤 恵, 前川 実優, 岡田 愛唯, 橋本 真 (三重県環境保全事業団)
- P-31 高校教育における環境化学の位置づけと大学への接続
○四ノ宮 美保 (大妻女子大・社情)
- P-32 水道水中のかび臭物質 (ジェオスミン・2-MIB) の固相抽出-LC/MS/MS 分析法の検討
○小林 憲弘, 土屋 裕子, 内山 奈穂子 (国立医薬品食品衛生研究所)
- P-33 不飽和土壌中の揮発性有機化合物の自然浄化による浄化可能性の検討
○小林 剛, 島 生成, 鄭 桐偉, 李 京 (横浜国立大学)
- P-34 貿易による産業別生産性変化が GHG 排出量に及ぼす影響
○赤堀 弘和 (北大・農)
- P-35 河川中の PFAS の濃度および残留性調査
○石川 奈緒, 山木 柚希, 伊藤 来夢, 横田 拓海, 笹本 誠, 鳴海 貴之, 竹花 和浩, 伊藤 歩 (岩手大学)

- P-36 大学生の不用衣類の排出・リユース行動に影響する要因の検討
○前田 洋枝（南山大・総政）
- P-37 子ども服の循環利用の取り組み：クリーニング業界と市民団体の事例から
○吉田 綾, 細井 山豊, 兼澤 真吾, 萩原 理史, 加山 俊也（国立環境研究所, 東大・新領域, 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング）
- P-38 脱炭素化経営に関する企業意識調査 ―地中熱・再エネ熱普及方法論研究の一環として―
○富樫 聡, 島田 佑太朗（産総研）
- P-39 水俣湾周辺地区住民健康調査を用いた水俣病(疑い)の同定に関する研究
○西村 康希, 栗原 大和, 中井 里史（横浜国大・理工, 横浜国大・環境情報）
- P-40 日本の各地域における大気汚染物質の長期的な削減に関する評価：汚染物質の地域間移動の動態を考慮した政策シミュレーション分析
○成田 大樹, 小松 英司, 森川 多津子, 早崎 将光, 山田 大地（東京大学大学院総合文化研究科, 環境創生科学研究所, 日本自動車研究所, 広島大学）
- P-41 都市域における統合的エリアエネルギーマネジメントモデルの開発
○平野 勇二郎, 吉田 崇紘, 村上 大輔, 瀬谷 創, 山形 与志樹（国立環境研究所, 東京大学, 統計数理研究所, 神戸大学, 慶應大学）
- P-42 集水域に着目した土砂災害の動的リスク予測による警戒情報の精緻化
○田中 優也, 後藤 真太郎（立正大・地球環境）
- P-43 大阪湾のスナメリに対する海洋プラスチックと餌生物を介した PAHs 曝露量の推定：POPs との比較解析
○須之内 朋哉, 国末 達也（愛媛大・先研院・沿環科研セ）
- P-44 養殖スマを対象とした水銀・PCBs 蓄積に関与する要因分析
○須之内 朋哉, 斎藤 大樹, 後藤 理恵, 国末 達也（愛媛大・先研院・沿環科研セ, 愛媛大・南水研セ）
- P-45 UV-LED による微生物不活化性能評価
○張 揚, 猶原 順, 寺田 貢優, 川北 偉央, 李 唐（岡山理大・理工）
- P-46 循環型農業の実現に向けた光触媒窒素変換技術を用いた即効性バイオ液肥の開発
○三原 千穂, 徳村 雅弘, 牧野 正和, 矢部 光保,（静岡県立大学, 九州大学）

- P-47 安心安全なサーキュラーエコノミーの実現に向けた再生プラスチック原料の品質評価スキームの検討
○酒井 颯大, 徳村 雅弘, 榎本 剛司, 牧野 正和, 達 晃一, 篠原 直秀, 藤本 健, 古藤 野枝, 森住 理海 (静岡県立大学, いすゞ自動車, 産総研, ソルトラボ石垣島, カヤックゼロ)
- P-48 加熱式タバコの主流煙に含まれる硝酸、亜硝酸、タバコ特異的ニトロソアミンの定量評価とリスク評価
○永長 愛華, 野呂 和嗣, 雨谷 敬史 (静岡県大・薬食)
- P-49 河道内植生のバイオマス発電利用における課題分析
○山本 千裕, 栗栖 聖, 羽合 佳範, 伊達 貴彦, 福士 謙介 (東京大学・工, 住友商事)
- P-50 都心部における緑地環境への期待とポケットパークの実態 ―神戸市と大阪市を事例として―
○周 熙智, 大野 朋子 (神戸大学大学院)
- P-51 Study on Teacher Perception and Teaching Materials in Environmental Education: A Case Study at Upper Secondary Schools in Cambodia
○タック クンティア, 荒巻 俊也 (東洋大学)
- P-52 粒径の異なるナノサイズ粒子の同時曝露による細胞侵入量評価
○大西 諒, 高井 さつき, 長屋 太樹, 福田 絵美, 松井 康人 (京都大学 安全衛生・エネルギー管理工学分野)
- P-53 気相及び液相ナノ粒子の培養液中におけるゼータ電位の変化に関する研究
○下山 剛輝, 高井 さつき, 長屋 太樹, 福田 絵美, 松井 康人 (京都大学 安全衛生・エネルギー管理工学分野)
- P-54 水俣湾及び近隣に生息する魚類における水銀及びセレン濃度調査
○小坂 寧々, 柳生 佐保, 丸本 倍美, 丸本 幸治 (水俣高等学校, 国立水俣病総合研究センター)
- P-55 メチル水銀に対する認識調査及び正しく理解するための手法としての毛髪水銀濃度測定
○神崎 愛琉, 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-56 麦に対する PFAS の毒性予測への生体結合モデル (BLM) の拡張
○坂本 あかね, 庄司 良 (東京高専)
- P-57 異なる植生の土壌中から抽出したフミン酸が銅のオオミジンコに対する毒性に与える影響
○永島 双葉, 庄司 良 (東京工業高等専門学校)

- P-58 二枚貝の軟組織に適用可能な PFAS 分析法の確立と瀬戸内海沿岸域のモニタリング調査
○安原 芽生, 田上 瑠美, 国末 達也 (愛媛大・先研院・沿環科研セ)
- P-59 未利用エネルギー「浸透圧発電」の経済技術性評価
○渡邊 琴弓, 島 弘幸 (山梨大学)
- P-60 スミレ属ミヤマスミレ節内の種間関係を探る
○山本 純也 (小野高校)
- P-61 循環型農業を目指した牛ふん由来バイオ液肥の施用効果に関する実証的研究ー作物の品質・食味および土壌成分への影響評価ー
○河村 怜夏, 徳村 雅弘, 占部 杏珠, 大槻 尚子, 市川 陽子, 若林 敬二, 牧野 正和, 川島 芳郎, 小室 直義, 永田 浩章, 西山 靖紀 (静岡県立大学, 合同会社富士山朝霧 Biomass, ながたファーム, 合同会社アグリノ)
- P-62 パイナップル葉由来の繊維生産と副産物利用におけるライフサイクル評価
○中本 采那, 兵法 彩 (都市大・環)
- P-63 建築ストックの代謝率に基づく都市資源フロー分析
○伴 咲穂, 長谷川 正利, 白川 博章, 谷川 寛樹 (名大・工, 名大・環境)
- P-64 ツバメの営巣環境から捉えた都市住民の心地よい緑地と生活環境へのまちづくり提案
○松田 卓也, 大野 朋子 (神戸大学・国際人間, 神戸大学大学院)
- P-65 全国道路橋を対象とした物質ストック量と劣化リスクの空間的把握
佐々木 文海, 長谷川 正利, 白川 博章, 谷川 寛樹 (名大・工, 名大・環境)
- P-66 航空写真を利用した都市未利用バイオマス資源の空間分布の把握とその有効活用可能性について
○片岡 俊哉, 中村 勇斗, 長谷川 正利, 長尾 征洋, 白川 博章, 谷川 寛樹 (名古屋大学)
- P-67 桜島や指宿での自作装置を用いた火山ガスや温泉水の組成変動観測
○茶屋道 玲 (池田学園池田高等学校)
- P-68 環境行政における女性管理職のキャリア形成
○児島 未来, 兵法 彩, 森 朋子 (東京都市大・環境, 立教大)

企画シンポジウム

シンポジウムー1 9月4日（木） A会場（503） 9：30 ～ 12：00

「水インフラに見る人々の暮らしと価値観」

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：中村高志（山梨大学）准教授

趣旨説明： 健全な水環境の保全に向けたインフラ施設の適切な維持管理は、喫緊の課題である。近年、水インフラの維持管理に向けた地域社会の住民参画が重要視されつつあり、水インフラ施設に対する人々の価値観や考えを明らかにする必要がある。そこで、衛生工学、環境学、リスク学、水文学、土木計画学、文化人類学など様々な分野の観点から、未来の水インフラ施設とコミュニティの関わりのありかたを議論する。

講演者：①「水への誇りの要因と水インフラ投資への関心との関連：自由記述と量的分析による探索的検討」

○村上道夫（大阪大学）教授、中村晋一郎、笹川みちる、橋本淳司、沖大幹

②「ポストヒューマンの人類学から考える水インフラ：技術・自然・社会の交差」

○難波美芸（鹿児島大学）講師

③「ステークホルダーの視点から考える水インフラ」

○飛野智宏（東京大学）准教授

④「社会水文学におけるインフラ：固定されたインフラと変化するインフラ」

○中村晋一郎（名古屋大学）准教授

⑤「水のブリコラージュ～時・場・人の間と揺らぎ」

○西田継（山梨大学）教授、中村高志、山本有彩、

Kabinga Shepherd Mususu、朝隈慎悟

⑥「まちづくりの拠り所としての水インフラ」

○田中尚人（熊本大学）准教授

総合討論

コメンテータ：原美登里（立正大学）准教授

司会：村上道夫（大阪大学）教授、中村高志（山梨大学）准教授

「脱炭素実現に向けた CCS 普及策の学際的研究」

プロジェクト名：住友財団環境研究助成

「CCS 普及へのカーボンプライシングとサステナブルファイナンスの学際的・国際共同研究」

オーガナイザー 有村俊秀（早稲田大学）教授

鷲津明由（早稲田大学）教授

挨拶：有村俊秀（早稲田大学）教授

趣旨説明：2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、二酸化炭素回収・貯留（CCS）の役割が注目されている。しかし、CCS自体は経済的価値を生み出さず、かつ費用が膨大なため、様々な政策がなければ導入されない。日本でもCCS事業法が制定され、その方向性は示されているが、実際にカーボンニュートラル達成に向けて十分な量のCCS導入が実現するかは明らかではない。そこで、本シンポジウムでは、CCSの技術的課題、経済的、社会的課題に対して、工学、経済学、ファイナンス等を中心に学際的にアプローチする。具体的には、それぞれの分野から研究報告を行い、今後の政策の方向性を議論する。

講演者：①「日豪 JCM の実現に向けた可能性と課題—豪州における CCS・CCUS プロジェクトを事例として」

森村将平（早稲田大学環境経済・経営研究所）招聘研究員

共著者：有村俊秀（早稲田大学）教授

②「火力発電所への CO₂ 分離回収適用における産業連関分析のための資本費推算」

風間政弥（早稲田大学創造理工学研究科）

③「火力発電所における CCS 導入効果の産業連関分析に向けて：地域間次世代エネルギーシステム分析用産業連関表の応用」

鷲津明由（早稲田大学）教授

共著者：板明果（東北学院大学）准教授

④「CCS 及び CCUS を推進する財務的意思決定基準及びサステナブルファイナンスの一考察」

伊藤晴祥（青山学院大学）教授

総合討論

司会：有村俊秀（早稲田大学）教授

「『社会的質』の高いサステナビリティの実現～安全保障、包摂、結束、エンパワーメントの観点から」

オーガナイザー 白井信雄(武蔵野大学)教授
水谷香織(名古屋学院大学)准教授

挨拶：白井信雄(武蔵野大学)教授

趣旨説明：ゼロカーボンに向けた気候市民会議や子どもの権利の観点からの気候変動政策への子どもの参加等の動きが活発化している。こうした動きは、持続可能な社会の規範に「社会的質」という規範を付与するものとして注目される。欧州の研究では安全保障、包摂、結束、エンパワーメントの観点から社会的質の具体化を行っている。本シンポジウムでは、気候変動等の環境対策の目標に「社会的質」の向上という観点を付与していくことを提案とし、その目標実現に向けた理論と実践手法を共有し、広く意見交換を行う。本シンポジウムが、環境科学会はもとより、日本国内の研究者、行政や企業の担当者、市民活動家における「社会的質」の議論の活性化と実践的な連携のきっかけになることを願う。なお、講演者は2023年に開設した武蔵野大学サステナビリティ学科の教員、非常勤講師、客員研究員、大学院卒業生で構成する。

- 講演者：①「『社会的なるもの』の質を重視する理由と具体的な条件」
白井信雄(武蔵野大学)教授
②「ミニ・パブリックスの実践としての気候市民会議」
川端圭子(武蔵野大学)
③「シビックアクションと気候変動教育」
森朋子(立教大学)准教授
④「コミュニティ緑化活動によるエンパワーメント」
村山佳子(武蔵野大学)
⑤「合意形成と社会づくり」
水谷香織(名古屋学院大学)准教授

総合討論

司会：水谷香織(名古屋学院大学)准教授

「営農型太陽光発電による食糧生産の持続可能性の確保」

プロジェクト名：JST/RISTEX Solve for SDGs「ソーラーシェアリングを活用した自立型脱炭素スマート農地の確立と展開」

オーガナイザー 倉阪秀史（千葉大学）教授

馬上丈司（千葉エコ・エネルギー株式会社）代表取締役社長

挨拶：倉阪秀史（千葉大学）教授

趣旨説明： 「脱炭素スマート農地」研究は、営農型太陽光発電で得られる電力と、電化された各種スマート農業機器を組み合わせることによって、経営的にもエネルギー的にも自立した持続可能な農業経営を確立することを目的とする。これまで、畑作と稲作の実験サイトにおいて、パネル内外での収穫量比較、パネル下におけるスマート農業の可能性検討、パネル内外での労働環境比較、全国の農業委員会調査、パネルの電力を活用した収量増加策の検討、パネル電力による食料生産の持続可能性の検討、学生による実習プログラムの実施などを進めてきた。本シンポジウムは、その成果と課題について確認し、今後の方向性を議論しようとするものである。

講演者：①「脱炭素スマート農地研究のねらいと到達点」

倉阪秀史（千葉大学）

②「ソーラーシェアリングをとりまく政策の現状」

馬上丈司（千葉エコ・エネルギー）

③「ソーラーシェアリングのパネル内外での作物の生育状況の比較」

丸山紀子（千葉大学）

④「市町村別の食糧生産にかかるエネルギー消費量の推計とソーラーシェアリングによる自給可能性」

李想（千葉大学）

⑤「ソーラーシェアリングに関する科学技術社会論からのアプローチ」

立花浩司（千葉エコ・エネルギー株式会社）

総合討論 討論者

「合意形成の観点から」

竹内彩乃（東邦大学）

「自然と共生するカーボンニュートラル地域の実現の観点から」

河本光明（広島大学）

「市町村別のエネルギー消費量の推計の観点から」

石河正寛（住環境計画研究所）

司会：馬上丈司（千葉エコ・エネルギー株式会社）

学術賞受賞記念シンポジウム「どうすれば環境ボランティアを増やせるのか？」

オーガナイザー 森 保文（国立環境研究所）シニア研究員
前田恭伸（静岡大学）教授

挨拶：森 保文（国立環境研究所）シニア研究員

趣旨説明： 環境問題の解決におけるボランティアの重要性は、今や議論の余地がない。しかし、多くの非営利活動団体などがボランティア獲得に努めているにもかかわらず、ボランティア不足は依然として課題となっている。そこで本シンポジウムでは、ボランティアと団体をマッチングする情報システム、中間支援組織からみた課題、および広島での具体的事例（里山保全活動・環境ボランティア活動のネットワーク化と動員）を踏まえて、ボランティア活動参加の促進に関する研究の方向性を探る。

講演者：①「ボランティア活動参加の機構に基づく募集のあり方」

森 保文（国立環境研究所）シニア研究員

②「東広島市の里山保全活動における参加者の動員とネットワーク」

浅野敏久（広島大学）教授

③「環境ボランティア活動のネットワーク化の効果」

小倉亜紗美（呉工業高等専門学校）准教授

④「ボランティアと団体をマッチングする情報システムの可能性」

前田恭伸（静岡大学）教授

⑤「中間支援組織から見たボランティアと団体の現状」

犬塚裕雅（一般社団法人 CAT）代表理事

総合討論

司 会：犬塚裕雅（一般社団法人 CAT）代表理事

「再生プラスチックに関する循環経済システムの構築に向けた課題とその研究動向」

プロジェクト名：第3期戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)課題

「サーキュラーエコノミーシステムの構築」

オーガナイザー 小島直也(産業技術総合研究所) 主任研究員

田畑智博(神戸大学) 准教授

挨拶：小島直也(産業技術総合研究所) 主任研究員

趣旨説明： 従来型の線型経済から、持続可能な形で資源を利用する循環経済(サーキュラーエコノミー)への移行を通じて、低炭素化、資源の有効活用・安定供給、廃棄物の適正処理、関連分野における投資・イノベーションの促進など様々な成果が期待される。一方、その実現には GHG 削減効果の評価や可視化、安全性の確保、産官学民が協力したプラスチック収集システムの構築、消費者行動変容、などの課題を乗り越える必要がある。本シンポジウムでは、再生プラスチックに着目し、循環経済システムの構築にかかる多様な課題とその課題解決のための研究事例を紹介する。総合討論では、各研究事例にとどまらず、目指すべき循環経済像や必要な科学的アプローチについて議論する。

講演者：①「神戸市における産官学民連携の取り組み」

高瀬 晴太(アマタホールディングス) 社会デザイン事業開発マネージャー

②再生プラスチック製品に対する消費者の抵抗感把握のための調査」

田畑智博(神戸大学) 准教授

③「プラスチック利用に関する消費者行動の類型化と普及要因」

甲斐田直子(筑波大学) 准教授

④「循環意識・行動変容のトリガーとなる展示とワークショップデザイン

—京都里山 SDGs ことすプラススクールを事例に—」

塩瀬 隆之(京都大学) 准教授

⑤「廃棄プラスチックのリサイクル工程の評価」

片岡 祥(産業技術総合研究所) 研究主幹

⑥「再生プラスチックに含まれる化学物質の安全性評価

および評価手法の事業者への展開」

小島直也(産業技術総合研究所) 主任研究員

総合討論

司会：田畑智博(神戸大学大学院人間発達環境学研究科) 准教授

シンポジウムー7 9月5日(金) B会場(602/603) 9:00～11:30

「持続可能な食システムに向けて」

プロジェクト名: JST SICORP e-Asia 共同研究プログラム

「脱炭素型食システムのためのAIによる支援ツール開発」

オーガナイザー 天沢逸里(早稲田大学) 准教授

栗栖聖(東京大学) 准教授

挨拶: 天沢逸里(早稲田大学) 准教授

趣旨説明: 人が食べたい時に、食べたいものを食べることができる現状の食システムは、地球環境や社会経済格差を犠牲にして成り立っている。持続可能な食システムの実現に向けて多様な対策が講じられているが、食システム起因の環境負荷は増加の傾向を辿り、社会経済格差が是正される兆しはなかなか見えない。本シンポジウムでは、現代の持続可能な食システムに向けた課題と機会を議論することを目的に、異なる分野とライフサイクル段階における持続可能性をテーマとした研究事例をご講演いただく。講演から、食材の生産から流通、飲食店や小売、そして消費者の選択における課題を理解した上で、課題解決に向けた連携とその機会を討論する。

講演者: ①「都市と離島の環境負荷分析から見てきた食のサステナビリティ」

兵法彩(東京都市大学) 准教授

②「藻場回復に向けた藻食性未利用魚の有効利用」

光斎翔貴(立命館大学) 准教授

③「畜産システムを対象とした環境側面の評価事例」

菱沼竜男(宇都宮大学) 准教授

④「飲食店の食材調達とメニュー開発における意思決定から探索する脱炭素への機会」

鈴木智子(早稲田大学) 研究補助者

⑤「消費者の食品購買行動における動機の分析」

WU Yinglei(東京大学) 研究員

総合討論

司会: 栗栖聖(東京大学) 准教授

「スクリーニング分析を用いた環境および水質モニタリングの新展開」

オーガナイザー 小林憲弘(国立衛研) 室長

坂田脩(埼玉県) 総務・疾病対策担当

趣旨説明：環境や水道水で監視が必要な化学物質は数多く存在する一方、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。また、検査に用いるキャリアーガスの供給不足や価格高騰により、代替キャリアーガスを用いた分析技術も必要とされている。本シンポジウムでは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」の環境や水道水への適用に関して、代替キャリアーガスを用いた手法を含めた研究開発の進捗状況について報告するとともに、今後の課題について議論する。

講演者：①「スクリーニング分析を用いた水道水中農薬のモニタリングに関する研究の進捗と今後の展開」

小林憲弘(国立医薬品食品衛生研究所) 室長

②「水道及び河川水におけるスクリーニング分析法の文献調査」

坂田脩(埼玉県) 総務・疾病対策担当

③「ヘリウム代替キャリアーガスを用いたGC/MSによる有機汚染物質のスクリーニング法と確定分析法の提案」

古閑豊和(福岡県保健環境研究所) 専門研究員

④「農薬スクリーニングを目的としたGC/MS用AIQS-DBの性能比較とその活用事例」

大窪かおり(佐賀県衛生薬業センター) 課長

⑤「水道水および環境水中の農薬類に対するLC/MS系装置を活用したスクリーニング分析の実用化に向けた課題と解決策」

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・坂田 脩

2025 年度表彰報告

表 彰 委 員 会

2025 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，2025 年 9 月 4 日(木) ～ 5 日(金) に叡啓大学で開催される環境科学会 2025 年会でご講演いただき，表彰式で表彰します。

学会賞：該当なし

学術賞（1 名）

森保文（国立環境研究所・シニア研究員）

表彰課題：市民・企業の自主的な環境活動の要因と戦略に関する研究

奨励賞（1 名）

牧誠也（国立環境研究所・主任研究員）

表彰課題：空間情報を用いた資源の需給ポテンシャル解析に関する研究

論文賞（1 編）

森口暢人*，伊藤理彩*，東海明宏*

(* 大阪大学)

対象論文：土砂災害警戒区域内に立地する PRTR 対象事業所における Natech リスクの抽出

環境科学会誌, 35 巻 6 号, 355-376 (2022)

【選考経過等】

環境科学会では，学会規程により，環境科学分野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，環境科学会誌に優れた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 2025 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 2024 年 12 月 2 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，2025 年 1 月 27 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 2025 年 2 月 10 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，2026 年度表彰について，受賞候補者の推薦を，2025 年 12 月初旬あたりを締切として会員の皆様をお願いする予定であることを記して，2025 年度表彰報告と致します。

【2025 年度表彰委員会（2025.3～2026.3）】

委員長	松本亨	北九州市立大学
理事	小林剛	横浜国立大学
	田畑智博	神戸大学
幹事	沼田大輔	福島大学
	徳村雅弘	静岡県立大学
委員	大野朋子	神戸大学
	甲斐田直子	筑波大学

小島直也	産業技術総合研究所
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
藤森真一郎	京都大学
増原直樹	兵庫県立大学

[2025 年度の各賞受賞者]

学術賞

受賞者氏名：森 保文（もり やすふみ）

表彰課題：市民・企業の自主的な環境活動の要因と戦略
に関する研究

所属・職：国立環境研究所・シニア研究員

専門分野：工学，心理学，農学

略歴：

1992 年 筑波大学第二学群卒業，博士（農学）

1994 年 国立環境研究所 社会環境システム領域 主任研究員

2013 年 国立環境研究所 社会環境システム研究センター 主席
研究員

2022 年 国立環境研究所 社会システム領域 シニア研究員
（現在に至る）



森 保文
（もり やすふみ）

表彰理由：

森保文氏は、主に市民・企業の自主的な環境活動への参加の要因について、アンケートやインタビュー調査などによって明らかにした成果を環境科学会誌において多く公表し、ISO14001 や環境ボランティアのリクルート戦略など、メッセージ性のある論文を多く執筆してきた。その成果は、科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞などの形で結実している。このように、森氏のユニークかつ一貫した着実な研究蓄積と成果の社会還元は、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. Mori Y., Asano T., Maeda Y., Effects of Intention, Attitude, Social Pressure, Moral Norm, and Perceived Cost on Volunteering -Applying the Theory of Planned Behavior-, 環境科学会誌, 37 巻 3 号, 80-91 (2024)
2. Mori Y., Asano T., Maeda Y., Are Social Network Services Effective for Recruiting Volunteers?, 環境科学会誌, 32 巻 6 号, 204-213 (2019)
3. 森保文, 前田恭伸, 浅野敏久, 清掃活動とスポーツの組み合わせがボランティア募集に与える影響, 環境科学会誌, 28 巻 3 号, 230-240 (2015)
4. Mori Y., Mori K., Inuduka H., Maeda Y., Asano T., Sugiura S., Determinants of Volunteering based on a Theory of Volunteer Opportunity, 環境科学会誌, 21 巻 5 号, 391-402 (2008)
5. 森保文, Welch E.W., 中小の事業所における ISO14001 審査登録の動機と排出削減目標に対する効果, 環境科学会誌, 20 巻 2 号, 87-94 (2007)
6. 森保文, Welch E.W., 吉田早苗, ISO14001 を含む環境マネジメント手法の環境負荷管理への影響, 環境科学会誌, 18 巻 3 号, 277-289 (2005)
7. 森保文, 寺園淳, 酒井美里, 乙間末廣, ISO14001 審査登録企業の環境面への取り組みおよび環境パフォーマンスの現状, 環境科学会誌, 13 巻 2 号, 193-204 (2000)
8. 浅野敏久, 前田恭伸, 森保文, 犬塚裕雅, コロナ禍により顕在化した環境市民団体の情報化対応をみる地理学的視点 -「環境パートナーひろしま」構成団体の事例から-, 地理科学, 79 巻 1 号, 1-23 (2024)
9. Mori Y., Asano T., Maeda Y., Which is the Key for Participation in Volunteer Activities, Factors of Demographic, Psychology, or Related to Being Asked?, Journal of Human and Environmental Symbiosis, 39(1), 55-65 (2023)
10. 前田恭伸, 森保文, 浅野敏久, 犬塚裕雅, 市民活動のためのボランティア募集と ICT 利用についての実態調査, エコミュージウム研究, 25 巻, 80-86 (2021)
11. Mori Y., Asano T., Maeda Y., What Prompts Volunteer Activity - Choice or Coincidence? Impact of Perceived Cost-Benefit and Information Source on Participation, The Nonprofit Review, 19(1&2), 101-109 (2019)

12. 森保文, 根本和宜, 中村省吾, 犬塚裕雅, 二酸化炭素排出量削減と地域経済への影響に基づく森林バイオマス利用システムの比較 -未利用材を用いた熱利用および発電-, エネルギー・資源, 38 巻 5 号, 19-26 (2017)
13. 根本和宜, 中村省吾, 森保文, 家庭向け木質バイオマス燃焼機器の普及と燃料消費量, 林業経済研究, 63 巻 3 号, 82-91 (2017)
14. Nemoto K., Inuzuka H., Nakamura S., Mori Y., Supply Chain Analysis for Determining the Requirements for Continuous Woody Biomass Energy Utilization Systems: Comparison of the Actual Management Conditions in Japan, International Journal of Environmental and Rural Development, 8(1), 203-209 (2017)
15. 森保文, 根本和宜, 前田恭伸, 浅野敏久, 伊藝直哉, 環境配慮行動に与えた東日本大震災の影響とその機構, 環境共生, 24 巻, 43-53 (2014)
16. 森保文, 金子拓郎, 田崎悟, 根本和宜, 小松恭子, コンビニ店におけるレジ袋利用の現状と決定要因, エネルギー・資源, 33 巻, 283-286 (2012)
17. 杉浦正吾, 幡谷祐一, 森保文, 根本和宜, 水野谷剛, 内田晋, 小松恭子, 氷鮑揚四郎, 環境コミュニケーション効果の測定 -鹿島アントラーズ・エコプログラムを事例に-, 環境共生, 17 巻, 121-130 (2010)
18. 森保文, 森賢三, 犬塚裕雅, 前田恭伸, 浅野敏久, 杉浦正吾, 参加したいボランティア活動の種類と動機の関係, The Nonprofit Review, 10 巻 1 号, 1-11 (2010)
19. Mori Y., Eric W. Welch, The ISO 14001 Environmental Management Standard in Japan: Results from a National Survey of Facilities in Four Industries, Journal of Environmental Planning and Management., 51 巻 3 号, 421-445 (2008)
20. 森保文, 前田恭伸, 浅野敏久, 井田国宏, ボランティア参加のコスト・ベネフィット -佐鳴湖浄化のためのヨシ刈りを例として-, 環境システム研究論文集, 36 巻, 483-489 (2008)

など多数

【書籍】

1. NPO NGO 事典 - 市民社会の最新情報とキーワード, 山内直人, 田中敬文, 奥山尚子編 (分担執筆範囲: 第2部 NPO・NGO キーワード), 大阪大学 NPO 研究情報センター (2012)
2. NPO 白書 2007, 山内直人, 田中敬文, 河井考仁, 奥山尚子編 (分担執筆範囲: 6.環境 NPO), 大阪大学 NPO 研究情報センター (2007)

奨励賞

受賞者氏名：牧 誠也（まき せいや）

表彰課題：空間情報を用いた資源の需給ポテンシャル解析
に関する研究

所属・職：国立環境研究所・主任研究員

専門分野：環境システム工学

略歴：

2010 年 明治大学農学部 卒業

2012 年 東京大学大学院 工学系研究科 修士課程 修了

2015 年 東京大学大学院 工学系研究科 博士課程
単位取得退学

2015 年 東京大学大学院 博士(工学) 取得

2016 年 国立環境研究所 社会システムセンター特別研究員

2019 年 国立環境研究所 社会システム領域 研究員

2023 年 国立環境研究所 社会システム領域 主任研究員
(現在に至る)



牧 誠也
(まき せいや)

表彰理由：

牧誠也氏は、空間情報を用いることで資源の需給ポテンシャルなどを解析し、環境政策に資する研究を行っており、近年では、空間的な廃棄物発生量推計をもとにした資源循環利用計画の策定を支援するシステムやほかの循環資源への拡張方法の開発を進めている。環境科学会誌では、水利用システムにおける多面的な評価軸を用いて多様な利害関係者間の合意形成を支援する方法を提案した研究、空間的かつ組成別に詳細に廃棄物の発生状況を推計した研究を筆頭著者として報告した他、都市施設ごとのエネルギー需要の評価・推計などを国際誌にて発表している。このように、社会的要請の高い研究テーマに焦点を当て、数値解析・システム分析に基づいた政策支援に資する研究を幅広く行っており、その成果は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. 牧誠也, 大西悟, 藤井実, 河井紘輔, 後藤尚弘, 焼却施設の廃棄物組成と家計消費額のデータ結合による全国レベルでの家計消費額当たり組成別廃棄物発生量原単位推計法の開発, 環境科学会誌, 37 巻 1 号, 1-14 (2024)
2. 牧誠也, 中谷隼, 栗栖聖, 花木啓祐, 多目的最適化された代替案を用いた水利用システム計画の段階的合意形成支援法, 環境科学会誌, 29 巻 6 号, 283-295 (2016)

【論文】

1. 藤井実, 大西悟, 牧誠也, 岡寺智大, 後藤尚弘, 廃棄物焼却熱の産業での活用を推進するための情報共有と安定需給に関する検討, 環境科学会誌, 35 巻 5 号, 282-291 (2022)
2. Maki S., Fujii M., Tsuyoshi Fujita, Shiraishi Y, Ashina S., Gomi K., Sun L., Nugroho S.B., Nakano R., Osawa T., Immanuel G., Boer R., A Deep Reinforced Learning Spatiotemporal Energy Demand Estimation System using Deep Learning and Electricity Demand Monitoring Data, Applied Energy, 324, 119652 (2022)
3. Maki S., Ohnishi S., Fujii M., Naohiro G., Lu S., Using Waste to Supply Steam for Industry Transition: Selection of Target Industries through Economic Evaluation and Statistical Analysis, Journal of Industrial Ecology, 26, 1475-1486 (2022)
4. 平野勇二郎, 牧誠也, 中村省吾, 藤田壮, 福島県新地町における統合的エネルギーモニタリング解析と電力消費量推定手法の構築, 地球環境, 27 巻 1 号, 31-40 (2022)
5. Maki S., Ohnishi S., Fujii M., Goto N., Sun L., Technical and Economic Analysis of Potential Steam Supply from Waste Treatment Plants to Industries in Aichi Prefecture, Japan,

Optimization and Engineering, 22, 1755-1782 (2021)

6. Fujii M., Dou Y., Sun L., Ohnishi S., Maki S., Dong H., Dong L., Chandran R., Contribution to a Low-Carbon Society from Improving Exergy of Waste-to-Energy System by Upgrading Utilization of Waste, Resources, Conservation & Recycling, 149, 586-594 (2019)
7. 牧誠也, 大西悟, 藤井実, 後藤尚弘, 五味馨, 地域特性を考慮した収集運搬による費用・CO₂ 排出量推計のための修正グリッドシティモデルの開発ー愛知県を対象としたケーススタディー, 廃棄物資源循環学会論文誌, 30 巻, 153-165 (2019)
8. Maki S., Chandran R., Fujii M., Fujita T., Shiraishi Y., Ashina S., Yabe N., Innovative Information and Communication Technology (ICT) System for Energy Management of Public Utilities in a Post-Disaster Region: Case Study of a Wastewater Treatment Plant in Fukushima, Journal of Cleaner Production, 233(1), 1425-1436 (2019)
9. Chandran R., Fujita T., Fujii M., Ashina S., Gomi K., Boer R., Ardiansyah M., Maki S., Expert Networks as Science-Policy Interlocutors in the Implementation of a Monitoring Reporting and Verification (MRV) System, Frontiers in Energy, 12, 376-388 (2018)
10. Maki S., Ashina S., Fujii M., Fujita T., Norio Y., Kenji U., Gito G., Rizaldi B., Chandran R., Employing Electricity-Consumption Monitoring Systems and Integrative Time-Series Analysis Models: A Case Study in Bogor, Indonesia, Frontiers in Energy, 12, 426-439 (2018)
11. 牧誠也, 藤井実, 藤田壮, 白石靖, 芦名秀一, インドネシア産業施設のエネルギー消費量計測システムとエネルギー解析モデルの開発, 土木学会論文集 G(環境), 74 巻 6 号, II_73-II_83 (2018)
12. 牧誠也, 芦名秀一, 藤井実, 内田賢志, 相沢研吾, 藤田壮, Chandran Remi, インドネシアの民生部門への電力消費観測システム導入および多変量時系列モデルによる電力消費量予測, 土木学会論文集 G(環境), 73 巻 6 号, II_35-II_43 (2017)
13. Dou Y., Fujii M., Fujita T. Gomi K., Maki S., Tanikawa H., Potential of Waste Heat Exchange Considering Industrial Location Changes: A Case of Shintchi-Soma Region in Fukushima, Japan, 土木学会論文集 G(環境), 73 巻 6 号, II_353-II_363 (2017)
14. 五味馨, 藤田壮, 岡島優人, 越智雄輝, 文屋信太郎, 牧誠也, Dou Yi, 井上剛, 古明地哲夫, 大島英幹, 将来空間分布の影響を考慮した低炭素対策の導入可能性評価手法の開発, 土木学会論文集 G (環境), 73 巻 6 号, II_343-II_352 (2017)
15. Maki S., Fujii M., Murasaki M., Ohtagaki T., Manabe K. (2025) : Verification Experiments on CO₂ Reduction Planning from the Estimated Waste Collection Amount at Waste Stations Using Waste Collection Vehicle Route Log Data, Waste Management, 200, 114756

など多数

論文賞

受章者氏名：森口暢人*，伊藤理彩*，東海明宏*

対象論文：土砂災害警戒区域内に立地する PRTR 対象事業所における Natech リスクの抽出, 2022 年 35 巻 6 号, 355-376

受賞論文における所属：* 大阪大学

表彰理由：

本論文は、全国の PRTR 対象事業所における土砂災害リスクを定性的に評価し、クラスター分析などを用いて分類している。これにより、優先的に調査すべき事業所を特定し、事前対策を実施するための有益な知見が提供されている。新規性と独自性の高いアプローチが採られ、丁寧な検討が積み重ねられている。災害の増加が懸念される中で、時宜を得た有用な研究であり、環境科学の分野で将来性も期待できる。以上の理由から、本論文は本会の論文賞に値すると考えられる。



森口 暢人
(もりぐち のぶと)



伊藤 理彩
(いとう りさ)



東海 明宏
(とうかい あきひろ)

口 頭 発 表

9 月 4 日 (木)

生協店舗における食品ロス発生部門別要因分析

Analysis on Factors for Food Loss Emission in 20 Shops of Local Cooperative Organization

兵庫県立大・環境人間 ○増原 直樹, 松林 勇希

1. はじめに

日本の食品ロス発生量は、事業系・家庭系ともに年々減少傾向にある。一方で、依然として大量の食品ロスは環境に負荷を与え、経済等にも悪影響を与え続けている。そこで、本研究では、事業系の例として生協店舗の食品ロス発生要因を部門別に分析し、更なるロス抑制に向けた対策を検討、提案することを目的として設定する。

2. コープこうべの食品ロス対策

研究対象であるコープこうべでこれまで実施された主な取組みは、フードドライブ、「てまえどり」である。前者は2021年4月よりコープミニを除く全ての店舗で常時受付が開始され、共同購入センターでも年2回、集中受付キャンペーンを実施している。後者は期限の近い食品や値引き品を購入する呼びかけを2018年から神戸市と連携して行い、2022年の新語流行語大賞を受賞するなど、先駆的な取組みとして知られる。その他にも、国内の食品ロスの約半数が家庭から発生している背景に鑑み、学習会、イベント等の啓発活動も実施されている。

3. 研究方法

コープこうべの担当部署と協議し、今回は神戸市内のコープミニ20店舗を対象とした。

データの取得期間は、2023年7月～2024年6月の1年間とし、各店舗の基礎データ（立地、坪当たり客数、営業時間数、駐車台数）、部門別POS集計データを得た。

2024年7月、本部へ関連する対策についてヒアリング調査を実施、その後、食品ロス排出量に影響を及ぼすと考えられる要因として、①営業時間数、②坪当たり客数、③駐車台数、④立地、⑤月別の雨日数を仮説として設定した。次に、SPSS(Ver.29)を用いて重回帰分析、さらに、SPSS AMOSを用いたパス解析を実施した。なお、品目はロス率が多かった3部門(水産・畜産・日配総菜)、立地は駅前・住宅地・ロードサイド(RS)に区分した。

4. 結果及び考察

4.1. 水産部門の分析結果

駐車台数(住宅地)、営業時間数(駅前・RS)、坪当たり客数(駅前・住宅地)とロス発生率の相関係数(以下、省略)

が負の値を示したため、住宅地内の店舗における駐車台数の増加、駅前及びRS立地の営業時間延長、駅前及び住宅地内の店舗における坪当たり客数の増加がロス率抑制に貢献している可能性が高いと考えられる。一方で、RS立地店舗では坪当たり客数が正の値を示したため、ロス率増に影響を及ぼすと考えられる。

4.2. 畜産部門の分析結果

営業時間数(駅前・RS)、坪当たり客数(住宅地)が負の値を示したことから、ロス率抑制に有効であると考えられる。当該部門でもRS立地店舗では坪当たり客数がロス率増に影響を及ぼすと考えられる結果になった。

4.3. 日配総菜部門の分析結果

駐車台数(住宅地・RS)、営業時間数(駅前・RS)、坪当たり客数(駅前・住宅地)がいずれもロス率抑制に貢献する可能性が高い。上記の2部門と同様、RSでは坪当たり客数がロス率増加に影響を及ぼすと考えられる。

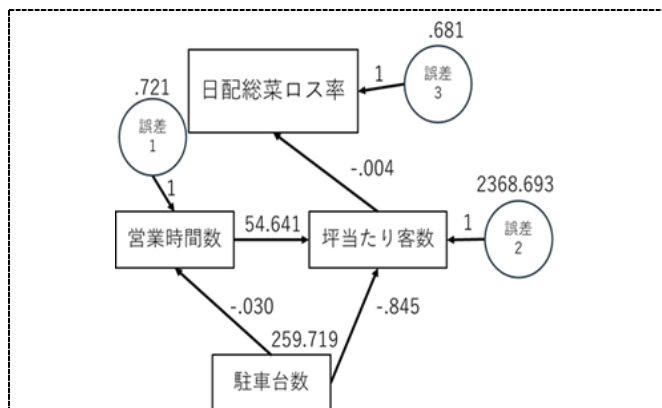


図1 パス解析の結果例(日配総菜、住宅地)

5. まとめ

ロス率に対して特に影響が大きいと考えられる要因は、駐車台数、営業時間数、坪当たり客数の3つであることがわかった。2024年11月、ロス率が最低の店舗へヒアリング調査を実施した内容も踏まえ、営業時間内で取り組み可能なロス抑制アイデア(値引きのシール裁量、先入れ先出しの徹底化、アプリ活用等)を提案する。

キーワード 生協店舗、食品ロス、事業系廃棄物

インドネシア都市スラムの子どもの手洗いと栄養・衛生状態

Handwashing Practices and Nutritional and Sanitary Conditions of Children in Urban Slums of Indonesia

北海道大学 ○山内太郎, 大塚裕美子, 北海道立総合研究機構 牛島 健

1. はじめに

安全でない飲料水、不十分な衛生施設、そして不適切な手洗い習慣は、低・中所得国の都市スラムに暮らす子どもの健康を著しく損なう要因である。とくに5歳未満の子どもでは、下痢性疾患が死亡原因の上位を占め、予防可能な健康課題として国際的な対策が求められている。近年では、家庭内の水・サニテーション（トイレ）・衛生（WASH）環境と、栄養状態や感染症の関連を解明する研究が進んでいるが、インドネシアの都市スラムにおける実証研究は限られている。本研究は、バンドン市において、子どもの栄養状態と手の糞便汚染を評価し、それらに影響する WASH 要因を明らかにすることを目的とした。

2. 対象と方法

本研究は、インドネシア・バンドン市の保育園および小学校に通う児童とその保護者を対象に実施した。身体計測、手洗い行動の観察、大腸菌（E. coli）の検出を含む手の拭き取り検査、質問票調査を実施した。手洗い技術の評価には WHO が推奨する 12 ステップを改良したチェックリストを使用し、子どもの手洗いの実践度、石鹸の使用頻度、WASH に関する知識と意識をスコア化して統合した「WASH インデックス」（最大 30 点）を開発した。統計解析はロジスティック回帰分析および相関分析を用いて行った。

3. 結果と考察

3.1. 栄養状態におよぼす WASH 要因

栄養状態の評価では、男子において低身長（低 HAZ スコア）および痩せ（低 BMIAZ スコア）のリスクが有意に高かった。また、家庭の飲料水源が水道水である場合、タンク水（購入した水）と比較して低身長および痩せのリスクが高かった。フタの無い容器での水の保存も下痢のリスクを有意に高めていた。手洗い後にタオルで手を拭く習慣がない子どもは、低身長のリスクが約 2 倍高かった。これは、洗った手をすぐに乾燥させることが細菌の除去に有効であることを示唆している。

3.2. 大腸菌と WASH 要因

大腸菌は子どもの 98.7%の手から検出され、男子で有意に多く、また学年が上がるにつれて減少傾向がみられた。大腸菌数は手洗い技術スコア、石鹸使用スコア、WASH インデックスといずれも有意な負の相関を示し、手洗いの実践が汚染の程度を左右することが明らかとなった。とくに低学年では手洗いの技術・意識・習慣が未熟であり、教育的介入の必要性が高いと考えられる。また、男女間での差も顕著であり、男子は屋外活動が多く、手洗い頻度や意識が低い傾向があった。

3.2. 手洗い技術

手洗い技術に関しては、チェックリストの 10 ステップすべてを正確に実施できた子どもは皆無であり、平均スコアは 5.5 に留まった。とくにステップ 6~8（指の交差・回転洗いなど）の実施率は 10%未満であり、子どもにとっては高度な技術であることが示唆された。より現実的かつ年齢に応じた手洗い教育プログラムの開発が求められる。

4. 結論

本研究は、インドネシアの都市スラムにおいて、家庭の飲料水源・管理方法や子どもの手洗い習慣が、栄養状態や感染症リスクに密接に関与していることを実証的に示した。とくに、手洗い後に手を拭くことや、飲料水の保存方法が健康に大きな影響を与える点は重要である。また、WASH インデックスの導入により、子ども一人ひとりの衛生実践力を総合的に評価できる枠組みが提示された。

今後は、学校や地域を巻き込んだ WASH 教育の強化、性別・年齢に応じた教育方法の導入、ならびに簡便で実践的な手洗い方法の開発が求められる。とくに男子および低学年児童への重点的な介入は、感染症予防において有効である可能性が高い。WASH インデックスの妥当性検証と応用拡張を通じて、都市スラムにおける包括的な健康支援の基盤を形成することが期待される。

環境に配慮した衣料品の支払い意志額に関する研究 ー選択型コンジョイント分析を用いてー

A Study on Willingness to Pay for Eco-friendly Apparel: Using a Choice-Based Conjoint Analysis

法政大学大学院 ○勝又 淳司

1. はじめに

繊維産業は、製造過程において多量の水利用や温室効果ガスの排出に加え、労働者の人権問題など、環境・社会面での多岐に渡る深刻な影響をもたらしている。こうした状況を踏まえ、環境・社会に配慮した衣料品の開発とともに、それを選択する消費者の役割が重要視されている。特に製造時の環境対応による価格上昇に対し、消費者がどのような反応を示すかを把握することは、今後の持続可能な市場形成に向けた実務的・政策的な知見を提供する上で重要である。しかし、日本国内において環境配慮型衣料品や環境認証ラベルに対する消費者の理解や市場規模は依然として限定的である。本研究では、選択型コンジョイント分析を通じて、環境配慮型衣料品に対する消費者の選好と価格弾力性を明らかにするとともに、効果的な情報提供の在り方について検討を行った。日本の衣料品市場を対象として上記の点について明らかにした研究は筆者の知見では見当たらないため、研究の蓄積が必要である。

2. 分析方法

本研究では、㈱ファーストリテイリングが展開するユニクロの機能性肌着（ヒートテック）を対象とし、選択型コンジョイント分析を実施した。ユニクロは日本市場で高いシェアを誇り、かつ分析対象の製品は特定ブランドを想起しやすいため、消費者の選好分析に適している。

設計した属性は、保温機能・素材(オーガニックコットン)・パッケージ(CO₂削減効果とパッケージの素材による追加料金)・原産国・価格および情報提供である。情報提供の属性には、Kahneman&Tversky(1979)のプロスペクト理論やChenら(2022)の研究に基づき、「利得／損失」および「利己的／利他的」な観点から4種の情報提供を行った。18～64歳の有効回答者487名を対象として分析を行った。二項ロジスティック回帰分析により実施し、価格弾力性については価格変数の限界効果を基に推定した。

3. 主な分析結果

分析の結果、回答者が最も強く選択行動に影響した属

性は価格であり、次いで機能等を重視する。環境に配慮した素材や情報提供は重視しない点は多くの先行研究と整合的となった。原産国については、中国・ベトナム・バングラデシュのいずれも有意に負の影響を及ぼした。素材に関しては、「無農薬で肌に優しいオーガニックコットン」が有意に選好された。しかし、オーガニックコットンは生産者にとって農薬利用の少なさから健康被害が少ないものの、消費者にとって肌に優しい訳ではない。このような消費者の誤解が他の属性も含め明らかとなった。

また、情報提供の効果としては、損失を強調するメッセージよりも、利得を示すメッセージの方が選好を高める効果が強い結果となった。さらに、環境認証マークに対する認知度や素材への環境負荷に関する知識は全体的に低い傾向にあった。したがって、環境配慮行動の促進には、価格や機能性を考慮した製品設計に加え、分かりやすい情報提供と消費者教育の強化が不可欠である。

参考文献

- 1) Kahneman, D & Tversky, A. (1979) Prospect Theory: An Analysis of Decisions under Risk. *Econometrica*, 47, 263-291.
- 2) Chen Lihong・He Lin・Yan Xinfeng・Liu Chunhong (2022) Green Message Framing in Enhancing Sustainable Consumption Behavior of Fashion Based on the Cross - Theoretical Model. *Journal of Environmental and Public Health*, 2022 (1) .

キーワード

繊維製品 支払い意志額 コンジョイント分析
認証ラベル

エネルギー消費と節約の認識とヒューリスティックス

Heuristic Inference and Perception Gaps in Household Energy Use and Conservation in Japan

○森田稔（高崎経済大学），佐藤光南（日本エネルギー経済研究所）

1. はじめに

既存研究より、人々は家電製品のエネルギー消費量を誤認識しており、その背景にヒューリスティックスの影響を指摘している。ヒューリスティックスは、本来、情報処理の負担低減と経験則に基づく迅速かつ効率的判断を可能にする認知的手段である。本研究では、個人の経験や社会規範からヒューリスティックが形成される点（ヒューリスティック推論）に着目し、人々の認識にどのような違いがあるのかを検証する。

2. データと分析方法

2.1. データの概要

本研究で使用するデータは、民間調査会社のモニター（20-69歳の男女）を利用した全国版 Web 調査（調査期間：2023年9月21-25日）により収集した（回答者数；600）。調査内容は、8機器10行動に関する電力消費量の主観値（Wh/時間）と4機器6行動に関する電力節約量の主観値（kWh/年）、個人属性と意思決定に影響を与える要因（社会規範）である。欠損値等を除外した結果、電力消費量では4,746の観測数、電力節約量では2,910の観測数を用いてそれぞれ分析を行った。

加えて、各家電機器・行動に関する電力使用量・節約量の実際の値として、本研究ではインターネット上で公開されている情報を参照値として利用した。

2.2. 分析方法

推定モデルは以下の通りである。

$$\log(\text{Perception}_{gj}) = \alpha + \beta_1 \log(\text{Actual}_j) + \beta_2 [\log(\text{Actual}_j)^2] + \mathbf{z}'_g \boldsymbol{\gamma} + (\mathbf{z}'_g \times \log(\text{Actual}_j)) \boldsymbol{\delta} + \varepsilon_{gj} \quad \dots (1)$$

$$\log(\text{Perception}_{gj}) = \alpha + \beta_1 \log(\text{Actual}_j) + \beta_2 [\log(\text{Actual}_j)^2] + \mu_i + \varepsilon_{gj} \quad \dots (2)$$

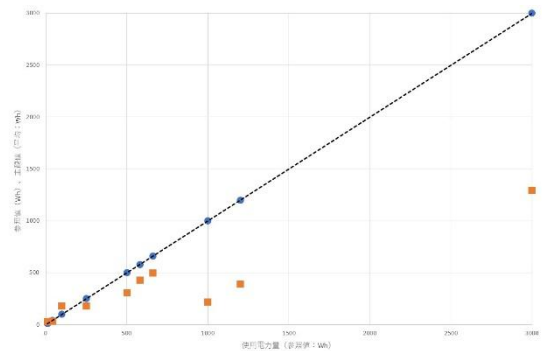
ここで、目的変数はエネルギー消費量・節約量の主観値（回答者の認識）、説明変数には参照値（公開されている値）となっている。モデル（1）は、加えて観測可能な個人経験（性別、学歴、結婚、年齢）と社会規範（光熱費の節約意識、気候変動対策への意識、他世帯からの影響）の変数と参照値の交差項も含め、OLS推定を行った。モデル（2）は、観測不可能な要因をコントロールするため、固定効果モデルでの推定を行った。

3. 分析結果

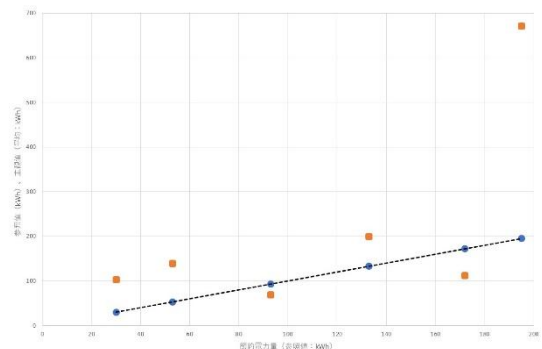
3.1. 主観値と参照値の関係

図表 1-1 と 1-2 は、回答者による各行動の主観値の平均（縦軸）と参照値（横軸）のデータを、使用電力量と節約電力量のそれぞれでプロットしたものである。

図表 1-1 主観値と参照値の関係（使用電力量）



図表 1-2 主観値と参照値の関係（節約電力量）



3.2. 推定結果

全体として、人々は消費電力量を過小評価し、節約電力量を過大評価する傾向が示された。消費電力量では、回答者が、「男性」、「30代以外の世代」、「光熱費の節約意識が低い世帯」、「他世帯から影響を受け難い世帯」のケースで、相対的に参照値に近い認識をもつことが示された。節約電力量では、「他世帯から影響を受けやすい世帯」のケースで、相対的に参照値に近い認識をもつことが示された。

キーワード：エネルギー，認識，ヒューリスティック推論

社会的投資収益率を用いたフードバンク事業の統合的評価

Integrated Evaluation of Food Bank Activities Using Social Return on Investment

北九州市立大学 ○藤山淳史, 酒井慶大, 松本亨

1. はじめに

食品ロスとは、本来食べられるにもかかわらず廃棄されてしまう食品を指し、その発生源は家庭系と事業系に大別される。近年、この食品ロスを削減する取り組みの一つとして「フードバンク」が注目を集めている。フードバンクとは、①品質には問題がないが市場で流通できなくなった食品を企業や個人から寄贈してもらい、②支援を必要とする施設や団体、個人に無償で提供する活動である。この取り組みは、食品ロスの削減と生活困窮者への食料支援という二重の社会的価値を生み出す点で重要であり、今後のさらなる普及が期待されている。

本研究では、フードバンク北九州ライフアゲイン（以下、FBK）の事業を対象に、社会的投資収益率（Social Return on Investment: SROI）を用いてその活動を評価し、社会的価値を定量的に可視化することを目的とする。SROI とは、プログラムがもたらす経済的・環境的・社会的成果を数値化し、貨幣換算することで算出される総便益を総費用で割ることで算出される指標であり、事業の社会的価値を費用対効果で示すものである。

2. 研究方法

FBK が実施した 2023 年度のフードバンク活動を対象として評価を実施した。ステークホルダーとそのアウトプットは表 1 に示す通りである。被支援者が受けた食料支援の効果や、配達員とのコミュニケーションによる心理的影響については、被支援者を対象にアンケート調査を実施することにより把握した。FBK を通じて提供された食料の量や、食品ロス削減への影響、企業イメージへの波及効果、ボランティア誘発便益に関する情報は、関係者へのヒアリングにより情報を得た。

3. 結果

評価の結果、SROI 値は 19.13 と推計され、投資額 1 に対して約 19 倍の社会的価値を創出していることが明らかとなった。このことから、FBK が実施するフードバンク事業は、高い社会的価値を有していることが確認された。

キーワード 食料支援, 生活困窮者, アンケート調査

表 1 フードバンク事業のインパクトマップ

ステークホルダー	アウトプット	アウトカム		貨幣換算	
		アウトカム説明	アウトカム指標	金銭代理指標	成果量
2023 年に食料支援を受けた 167 世帯の方	フードバンク事業による食料の提供	自己負担で購入するはずだった食費の削減	削減された食費	食品の流通価格 [円/kg]	提供された食料の量 [kg]
		食生活の充実による QOL の向上	削減された医療費（自己負担分）	1 人あたりの医療費削減額 [円/人]	医療費が削減した人数 [人]
		職員との交流による安心感の醸成	削減されたカウンセリング費用	カウンセリング費用単価 [円/人]	カウンセリング効果があつた人数 [人]
		生活の安定による就労機会の増加（収入の増加）	増加した収入	1 人あたりの収入増加額 [円/人]	収入が増加した人数 [人]
食料を提供した企業、農家、個人	FBK への食料提供	食料提供による廃棄処分コストの削減	削減された廃棄費用	単位重量あたりの廃棄費用 [円/kg]	提供した食料の量 [kg]
FBK	フードバンク事業（167 世帯）への従事	メディア掲載による団体イメージの向上	メディア露出数（雑誌・TV など）	広告料金単価 [円/件数・時間・ページ]	雑誌・TV への露出量 [件数・時間・ページ]
		ボランティアスタッフの増加	ボランティア誘発便益	北九州市の最低賃金 [円/h]	実際に関わった人数 [人], 活動時間 [h]
北九州市役所	フードバンク事業による生活困窮者の支援	健康が維持されることによる医療費（社会保険負担）の削減	削減された医療費（社会保険負担分）	削減された医療費（国民健康保険負担） [円/人]	医療費が削減された人数
		生活困窮者自立支援事業の負担軽減（自立相談支援事業、家計改善支援事業等）	削減された生活困窮者自立支援事業費	1 世帯あたりの支援費 [円/世帯]	対象世帯数 [世帯]
		家庭の安定化による不登校支援にかかる行政費用の削減	削減された不登校支援費	1 人あたりの支援費 [円/人]	減少した不登校者数 [人]
社会全体	フードバンク事業による食料の有効活用	食品ロスの削減による製造・処理過程での CO ₂ 排出量の抑制	食品ロスの削減に伴って削減された CO ₂ 排出量	J クレジット平均販売価格 [円/kg-CO ₂]	削減された CO ₂ 排出量 [kg-CO ₂]

市民の緑地利用と個人・地域幸福感の関係性：茨城県守谷市を事例に

The Relationship between Citizens' Exposure to Greenspace and Individual and Community Subjective Well-being in Moriya, Ibaraki

筑波大学 ○甲斐田直子, 落合一翔, 糸井風音

1. 背景・目的

日本において近年、多くの自治体が緑地を含むグリーンインフラの多角的活用・施策化を推進している。茨城県守谷市は、国の推進戦略に先んじてグリーンインフラ整備・活用に着手するなど先駆的自治体として知られる。

緑地は、自然保全や防災、アメニティ機能向上等の多様な便益を社会にもたらす。これらの便益のうち、定量評価にもとづいて政策立案に反映されるものはごく一部にとどまり、特に心理的な効果は評価が困難である。例えば、緑地を保全・整備することによって、余暇やくつろぎ、学習の機会が市民に提供され、心身の健康や幸福感に寄与すると考えられる¹⁾。また、緑地は公共性が高いことから、個人だけでなく地域全体の幸福感を向上させる可能性がある。さらに、特に地域特性をふまえた象徴的な緑地は、効果が高いことが想定される。しかし、これらの関係性はこれまで十分明らかにされていない。

本研究の目的は、市民の緑地利用と個人・地域幸福感の関係を明らかにすることであった。緑地利用が個人・地域の幸福感を高め、生活に対する満足がこの関係性を介するという緑地利用の直接・間接効果を想定した。

2. 方法

分析データは、茨城県守谷市在住成人を対象としたオンライン質問紙調査により取得した（2025年3月実施、有効回答223）。同市緑化重点5地区（城址公園、野鳥のみち等。守谷市第二次緑の基本計画²⁾にもとづく）と自宅近隣公園・緑地への各訪問頻度（0：まったく行かない～6：ほとんど毎日）、地域生活満足度（0：とても不満足～10：とても満足）を尋ねた。また幸福感については、回答者が自分自身と地域住民（町内）についてそれぞれ感じる程度を尋ねた（0：とても不幸～10：とても幸せ）。

分析ではまず、データ項目間の関係性を相関分析により確認した。次に、緑地訪問頻度から地域生活満足度および個人・地域幸福感への直接・間接的关系性をパス解析により検証した。

3. 結果

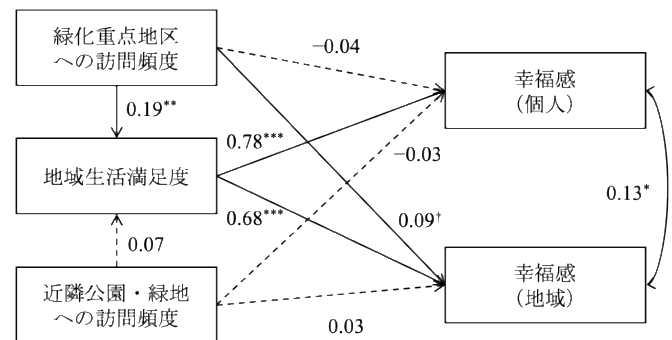
緑化重点地区は近隣緑地と比べて訪問頻度が低い傾向にあった。相関分析の結果、緑地訪問は地域幸福感と

正の関係にあり、緑化重点地区については個人幸福感とも正の相関が認められた。パス解析の結果、重点地区利用頻度が地域生活満足感を介して個人・地域幸福感に寄与することが示された。

表1 記述統計・相関行列

	M (SD)	1	2	3	4	5
1. 緑化重点地区訪問頻度	1.03 (1.05)	1				
2. 近隣公園・緑地訪問頻度	2.39 (1.85)	0.54***	1			
3. 地域生活満足度	7.63 (1.83)	0.23***	0.17**	1		
4. 幸福感 (個人)	7.59 (1.81)	0.12*	0.08	0.76***	1	
5. 幸福感 (地域)	7.52 (1.64)	0.26***	0.19**	0.71***	0.59***	1

N = 223. * $p < .1$, ** $p < .01$, *** $p < .001$



注) N = 223, CFI = 1.00, RMSEA = 1.000. † $p < .1$, * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

図1 パス解析結果

4. 考察・まとめ

本分析結果から、緑地利用によって地域住民全体の幸福感が高まることが示唆される。また、緑化重点地区への訪問頻度は低いですが、地域生活満足度を介して個人・地域幸福感に寄与することから、象徴的な緑地・自然は幸福感の向上に寄与する可能性が示された。

参考文献

- 1) Sharifi, F. et al. (2021). Green space and subjective well-being in the Just City: A scoping review. *Environmental Science & Policy*, 120, 118-126.
- 2) 守谷市(2024). 第二次守谷市緑の基本計画.

キーワード 緑地, グリーンインフラ, 主観的幸福感, 地域愛着, ウェルビーイング

新婚世帯の家電取得行動から検討した気候変動緩和策の推進に関する研究

Research on the promotion of climate change mitigation measures based on appliance acquisition behavior of newly married households

国立環境研究所 ○金森有子，増井利彦，東京科学大学 金光琳平，棟居洋介

1. はじめに

家電等の機器の適切な購入は、家庭が取り組むことができる気候変動緩和策の1つである。一度購入された機器は、場合によっては20年近く使用されるものもある。機器購入の際に環境への配慮なく効率の低い機器が選択された場合、それが長期間にわたり使用される可能性がある。本研究では、結婚に伴う同居に着目する。異なる環境で育った人同士の同居に伴う家電取得行動について調査することで、特に気候変動緩和策の観点から適切な家電の取得に関する知見を得ることを目的とする。

2. 調査の概要

調査は2025年1月にオンラインで実施した。東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県の市区に在住する25歳から39歳の結婚6年未満の男性217名、女性211名に実施した。調査項目は、回答者の基本的な属性、同居後に使用した主要な家電製品3種類（冷蔵庫、エアコン、照明）に関する入手方法、新規購入した場合は、購入時に重視した点等である。

調査対象とした家電製品は、所有率の高さと使用に伴うエネルギー消費量の多さを考慮して選択した。また地域により使用する家電が異なることから、使用状況が似ていると想定される南関東の4都県を調査地域とした。

3. 調査結果

3.1 機器種別結婚時の家電取得方法

住宅の所有関係別結婚時の家電取得方法を図1に示す。機器によって取得方法が大きく異なる。民間賃貸住宅では、エアコンで8割近く、照明では4割以上が備え付けである。冷蔵庫は住宅の所有関係別の違いがあまりなく、結婚前に使用していたものを引き続き使用する世帯が35-40%程度いることがわかる。

3.2 家電を購入した時に優先した項目

家電購入時に1番目、2番目に優先した項目の結果を表1に示す。どの機器についても機器性能や経済面を優先順位高く考慮する世帯が多い。また、環境配慮への優先順位は機器によって異なる。エアコンは40%の人が環

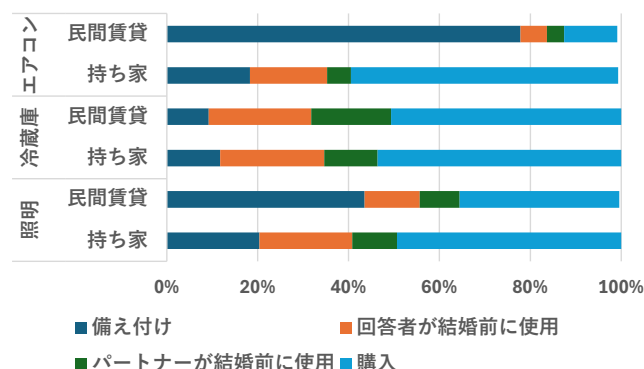


図1 結婚時の家電取得方法

表1 家電購入時に1番目と2番目に優先した項目

【1位】	エアコン	冷蔵庫	照明
環境配慮	19%	10%	16%
操作性等機器性能	31%	46%	25%
経済面	47%	40%	45%
デザイン性	3%	3%	15%
【2位】	エアコン	冷蔵庫	照明
環境配慮	25%	14%	11%
操作性等機器性能	43%	33%	28%
経済面	21%	31%	29%
デザイン性	7%	19%	18%

※網掛けが薄い順に、選択した人が多い項目を示す。

境配慮を2番目までに考慮しているが、冷蔵庫や照明は、2番目までに考慮する人が25%程度しかいない。照明については、デザイン性を2番目までに優先する人の方が環境配慮を優先する人よりも多いことがわかる。

4. おわりに

機器の種類により、入手方法、購入時の優先項目が異なる。そのため、高効率機器の購入等の気候変動緩和策の検討には、機器入手の特性を踏まえた対応策の検討が必要である。また、賃貸住宅は備え付けの機器が使用されることも多く、オーナーへの働きかけも重要になる。

キーワード 家電，環境配慮，新婚世帯

Does Artificial Intelligence-Driven Energy Management System Reduce Electricity Consumption

Guanyu Lu, Hajime Katayama, Toshi H. Arimura, Shohei Morimura, Tomoichi Ishiwatari, and Tetsu Iwasaki

1. Introduction

The retail sector has become a pivotal area for energy conservation efforts due to its steadily increasing share of overall electricity consumption. Extended operating hours, high customer traffic, and electricity demands such as food refrigeration and lighting all contribute to this upward trend. In Japan, for instance, the retail and wholesale sectors emit approximately 42.1 million tons of energy-related CO₂, making them the highest emitters within the nonindustrial sector. The combination of high electricity demand, seasonal fluctuations, increased foot traffic during holidays, and diverse consumer behaviors complicates energy management in these stores, often exceeding the capabilities of traditional strategies to achieve sustained reductions. Given that the retail sector plays a crucial role in urban energy consumption, developing effective strategies to optimize electricity use is essential for advancing sustainability goals.

This study examines the impact of “Enudge,” an AI EMS developed by i-Grid Solutions, on electricity reduction in the retail sector. Unlike existing EMSs rely independently on real-time monitoring or basic analytics, Enudge integrates multiple intelligent features into a single platform designed to efficiently reduce electricity consumption. By collecting and analyzing electricity consumption data for each store, Enudge can predict power demand and automatically generate three targeted recommendations to guide users in reducing their consumption. This integrated approach may enhance energy efficiency across retail establishments, where conventional EMSs may struggle to adapt to dynamic and variable electricity consumption patterns.

2. Method

This study employs a difference-in-differences (DiD) approach to estimate the causal effect of Enudge installation on energy consumption. In this framework, Enudge installation serves as the treatment, with stores that install Enudge forming the treatment group and those that do not serving as the control group. To account for both observed confounders and time-invariant unobserved heterogeneity, the model includes a set of explanatory variables and store-level fixed effects.

3. Results and Conclusion

This study provides empirical evidence on the effectiveness of Enudge in reducing electricity consumption within the retail sector. By leveraging a store-level data from over 1,700 installations in Japan and employing a difference-in-differences framework, this study shows that Enudge installations leads to 1.8% electricity consumption reduction in average among supermarkets. However, we also observe that the reduction effect diminishes over time, particularly after ten months post-installation, which highlights the challenge of maintaining long-term reduction efforts, particularly in supermarkets where operational dynamics and variable consumption pattern may weaken sustained engagement. Heterogeneity analyses further show that the effectiveness of Enudge varies across different retail sectors and seasonal conditions, highlighting the necessity of considering store-specific operational characteristics and external conditions in empirical analysis. Moreover, our discussions based on field observations from Utsunomiya City suggest that AI-provided recommendations might play an important role in affecting user engagement with energy conservation practices. Store visits and manager interviews indicated that these recommendations may serve as frequent and continuous reminders, initially encouraging and helping staff to adopt energy-saving actions. Although this study is unable to explore the effectiveness of Enudge’s individual features due to the data restriction, we can still observe the potential of AI EMS on electricity reduction.

家庭部門における経済性からみた電化の見通し

Forecasting Electrification by Economic Merit in Household Sector

琵琶湖環境科学研究センター ○河瀬 玲奈, 国立環境研究所 日比野 剛, 金森 有子
住環境計画研究所 石河 正寛, みずほリサーチ & テクノロジーズ 大田 宇春, 平山 智樹

1. はじめに

CO₂ネットゼロ社会の実現には家庭部門の電化率を最大限高め、CO₂排出原単位がゼロである電力でのエネルギー供給が必要となる。新築のオール電化率は増加しているものの、住宅ストックの入れ替わりは緩やかであるため、2050年においても2025年以前築の住宅が4~5割を占める¹⁾。そのため、電化率の向上には既築における電化改修の促進が不可欠である。そこで、滋賀県の電化改修の可能性を併用ガス別世帯人数別に経済性にて判定し、2050年までの家庭部門における電化率の見通しについて検討する。

2. 方法

電化改修を経済性により判定するのは、戸建を対象とする。電化改修が行われるのは、電化による光熱費の削減額が電化改修の追加費用を上回り、経済メリットが発生する場合であると仮定する。電化改修が検討されるタイミングは、ガス給湯器の交換が発生する時であるとみなし、ガス給湯器を交換する費用と電化改修（給湯器およびコンロ）を行う費用の差額を電化の改修追加費用とする。光熱費の削減額は給湯器の耐用年数である10年間にて推計する。なお、経済性の判定は世帯人数（4区分）および併用ガス種（LPガス、都市ガス）の組み合わせにてそれぞれ行う。集合の電化改修は、1棟全体の大規模改修時にて実施することとする。

世帯人数別エネルギー消費量は、滋賀県の家庭部門の世帯あたりエネルギー消費量と家庭CO₂統計の世帯人数別の比を用い算出し、電化により給湯のエネルギー消費量をCOPの比にて削減させた。改修費用は、給湯器の価格や付随工事などにより大きな幅が生じる。そのため、市場価格と積算書による見積額の2通りで計算した。

3. 結果と考察

電化の改修追加費用は、条件の組み合わせにより-3~130万円と非常に大きな幅が生じるが、電化改修費用の平均値とガス給湯器の交換費用の平均値を比較すると、電化の改修追加費用は単身世帯では50万円台、複数世帯では60万円台となった。単身世帯はいずれのガス種

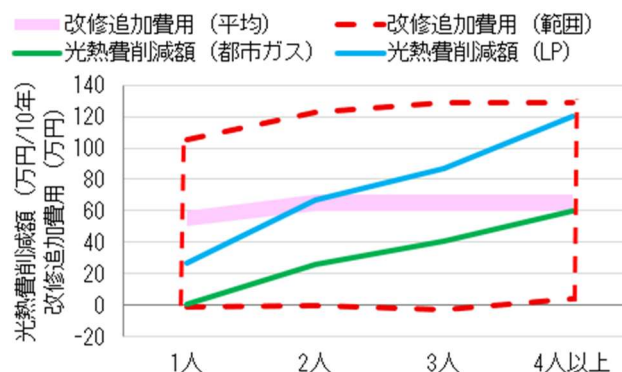


図1 光熱費の削減額と電化の改修追加費用

併用世帯も経済メリットはない。LPガス併用世帯では複数世帯にて、都市ガス併用世帯は4人以上世帯にて経済メリットが発生する可能性がある。

滋賀県の現在の利用エネルギー種別世帯の割合から経済性による電化改修の可能性を考えると、13~25%の世帯が対象世帯となる。新築のオール電化率の普及速度や電化改修を行う可能性がある世帯の実施割合などの組み合わせにより、2050年の住宅ストック全体における電化率は42~67%となった。

経済メリットがなくとも、例えば高齢世帯の場合、安全性などの視点によりオール電化住宅を選択することがある。また、世帯人数が同じでも様々な生活スタイルが存在するため、経済性の判定は変化し得る。もしくは経済メリットが発生するための不足分の補助金が支給されると電化改修検討の可能性が発生する。エネルギー価格も含むこれら要素の将来変化を考慮した検討が、今後の課題である。

参考文献

1) 河瀬玲奈・一瀬護 (2023) 利用可能な住宅ストックの省エネレベル別推計に基づくネットゼロ施策の考察, 土木学会論文集, Vol.79, No.26, 23-26003.

キーワード 脱炭素シナリオ, 家庭部門, 電化, 経済性

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。

小規模な気候市民会議の評価研究

Evaluation study of small-scale climate assemblies

東邦大学 ○竹内彩乃, 南山大学 前田洋枝, 明治大学 松浦正浩

1. はじめに

気候変動対策の実効性を高める上で、市民参加の重要性が国際的に再評価されている（三上, 2022）。とりわけ近年では、無作為選出による市民の熟議の場である「気候市民会議」が注目を集めており、政策形成過程に市民の声を反映させる手法として、欧州を中心に導入されている（三上, 2022）。日本でも 2020 年以降、20 以上の気候市民会議が行われているが、ほとんどは市レベルの開催であり、これまでも環境に対して積極的に政策を推進してきた自治体が多い。予算や人的資源を一つの要因として実施に踏み切れていない自治体も存在すると考えられる。小規模な気候市民会議の実施可能性や、当該地域に与える影響を検証することは多様な地域における気候市民会議の開催可能性を模索する上で重要と考えられる。本研究では、町・村・地区レベルで実施される気候市民会議を小規模な気候市民会議と定義し、小規模な気候市民会議の効果や課題を実証的に明らかにすることを目的とする。

2. 事例概要と研究の枠組み

対象は、さいたま市浦和美園駅周辺「みその気候市民会議」（2023 年度に全 3 回で開催、以下、美園）、神奈川県二宮町「にのみや気候市民会議」（2024 年度に全 5 回で開催、以下、二宮）の 2 つの事例とした。美園は、明治大学松浦研究室と美園タウンマネジメントが主催となり、地域の脱炭素化に向け、17 名の住民が移動・住宅などをテーマに議論した。全世帯にポスティングし、応募者から年齢、性別、住所のバランスを考慮して無作為選出した。二宮は、環境づくりフォーラムという地域団体の働きかけによって二宮町が主催し、エネルギーや自然環境をテーマに無作為抽出および公募の 30 名の住民が議論した。両事例とも専門家が情報提供を行ない、グループ討議のファシリテーターは、美園は学生、二宮は役場職員や環境づくりフォーラムのメンバーが担った。

参加者への事後アンケートで、基本属性、参加動機、気候市民会議の経験に対する評価、会議前後の意識変容、市民提案に対する評価と将来的な参加意欲、市民提案への期待と評価を調査した。

3. 結果

美園では 17 名中 16 名（回答率 94%）、二宮では 30 名中 22 名（回答率 73%）が回答した。性別は、美園は男性 44%、二宮 68%と若干高かった。両地域とも、ほとんど地域活動に参加しない参加者が 5 割を占めたが、美園より二宮の方が活動頻度が高い人が多かった。

第一に、参加動機は両地域とも「気候変動問題への関心」と「政策への期待」が高くなっていた。美園では、「対話への関心」や「手法への関心」も高く評価されていた。二宮では、それらがやや低めで、「謝礼」が最も低くなっており、ボランティアの側面が強いことが示された。第二に、気候市民会議の経験に対する評価では、美園では多様な価値観や異なる意見の参加者がいたと考える割合が、二宮よりも多かった。ファシリテーターとの意思疎通に関しては、両地域とも十分という評価であったのは同様であった。第三に、将来的な参加意欲は、二宮の方が高くなっていた。美園では「政策への期待」は高いが、実際のアクション参加には心理的・時間的バリアが存在していた。

4. 考察

美園は、研究機関等の第三者が中心になり、自治体の支援は最小限にして実施しており、二宮は、地域の市民団体が中心になり、自治体からの支援を受けて実施したタイプであった。美園が、より一般市民に近い声を吸い上げられたのに対し、二宮は将来的な活動につながる市民の発掘がなされたことが大きな違いとして現れていた。両地域とも、ファシリテーターについては必ずしも専門家ではない人材が担ったグループもあるため、今後は他地域との比較も行いながら、検証を進めていく。

参考文献

- 1) 三上直之(2025)Climate Assemblies: Emerging Trends, Challenges and Opportunities, KNOCA
- 2) 三上直之(2022) 気候民主主義 次世代の政治の動かし方, 岩波書店

キーワード気候市民会議, 小規模, 市民参加

プラスチックの分解と分解物の同定

Degradation of waste plastics and identification of degraded products

熊県大大学院 ○宮副瑛輝, 諸熊恵美, 石橋康弘
長崎総合科学大学 中道隆広

【はじめに】

大量生産されたプラスチックの大半は廃プラスチックとなっており、廃プラスチックの不法投棄による環境汚染も問題となっている。

その廃プラスチックの多くを再資源化のために国外に輸出をしていたが、輸入規制があり、先進国で大量の廃プラスチックが行き場を失っている。また、2022年にプラスチック資源循環法が施行されたことから本国での廃プラスチックの処理の需要が高まるようになった。

そこで、原料に戻して再合成することで元の強度と変わらない強度に戻すことが出来るケミカルリサイクルに着目し、今回はプラスチック原料の熱特性の把握と分解と分解物の同定を目的とした。

【材料と方法】

以下に示したサンプルを用いて、実験Iおよび実験IIを行った。

サンプル：

- ・ポリスチレン (Polystyrene : PS)
- ・ポリエチレン (polyethylene : PE)
- ・ポリプロピレン (polypropylene : PP)
- ・ポリカーボネート (polycarbonate : PC)
- ・ポリエチレンテレフタレート (polyethylene terephthalate : PET)

実験 I：プラスチック原料の熱特性の把握

熱重量示差熱分析装置 (TG-DTA : Rigaku) を用い、窒素雰囲気下にて 20.0 °C/min で 800 °Cまで昇温し、測定・冷却後、基準となるアルミナとの温度差によって示差熱 (DTA)、重量 (TG) の変化によって PS, PE, PP, PC, PET の特徴の比較を行った。

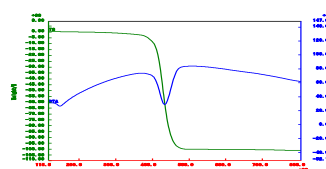
実験 II：熱分解時に発生する分解物の同定

温度コントローラー付セラミック電気管状炉 (アサヒ理化製作所社製) にステンレス管を挿入し、アルミナボートにサンプルを乗せ管状炉を窒素ガスで雰囲気下、650 °Cに昇温後、発生したガスを 1~0 分, 11~20 分, 21~30 分に採取し、発生したガスの成分をガスクロマトグラフ (GC, Agilent Technologies 社製) にて測定した。

【結果と考察】

実験I

PE



PET

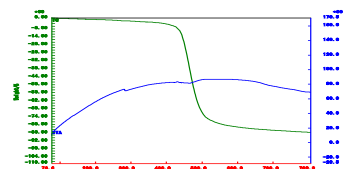


図 1. PE, PET の示差熱分析の結果

図 1 に PE および PET の差熱分析の結果を示した。PS, PP は PE と同様に約 100 °C, PC は PET と同様に約 250 °Cでガラス転移を示し、すべてのプラスチックで約 400~500 °Cに分解反応が確認された。PC と PET は 800 °Cでも残渣が確認された。PC と PET はベンゼン骨格を有するため、800 °Cの高温でも未分解の物質の存在した。

実験II

PS, PP, PE は実験後、アルミナボートには何も残らず、全て気化したが、PC, PET はアルミナボートに黒い残渣が残った。この結果は、実験Iで見られた PC, PET で残渣が生じた結果と一致する。また、インピンジャー内には油状成分が確認された。GC 分析では一酸化炭素や炭化水素化合物等のピークが確認された。

【まとめ】

ベンゼン骨格を持たない PE、PS、PP のガラス転移温度は約 100 °Cで、すべて気化した。一方、ベンゼン骨格を持つ PC、PET はガラス転移温度が約 250 °Cで、800 °Cでも分解されない成分が確認された。発生ガスには一酸化炭素や炭化水素化合物のピークが見られ、残渣や油状成分の分析も今後継続する必要がある。

【参考文献】

難燃化プラスチックの処理に関する研究
廃棄物学会論文誌, Vol. 10, No. 4, pp. 196 - 203, 1999

【キーワード】

プラスチック, 熱分解, 示差熱分析

広島県酒都西条における地質的な特徴と地下水の水質変化

Geological Characteristics and Groundwater Quality Changes in "Sake City" Saijo, Hiroshima Prefecture

安田女子大学 ○竹野健次, 公益財団法人仙石庭園 沖村雄二, 西条・山と水の環境機構 前垣壽男

1. はじめに

令和 6 (2024) 年 12 月, 日本の「伝統的酒造り」がユネスコ無形文化遺産に登録された。広島県東広島市の西条は, 日本酒造りに適した良質の地下水に恵まれ, 日本三大銘醸地として古くから日本酒造りが盛んである。

本研究は, 西条の地質的な特徴と, 醸造用地下水の源流とされている龍王山の山頂付近から麓の酒造地区までの地下水の水質変化について調査した。また, 源流から中間地点および醸造用地下水の各種試験水を用いて清酒酵母の培養試験を行い, 地下水の水質の違いによる酵母の増殖特性について考察した。

2. 研究の方法

2.1. 広島県東広島市西条の地質学的調査

西条の酒蔵地区周辺における地下水に関する地質学的調査は, 酒造地区の北部に位置し醸造用地下水の源流とされる龍王山から, 麓の酒造地区周辺において, 主に文献¹⁾や地質図に基づいて行った。

2.2. 西条の水質調査と清酒酵母の培養

水質調査は, 醸造用地下水の源流とされる龍王山中腹の「龍王名水」と, 酒造地区の一社の酒蔵会社から醸造用地下水を提供頂いた。さらに「龍王名水」と酒造会社の間に位置する民家の中間井戸水を調査した。試験水の水質分析は前報²⁾に準じて行った。

「龍王名水」と中間井戸, 醸造用地下水を用いた清酒酵母 (7 号) の培養試験は, 前報³⁾の培地成分を用い, 30°C, 13 日間行った。その際の菌体増殖を測定した。

3. 結果と考察

3.1. 西条の地下水に関する地質

東広島市西条市街地の北に位置する「龍王山」(575.1m) の南斜面は, その中央部を南流する「半尾川」の谷地形である。この谷地形の出口から急にひらけて規模の大きな「龍王山扇状地」が発達していた。扇状地の下位には, 中期更新世の未固結「西条層」があり, 基盤は不透水の花崗岩である。

扇状地の南縁部には, 日本三大酒造地である西条酒造

地帯があるが, その水源は古くからこの龍王山南麓地帯に由来する地下水であると考えられる。

この地下水が未固結の西条層中で涵養・貯水の条件を満たしていると推測される。

3.2. 西条の水質の特徴とその変化

「龍王名水」の総硬度は 14.0 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) と低い軟水であった。一方, 麓の酒蔵通りの醸造用地下水は 98.0 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) と中硬水であった。また, その間に位置する井戸水は 41.6 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) と, ほぼ中間の濃度であり, 極めて硬度が低く軟水である龍王名水から, 南側の酒造地区へ地下水が流下するにつれて総硬度が上昇し, 酒造地区では中硬水となっていた。このことから, 地下水は軟水の源流からミネラルを含みながら酒造地区へ流下し, 中硬水に変化していたことが分かった。

3.3. 地下水質による清酒酵母の増殖特性

水質調査した各試験水を用いた清酒酵母の増殖試験については, 「龍王名水」から酒造地区まで, 中間井戸を含む各種地下水を用いて清酒酵母 7 号を培養したところ, 軟水の「龍王名水」から中間井戸にかけて徐々に酵母の増殖が増し, 中硬水の醸造用地下水を用いた場合は, 軟水である龍王名水や各中間井戸水の約 3–11 倍の増殖となった。このことから, 軟水より中硬水の地下水の方が酵母の増殖と発酵に有利であることを確認した。

参考文献

- 1) 沖村雄二 (2008) 東広島市西条町龍王山の自然—地形と地質を中心に, 東広島の自然, 東広島市自然研究会, 40, 2-9
- 2) 佐々木健・岩永千尋・渡辺昌規・鈴木洸次郎・浜岡尊・近藤暹 (1996) 水質化学分析成分と官能検査によるおいしさの相関, 日本農芸化学会誌, 70 (10), 1103-1116
- 3) 佐々木健・岩永千尋・竹野健次・浜岡尊・土屋義信 (1998) 醸造用水質判定バイオセンサーシステムの開発, 生物工学会誌, 76(2), 51-57

キーワード 日本酒, 地下水, 酵母, 西条層, 醸造用水

食品接触材中の有機フッ素化合物の濃度調査

Analysis of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl compounds in food contact materials

静岡県立大学 ○植松龍也, 三国向日葵, 野呂和嗣, 雨谷敬史, 横浜国立大学 三宅祐一

1. はじめに

ペルおよびポリフルオロアルキル化合物 (PFAS) は化学的に安定した有機フッ素化合物であり、撥水性を持っていることから撥水、撥油加工製品に利用されてきた。IARC は、PFAS の一種であるペルフルオロオクタン酸 (PFOA) をグループ 1 (ヒトに対して発がん性がある) に分類し、ストックホルム条約では廃絶すべき化学物質として製造・使用、輸出入が原則禁止されている。フッ素樹脂加工調理製品などの食品接触材料 (FCM) は PFAS を含有する可能性があり、ヒトへの PFAS 曝露源であると考えられる。FCM の PFAS 含有量は、PFAS 曝露評価に必須のデータであるにもかかわらず、知見が不足している。本研究では、調理器具や食品包装紙、ペットボトルなどの FCM を対象とし、PFAS の濃度調査を行った。

2. 方法

耐油スナック袋、ピザボックス、ポップコーン袋、ポリエチレンテレフタレート (PET) を対象 FCM とした。炭素鎖が 5–14、16 のペルフルオロカルボン酸 (PFCAs) 計 11 種を対象物質とした。サンプル 0.1 g を凍結粉碎し、クリーンアップスパイク 10 ng、メタノール 6 mL を加え、1 時間振盪した。さらに 1 時間超音波抽出し、3 分間遠心分離 (3000rpm) した。抽出液の上清 4 mL を分取し、1 mL まで濃縮した。紙製品の濃縮液は弱陰イオン交換 固相カラムに通液し、超純水 5 mL で洗浄し、乾燥した。このカラムに流速 1 mL min⁻¹ で 0.1% アンモニア水含有メタノール (10 mL) を通液し、PFAS を回収した。溶出液を窒素気流下において濃縮後、シリンジスパイク 10 ng を添加して 0.5 mL に定容した。PET サンプルは固相カラムによる精製を行わず、抽出液の上清 4 mL を分取後、シリンジスパイク 10 ng を添加し、0.5 mL に定容した。サンプルは液体クロマトグラムタンデム質量分析計を用いて分析した。

3. 結果と考察

3.1. 添加回収試験

PET、耐油スナック袋、ピザボックス、ポップコーン袋からのクリーンアップスパイク回収率 (a.u.) はそれぞれ、

0.59–0.75、0.46–0.56、0.20–0.30、0.17–0.31 であり、その変動係数はそれぞれ、7.1–8.6%、4.7–7.6%、4.6–12%、2.0–15% であった。

3.2. サンプル中 PFAS 濃度

PET、ポップコーン袋、耐油スナック袋、ピザボックスの PFAS 平均総濃度はそれぞれ 4.17 ng g⁻¹、24.5 ng g⁻¹、26.3 ng g⁻¹、33.0 ng g⁻¹ であった (Fig. 1)。先行研究では、バーガー袋やプラスチック製品中の PFAS 総濃度範囲が 3.2–24.7 ng g⁻¹ であり¹⁾、本研究と同程度の値であった。耐油スナック袋、ポップコーン袋、ピザボックスの PFOA 濃度は、0.386 ng g⁻¹、0.574 ng g⁻¹、0.716 ng g⁻¹ であり、製造・使用が禁止されているにも関わらず検出された。PET では定量下限以下であった。

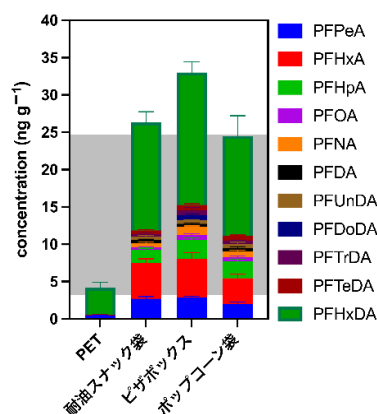


Fig. 1. サンプル中 PFCAs 濃度

灰色の範囲は、先行研究¹⁾における紙、プラスチック製品中の PFAS 総濃度である。

4. 謝辞

本研究の一部は厚生労働科学研究費によって助成された。

参考文献

1) Wang et al., 2024., *Journal of Hazardous Materials*, 479, 135658.

キーワード 有機フッ素化合物, PFAS, 食品接触材料, LC-MS/MS, PFOA

加熱式タバコの葉および主流煙に含まれる金属類の定量評価 Determination of metals in tobacco leaves and mainstream smoke of heated tobacco products

静岡県立大学 ○青木遥輝, 野呂和嗣, 雨谷敬史

はじめに

加熱式タバコ (HTPs) は、紙巻タバコに代わり使用量が増加している。HTPs はタバコ葉を燃焼せず、加熱によってニコチンなどを放散させるため、主流煙に含まれる揮発性有機化合物の濃度が比較的低い。しかし、HTPs は加熱デバイスに金属が使われているため、喫煙者への金属類の曝露量が増加することが懸念されている。例えば、紙巻タバコに含まれていた Cd は、発がん物質であるだけでなく慢性閉塞性肺疾患の発症や腎毒性を引き起こす¹⁾。このように、金属類の一部はヒトに対して健康リスクを有するため、その曝露量の把握は重要である。しかし、HTPs のタバコ葉と主流煙に含まれる金属類についての定量的な知見は不足している。本研究では、HTPs のタバコ葉および主流煙に含まれる金属類の定量評価を行った。

方法

A 社 8 種類のタバコカートリッジを使用した。Be、Sc、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、As、Se、Cd、Pb を対象とした。

タバコ 1 本分のタバコ葉を分取し、細かく刻んでテフロンビーカーに加えた。60%硝酸 4 mL を添加し、蓋をして 120℃ に熱したホットプレートを用いて 60 分間加熱した。60%過塩素酸 3 mL を加え、200℃ の条件で 30 分加熱後、蓋を外して内容物が乾固するまで加熱した。放冷後、5%硝酸 5 mL を加えて 120℃ の条件で 2 分間加熱し、サンプルを溶解させた。さらに 5%硝酸を加えて 10 mL に定容し、誘導結合プラズマ質量分析計 (ICP-MS) を用いて分析した。

HTPs 主流煙は、Health Canada Intense 法 (吸煙量: 55 mL、吸煙時間: 2 秒、吸煙間隔: 30 秒) に従って捕集した。捕集には石英繊維フィルターを用いた。フィルターを超純水 10 mL を用いて超音波抽出した。抽出後、90℃ の条件で加熱して乾固させた。60%硝酸 5 mL を加えて 200℃ の条件で 1 時間加熱し、5%硝酸を加えて 10 mL に定容し、ICP-MS を用いて分析した。

主流煙中濃度からハザード比 (HQ) と発がんリスク (CR) を推定した。判断基準は $HQ = 1$ 、 $CR = 1 \times 10^{-6}$ とした。

結果と考察

HTPs 主流煙から 8 元素が検出され、その濃度範囲は 0.021 (Co)–61 (Fe) ng stick⁻¹ であった (Fig. 1)。先行研究における紙巻タバコ主流煙中の元素濃度範囲は、0.049 (Co)–39 (Cd) ng stick⁻¹ であり²⁾、本研究の濃度範囲と同程度であった。

HTPs のタバコ葉から 14 元素が検出され、その濃度範囲は 3.3 (Be)– 8.5×10^4 (Fe) ng stick⁻¹ であった。この結果は、先行研究の紙巻タバコ葉中の Cd、Pb 濃度 (4.5×10^2 、 3.0×10^2 ng stick⁻¹)³⁾ より低い濃度であった。

タバコ葉から Fe や Mn が高濃度で検出されたが、放散割合は 1% 未満であった。放散割合が 1% を超えたのは Ni、As、Pb のみであった。

4 種のサンプルで CR が 1.0×10^{-6} – 1.8×10^{-6} (As) であり、As について発がんリスクの懸念があることが示唆された。HQ が 1 を超えた物質はなかった。

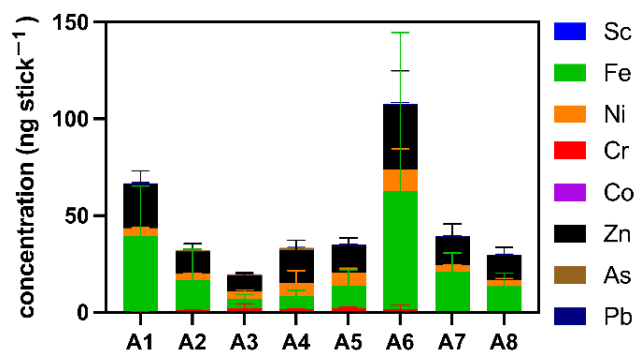


Fig. 1 HTPs 主流煙の金属濃度
エラーバーは標準偏差を表す。(n=3)

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た。

参考文献

1) Fresquez et al., 2013; 2) Pappas et al., 2014; 3) Quang et al., 2021.

キーワード 加熱式タバコ、金属類、ICP-MS

ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエチレンテレフタレート of 光劣化を促進する多環芳香族炭化水素類の同定

Identification of polycyclic aromatic hydrocarbons that promote photo-degradation of polyethylene, polypropylene, and polyethylene terephthalate

静岡県立大学 ○渡辺拓海, 滝川哲也, 野呂和嗣, 雨谷敬史

1. はじめに

プラスチックは疎水性有機物質を吸着し、長距離輸送する可能性がある。我々は、代表的な吸着物質である多環芳香族炭化水素類 (PAHs) がポリエチレン (PE) の光劣化を促進することを示したり。しかし、劣化促進作用をもつ PAHs の特定には至っていない。本研究では、13 種の PAHs をポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP)、ポリエチレンテレフタレート (PET) 各プレートに 1 種ずつ添加し、人工太陽光照射実験を行った。劣化評価により、促進作用をもつ PAHs を同定し、その影響を検討した。

2. 方法

プラスチックへの PAHs の吸着

対象 PAHs は 13 種とした。厚さ 1 mm の 3 種のプラスチックを 10 mm × 100 mm に切断した。ガラス試験管にプラスチック 1 枚、超純水 20 mL、10 mg L⁻¹ の 16 種混合 PAHs 溶液を 31.3 μL 添加し、4°C で 24 時間静置した。これを 16PAHs サンプルとした。各 PAH 単品溶液 (1,000 mg L⁻¹) 5 μL を用い、同様に処理した。

人工太陽光の照射

円形回転台にサンプルを配置し、光強度 3.05 MJ m⁻² h⁻¹ の人工太陽光を照射した。24 時間照射後に再度 PAHs を吸着させる操作を繰り返した。比較のため、PAHs 無添加サンプルの光照射 (blank 条件) および暗所試験 (dark 条件) も実施した。

劣化評価

最小秤量 0.01 mg の電子天秤で照射前後の質量を測定した。各条件ごとに 3 枚のサンプルの引張強度 (N) を測定した。入射電圧 15.0 kV、倍率 600 倍の条件において走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察を実施した。フーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR) 分析による CI 値を用いて劣化を評価した。波数範囲 5000–400 cm⁻¹、積算 32 回、分解能 4 cm⁻¹。CI は式(1)により算出した。

$$CI = A_{1850-1650} / A_{1500-1420} \quad (1)$$

$A_{1850-1650}$ と $A_{1500-1420}$ は、それぞれ 1850–1650 cm⁻¹、1520–1420 cm⁻¹ の範囲の吸光度である。

3. 結果

光照射後、16PAHs サンプルは黄変が認められ、劣化が示唆された。SEM 観察では、表面のクラックが観察された。PE における 16PAHs、blank、dark の CI 平均値はそれぞれ 0.195、0.142、0.00861 (Fig. 1)、PP では 0.794、0.393、0.214 であり (Fig. 2)、いずれも 16PAH と dark 間に有意差 ($p < 0.0001$) が確認された。一方、PET では有意差は見られなかった。これらの結果から、PAHs の吸着が光照射下でポリエチレンおよびポリプロピレン表面のカルボニル基生成を促進することが示唆された。また、16PAHs サンプルは最も小さな力で断裂し、伸長距離も短かったことから、blank や dark に比べて劣化が進行していたと考えられる。なお、いずれのサンプルも光照射前後で質量に有意な変化はなかった。個別 PAH 処理では indeno[1,2,3-cd]pyrene、benzo[ghi]perylene、anthracene を添加したサンプルに黄変が見られたが、16PAHs サンプルに比べ変化は小さかった。複数の PAHs の共存により、劣化がより強く促進される可能性がある。今後は PET の照射時間を延長し、劣化評価を行うとともに、ポリスチレンも加えて同様の実験を実施し、PAHs による劣化促進効果の比較を進める。

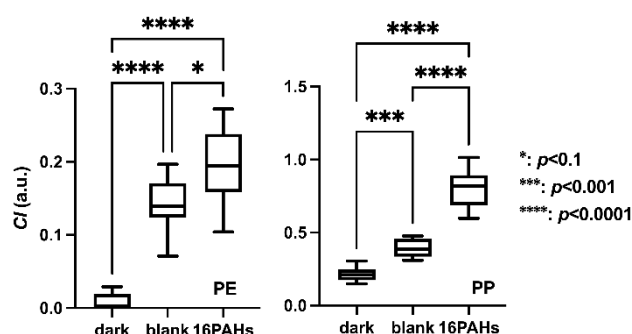


Fig. 1 PE の CI 値 Fig. 2 PP の CI 値

参考文献: 1)Noro et al., *Marine Pollution Bulletin*, 2023.

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 (課題番号: 21K17905, 25K00156) および環境研究総合推進費

(JPMEERF20231R03) の助成を受け実施された。

キーワード: FT-IR, カルボニルインデックス

機械学習を用いた光化学オキシダント高濃度時予測における特徴量の検討

Extraction of effective features in machine learning to predict high concentration Ox occurrence

横浜国立大学大学院・環境情報 ○亀屋 隆志, 坂東 瑠輝

1. はじめに

光化学オキシダント(Ox)は、直接的な排出源はほとんどなく、大気中の原因物質が光化学反応を受けて生成される二次的な汚染物質とされる。このため排出抑制管理が行えず、高濃度が予想される場合に注意報や警報を発令して住民や事業者活動制限を促す対応が求められる。しかし高濃度時を予測することは難しく、注意報や警報の発令漏れ(見逃し)や誤報の発生が多いことが課題とされる。本研究ではメカニズム未解明のOx濃度予測に機械学習を適用し、特に注意報発令レベルの高濃度時に特化した予測精度向上を目指して種々の気象条件や大気汚染物質濃度から有用な特徴量の抽出を行った。

2. 方法

機械学習には、複雑データからのパターン学習を特長とするDeep Neural Network(DNN)を用いた。特徴量には公開情報を使用し、Ox濃度の実測点やその近隣での気象観測データや汚染物質モニタリングデータを収集した。既往研究¹⁾で用いられている気温、風向、風速、相対湿度(RH)、日射量、一酸化窒素(NO)、二酸化窒素(NO₂)のほか、非メタン炭化水素(NMHC)、浮遊粒子状物質(SPM)、微小粒子状物質(PM_{2.5})をデータセットに追加した。登戸(神奈川県川崎市)の例では2011~2022年データのうち、日最高Ox濃度が0.12 ppm超の日(41日)の10~24時を予測対象日時とし、遡って1年分を学習データとした。予測精度の評価は、注意報値(0.12 ppm)以上を陽性、未満を陰性とし、予測対象日時の時間帯のどこかで陽性出現を予測できた真陽性率で評価した。

3. 結果と考察

3.1 既往研究における特徴量の検証

まず、既往研究¹⁾の7つの特徴量を一つずつ除外してDNN予測した際の真陽性率を図1に示す。真陽性率低下への影響はNO₂、気温、NOを除外した順に大きくなったが、いずれの特徴量も除外すると真陽性率が低下したことから、7つの特徴量がOx注意報レベルのDNN予測においては精度向上に欠かせない特徴量と考えられた。

3.2 NMHC、SPM、PM_{2.5}の特徴量への追加

3.1の7つの有用な特徴量にPM_{2.5}を追加すると真陽性率が向上したが、NMHCとSPMでは精度向上はみられなかった。PM_{2.5}の二次生成粒子はNO_x、SO_x、VOC等が大気中化学反応等で粒子化したものであり、生成過程がOxと類似しているため精度向上に寄与したと考えられる。

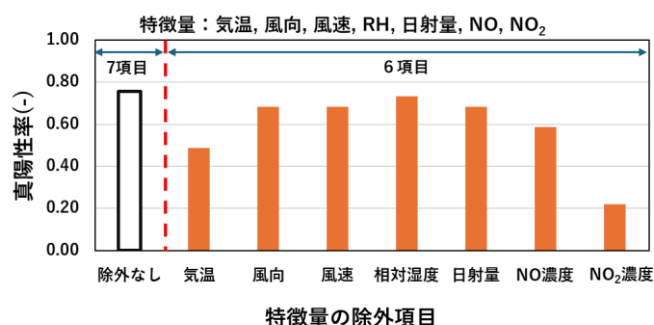


図1 各特徴量を除外したDNNでの真陽性率の変化

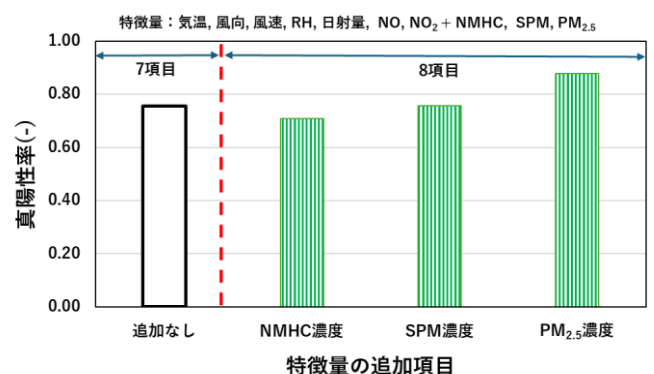


図2 各特徴量を追加したDNNでの真陽性率の変化

4. 結論

気温、風向、風速、相対湿度、日射量、NO、NO₂に加え、PM_{2.5}はOx注意報レベルのDNN予測において精度向上に寄与する有用な特徴量であった。今後は検証事例数を増やし、誤報も合わせて検討する必要がある。

参考文献

- 1) M. Ahmad et al., Journal of Cleaner Production, 379(2022), 134638

キーワード 光化学オキシダント, 機械学習, 特徴量

土砂災害警戒区域内に立地する PRTR 対象事業所における Natech リスクの抽出 Extraction of Natech Risks in PRTR facilities located in the Landslide Hazard Prone Area

大阪大学 ○森口暢人（現・東京海上 DR）、伊藤理彩（現・北九州市大）、東海明宏（現・新居浜高専）

1. 背景と目的

近年、自然災害を起因とする産業事故 (Natural hazard-triggered technological accident: Natech) によって、周辺住民の健康被害や自然環境の汚染等が発生している¹⁾。Natech のリスク管理に向けては、近年国家規模におけるリスク評価 (National risk assessment) の観点から、リスクの特定 (リスクが高い事業所のスクリーニング) とそれに基づくリスク評価の枠組みが提案されている²⁾。

他方、日本では土砂災害の発生件数が増加傾向にあり³⁾、土砂災害を起因とした Natech も報告されている⁴⁾。

全国規模でリスクを特定した事例は存在するが⁵⁾、土砂災害かつ日本を対象とした研究は見られない。そこで、本研究では、Pollutant Release and Transfer Register (PRTR) 制度の事業所を対象として、土砂災害を起因とした Natech リスクを抽出することを目的とした。

2. 方法

土砂災害警戒区域のポリゴンデータと PRTR 事業所のポイントデータから ArcGIS を用いて、土砂災害警戒区域に該当する PRTR 事業所を特定した。

続いて、Natech リスクを事業所が有する化学物質のハザード（年間取扱量や有害性）と事業所の周辺地域の脆弱性（人口や自然環境等）を掛け合わせたものと定義し⁶⁾、各指標を基に事業所の分類を行った。また、分類では非階層的クラスター分析手法の 1 つである Self-organizing map (SOM) を用いた。最後に、化学物質のハザード及び周辺地域の脆弱性に関する分類結果を統合し、各事業所で相対的に懸念される Natech リスクを定性的に抽出した。

3. 結果と考察

3.1. 事業所の特定結果

土砂災害警戒区域に該当する PRTR 事業所は合計 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。特に土砂災害警戒区域の指定数が多い長野県や広島県で該当する事業所数が多い傾向となり、それぞれ 118 件、90 件であることが分かった。

3.2. リスクの抽出結果

リスク抽出の結果 (図 1)、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 事業所であることが分かった。

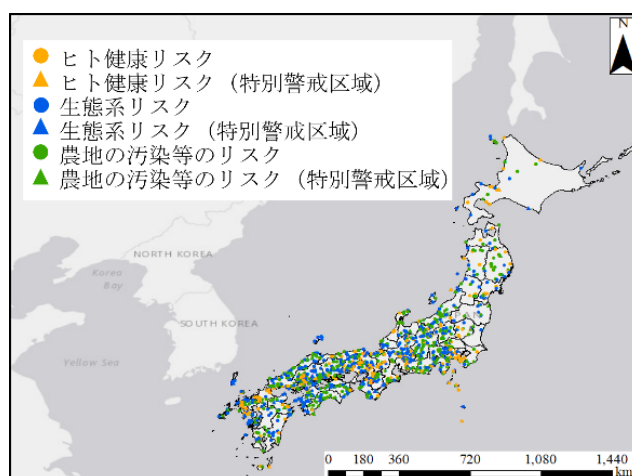


図 1 リスク抽出結果の全国マップ

4. 結論

本研究は土砂災害起因の Natech リスクに対し、優先的な対策が必要な事業所や地域を全国規模で可視化し、今後の具体的な対策に向けて有用な知見を提供した。

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) 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.
- 3) 国土交通省 (2024) 令和 5 年の土砂災害. p.1.
- 4) 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.
- 5) Gao, Y., Cao, G., Hu, L., Bi, J., Ma, Z. (2022) Spatially resolved risk assessment of Natech in the Yangtze River Economic Belt, China. *Process Safety and Environmental Protection*. 159, 1039–1052.
- 6) Cruz A.M. and N. Okada (2008) Methodology for preliminary assessment of Natech risk in urban areas. *Natural Hazards*, 46(2), 199–220

キーワード Natech, クラスタ分析, 土砂災害

カビ毒アフラトキシン産生菌の空間分布に関するデータセット構築と気候変動による影響の評価

Development of a dataset on the spatial distribution of the aflatoxin-producing fungi in the environment and the assessment of the climate change impacts

農研機構 ○西森基貴, 塚田祐子, 若月ひとみ, 長谷川利弘, 細谷幸恵, 久城真代

1. はじめに

カビ毒のうちアフラトキシンは発がん性を含む強力な毒性を持ち、現存する熱帯・亜熱帯地域のほか日本でも気候変動によりカビ毒の発生頻度や発生域拡大が懸念されるが、国内を対象とした研究例はない。Tsukada et al. (2025) は、過去の AF 産生菌の検出事例を抽出する系統的レビューを実施し、その空間的分布および環境応答のメタ解析を実施するためのデータセットを作成した。本研究ではそのデータセットをもとに、産生菌検出地点での過去期間の気候条件を解析し、産生菌の生息する気温（暖かさの指数）・湿潤（降水量）条件を評価した。

2. 日本における AF 産生菌の分布実態の把握

Tsukada et al. (2025) は、AF 産生菌の分布に関わる系統的レビューに基づくデータ整備を行い、21 論文から計 137 件のデータセットを作成した。うち、AF 産生菌が 1 株でも報告されたのは関東以西 14 県であった（図 1）。次に産生菌生息にかかわる気候気象条件を明らかにするため、各データについて検出場所に近い気象観測点を参照し、また検出見込み年よりおよそ前 10 年間平均の気温や降水量との関係を見た。気候条件の限界をみるため、検出例がない都府県の気象官署についても解析した。

3. 気候条件と AF 産生菌分布との関係

まず検出例と暦年の平均気温および積算降水量との関係を見た結果、AF 産生菌は年平均気温がおよそ 14℃以上の地点で分布を確認した。この結果は、AF 産生菌の生息は年平均気温が 16℃以上の地域に限られるとした真鍋（1976）の結果と異なり、実際には 1980 年頃から、年平均気温が 14℃程度である関東地方でも広く生育・分布していたことがうかがえる。さらに、植物の生育に関係する月平均気温 5℃に着目し、温度指標として植物生育期間で 5℃以上の値の積算気温である吉良ほかの「暖かさの指数」を採用したところ、その指数が 140 以上で分布域、同 115 以上で分布可能域とすることができる、と推察された（図 2）。また図 2 では、降水量積算を生育期間に限った場合、分布可能域を 1100mm 以上、分布域を 1900mm 以上とできることも示唆された。今後

は、降水量で表している乾湿環境についてより適切な指標を探索するとともに、それら指標自体の変動傾向も含めて明らかにする必要がある。

参考文献

- 1) 真鍋勝・鶴田理・田中健治・松浦慎治（1976）本邦土壌中のアフラトキシン生産菌群の分布，日本菌学会会報，17，436-444.
- 2) Tsukada, Y. M. Kushiro, H. Wakatsuki, T. Hasegawa, and M. Nishimori (2025) A dataset of the distribution of aflatoxin-producing fungi in Japan, Data in Brief, (accepted on 02JUL2025)

キーワード マイコトキシン／アフラトキシン，メタ解析，気候変動影響，暖かさの指数

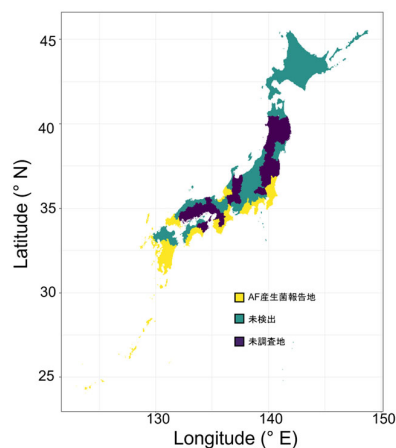


図 1 日本における AF 産生菌の分布実態把握 (Tsukada et al., 2025 を一部改変)

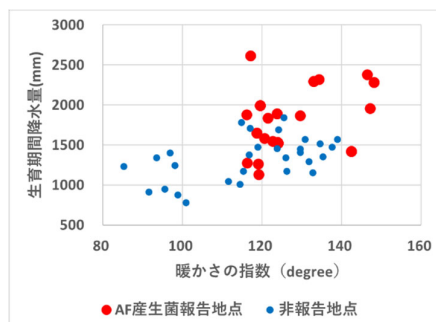


図 2 AF 産生菌の検出地点および同非検出地点における「暖かさの指数」と生育期間降水量との関係

災害・事故による化学物質の異常放出の法的管理 ——環境法律における「事故時の措置」の検討

Legal Control of Accidental Releases of Chemical Substances in Japan: “Measures in Case of Accidents” in Environmental Laws

明治学院大学法学部 ○赤渕 芳宏

1. はじめに

環境法律の中には、工場や事業場において貯蔵・使用等される化学物質が種々の原因によって突発的ないし偶発的に環境中に放出（以下「異常放出」とする）した場合に、その管理者（以下「事業者」とする）や行政が講じるべき措置を定めるものがある。水質汚濁防止法（以下「水濁法」とする）14条の2や大気汚染防止法17条などの「事故時の措置」である。

本発表では、環境法律の「事故時の措置」の規定内容を分析し、課題を摘示する。環境法律としては、上記2つのほか、悪臭防止法、ダイオキシン類対策特別措置法を取り上げる。以下では、「事故時」における情報の生成・収集・流通の仕組みに焦点をあて、規定内容の十分性、責任配分の妥当性という2つの観点からの評価を試みる。

2. 「事故時の措置」における情報の生成・収集・流通

いずれの環境法律も、行政への情報提供義務を事業者に課している。ただし、法律上いかなる情報を提供すべきとされるかは異なる。水濁法は「事故の状況」および「講じた措置の内容」とするのに対し、それ以外の3つの法律はいずれも「事故の状況」のみとする。いずれの法律も、「……しなければならない」との文言でこうした情報提供義務を課するものの、その違反に対する罰則はなく、事業者に対する報告徴収や立入検査によって必要な情報を入手することとしているようである。

住民への情報提供は、いずれの法律も規定しない。

情報の生成・収集は、行政への情報提供義務の前提として当然に行われると考えられるものの、明文の定めはない。いかなる情報を生成・収集すべきかは、いかなる情報を行政に提供すべきかによって規定される。水濁法では㉗事故の発生時刻、㉘事故の場所、㉙事故の原因のほか、㉚流出した有害物質の種類と量、㉛当該事業場の周辺の状況（浄水場の有無など）、㉜汚染の拡大予測、などが逐条解説によって例示されている。

3. 検討

3.1. 規定内容の十分性からの評価

本発表が取り上げた環境法律は、いずれも行政への情報提供を定めるのみである。こうした義務の違反に対する罰則がない点が課題である。また、住民への情報提供については、異常放出された化学物質への暴露の最小化に資するよう、必要な情報を適宜提供する仕組みが必要となろう。このほか、情報生成の手段として環境モニタリングが重要であるところ、行政への情報提供義務に付随する義務としてこれを位置づけることは困難であり、法律上明記することが望ましいと思われる。

3.2. 責任配分の妥当性からの評価

これらの法律では、行為実施責任および費用負担責任のいずれもが事業者に課されているものと解され、これは原因者負担原則に沿った責任配分とみることができ。もっとも、まったくの不可抗力により異常放出が生じた場合には、行為実施責任は依然として事業者にあることとした上で、費用負担責任は負担の衡平の観点から免ぜられると解する必要があるように思われる。

環境モニタリングについては、その中立性の確保の観点からは事業者以外に行為実施責任を課し、実施に要する費用は事業者の負担とすることが適当であろう。

〔付記〕本発表は、環境省・（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20231M01）による成果の一部である。

参考文献

- 1) 環境庁水質保全局（監修）・水質法令研究会（編）『逐条解説水質汚濁防止法』（中央法規出版、1996年）
- 2) 大気汚染防止法令研究会（編著）『逐条解説大気汚染防止法』（ぎょうせい、1984年）
- 3) 赤渕芳宏・小島恵「災害・事故による化学物質の異常放出の法的管理——予備的検討・補論(1)」明治学院大学法学研究 118号 293-321頁（2025年）、同「同(2・完)」明治学院大学法学研究 119号（2025年予定）

キーワード 異常放出，事故時の措置，原因者負担原則

二酸化炭素回収プロセスにおける固体炭素の曝露評価 Occupational Exposure Assessment of Solid Carbon in a CO₂ Capture Process

京都大・環境安全保健機構 ○高井さつき, 長屋太樹, 福田絵美, 松井康人

1. 背景と目的

CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage) が注目されており、特に二酸化炭素をカーボンナノチューブ (CNT) やカーボンナノファイバー (CNF) のような固体炭素に変換するプロセスが、脱炭素社会の実現に期待されている。これらの吸入リスクに関する報告がある一方で、CCUS から生じるこれらの曝露評価は、研究が進んでいない実情がある。本研究では、CCUS の研究施設において、固体炭素の発生量を定量し、労働者への曝露量を定量・評価することを目的とした。

2. 方法

固体炭素化反応装置では、CO を触媒と反応させ、炭素を固体化している。その後、作業者はドラフトチャンパー内で、装置から固体炭素をスクレーパーで掻き出し回収する。室内空気中のエアロゾル濃度は、装置稼働中や掻き出し中に、パーティクルカウンター (OPS3330 及び Nano Scan 3910、TSI) を用いて個数濃度を得た。次に、固体化した炭素と、装置稼働中や作業中に、室内空気を捕集したフィルターを透過型電子顕微鏡 (JSM-7500F、JEOL) により観察した。さらに粉じん計を用いることで、作業環境測定も実施した。

3. 結果

3.1. 電子顕微鏡による観察

掻き出した固体炭素と、捕集フィルターを電子顕微鏡で観察したところ、反応装置から直接採取した固体炭素は、直径が 100-300 nm 程度の繊維状炭素が多くを占めており、CNF が糸くず状に凝集している像を得た。稀に CNT に近い、直径が 20 nm 程度のものも観察できた。捕集フィルターでは、ほとんどが室内空気中の固体であり、労働者への曝露量は極めて低いと推測された。

3.2. 作業環境測定

粉じんについて作業環境測定 (A 及び D 測定) を実施したところ、すべての作業環境において管理濃度を下回っていた。A 測定においては、装置が設置されている室内に、5 台の粉じん計を設置し、これらすべてにおいて、反応装置が稼働している際や、固体炭素の掻き出し作業

時に、粉じん濃度がバックグラウンド値よりも有意に高値を示すことはなかった。

3.3. エアロゾルモニタリング

CO 注入過程に装置付近にて、作業開始から 15 分程度で、装置非稼働時の 13.3 倍に個数濃度が上昇した (図 1)。個人曝露用に用いたフィルター (D 測定) を電子顕微鏡で観察したところ、固体炭素と推測される微小な固体も観察できたことから、個数濃度の上昇と一致していた。

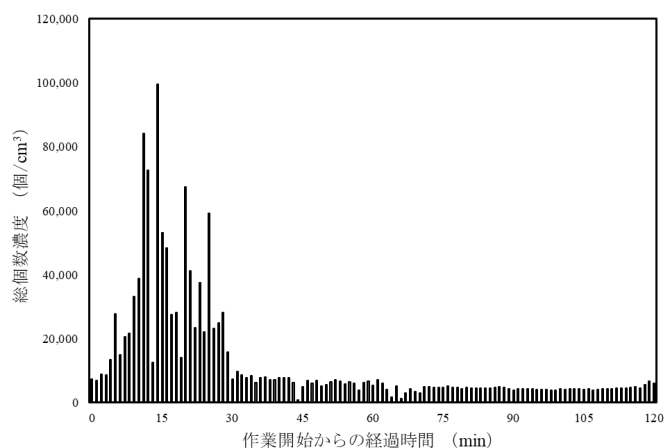


図 1 CO 反応中の総個数濃度の時間変化

4. 考察・結論

測定した装置の反応原理としては、CNT の生成にも使われる熱 CVD 法を参考にしている。固体炭素は大きさから判定すると CNF が凝集している状態であったが、CNT に近い物質も観察できた。法令における粉じんの作業環境としては良好であったが、粒径のより小さなエアロゾルでは総個数濃度が大幅に上昇する作業があり、労働者の曝露量についても、より精密な評価が求められる。

参考文献

- 1) Evans, D. E., Ku, B. K., Birch, M. E., & Dunn, K. H. (2010). Aerosol monitoring during carbon nanofiber production: mobile direct-reading sampling. *Annals of Occupational Hygiene*, 54(5), 514-531.

キーワード CCUS、カーボンナノチューブ、曝露評価

シリコーンパッシブ法における評価可能物質の推定とリスクアセスメントへの適用

Estimation of Evaluable Compounds by Silicone Passive Sampling Method and Their Application to Risk Assessment

横浜国大 ○田川瑛梨, 宮本睦子, 労働安全衛生総合研究所 王齊, 静岡県大 雨谷敬史, 横浜国大 三宅祐一

1. はじめに

労働安全衛生法でリスクアセスメントが義務化されたことを受け、多様な化学物質に対応可能な個人曝露測定手法が求められている。シリコーンパッシブ法は電源を必要としない安価な手法であり、広範な物性を有する準揮発性有機化合物（SVOCs）が評価可能である¹⁾ことから、リスクアセスメントへの応用が期待される。そこで、シリコーンパッシブ法で評価可能な SVOCs の物性を推定し、リスクアセスメントへの適用事例を提案した。

2. 方法

前洗浄したシリコーンシート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。評価可能な物性を推定するため、多環芳香族炭化水素類（PAHs）27 種、ハロゲン化 PAHs 46 種、中性 PFAS 39 種、イオン性 PFAS 67 種と幅広い物性を持つ物質について添加回収試験を実施した。また、労働安全衛生法でリスクアセスメントが義務付けられている SVOCs について、EPI Suite を用いて物性値を推算した。

3. 結果と考察

3.1. 評価可能物質の推定

疎水性の物質を収着しやすい²⁾シリコーンパッシブサンプラーと大気との物質移動を説明する物性値として、オクタノール/空気分配係数（ K_{OA} ）を選定した。 $\log K_{OA}$ と各 SVOCs の回収率の関係は、シグモイド関数を用いた非線形回帰分析を実施したところ、決定係数 r^2 が 0.785 と、精度良く回帰できた。また、推定された回帰曲線から、 $\log K_{OA} > 2.7$ であればシリコーンパッシブ法におけ

る回収率が 60%以上となることが示された。この基準を今回の実測データに適用したところ、96%の物質について正確な判定ができた。また、労働安全衛生法でリスクアセスメントが義務付けられている SVOCs のうち、基準を満たす物質は約 9 割を占めており、これらは本手法により評価可能であると推定された。

3.2. リスクアセスメントへの適用

シリコーンパッシブ法の利用によりリスクアセスメントの精緻化が可能だと想定される事例を図 1 に示す。リスクアセスメントのための簡易評価ツールである CREATE-SIMPLE は大まかな曝露濃度範囲の推定が可能であり、本手法による実測を効果的に併用することで、より実状に即した精緻な評価が可能となる。また本手法は、被験者への負担の少なさ、サンプラーの入手しやすいなどの利点を有することから、ポンプを用いるアクティブ法の適用が難しい子供や作業者などに対する個人曝露評価、非定常時を含む多地点の大気中濃度同時測定が可能であり、作業環境に限らず多様な場面でリスクアセスメントの実施が可能だと考えられる。今後、定量的リスク評価のために、シリコーンパッシブサンプラーへの各物質の捕集速度の推算手法を検討する予定である。

謝辞 本研究は環境研究総合推進費（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) M. T. O. Jonker et al. (2015) Environ. Sci. Technol., 49, 6791-6799

キーワード 準揮発性有機化合物、シリコーンパッシブ法、個人曝露測定、リスクアセスメント

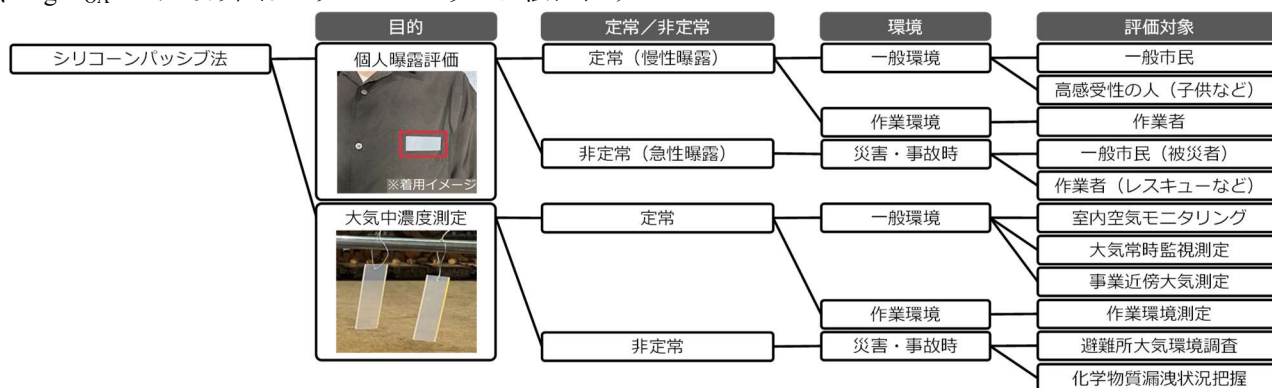


図1 シリコーンパッシブ法の利用によりリスクアセスメントの精緻化が可能だと想定される事例

モノリス型固相抽出遠心カラムを用いた PFAS の迅速前処理法の検討

Development of a Rapid Pretreatment Method for PFAS Using a Monolithic Solid-Phase Extraction Centrifugal Column.

熊県大大学院 ○諸熊 恵美, Ahmed Elwalced,
Nguyen Thi Quynh, 小林 淳, 石橋 康弘

1. はじめに

ペルフルオロアルキルおよびポリフルオロアルキル酸類 (PFAS) は、耐熱性・撥水性・撥油性に優れ、消火剤や防水繊維、包装材など幅広く利用されてきた¹⁾。しかし、極めて分解されにくく環境中に長期間残留することから、残留性有機汚染物質 (POPs) に指定され、国際的に使用が規制されている。現在は短鎖 PFAS や HFPO-DA (GenX) などの代替物質が使用されているが、その毒性や環境中での挙動に関する情報は不十分であり、包括的なモニタリングが求められている²⁾。PFAS 分析では、マトリックスの影響や短鎖 PFAS の保持の難しさが課題であり、前処理工程が精度に大きく影響する。そこで本研究では、LC-MS/MS による 30 種の PFAS の一斉分析法を構築し、MonoSpin® C18 および C18-AX などのモノリス型固相抽出遠心カラムを用いた迅速かつ高精度な前処理法の開発を目指した。

2. 材料と方法

対象物質

PFAS30PAR (Wellington Laboratories 社製) を使用し、11 種のパーフルオロカルボン酸類 (PFCAs)、7 種のパーフルオロスルホン酸類 (PFSA)、および代替 PFAS を含む計 30 種類の PFAS を対象とした。分析用溶媒にはメタノール (wako)、1 mol/L 酢酸アンモニウム、25%アンモニア水を用い、内部標準液には MPFAC-HIF-ES (Wellington 社製)、前処理には、MonoSpin® C18 および C18-AX (GL Sciences 製) を使用した。

MonoSpin®添加回収試験

C18 および C18-AX カラムを 0.1%アンモニア含メタノール、メタノール、超純水の順に通液し、各カラムをコンディショニングした (15,000 g、1 分)。10 ng に調整した超純水スパイク試料 (500 μ L) を添加し、同様に通液後、超純水で洗浄、遠心脱水 (15,000 g、5 分) した。溶出は、C18 ではメタノール、C18-AX では 0.1%アンモニア含メタノール (各 500 μ L) を用い、遠心 (15,000 g、2 分) で回収した溶出液を LC-MS/MS (Thermo Fisher Scientific 社製) で分析した。

3. 結果と考察

MonoSpin® C18 および C18-AX の比較

C18 では PFCAs の C9~C10 で 80 %以上の高い回収率が得られたが、C4~C6 の短鎖 PFAS では保持が不十分で、回収率は 0~50 %と低かった。PFSA については C5~C9 で比較的良好な回収率を示した。一方、C18-AX では全体的に回収率が 51~111 %と高く、PFCAs では C18 よりも優れた回収性能を示した。特に短鎖 PFCAs ではアニオン交換機能が有効に働いたと考えられる。一方、PFSA の C4~C6 では回収率が 30~50 %と低下する傾向が見られた。これらの結果から、短鎖 PFAS の分析にはアニオン交換機能を併せ持つ C18-AX の使用が有効であることが示唆された。

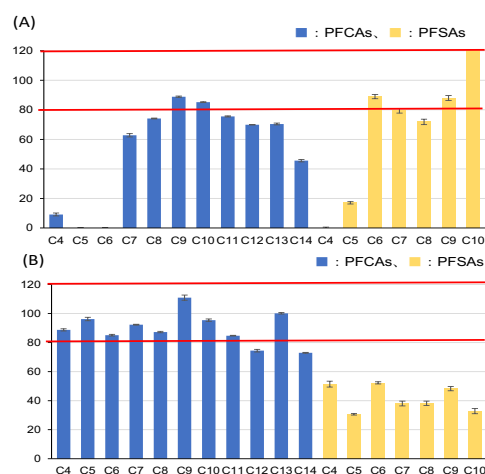


Fig.1 Comparison of PFAS Recovery Rates Using MonoSpin Columns (A) C18, (B) C18-AX

4. まとめ

MonoSpin®C18-AX では短鎖 PFCAs でも良好な回収率が得られ、PFAS の一斉分析には C18-AX の使用が有効と示唆された。今後はより安定した前処理法の確立には条件の最適化が必要である。

参考文献

- 1) Kannan et al., *Environ. Sci. Technol.*, 38(17), 4489–4495, 2004.
- 2) Gebbink et al., *Environ. Sci. Technol.*, 51(19), 11057–11065, 2017.

キーワード PFOA, PFOS, PFAS, MonoSpinC18, MonoSpinC18-AX

光化学オキシダント注意報レベル予測の機械学習における高濃度時データ収集範囲の検討

Examination of the data collection range for high concentration in machine learning for photochemical oxidant alert level prediction

横浜国立大学大学院・環境情報 ○坂東 瑠輝, 亀屋 隆志

1. はじめに

光化学オキシダント(Ox)は、0.12 ppm 超の状態が続く場合は注意報が発令され、住民への周知や工場・事業所への前駆体排出削減の協力要請が行われる。生成メカニズムが解明されていない Ox の濃度を正確に予測することは難しく、活動制限を伴う注意報発令において避けたい見逃しおよび誤報の発生が課題となっている。本研究では機械学習に着目し、学習に用いるデータの収集範囲を検討することで、注意報レベルの Ox 濃度における予測精度の向上を目指した。

2. 方法

2011～2022 年の登戸を例として気象・大気汚染データを測定局から入手した。既往研究¹⁾を参考に Deep Neural Network (DNN) を構築し、見逃し防止の検討では日最高 Ox 濃度が 0.12 ppm 超の日 (26 日)、誤報防止の検討では 0.12 ppm 未満の日 (84 日) の 10～24 時を予測対象日時とした。学習データには、予測対象日から遡って 1, 2, 3 年分のデータを使用した。さらに、2011～2021 年の 0.10 ppm 超のデータのみ使用する学習データと 0.10 ppm 超のみの学習データに予測対象日前日の 1～24 時と予測対象日の 1～9 時の直前 33 時間のデータを追加した場合も検討した。予測結果は、0.12 ppm 以上を陽性、未満を陰性として、陽性を正しく予測した真陽性と、陰性を正しく予測した真陰性の割合で評価した。なお、見逃しは偽陰性、誤報は偽陽性である。

3. 結果と考察

3.1 見逃し防止のための学習データ範囲の検討

2014～2021 年の日最高 Ox 濃度が 0.12 ppm 超の日に対する真陽性率を図 1 に示す。予測対象日から遡って 1 年分を学習データとした場合の真陽性率は 0.65、2 年では 0.77、3 年では 0.77 となった。また、2011～2021 年の 0.10 ppm 超のデータを含んだ場合に真陽性率が 1.00 となり、見逃しを完全に防ぐ結果となった。

3.2 誤報防止のための学習データ範囲の検討

3.1 で 0.10 ppm 超のデータのみを学習データに用い

た場合では、真陰性率が著しく低く、誤報を大量発生させる結果となった。その一方で、0.10 ppm 超のみの学習データに予測開始時刻直前データを加えた場合では、誤報の防止において大幅な改善が見られた。(図 2)。

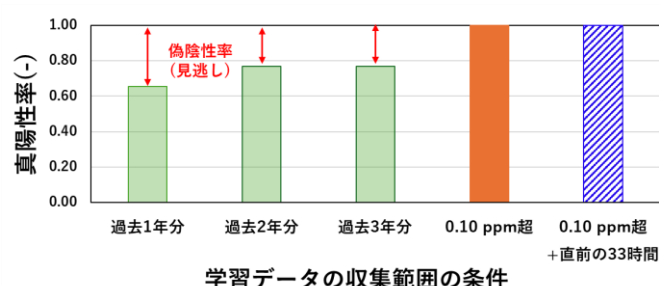


図 1 学習データ範囲による真陽性率の変化

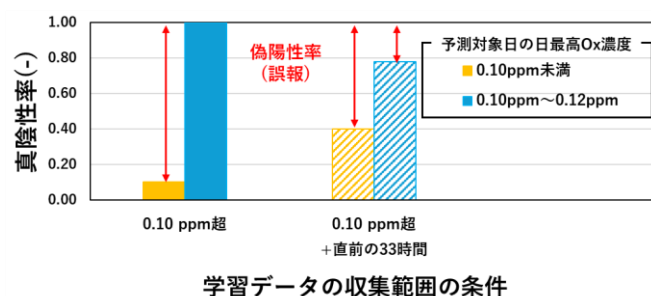


図 2 0.10 ppm 超のみの学習データに予測開始時刻直前データを加えた際の真陰性率の変化

4. 結論

Ox 濃度 0.10 ppm 超のデータに予測開始時刻から直前 33 時間分のデータを加えて学習すると、注意報レベルの Ox 濃度予測における真陽性率が 1.00 となり、見逃しを防ぐとともに誤報も大幅に抑制されることが示唆された。今後、誤報のさらなる低減を図るとともに他地点においても検証する必要がある。

参考文献

1) M. Ahmad et al. (2022), Journal of Cleaner Production, 379, 134638

キーワード 光化学オキシダント, 機械学習, 学習期間

小型低流速土壌ガス吸引装置による有機塩素系溶剤汚染土壌の浄化予測モデルの検討 Study of Remediation Prediction Model for Chlorinated Organic Solvents Contaminated Soil with Small Size Low Flow Rate Soil Vapor Extraction Technique

横浜国立大学大学院 ○鄭桐偉, 柏冬琳, 李京, 小林剛

1. はじめに

揮発性有機塩素化合物(CVOC)による土壌汚染が多数顕在化している。中小規模事業所では未調査の場合が多く、敷地が狭く浄化装置を置くのも困難で、放置されて地下浸透が進むことでより浄化困難になる場合もある。設置可能な小型ガス吸引装置でも、早期の汚染調査とともに操業中から時間をかけて浄化を行えば、地下浸透の懸念のある原液を除去し、汚染拡大抑制とともに浄化コストも低減できる可能性がある。

本研究では、CVOCの土壌中の存在形態や浄化メカニズムを考慮して、中小規模事業所を想定した有機塩素系溶剤汚染地の土壌ガス吸引による土壌浄化予測モデルとともに、効率的な浄化方法を検討することとした。

2. 方法 (検討した CVOC の土壌浄化予測モデル)

CVOC 汚染サイトで、土壌深さ方向に厚み $\Delta d[m]$ 毎の段に区分し、さらに吸引井を中心に半径方向に同心円状に $\Delta r[m]$ 毎の殻に区分した多段同心円柱モデルを考えた。

(1)式により、ある段の第 i 殻における土壌気相濃度変化は、移流による流入・流出量、水相からの揮発量、原液の揮発量、固相からの脱離量、前殻からと後殻への拡散量を考えた物質収支から、任意の殻における各時間区分の間隙ガス濃度を推算した。

なお、原液が存在する場合、(1)式の水相からの揮発項と固相からの脱離項は計算しない。原液の消失後は、原液揮発項は計算しないようにした。

$$\begin{aligned} \varepsilon_i \times \Delta V_i \times \frac{(C_{g,i,j} - C_{g,i,j-1})}{\Delta t} = & F \times (C_{g,i-1,j} - C_{g,i,j}) - \frac{\Delta V_{wi} \times (C_{g,i,j} - C_{g,i,j-1})}{H_{gw} \times \Delta t} \\ & - \varepsilon_i \times \Delta V_i \times (C_{g,i,j} - C_g^*) \times K_{la,i} \\ & - \Delta V_i \times k_{slav} \times \left(\frac{H_{swl} \times C_{g,i,j-1}}{H_{gw}} - C_{sl,i,j-1} \right) \\ & - \Delta V_i \times k_{slIav} \times \left(\frac{H_{swlI} \times C_{g,i,j-1}}{H_{gw}} - C_{slI,i,j-1} \right) \\ & - \frac{D_g}{\Delta r} \times A_i \times (C_{g,i,j} - C_{g,i+1,j-1}) \\ & + \frac{D_g}{\Delta r} \times A_i \times (C_{g,i-1,j} - C_{g,i,j}) \quad \dots (1) \end{aligned}$$

F : 流量[m³/d]
 A_i : 第 i 殻断面積[m²]
 ΔV_i : 第 i 殻の体積[m³]
 ΔV_{wi} : 第 i 殻の間隙水体積[m³]
 Δt : 1 時間区分の時間[s]
 $C_{s,i}$: 第 i 殻固相濃度[mg/m³]
 D_g : 土壌間隙拡散係数[m²/d]
 K_{slav}, K_{slIav} : 総括物質移動容量係数[kg/(m³・d)]
 H_{swl}, H_{swlI} : 吸着平衡定数[m³/kg]

$C_{g,i}$: 第 i 殻土壌気相濃度[mg/m³]
 ε_i : 第 i 殻空隙率[-]
 H_{gw} : ヘンリー定数[-]
 $K_{la,i}$: 第 i 殻原液の移動容量係数[1/d]
 ΔZ : 一般の距離[m]
 C_g^* : 飽和蒸気圧の気相濃度[mg/m³]

※記号の I は速い吸着分, II は遅い吸着分を示す。

3. 結果と考察

図 1 に吸引ガス濃度および除去率経時変化を示した。このサイトでは、運転開始後約 1 d で原液は除去できた。吸引ガス濃度は、120 d で黒ぼく土の溶出基準に平衡な気相濃度(9.7 mg/m³)まで低下し、その後の低下には時間を要した。原因は土壌粒子細孔内の吸着分の脱離が遅いためと考えられた。このように原液の存在時から浄化終了までを予測できるモデルを作成することができた。

図 2 に、吸引流量を変化させた時の吸引ガス濃度の経時変化の計算例を示した。吸引流量を 1/7.2 倍、1/60 倍に変化させた結果、原液部分の除去時間は 1.3 倍(1.3d)と 3 倍(3.2d)に大きくなったが、吸引流量が小さなポンプ(装置面積は台車 1 台程度)でも数日間の浄化で、汚染拡大の原因となる原液の除去ができると考えられた。また、操業しながら 600 日間で基準の 40 倍程度まで浄化できる可能性も示された。

本結果から、高濃度 CVOC 汚染を放置せずに、操業中からの早期の調査と低流速でも可能な範囲で浄化を進めることが有用であることが示された。

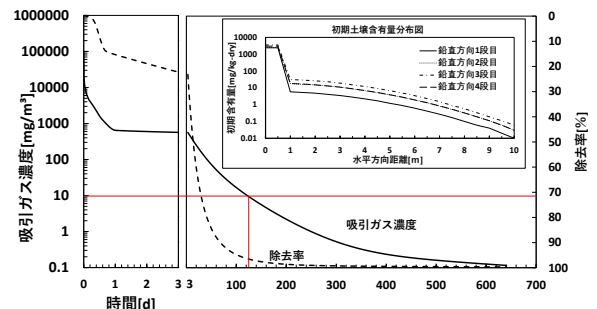


図 1 吸引ガス濃度および除去率経時変化の計算例 (黒ぼく土、吸引流量 36m³/h)

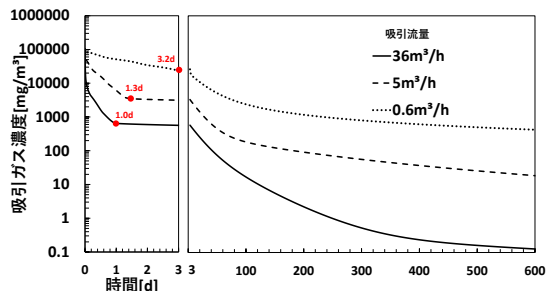


図 2 吸引流量による吸引ガス濃度の経時変化の計算例

キーワード 有機塩素系溶剤, 土壌汚染, 土壌ガス吸引法

高濃度溶液の短時間流入時、及び、懸濁物質・油分共存時の 金属類用パッシブサンプラーの性能評価

Evaluation of DGT-passive sampler for heavy metals in surface water under three cases; 1: spiked with heavily contaminated water, 2: containing suspended soil, and, 3: covered with oil

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、災害・事故時のような特異な環境下で使用したときの性能については、明示されていない。ここでは、災害・事故時を想定した3つの状況（①高濃度金属溶液の短時間流入、②土砂災害、③油流入）下における金属用 DGT-パッシブサンプラーの性能評価試験結果を報告する。

2. 方法

DGT-パッシブサンプラーは、Chelex/titanium oxide BL を用いた水中の金属、陽イオン、oxyanionic、及びりん用の LSNX-NP (DGT Research)を使用した。このサンプラーを、森・矢吹 (2024)¹⁾の方法を用いて、①高濃度金属溶液の短時間流入、②土砂災害（懸濁物質共存）、③油流入（油分共存）、を想定した試験液に 20℃ に設定したインキュベータ内で浸漬した。試験液及び浸漬条件を表 1 に示す。

表 1 試験液及び浸漬条件

試験	試験液*濃度	浸漬条件
①	A: 0.2 mg/L B: 0.02 mg/L	B (3 h) → A (6 h) → B (15 h)
②	0.02 mg/L (100 mg/L になるようカオリンを添加)	24 h
③	0.02 mg/L	油**に 10 秒程度浸漬後、試験液に 24 h 浸漬

*: 試験液は混合標準液（XSTC-331, SPEX）を目的濃度に希釈し、pH 7 に調製したもの

**：AVF Platinum Mass Spectrometry grade Mechanical Vacuum Fluid, Agilent

浸漬後、酸溶出（森・矢吹, 2024）により検液を調製し、ICP-OES (5110 ICP-OES, Agilent) を用いて目的成分（Al, Cd, Cr, Cu Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn）を定量した。得られた測定値を、DGT 社のマニュアルに記載された式により水中濃度（DGT 濃度とする）に換算した後、対照（混合標準液（XSTC-331, SPEX）を 0.02 mg/L に希釈

し、pH 7 に調製した試験液に 24 時間浸漬）フィルターでの DGT 濃度を用いて補正し、補正 DGT 濃度を算出した。

3. 結果と考察

3.1. 高濃度溶液の短時間流入

高濃度溶液の短時間流入を想定した試験①において、算出された補正 DGT 濃度は、試験液濃度の加重平均値より低めの値であったが、濃度変動への応答は確認できたことから、高濃度溶液の流入による濃度変動へ対応可能であることが示唆された。

3.2. 懸濁物質共存

土砂災害を想定し、懸濁物としてカオリンを添加した試験②の場合、補正 DGT 濃度は試験液濃度の 80%程度であった。したがって、懸濁物の共存により DGT への金属元素の蓄積が阻害される可能性があるものの、大きな誤差にはならないことが推察された。

3.3. 油分共存

油膜が張っている状態を想定した試験③の場合は、補正 DGT 濃度は、試験液濃度と同等であり、DGT は油膜の影響を受けにくいことが推察された。

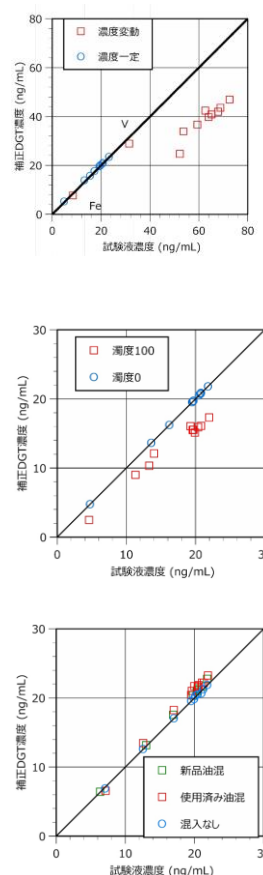


図 1 各成分について試験液濃度に対する補正 DGT 濃度をプロットした図。上：試験① 中：試験②、下：試験③。

参考文献

- 1) 森・矢吹 (2024) 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, 環境科学会 2024 年会要旨集

グリホサートによる環境汚染をめぐる構造的問題に対する法的予防措置の可能性 —ナッジやスラッジも踏まえて—

Possibility of legal precautionary measures against the structural problems
surrounding environmental pollution by glyphosate:
From the perspective of nudge and sludge

早稲田大学 社会科学総合学術院 ○中山敬太

報告概要

本報告は、諸外国では規制が進んでいる除草剤であるグリホサートによる環境影響や健康影響等に対して、いかなる懸念が具体的に指摘されているのかを先行研究等を踏まえ整理し、諸外国の規制動向とは逆行してグリホサートの使用等に関して緩和されている日本の実情等を踏まえ、一体どのような本質的な課題や構造的問題があるのかを検討し、これらに対処すべく、深刻かつ不可逆的な科学的不確実性が伴うリスクに対する懸念が生じている際の規制措置等を可能とする環境法学の基本的な考え方の一つである「予防原則」等の適用を含む法的予防措置を講じる際の糸口とその可能性(今後より詳細な吟味が必要となる政策的示唆を含む)を、「ナッジ」理論や「スラッジ」という観点も取り入れながら探る内容となっている。

本報告に関連する主な参考文献

- 1) 中山敬太(2025)「除草剤グリホサートの環境汚染に対する規制動向とその予防的措置に関する一考察—農薬汚染の構造的問題に対する法政策アプローチの観点から—」『場の科学』Vol.5、No.1
- 2) 中山敬太(2025)「ネオニコチノイド系農薬汚染をめぐる課題構造と予防的な法的制御に関する検討—環境行政上の規制権限の不行使および行政不作為の観点から—」第29回環境法政策学会2025年度学術大会論文報告要旨集、環境法政策学会
- 3) 中山敬太(2025)「非点源汚染リスクに対する不確実性行政と環境イノベーションの協創をめぐる相互補完性について—ナノ・マイクロプラスチックとPFASを事例に—」『環境管理』Vol.61、No.2
- 4) 中山敬太(2024)「化学物質リスクをめぐる法的予防措置の「標準化」に向けた新たな可能性—PFAS問題の現状と課題を踏まえて—」『場の科学』Vol.4、No.2
- 5) 中山敬太(2023)「日本における食品添加物規制の現状と課題—「アスパルテーム」の事例に基づく法政策学お

よび政策決定の観点から—」『場の科学』Vol.3、No.2

- 6) 中山敬太(2023)「不確実性を伴うリスクに対する「ナッジ」が果たす環境法政策学上の役割—先端科学技術のリスク政策における「予防原則」と「ナッジ」の相乗効果—」『環境法政策学会誌』Vol.26
- 7) 中山敬太(2023)「環境リスクに対する日本の不確実性行政における「予防原則」の適用可能性と課題—法政策学上の「責任」構造の転換と「不確実性」の転換の観点から—」『場の科学』Vol.2、No.3。
- 8) 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。
- 9) 中山敬太(2022)「先端科学技術の不確実性政策における「法」と「倫理」の隣接点—不確実性マネジメントにおける「ナッジ」によるナラティブ・アプローチの観点から—」『場の科学』Vol.2、No.2
- 10) 中山敬太(2022)「リスク意思決定に対する不確実性情報の管理に関する有効性の検討—科学的不確実性と社会的な不確実性の細分化の観点から—」『場の科学』Vol.1、No.3。

キーワード グリホサート、農薬汚染、予防原則、科学的な不確実性、ナッジ、スラッジ

PFAS の非点源汚染をめぐる国と自治体の環境行政について
—リスク行政と不確実性行政の「ねじれ」と「ゆらぎ」の観点から—
Environmental administration of the national and local governments
regarding non-point source contamination of PFAS:
From the perspective of "twist" and "fluctuation"

早稲田大学 社会科学総合学術院 ○中山敬太

報告概要

本報告では、PFOS や PFOA を含む PFAS (有機フッ素化合物) を取り上げ、その汚染の実態と懸念される身体的悪影響(科学的な不確実性を伴う身体的リスク)を国内外の先行研究等により整理し、日本における PFAS 汚染に対する国や自治体の取り組みの概況やその特徴から新たな本質的課題を見出し、リスク行政と不確実性行政という観点から若干の考察を試み、政策的示唆を示した内容となっている。

具体的に、PFAS、とりわけ IARC(国際がん研究機関)でも発がん性等のリスクが指摘されている PFOS や PFOA 等に対する日本の規制・管理の状況を踏まえ、製品ライフサイクル上の上流フェーズ(製造・輸入・使用)と下流フェーズ(消費・廃棄)に区分して、国と自治体の関係性や今後生じ得る懸念事項(立法不作為や行政不作為を含む)等に関しても具体的な検討を行った。また、PFAS 汚染をめぐる、このような汚染実態やそのメカニズムを踏まえた環境行政上の本質的課題が生じている要因(背景)として、リスク行政と不確実性行政の間の「ねじれ」と「ゆらぎ」という観点から若干の考察を試みた内容となっている。

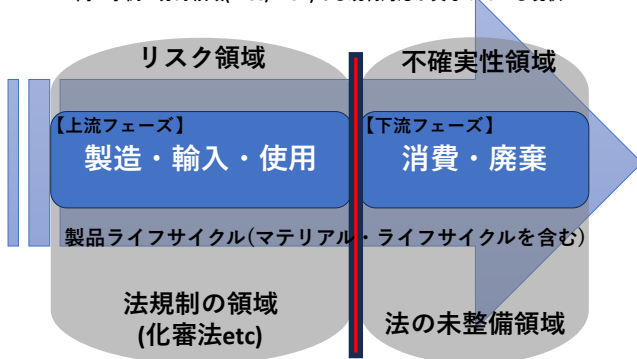
本報告に関連する主な参考文献

- 1) 中山敬太(2025a)「ナノ・マイクロプラスチックと PFAS の構造的問題—安全・安心行政上の『行政不作為』への対応の観点から—」『安全工学』Vol.64、No.1。
- 2) 中山敬太(2025b)「有機フッ素化合物 (PFAS) 汚染をめぐる国と自治体の対応—リスク行政と不確実性行政の観点から—」『都市とガバナンス』第 43 号
- 3) 中山敬太(2025c)「非点源汚染リスクに対する不確実性行政と環境イノベーションの協創をめぐる相互補完性について—ナノ・マイクロプラスチックと PFAS を事例に—」『環境管理』Vol.61、No.2
- 4) 中山敬太(2024a)「化学物質リスクをめぐる法的予防措置の「標準化」に向けた新たな可能性—PFAS 問題の現状と課題を踏まえて—」『場の科学』Vol.4、No.2
- 5) 中山敬太(2024b)「プラスチック汚染対策をめぐる条例制定の意義—栃木県と宮津市を事例とした予防政策法務としての可能性—」『都市とガバナンス』第 42 号
- 6) 中山敬太(2023)「日本のリスク行政における「予防原則」の適用可能性—環境行政上の法政策の観点から—」『社学研論集』Vol.41
- 7) 中山敬太(2022)「リスク意思決定に対する不確実性情報の管理に関する有効性の検討—科学的な不確実性と社会的な不確実性の細分化の観点から—」『場の科学』Vol.1、No.3。

キーワード PFAS、PFOS、PFOA、リスク行政、不確実性行政、非点源汚染、科学的な不確実性、ねじれ、ゆらぎ、行政不作為、立法不作為

図1：日本におけるPFOS/PFOAの規制構造

同一事例・分野領域(PFOS/PFOA)でも規制対応が異なっている現状



※中山(2025c)、p.115 より

工場排水流入シミュレーションと製造現場へのフィードバック Industrial wastewater influent simulation and feedback to the production area

栗田工業 ○西村総介, 東洋大学・情報連携学部 後藤尚弘

1. はじめに

工場排水は水量水質の変動が大きく、原水貯槽での平均化が追い付かず浄化処理が不安定になることがある。センサーを用いた排水処理設備入り口における異常検知が有効であるが、事後の対策には限りがある。予測に基づく製造現場でのスケジュール調整が可能となれば大きな効果が期待でき、排水濃度に応じた処理の効率化を図ることも可能となる。

2. 研究方法

飲料工場を対象に排水処理設備と製造現場を結ぶ排水予測マネジメントソフトウェアの構築を目指し、飲料の製造スケジュールに基づく排水流入パターンの予測計算モデルを作成した。予測計算モデルには、製造品種ごとの排水量、汚濁負荷量 (TOC), および処理場までの流路長も考慮した流入波形情報を含む 66 種類のパターンを予め登録し、実際の製造スケジュールを入力して得られた予測波形が、排水処理設備入り口に仮設したセンサーによる実測波形とどの程度一致するか検証した。

3. 結果

3.1. モデル活用方法の説明事例

はじめに机上演習として、高濃度排水と低濃度排水の発生時刻を分けることで、高濃度排水から効率的にメタン発酵を行うシナリオを描いた結果を図 1 に示した。TOC 濃度 $240 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上を嫌気処理向けに振り分ける想定¹⁾において、低濃度排水が発生する工程をずらし不都合な希釈を防ぐことで、メタン発酵に利用できる TOC 負荷の割合 U_{AN} を 78% から 89% に増やせることを示せた。

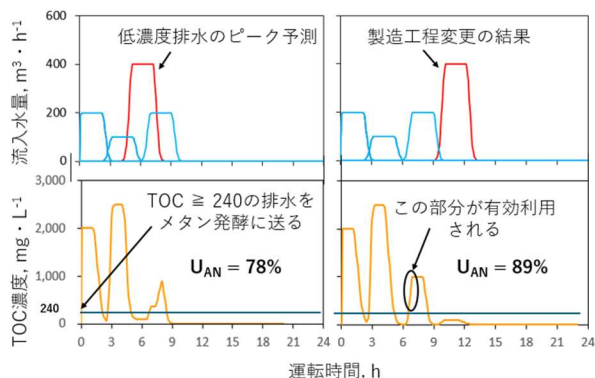


図 1 モデル活用方法の説明事例

3.2. 実際の流入波形との比較

排水処理設備入り口における流入水量と TOC 濃度について、予測値と実測値の比較を図 2 に示した。予測より細かい水量変動が観測された一方で、TOC 濃度については概ね一致が見られ、製造スケジュールから把握できる以外の細かく低負荷の排水の存在が示唆された。メタン発酵に高濃度排水を振り分ける効果は、振り分けに TOC 実測値を用いた場合、予測値を用いた場合、特に制御せず従来通り定量で振り分けた場合について、それぞれ 71%, 61%, 54% であった。

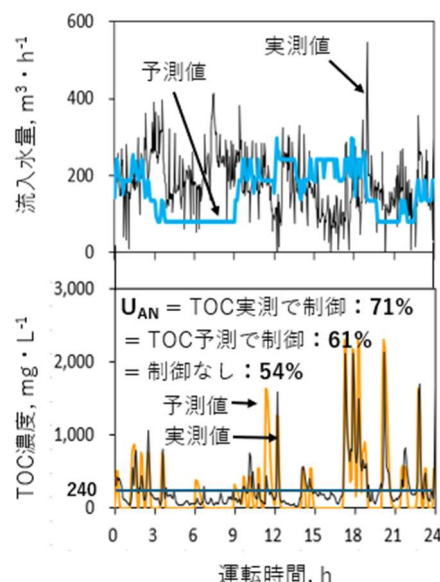


図 2 予測値と実測値の比較

4. 考察

排水処理設備からの SOS が製造現場に伝わるのは問題深刻化の後になりがちである。今回の予測モデルは未だ精度の改善課題はあるものの、排水処理と製造現場のコミュニケーションを助け推奨する目的でも活用すべきツールになると考える。

参考文献

- 1) 西村・大月・後藤・花木 (2022) マテリアルフローコスト会計 (MFCA) の継続的実践に向けた適用拡大, 環境科学会誌, 35(4), 169-180

キーワード 廃水処理, 脱炭素社会, 自動制御

労働安全衛生法に基づくリスクアセスメントの精緻化に向けた VOC パッシブ法の適用

Application of Passive Sampling for Volatile Organic Compounds in Risk Assessment under the Industrial Safety and Health Act

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) の多くは労働安全衛生法の対象であり、リスクアセスメントが必要である。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、リスクアセスメントの精緻化において有用である。一方で、パッシブ法の具体的な運用手法や、適用可能な物質は十分に整理されていない。本研究では、パッシブ法による化学物質のリスクアセスメントの枠組みを提案し、そのために必要な情報を搭載したデータベースを構築した。

2. 方法

実験方法

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 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チューブ (CBP) (ともに柴田科学 (株) 製) で捕集し、ISO 16107¹⁾ 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が義務付けられた 114 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。

パラメータ推算手法

パッシブ法において捕集された VOCs の濃度 $C(\mu\text{g/L})$ は、SR (L/min) と脱着率 r (-) を用いた式 (1) で表される。

$$C = \frac{1}{\text{SR}} \times \frac{1}{r} \times \frac{W}{t} \quad (1)$$

W は VOCs の捕集量 (μg)、 t はサンプリング時間 (min) である。SR や脱着率が公表されている物質は限られている。そこで、SR と脱着率は物質の構造に含まれる官能基を用いて物性を予測する、構造物性相関解析を用いて推算した。

3. 結果と考察

3.1. データベースの構築

SR と脱着率について、実測値と推算値の間に高い正の相関が得られたことから、パッシブ法に必要なパラメ

ータを高精度に推算できることが示された。これを踏まえ、2026 年までにリスクアセスメントの対象となる VOCs に対して、SR や脱着率の推算値および算出の際に用いたパラメータを搭載したデータベースを構築した。本データベースは対象 VOCs のうち約 8 割を網羅している。データベースから得られた SR および脱着率 r を式 (1) に代入することで、これらを実測することなく VOC 濃度を算出できる。

3.2 パッシブ法を用いたリスクアセスメントのスキーム

パッシブ法を用いたリスクアセスメントのスキームを図 1 に示す。現行のリスクアセスメントでは、CREATE-SIMPLE 等の数理モデルが広く用いられているが、換気設備の不具合や、ドラフト外での作業のような不適切な作業実態を反映できず、リスクを過小評価する場合がある。一方で、リスクを安全側に見積もることで過剰対応となり、現場の運用コストを増大させる懸念もある。パッシブ法は多地点同時測定が可能で、曝露濃度の上昇要因を把握しやすく、作業現場の実態評価に有用である。検知管法やアクティブ法等の実測法と比較しても、測定精度やコストの面で優れている。曝露濃度の精緻化により適切なリスク低減対策が講じられれば、管理区分の改善や、知見の蓄積により翌年以降の測定負荷は大幅に軽減されると予測される。また、対象物質以外の同時評価も可能であり、より幅広い物質について精緻なリスクアセスメントが実現できると考えられる。

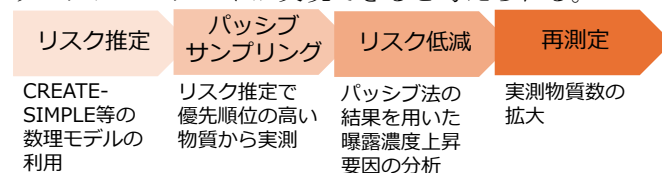


図 1 リスクアセスメントのスキーム

4. 謝辞

本研究は環境研究総合推進費 (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)

キーワード VOCs, リスクアセスメント, パッシブ法

牛の消化液培養におけるカギケノリ添加のメタン削減効果 Methane Reduction Effect of Asparagopsis Addition in in vitro Cattle Rumen Cultures

酪農学園大 ○井藤千聖, 村山遥人, 吉田磨, 酪農学園大・日大 泉賢一

1. 背景・目的

メタン (CH_4) は温室効果気体の 1 つであり, 温暖化能が二酸化炭素 (CO_2) の約 28 倍であることから, 地球温暖化を顕著に促進させる可能性が示唆されている。2019 年の大気中の CH_4 濃度は過去 80 万年間のどの地点よりも高く, 大気中における化学反応や土壌における吸収速度を放出量が上回った。特に農業分野に関する温室効果気体の排出量のうち, 家畜の消化管内発酵由来の CH_4 排出量は約 15% を占めているため, 早急な対策を行う必要がある。

現在行われている牛の CH_4 放出削減に向けた研究では, カシューナッツの殻液やポリフェノール類のタンニン, カギケノリに含まれるプロロホルムがメタンの生産を抑制することが分かっている¹⁾。しかし, カギケノリを用いた牛 CH_4 の削減研究は, アメリカやオーストラリアなどの海外で盛んに行われ実用化されているが, 日本の牛で実用研究した事例が少なく, 未知な部分が多い。

そこで本研究では, 乳用牛の消化液を用いて培養実験を行い, カギケノリの添加が牛の CH_4 放出に与える影響を評価した。

2. 方法

培養試料は基質としてコーンサイレージとチモシー生草を 1 対 1 で混合したものを 1 g, 添加サンプルとしてオーストラリア産のカギケノリ (フリーズドライ) を 0, 0.005, 0.01 g 用いた。培養液は純水 5 L に対し炭酸水素ナトリウム (NaHCO_3) 49.0 g, リン酸水素二ナトリウム (Na_2HPO_4) 46.5 g, 塩化カリウム (KCl) 2.85 g, 塩化ナトリウム (NaCl) 2.35 g, 硫酸マグネシウム ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 0.60 g, システイン (Cysteine) 1.25 g, 塩化カルシウム (CaCl_2) 0.20 g を混合した人口唾液 80 mL と, ルーメンカニューレ装着非泌乳牛 2 頭から採取したルーメン液 20 mL を混合し用いた。培養は 39°C で 24 時間行い, 得られた気体から CH_4 濃度の分析 (島津製作所, FID-2014) と, 残った試料をろ過にかけた後 100°C で 24 時間乾燥させたものから乾物消化率を求めた。

3. 結果・考察

カギケノリを加えていない Ctrl では, 生産された気体

の約 11.0% が CH_4 であった。しかし, カギケノリを 0.005 g, 0.01 g 添加した場合, 生産された気体の約 0.7%, 約 0.2% まで CH_4 生産を削減することができ, 削減率はそれぞれ約 94.1%, 約 98.9% となり (図 1), 日本の乳用牛でも CH_4 削減の効果が示された。

乾物消化率は Ctrl の平均が 50.3% であったのに対し, 0.005 g 添加と 0.01 g 添加では約 50.3%, 約 50.8% と Ctrl と変わらないもしくは高い値を示した (図 1)。海藻を給与することで微生物の活性が高められた可能性が示唆された。

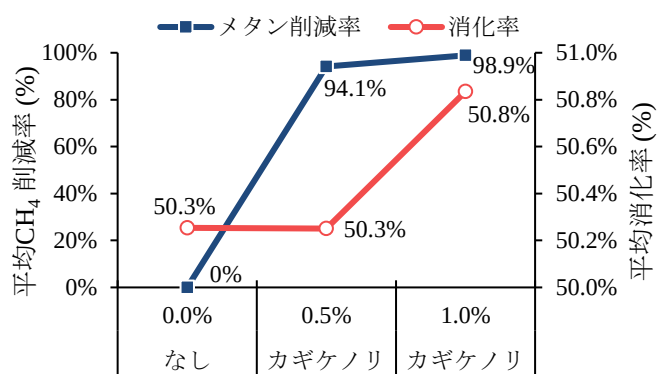


図 1 カギケノリ添加割合ごとの平均 CH_4 削減率と平均消化率。

4. まとめ・今後の展望

カギケノリを添加し培養実験を行った結果, 0.005 g, 0.01 g の添加ともに 9 割以上の削減効果が見込まれ, 消化率の上昇が確認された。今後は添加量の調整を行うとともに, 処理の違いによる CH_4 の削減効果を評価していく。

参考文献

1) Xixi Li, Hayley C. Norman, Robert D. Kinley, Michael Laurence, Matt Wilmot, Hannah Bender, Rocky de Nys and Nigel Tomkins. (2016) *Asparagopsis taxiformis* decreases enteric methane production from sheep, Animal Production Science, 58 (4), 681-688.

キーワード 地球温暖化, メタン, 牛, カギケノリ

本研究は株式会社ニッスイの助成を受け実施された。

口 頭 発 表

9 月 5 日 (金)

資源回収ステーションを対象とした住民選好意識構造の比較分析 Comparative Analysis of Preference Structures of Residents for Resource Collection Stations

北九州市立大学 ○鎌田理玖, 藤山淳史, 松本 亨

1. はじめに

2022 年 4 月にプラスチック資源循環促進法が施行され、プラスチックの資源を促進させる取り組みが始まっている。本研究は、北九州市に設置された資源回収ステーション（MEGURU BOX）の利用者を中心にアンケート調査を実施し、選択型コンジョイント分析を用いてステーションの効用値を定量評価した。また、住民の参加を促す設計要素や地域特性に応じた資源回収ステーションのあり方を明らかにすることを目的とし、北九州市に加え、大刀洗町、神戸市を合わせた 3 拠点に対する住民の選好を比較・分析した。

2. 北九州市における調査

北九州市民を対象に、店頭（12 名）、LINE（58 名）、Web（504 名）という回答手段別に選好構造を比較した。店頭では、ステーション利用者にチラシを配布し Web から回答してもらった。LINE は、事前に登録したステーション利用希望者が対象で、LINE にてアンケートの Web サイトを周知した。Web とは、アンケート調査会社のモニター対象である。結果を図 1 に示す。「回収拠点に求める機能」において、「日用品」や「食料品」など、生活動線上にある機能に対する効用が高く、資源回収が日常の消費行動と結びつくことで、行動のハードルを下げる設計が有効であることがわかった。また、「ポイントの還元方法」において、LINE 回答者では「寄付」の効用が高く、LINE 公式アカウントに登録することで元々プロジェクトの認知がある住民においては、単なるポイント取得ではなく、社会貢献としての意味を行動に見出していることが推察された。次に、実際に資源を持参した住民を対象に、因子分析によりプロジェクト認知の有無による選好構造の違いを分析した結果を図 2 に示す。結果より、資源回収行動の背景には 4 つの因子が存在することが明らかとなった。また、t 検定およびコンジョイント分析の結果、プロジェクト認知あり群の方が内発的動機に基づく行動傾向が、認知なし群では実利などの外発的動機を重視する傾向が示唆された。

3. 3 拠点の比較

3 拠点すべてに共通して設定した設問である、「ポイントの還元方法」と「回収拠点に求める機能」に着目して相対的な効用の比較を行った。その結果、人口規模、住

民構成、生活スタイル等の地域特性に応じた柔軟な設計の必要性が明らかとなった。

4. まとめ

本研究では、資源回収ステーションに対する住民の選好構造を比較分析した。実際の回収量や継続的な行動との関係については調査できていないため、継続的に分析することや、さらに異なるタイプのステーションを対象にした比較を行うことが課題といえる。

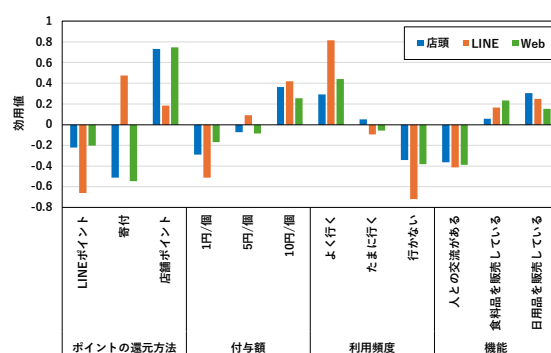


図 1 コンジョイント分析結果（店頭・LINE・Web）

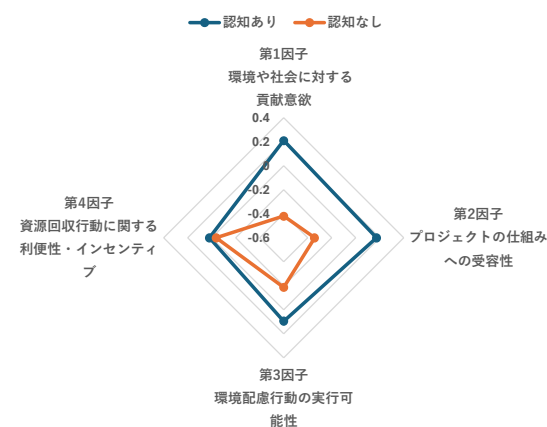


図 2 因子得点の群別平均値

参考文献

1) 鎌田理玖・藤山淳史・松本亨（2024）コンジョイント分析を用いた資源回収ステーションの選好評価，土木学会論文集，Vol.80，No.26，24-26005

キーワード 選択型コンジョイント分析，因子分析，アンケート調査

地域のプレーヤーが起こす行動変容プロセスについての検討 A Study on How Local Actors Facilitate Behavioral Change

九州大学 ○岸上祐子・馬奈木俊介, 東京大学 北村友人

1. はじめに

国内の中山間地域においては人口減少による生活環境の変化をはじめさまざまな課題を抱えている。その一つとして、地域の子どもの就学の問題がある。学校が存在することは地域の人々にとって心のよりどころとなる¹⁾が、人口減少に伴い鉄道やバスなどの公共交通手段が制限されるといった外部条件の変化で、学校の存続が危ぶまれている。

本研究では「技術導入が地域教育や生活様式にどう影響するか」「関係者の行動がどのような認識や環境の変化を通じて変容するのか」を、構造的に説明・可視化する。

2. 方法

能勢分校については、2022年度から、電動アシスト付き自転車の通学が同校の地域魅力化クラブによって始まっており、そこに関連する「株式会社能勢・豊能まちづくり」代表はじめ自治体、生徒、教師に半構造化インタビューを2023年11月、2024年1月に行った。そこから得られた関係者たちの行動を、オントロジー工学に基づく行為分解木を用いて、行動変容へ至る概念を抽出した。行為分解木はライフスタイルにおける行動の構造を明示化する手法である²⁾。

3. 結果と考察

3.1. プロジェクト実施の経緯

大阪府立豊中高等学校・能勢分校は、人口減少が著しい中山間地域に位置し、通学手段が限られていることが大きな課題となっている。特に路線バスの便数減少により、傾斜が厳しい道で通学が困難となり、進学希望者が入学を断念するケースも増加している。こうした通学環境の課題に対応するため、2021年より、高校生に電動アシスト自転車(e-bike)を提供する取り組みが始まった。このプロジェクトは、通学手段の提供にとどまらず、安全教育や地域課題への気づきを促す学びの機会となるほか、地域のエネルギーについて考える機会にもなっている。

3.2. プレーヤーの関与の可視化

e-bikeは坂道の多い地形に適しており、通学の負担軽減に寄与するだけでなく、地域産の太陽光エネルギーで充電することで、保護者の送迎に伴う経済的・環境的負担も軽減できる。実際に試走や調査を重ねた結果、e-bikeによる通学はCO₂削減にも効果があり、エネルギー・環境・交通の地域課題を一体的に解決する持続可能なまちづくりのモデルとなっている。こうして、プレーヤーの関与とそこに表れる問題点・解決策について明示化した。例えば、行為分解木から「通学の不便さ → 自転車導入 → 利便性向上 → モチベーション増加 → 地域活動への関与拡大」といった概念が抽出された。こうして、他の事例について応用方式についての一例を得た。

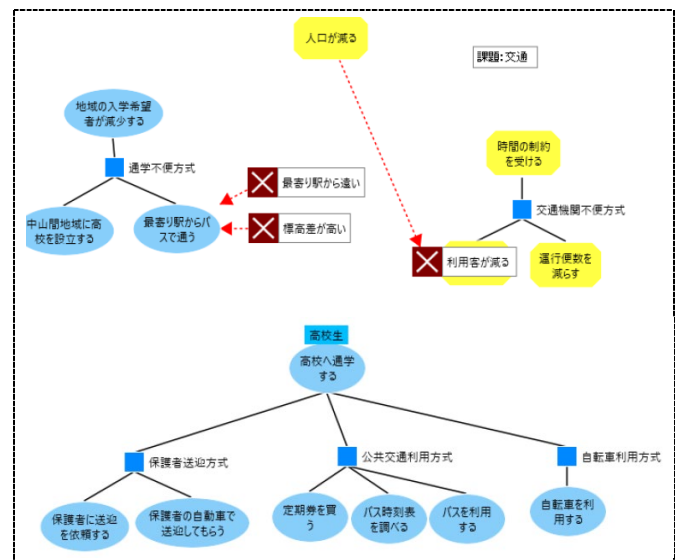


図1 e-bike導入に関する行為分解木の一部

参考文献

- 1) 北村友人, et al. (2025). 「電チャリ通」から考えた地域づくり 高校生と一緒に作った安全な町. 東京大学出版会.
- 2) 岸上祐子, 古川柳蔵, 須藤祐子, 石田秀輝, & 溝口理一郎. (2018). オントロジー工学に基づく心豊かなライフスタイルの構造の明示化—第一報: 手法の提案—. 環境科学会誌, 31(3), 89-102.

キーワード 社会実装, 社会変容, 地域づくり, ソーシャルインパクト

気候市民会議の参加者の年齢構成に関する考察

A Study on the Age Range of Participants in Climate Assemblies

国環研 ○松橋啓介, 尾上成一, 東邦大・理 竹内彩乃

1. はじめに

気候市民会議では、2段階のくじ引きを通じて、参加者の年齢構成が市民の縮図（ミニ・パブリックス）となることを目指している。しかし、市民の年齢構成別人口に完全に比例してはいない。参加者の年齢構成のあり方について考察する。

2. 国内自治体の気候市民会議における課題

気候市民会議では、第1段階のくじ引きでランダムに抽出された市民に参加募集の案内を送り、参加可否を聞き、参加希望者から第2段階のくじ引きで市民の縮図となるように参加者を抽出する。参加希望者が少なく、年齢層に偏りがあると、特定の年齢層の参加者が足りなくなるおそれが生じる。このため、参加希望者が少なくなりがちな若年層や女性の抽出率を第1段階のくじ引きで高くする工夫を行う場合がある。

募集時には、12歳、16歳、18歳等、さまざまだが、年齢の下限が設定される。会場に来る、提供される情報を理解し、熟慮し、話し合い、投票を行うといった参加者に求められる行動に差し支えないことに加え、謝礼の受け取りが可能であること等が考慮しつつ、できる限り低年齢層からの参加が検討される。

同様に、年齢層の上限が設定される場合もある。ただし、募集時には明記されず、第1段階のくじ引きの対象に加えない場合が見られる。65歳、70歳、75歳、80歳等、さまざまである。

このように、参加者の年齢構成は市民の完全な縮図とはなっていない。

3. より良い選出方法の考察

第2段階のくじ引きを行うために十分な倍率は約5～10倍とされる。参加募集の案内を予定参加者の約100倍送付し、約10%が参加希望者となれば、約10倍の倍率を得ることができる。そのために、最低時給を超える水準の謝礼を設定して気候変動問題や市民会議への関心があまり高くない市民にも参加を促すこと、さまざまな参加の障壁を取り除くこと、提言を政策に反映させる約束を事前に行って参加の意義を明らかにすること等が有効と考えられる。

つくば市の場合、募集時には16歳以上の市民として、上限を設けなかった。第2段階のくじ引きでは、50人を市民の全年齢層の縮図に配分した後、80歳以上の3人分を、70歳代2人、60歳代1人に再配分した。また、16歳未満の8人分を、10,20,30歳代に2人ずつ、40,50歳代に1人ずつに再配分した。各年齢構成を図に示す。

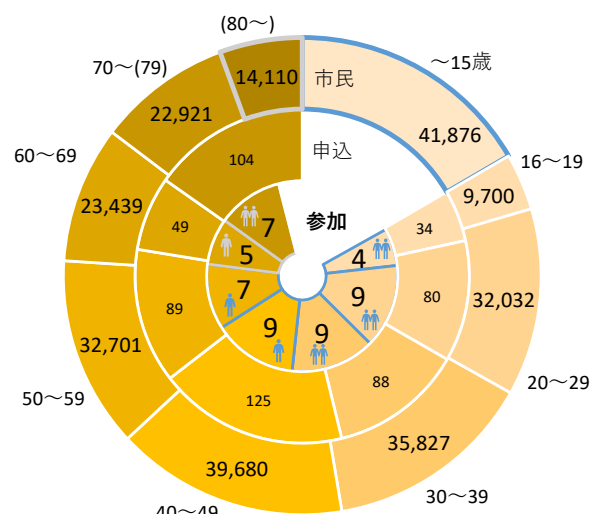


図 市民-申込-参加の年齢構成

2050年の脱炭素地域の姿を当事者が議論する観点では、25年後に16～80歳となる年齢層を中心に選ぶ考え方も取り得る。しかし、社会を構成する多様な視点を重視して共通して重要となる事項を見つけ出す観点から、各年齢層をバランス良く選ぶ考え方が優れていると考えられる。また、16歳未満の子どもや参加できなかった人、在勤・在学者の意見を広く聞く機会を別途設け、会議資料に反映させることも重要である。こうした工夫で、特定年齢層に偏りがちな意思決定を広く市民の手に取り戻すことが気候市民会議の1つのポイントであろう。

参考文献

- 1) 松橋啓介・徳田太郎・村上千里・尾上成一 (2024) 気候市民会議つくば2023の設計と運営, 土木学会論文集, 80(26), 24-26015
- 3) 三上直之 (2022) 気候民主主義, 岩波書店, 206頁

キーワード 気候市民会議, 年齢, くじ引き, ミニ・パブリックス

戸建て住宅の脱炭素政策に関するシナリオ選択型市民討議会におけるシナリオ選好の地域差の評価

Comparison of Preferences in Scenario-Based Planungszeile on Decarbonization Strategies for Detached Housing in Different Cities

東洋大 ○大塚佳臣, 平松あい, 後藤尚弘, 兵庫県大 花岡千草, 東洋大 荒巻俊也

1. はじめに

近年, 市民参加による政策立案にあたり, 市民会議(市民討議会)という方式が広まっている。本研究では, 戸建て住宅の脱炭素対策をテーマにしたシナリオ選択型の市民討議会を北九州市および文京区で実施し, 地域の違いによる参加者のシナリオ選択の差を評価する。

2. 研究の方法

2.1. 討議会の実施計画

討議会は, i) 各地域での脱炭素化の取り組みと課題に関する情報提供, 討議する脱炭素化検討シナリオの説明ののち, ii) 討議 1 (家庭からの温室効果ガスの排出, 各地域での削減策), iii) 脱炭素化対策に必要な社会全体の費用負担の情報提供, iv) 討議 2 (社会コストを考慮した上でのシナリオ導入目標) の手順で行う。討議会は, 北九州市は 2023 年 9 月 3 日, 文京区は 2025 年 3 月 2 日に行った。実施時間帯はいずれも 13:00-16:30 である。

2.2. 討議会の実施方法

本研究では, 戸建て住宅の脱炭素対策にかかる設備導入シナリオを複数作成し, 討議会に供する。討議は 5 人×5 つのグループで行い, 2 回の討議を通じて, 討議グループごとに望ましいシナリオの抽出を行う。2 回の情報提供の後, 各討議の前後で望ましいシナリオの選択およびその際に優先した属性を問うアンケート調査を参加者個人に行い(計 4 回), 討議の各プロセスでの参加者の態度変容を計測する。

2.3. 討議するシナリオ

太陽光発電パネル(PV), 蓄電池(BT), 電気自動車(EV), Vehicle to Home (V2H)を組み合わせたシナリオ(SC)を 9 つ設定した SC0 は現状の状態。これらを北九州市および文京区に導入した場合の初期費用, 運用時費用, 系統電力使用量, GHG 排出量の試算し, その情報を提供する。

2.4. 参加者の招集と配置の方法

参加者は Web 調査会社登録モニターを対象とし, スクリーニング調査結果をもとに討議グループ間で年齢層, 性別, 環境問題意識が均等になるように配置した。

3. 結果と考察

討議プロセスごとの「最も望ましいシナリオ(択一)」および「優先した属性(複数選択可)」に関する参加者全体の選択率を, 地域別に集計した結果を図 1 に示す。

文京区では, 蓄電池を活用するシナリオ 4, 5 が支持され, 最終的には蓄電池の導入率が 100%であるシナリオ 4 の支持が最も高くなった。一方で, EV が 100%導入されるシナリオ 6~8 は最終的に支持が 0 となった。その理由として, 文京区では自家用車保有率が低いことから(今回の参加者の所有率は 16%), EV を蓄電池として活用するシナリオが現実的ではないと考えていることが挙げられる。

優先する属性は, 蓄電池の利用, 災害時の電源利用の支持が高い。その理由として, 文京区では自家用車保有率が低く, EV が提供するモビリティの便益を想定しにくいいため, 災害時の電源利用の便益を期待し, それを実現できる蓄電池の利用を支持していることが考えられる。また, 北九州市に比べて初期費用の優先度が低かった。その理由として, 文京区は集合住宅の割合が高く(今回の参加者の戸建ての割合は 20%), 初期費用を負担する当事者意識が相対的に低いことが考えられる。

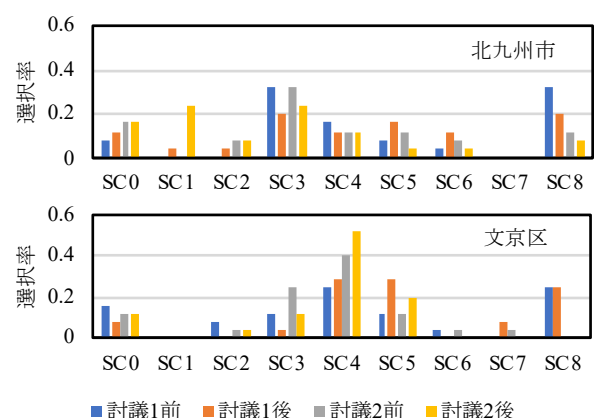


図 1 討議プロセスごとの「最も望ましいシナリオ」および「優先した属性」の選択率(参加者全体, 地域別)

キーワード 脱炭素, 戸建て住宅, 市民討議会, シナリオ選択, 選好

Personal experiences and ESG investment: Evidence from retail investors in Japan

東洋大 Xiao Jia, 関西大 Yuki Yamamoto, 東洋大 ○Ken'ichi Matsumoto

1. Introduction

Japan's sustainable investment landscape has grown remarkably over the past decade, marked by a rising interest in environmental, social, and governance (ESG) investments among retail investors (Nomura Holdings, 2022). This study investigates the investment behavior of retail investors in Japan by examining the association between their personal experiences and decisions related to ESG investments.

2. Methods

We conducted a survey of 10,000 representative respondents living in Japan using quota sampling and performed regression analysis to examine the relationship between ESG-related adversity experiences and ESG investment decisions. Our analysis focuses on three main aspects: (a) ownership of ESG financial products (extensive margin); (b) portfolio allocation toward ESG investments (intensive margin); and (c) the willingness to trade financial returns for ESG components (willingness to forgo returns). We also investigated heterogeneity across investor groups. To ensure the robustness of our baseline results, we applied alternative model specifications and estimation methods.

3. Results

Figure 1 presents the main findings of this study.

First, regarding the extensive margin, we find a strong positive association between all three types of adversity experiences and the likelihood of holding ESG assets (Figure 1a). Among these, E-related adversity has the strongest effect, though the relationship is moderated by individuals' levels of financial and climate change literacy.

Second, at the intensive margin, investors who experienced E-related adversity allocate a larger share of their portfolios to ESG assets, whereas those affected by S- or G-related issues do not significantly differ in their allocations compared to those without such experiences (Figure 1b).

Third, the E-related adversity is also associated with a greater willingness to forgo financial returns for ESG considerations, while no such relationship is observed for S- or G-related adversities (Figure 1c).

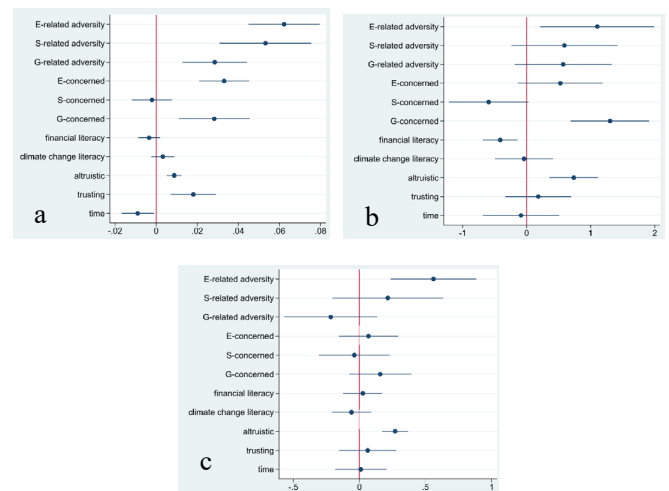


Figure 1. Main results of this study. Relationship between adversity experiences and (a) the ownership of ESG products; (b) the share of ESG products; and (c) the willingness to forgo returns.

4. Conclusion

This research highlights the relevance of personal experiences in shaping ESG investment behavior, offering valuable insights for policymakers and financial institutions aiming to develop more targeted and effective ESG engagement strategies.

References

Nomura Holdings (2022) Japan retail investors embrace ESG amid pandemic, Nomura survey shows. <https://www.nomuraconnects.com/focused-thinking-posts/japan-retail-investors-embrace-esg-amid-pandemic-nomura-survey-shows/> (Last accessed on June 14, 2025).

キーワード ESG investment, Personal experience, Regression analysis

アクティブ・ラーニングを取り入れるリベラルアーツ科目での英語開講 (EMI) 環境学教育 Environmental studies through English-Medium-Instruction (EMI) in liberal arts courses incorporating active learning

叡啓大・SSD ○下ヶ橋 雅樹, KASPAREK Nick, 水島 希, 広大院・人 田口 陽子

1. はじめに

環境先進国と呼ばれる日本において、高等教育機関での環境学教育と国際化の推進は重要な課題であり、持続可能な開発のための教育 (ESD) をキーワードとして、様々な教育政策が進められてきている。その推進のための具体的な授業設計においては、実際の教育現場での様々な実践やその振り返りが重要である。登壇者の下ヶ橋は過去に、ESD の具体的な実践といえる文部科学省科学技術戦略推進費「戦略的環境リーダー育成拠点形成事業」¹⁾のもとで、東京農工大学で実施されたアジア・アフリカ地域の現場立脚型環境リーダー育成プログラムに参加し、分野横断的かつ国際的な環境教育を実施した²⁾。また、現在所属する叡啓大学では、環境学に関する授業を受け持っており、アクティブ・ラーニング (AL) を取り入れた英語開講 (English-medium instruction, EMI) を実施している。環境学の教育効果向上や国際化を検討するうえで極めて適した場と考えられるため、以下のアクションリサーチ (AR) を行った。

2. 研究体制と目的

本研究を実施した叡啓大学は、英語開講科目の単位のみで学位が取得できるよう、日英二言語で教育を行っている、リベラルアーツ系の大学である。今回の AR に参加した発表者らは、英語教育、自然科学、社会科学、ならびに人文学を専門とし、その多様性が大きな特徴である。なお、本 AR は叡啓大学の研究倫理審査委員会の承認 (承認番号 EUH-IRB-22003) を受けて行った。当 AR を通じて、Taguchi ら³⁾は、Introduction to Environmental Studies の EMI 実践に対して民族誌的アプローチを用いて探求し、「環境学」や「環境」そのものの「単なる」説明は単純ではなく、その定義、分類、例、そしてイメージは、それをとりまく自然と文化の差異を浮き彫りにすることを示した。

今回の発表では、EMI における Scaffolding (足場架け)⁴⁾に注目し、AL 型環境学教育の EMI 実践における顕著な問題の抽出、および効果的な EMI 支援を検討する。

3. 研究の概要

本 AR では、まずクラスアシスタント (CA) と称する学生を雇用し、授業内の言語使用状況や学習プロセスについて特定の項目を観察・記録し、グループワーク等で教員の目が届かない場面を含めて EMI コース全体での課題を把握するための基礎情報収集を行った。この CA と教員、CA と受講生、ならびに教員同士の協働という、複数のレベルで相互に支えあう「足場」を検討した。授業前には CA の役割 (ピアサポート関係形成) 等についてのキックオフミーティングを実施した。また AR の実施に先駆けて、その詳細を受講生に細心の注意を払って説明し、全学生の同意を得た。CA は各講義において振り返りシートを作成し、授業の後でミーティングを行った。また受講生や CA には、各授業終了後に、講師、受講生、CA それぞれの英語ならびに講義全体に関する理解度、授業中に伝えたいと思ったことがどの程度伝えられたか、理解やコミュニケーションがどの程度英語でなされたか、その他自由形式でのコメントや質問についてのアンケートをとった。結果などの詳細に関しては発表時に紹介するが、特に専門家の養成ではないリベラルアーツとしての環境学における CA による足場架けの重要性が明らかとなり、英語教育と環境学入門の橋渡しのための模擬授業の実践などを通じて、叡啓大学のスチューデントアシスタント制度設立の礎となった。

謝辞

本研究は (公財) 村田学術振興財団第 38 回 (2022 年度) 研究助成の支援 (M22 助人 030) を受けて実施した。

参考文献

- 1) 二ノ宮, 環境教育 24-2, 3-16, 2014.
- 2) 下ヶ橋ら, 環境科学会誌 24 (6), 556-564.
- 3) Taguchi et al., Enacting Environment/Studies through Collaborative EMI Practice, P065, EASST-4S 2024.
- 4) Kasperek et al., Merging Lanes, JALT TD SIG's Teacher Journeys 2022.

キーワード 大学教育, 英語を介した教育, アクティブ・ラーニング

日本における気候変動の緩和策の社会的受容

Social acceptance of climate change mitigation in Japan

慶應義塾大学 ○森田香菜子, 東洋大学 松本健一

1. 背景・研究目的

2015年に採択された、気候変動に関する国際枠組であるパリ協定で求められている「世界全体の平均気温の上昇を工業化以前と比べて2℃よりも十分低く保ち、1.5℃に抑える努力をする」という1.5℃目標を達成するためには、温室効果ガスのネットゼロ（排出量正味ゼロ）を達成する必要がある¹⁾。2022年に発表されたIPCC第6次評価報告書第3作業部会では、1.5℃目標達成には、全ての部門・地域において、早期に野心的な温室効果ガス排出削減が必要であることを示した²⁾。1.5℃の経路を実現するためには、温室効果ガス排出量が遅くとも2025年までにピークに達し、2030年までに4割削減（2019年比）し、また2050年代初頭に世界全体で二酸化炭素排出量を正味ゼロにすることも必要である³⁾。さらに、IPCC報告書⁴⁾は、短期的に大規模展開が可能な気候変動緩和策が存在し、これら緩和策の大規模展開の実現可能性を高めるためには、その障壁を取り除き、可能にする条件を強化する必要があることを示した。可能にする条件には、ファイナンス、技術イノベーション、政策手段の強化、制度的能力、マルチレベルのガバナンス、人間の行動やライフスタイルの変化が含まれる。また、気候変動緩和策の実施を可能にする環境には、政策手段、ガバナンスオプション、社会的受容性が含まれる⁵⁾。

本研究の目的は、日本の気候変動の緩和策に対する社会的受容（social acceptance）を分析し、日本における気候変動の緩和策促進に向けた課題やその要件を特定することである。日本は、2050年までにネットゼロ（カーボンニュートラル）を達成することを約束した国の一つであり、この目標を達成するためには、気候変動の緩和策を大規模に展開することが重要である。本研究では、気候変動の緩和を強化するための重要な要素の一つである「社会的受容」に焦点を当て、多様な気候変動緩和策に対する日本での異なる社会的受容を分析する。

2. 研究の方法

本研究では、日本の一般市民を対象にアンケート調査を行い、多様な気候変動緩和策（エネルギー、農業・林業及びその他土地利用、家庭・住宅、運輸部門）に対する社会的受容、対策の課題と促進要因を分

析した。アンケート調査では、1) 気候変動対策オプション（二酸化炭素を含む温室効果ガスの排出削減や吸収量を増加させる対策）に対する一般市民の理解と社会的受容が、性別、年齢、地域によってどのように異なるかを明らかにし、2) 社会的受容が低い対策についてはなぜ受け入れられにくいのかを考察した。

アンケート調査は、2023年2月に楽天インサイトを通じて実施した。対象者は日本全国在住の男女1,900名に50の質問をした。アンケート調査の結果は相関分析および回帰分析に基づいて分析した。質問はパート1～3で構成され、パート1で、回答者の気候変動問題や日本におけるカーボンニュートラル/ネットゼロ目標への理解度、気候変動に関する教育を受けたかどうかに関する質問をした。パート2では回答者に対し、エネルギー、農業・林業及びその他土地利用、家庭・住宅、運輸の部門における様々な気候変動緩和策に関する理解と意見について質問した。パート3では、回答者に気候変動の緩和策を進める上では、どのような側面を強化することが重要であると考えているか、そしてファイナンス、技術イノベーション、国際・国・地方などの政策・制度の強化、人々の行動やライフスタイルの変化に関する重要度の度合いやその他重要と感じる点などを質問した。

3. 研究の結果

分析の結果、日本の一般市民の気候変動の緩和策に対する社会的受容や考え方は気候変動の緩和策によって異なることが明らかになった。例えば、対策によって市民の理解度や対策の導入を賛成・反対する割合は異なり、また対策導入を反対する理由（対策のパフォーマンス、対策の費用、政策・制度の充実度他）にも違いがみられた。その分析結果を基に日本における、気候変動緩和策促進のための課題や要件を示した。

参考文献

- 1) IPCC. (2022). Summary for Policymakers. Working Group III Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change.
- 2) IPCC. (2025). Working Group III — IPCC. <https://www.ipcc.ch/working-group/wg3/>
キーワード 気候変動緩和策, 社会的受容, 日本
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 (JPMEERF20242M02) により実施した。

学校部活動における熱中症リスクとその対策による影響

Heat Stroke Risk in School Extracurricular Activities and Impacts of Its Mitigation Measures

東京科学大学 ○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

地球温暖化とヒートアイランド現象の進行により猛暑日が増加し、学校部活動中の熱中症リスクが高まっている。日本スポーツ振興センターの災害共済給付データによると、高等学校等の年間熱中症件数は1,300件から3,500件で推移し、その約7割が部活動中に発生している。気温・湿度・輻射熱を統合した熱ストレス指標であるWBGTは、学校部活動における運動負荷管理に広く採用され始めており、岩下(2018)は2005年から2014年を調査対象として中学校、高等学校の部活動におけるWBGTと熱中症発生数との関係性を評価しているが、COVID-19期を含む近年の動向や、対策の定量評価は行われていない。本研究では、最新10年間のデータを用いて熱中症リスクを分析し、学校部活動にける熱中症対策に資する情報を提供することを目的とする。

2.全国レベルでの熱中症の発生状況

図1に日本スポーツ振興センターの統計による2014年度から2023年度の高等学校等における熱中症発生件数の推移を示す。体育的部活動の熱中症件数は2014年度の1,345件から2018年度の2,167件へ増加しピークを迎える。それ以降はCOVID-19期の活動制限で1,000件未満へ一時落ち込んだ後再び上昇しているが、2023年度は929件で2018年度比で42.9%の水準を維持している。生徒総数および体育的部活動部員数も減少傾向にあるが、熱中症発生件数はそれを大きく上回るペースで減少している。2019年度以降の日本の夏季の平均気温は平年に比べて高温傾向にあったことから、熱中症件数の減少は学校現場における運動制限等の対策が有効に機能した結果と考えられる。

続いて2014年度から2023年の高等学校等における熱中症発生件数の87.9%を占めた上位11の部活動について、各々の熱中症発生件数と部員千人あたり熱中症発生件数の10年平均値を分析した結果を図2に示す。熱中症発生件数は野球部、サッカー部など球技系が上位を占める一方で、熱中症発生率ではソフトボール部、ラグビー部をはじめとした厚着かつ高負荷な屋外種目が特に高い結果となった。

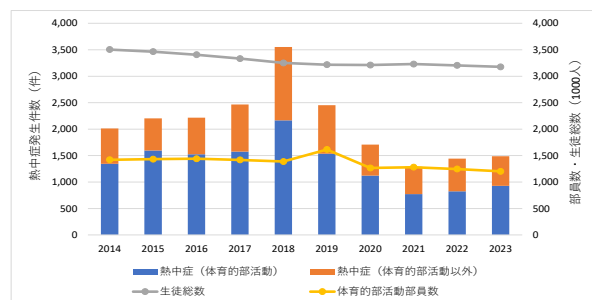


図1 高等学校等における熱中症発生件数の推移

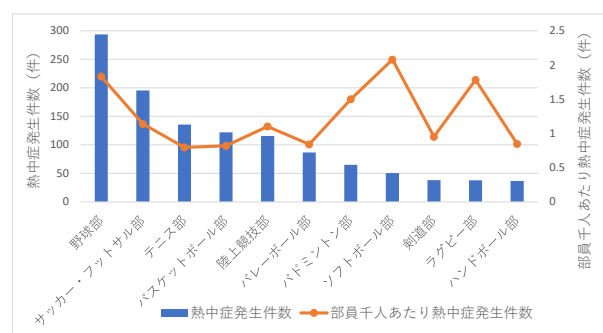


図2 部活動別の熱中症発生件数および発生率

3. 主要都市における熱中症の発生と暑さ指数の関係

岩下(2018)で調査対象とされた全国の主要9地域(札幌, 仙台, 東京, 名古屋, 大阪, 広島, 福岡, 熊本, 鹿児島)における2014年度から2023年度の8月のWBGTの平均値の経年変化を分析したところ、全地域で+0.13℃/年から0.36℃/年の上昇傾向を示し、東京、名古屋では統計的に有意であった。口頭発表では、最新10年間におけるWBGTと熱中症発生数との関係について、岩下(2018)と比較した結果を報告する。

参考文献

岩下剛(2018), 中学高校部活動時の事故データを用いた熱中症リスクに関する検討, 日本建築学会環境系論文集, 83(743):49-56
独立行政法人日本スポーツ振興センター (2025), 学校等の管理下の災害
<https://www.jpnsport.go.jp/anzen/kankobutuichiran/kanrika/tabid/3025/Default.aspx> (参照 2025-07-07)

キーワード 部活動, 熱中症, 気候変動, スポーツ

気候変動がアジアの食料安全保障にもたらす影響：コメを対象としたケーススタディ

Impacts of Climate Change on Food Security in Asia: A Case Study of Rice

大阪経済法科大学国際学部 今井健一

1. はじめに

気候変動による穀物の供給システム（生産を含む）への影響、特にアジアの多くの国々が主食とするコメへの影響は大きく、さらに拡大すると予測されている。高温、干ばつ、豪雨、洪水、あるいは海面水位上昇などが、コメの生産あるいは流通に与える打撃は即コメ不足に繋がる。気候変動に脆弱なアジアの国々にとって、強靱なコメ供給システムの構築は、食料安全保障上、大きな課題である。本研究の目的は、（１）気候変動がもたらす国内におけるコメ不足（＝生産量－需要量）の現状、そして、（２）国内のコメ不足に際して、国内のコメ供給システム（生産、輸入、備蓄、国際食糧支援より構成）がどのような調整機能を果たしているのかを検証する。加えて、（１）と（２）を踏まえて、（３）調整機能を阻害/促進する要因（品種開発、コメ市場価格、物流関連インフラ、所得格差など）を整理することである。なお、気候変動がもたらす異常気象の時期・頻度・強度、およびコメ不足を補うための供給システムによる調整機能は国によってかなりの違いがあると予測されることから、本研究では、アジア諸国の平均的な状況を分析する方法ではなく、アジアの４カ国（バングラデシュ、インド、ベトナム、日本）それぞれの事例分析を行なうこととする。

2. 気候変動がもたらすコメ不足の現状

気候変動によるコメ生産への影響に関する現状と将来予測については、多くの研究がある。しかしながら、コメを含む穀物の生産に影響をもたらす要因には、気候変動などの自然的要因の他に、紛争、感染症パンデミックなどの突発的要因、あるいは人口増加や経済的要因などがある。例えば、紛争が起きている国の場合、気候変動による影響だけを独立して抽出することは、極めて困難となる。よって、この問題を回避するためには、紛争が発生している国は研究対象から除外する必要がある。本研究で対象とするアジアの４カ国は、この点をクリアしている。以下では、バングラデシュの事例について報告する。気候変動がバングラデシュのコメ生産にもたらした影響については、国際気候変動・開発センターとバングラデシュ大学の共同研究レポート、国際自然保護連合や米国農務省の報告書などから知ることが出来る。

最も影響が大きかった年については、これらのレポート間で一致していないが、大きな流れとして気候変動の影響が顕著であり、今後高まっていくという点では一致している。図１は、バングラデシュにおける2010年から2022年までのコメの生産量と国内供給量（＝生産＋輸入－輸出＋備蓄増減）の推移であるが、2016年に生産量が大きく落ち込んでおり、この要因が気候変動であることは上述の報告書ともほぼ時期が一致している。

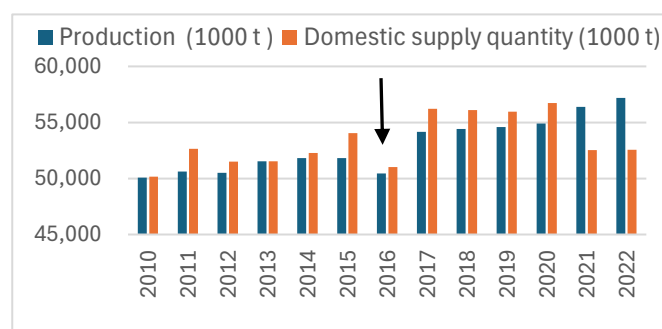


図１ バングラデシュにおけるコメの生産量と国内供給量の推移（2010-2022）

3. コメ不足時における国内供給システムの調整機能。

生産量が国内供給量を下回った場合に、コメ不足が生じることになる。「国内供給量」は実現された消費量ではなく、主食や加工など様々な用途に使用されるコメの予測総需要と考えることができる。予測総需要を満たすためには、生産量あるいは輸入量を増やすか、備蓄を減らす必要がある。また、途上国の場合は、これらに加えて国際食糧支援も重要となる。

参考文献

- 1) FAO/GIEWS. <https://www.fao.org/giews/en/>
- 2) Md. Nur Islam, and Md. Abdul Wadud (2022), Climate Change Impact on Rice Production in Bangladesh: An Econometric Analysis, IJSAB, Vol.10, No.1, 130-144
- 3) FAO (2017) Guidelines for the compilation of Food Balance Sheets, 128
- 4) 松本健一・高木三水珠（2017）コメ生産に対する気候変動の影響と適応策，環境科学会誌，30(6)，346–356

キーワード 気候変動，食糧安全保障，アジア，コメ

地域気候変動適応計画の改定に伴う計画内容の質的变化とその要因の分析
Changes in the quality of Local Climate Change Adaptation Plans Following Revisions
and the Contributing Factors

国立環境研究所 ○今井葉子, 藤田知弘, 真砂佳史, 肱岡靖明

1. はじめに

全国の地方自治体により、これまでに 450 件を超える地域気候変動適応計画（以下、適応計画）が策定されており、今後は定期的な改定が予想される。本研究は、58 の指標を用いた内容分析により、改定による適応計画の質の変化を評価した。また、考えうる 13 の要因について、その変化に与えた影響を分析した。

2. 調査方法

2023 年 3 月末までに適応計画を改定した 46 地方自治体（都道府県 27、市区町村 19）を対象に、既往研究¹⁾²⁾を参考に設定した 6 構成要素・58 指標を用いた内容分析を実施し、改定前後の各適応計画のスコアを比較した。次に、5 つの要因（社会経済状況、気候変動影響、政治、計画の特性、自治体の特性）に関連する 13 指標（表 1）を作成し、6 構成要素の達成率変化を被説明変数とする重回帰分析を実施した。

3. 結果と考察

3.1. 適応計画の改定前後におけるスコアの変化

改定前後で指標スコアを比較した結果、改定後に 46 計画のスコアの平均値は上昇していた（改定前：27.02±8.29，改定後：29.52±8.19， $p<0.05$ （Wilcoxon の符号付順位検定））。自治体規模別に比較すると都道府県の群で有意な改善が見られ（図 1），また構成要素別では科学的知見の達成率が有意に上昇していた（図 2）。

3.2. 改定による達成率変化の要因の分析

6 構成要素別の達成率変化（図 2）と、表 1 に示す 13 指標との関係を分析したところ、一部の指標と達成率変化との間に有意な関係が見られ、また、構成要素により関係する要因は異なっていた（表 1）。例えば「科学的知見」要素に関しては、人口当たりの熱中症搬送数が多く、計画の位置づけが環境基本計画や地球温暖化対策計画に含まれ、改定までの年数が長い自治体で、より気候変動影響の情報収集や調査研究が進み、計画の質向上に影響を及ぼすことが示唆された。適応計画の改定では、より地域の実態に合わせた、科学的根拠に基づく内容への

更新が期待される。構成要素別の評価では達成率に差が見られており、達成率を上げたい要素に影響する要因を理解することは適応計画の質の向上に役立つ可能性がある。今後、自治体規模別や要素別の支援策を検討していく必要がある。

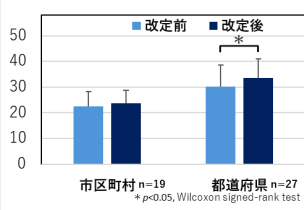


図 1. 改定前後のスコア

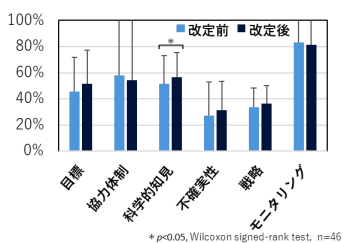


図 2. 構成要素別の達成率

表 1. 6 構成要素別の達成率と 13 指標の関係

説明変数	目標 β	協力体制 β	科学的知見 β	不確実性 β	戦略 β	モニタリング β
職員数	—	-0.38	—	—	—	—
財政力指数	—	-0.47	—	—	-0.45*	—
適応センター有無	—	0.26	—	—	—	0.14**
人口10万人当たり水害災害被害額	—	—	—	—	—	—
人口10万人当たり熱中症搬送数	—	—	0.30**	—	—	—
首長選挙（首長変わった）	—	0.34**	—	—	—	—
会議録中の「気候変動」	—	—	-0.15	—	—	—
計画の位置づけ	—	—	-0.25*	—	—	—
改定間の年数	—	—	0.44***	—	0.30**	—
一次産業比率	—	—	—	—	—	—
65歳以上人口率	—	-0.55***	—	—	-0.49**	—
海の有無	—	—	-0.13	—	0.21	—
人口当たりGHG排出量	—	-0.24	0.12	—	—	—
R ²	—	0.30	0.20	—	0.14	0.07

n=46, * $p<0.1$, ** $p<0.05$, *** $p<0.01$, —：モデルから除外

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（JPMEERF25S12411，JPMEERF2022G01，JPMEERF20241005）により実施しました。

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) 小田勇樹・大山耕輔 (2019) 生物多様性地域戦略策定要因の分析—市町村における政策波及モデルの検証—, 公共政策研究, 18 巻, 90-102

キーワード 気候変動適応, 地方自治体, 地域気候変動適応計画, 内容分析, 計画の質

熱中症リスクに対する暑熱対策ツールの利用実態とその影響因子

Actual usage of heat mitigation tools in response to heat stroke risk and its influencing factors

東京大学 ○絹川グリボスタン, 栗栖聖

1. はじめに

近年、気候変動に伴う気温の上昇により、熱中症のリスクが高まることが懸念されている。このような影響に対応するためには、予測される健康被害を軽減する適応策の整備と普及が不可欠であり、これに関する多様な研究が国内外で進められている。日本においては、熱中症警戒アラートの発信や情報提供ウェブサイトの運用など行政主導の施策が講じられていることに加え、個人が利用可能な暑熱対策商品も市場に多く出回っている。しかし、これらの情報・商品が実際にどの程度活用されているのか、またそれらを利用する人々の属性や傾向については、十分な実証的検討がなされていない。本研究では、全国の市民に対してアンケート調査を行い、暑熱軽減商品および情報入手手段の利用状況を明らかにするとともに、それらの使用頻度への影響要因を検討した。

2. 調査および分析手法

2025年3月14日から21日にかけて、日本全国の10代から80代の男女を対象に、インターネットによるアンケート調査を実施した。調査の結果、有効回答数は41,360件であった。なお、性別および居住都道府県が均等となるよう、調査対象者の構成を調整している。

調査項目は、暑熱軽減商品や情報発信ツールの使用頻度のほか、回答者の個人属性、日常的屋外活動の頻度、心理的傾向、暑さに対する不安感、ならびに2024年に暑さが原因で起こった出来事等に関する独自項目から構成した。対象とした暑熱軽減商品は全33品目であり、合わせて14種類の暑熱関連情報を提供するアプリケーションの使用についても調査を行った。

得られたデータについては、基礎集計を行った上で、因子分析およびクラスター分析を行い、使用頻度へ影響を与える要素について検討した。

3. 結果

3.1 暑熱軽減商品の使用頻度

33商品のうち、使用頻度がもっとも高かったのはエアコンや扇風機、スポーツドリンク、ハンディファンなどであった。一方、ヘッドクールや冷却ベストの使用頻度は低かった。暑熱関連情報を提供しているツールに関しては、68%が「いずれも使用していない」と回答してお

り、最も使用されているツールであっても、全体の16.3%にとどまった。また、2024年の夏に屋外での活動時間の減少とエアコン使用の増加を感じた回答者が多いことが示された。

3.3 クラスター分析

クラスター分析は、自分または家族における使用頻度と、こどもへの使用状況のそれぞれについて階層的手法を用いて実施した。その結果、回答者は6つのクラスターに分類された。なかでも利用が活発な層では、日常的に屋外や高温な屋内での活動に従事する頻度が高いことや暑さに対する不安感が強い傾向が認められた。また、小学生の子供が多い世帯ではこどもへの商品の使用頻度が高い傾向がみられた。さらに、高齢者や女性のほうが暑さに対して不安が強いが、屋外活動の時間が長いことがより使用頻度に影響することも示唆された。

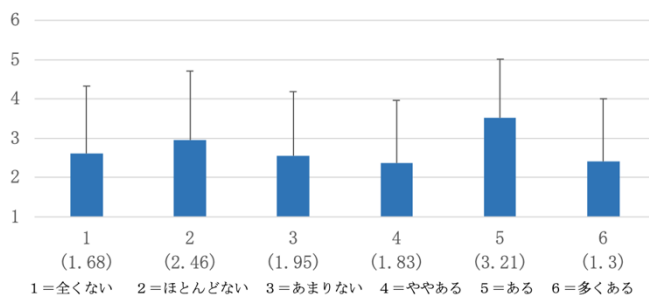


図1 職種によって屋外作業・外回りなどの屋外活動がどれ程あるか (平均値 (N=24898))
注) 括弧内の数値はクラスターごとの暑熱回避商品使用頻度の平均値 (1=持っていない~5=よく使った)

4. まとめ

本研究では、暑熱対策商品の使用状況を明らかにするとともに、使用頻度には特に屋外での活動時間や暑さに対する不安感などが影響することが示された。これらの結果は、今後実効性のある熱中症対策を立案する際のエビデンスとして活用できる。

謝辞

本研究は独立行政法人環境再生保全機構の環境研究総合推進費 (S-18-4(1), JPMEERF20S11815, S-24-4(1), JPMEERF25S12441) の支援を受けて行われた。

キーワード 熱中症対策, 暑熱適応行動, 気候変動

地域の観光における気候変動に対する脆弱性の評価 Assessment of Climate Change Vulnerability in Regional Tourism

○塩谷稀一郎, 栗栖聖, 福士謙介 (東京大学)

1. 背景・研究目的

国際観光の回復が進み、観光産業は成長軌道にある。その一方で観光業は、深刻化する気候変動などに対して脆弱であり、持続可能な成長には適応策の強化が不可欠である。既存の研究の多くは個別地域や観光地に焦点を当てた事例的分析にとどまり、地域間の比較可能性や政策的応用に乏しい。また、住民の認識といった定性的側面や地域特性は十分に反映されておらず、現場の実情に即した実効性のある適応策構築が必要となっている。

そこで本研究は、日本全国の市町村を対象とした観光に対する気候変動影響の包括的評価を通じて、地域特性に応じた脆弱性を明らかにし、今後の適応策立案のための基礎的知見を提供することを目的とする。

2. 分析手法

まず、観光資源の分布を把握するため、日本交通公社の観光資源台帳¹⁾などを用い、各市町村に所在する観光資源を整理した。観光資源は、山岳、海岸、歴史的建造物などの種別に分類し、それぞれの資源の名称および所在地をデータベース化した。あわせて、各資源の性質に応じて、気候変動による影響を受けるか否かの区分も行った。続いて、各市町村に対し、①観光依拠度（観光客数/人口）、②観光資源の多様性・密度、③気候変動影響値の3つの指標を算出した。①でその地域の観光の相対的な重要性を評価し、②で観光資源の偏りを把握した。③については、気温上昇、降雪量の減少、海面上昇などの気候リスクに着目し、AP-PLAT²⁾やDIASの予測データを用いて、現在値と将来予測値の変化率を市町村単位で推定した。

これらの指標を正規化したうえで統合し、各市町村の観光における気候変動脆弱性の総合スコアを算出した。さらに、観光資源の構成タイプに基づいてクラスター分析を実施し、各市町村をいくつかの類型に分類した。各クラスター内での総合スコアを比較し、同一観光形態の中で相対的に脆弱性の高い地域を抽出することで、観光の特徴を踏まえた適応策の優先地域の選定を行った。

3. 結果・今後の展望

観光資源の構成に着目して市町村を類型化したところ、「G1. 都市文化型」「G2. 混合自然型」「G3. 沿岸型」「G4. スキー観光依存型」の4つの類型に分類された。それぞれのクラスターの中で、総合スコアが高い地域を選定した。例えば、G3では、観光依拠度も気候変動影響も共に高い新潟県湯沢町が最も高いスコアとなった。今後、こうした地域を対象に自治体の観光関係者へのイ

ンタビュー調査等を実施し、心理的影響、適応行動の有無などの定性情報を収集すると共に、観光分野における適応策の策定マニュアルの開発および、地域特性に即した実践的な適応策の提案を行う。

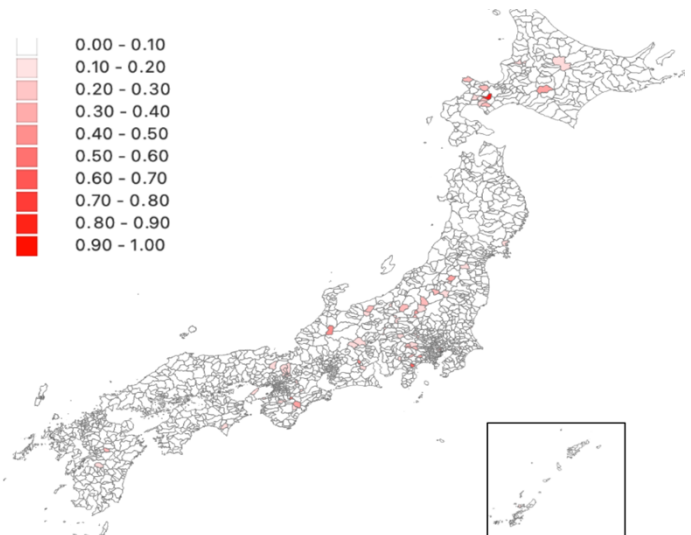


図1：各市町村の観光依拠度

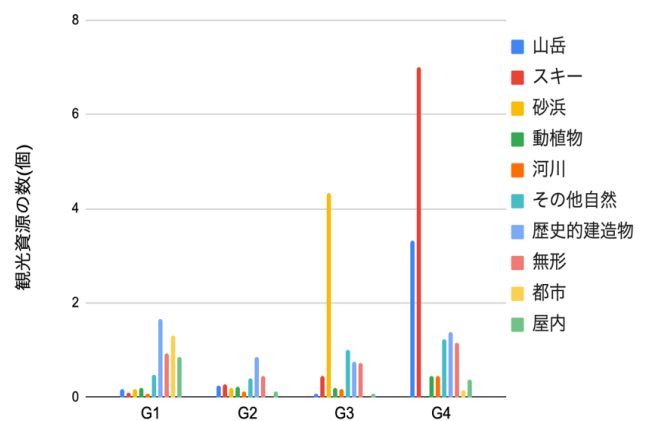


図2：各クラスターの観光資源構成

謝辞：本研究は、独立行政法人環境再生保全機構の環境研究総合推進費（S-24-4(1), JPMEERF25S12441）の支援を受けて行われた。

参考文献：

- 1) 日本交通公社 観光資源台帳
<https://tabi.jtb.or.jp/>
- 2) 環境省 気候変動適応情報プラットフォーム (APLAT)
<https://adaptation-platform.nies.go.jp/>

キーワード：気候変動, 観光, 持続可能性, 適応策

気候変動による洪水リスク軽減のための居住誘導における 将来の土地利用および CO2 削減の評価

Evaluation of Residential Inducement Strategies for Flood Risk Mitigation Under Climate Change focusing on CO2 Reduction and Future Land Use

所属 ○堀岡 茜李, 栗栖 聖, 福士 謙介, 東京大学工学系研究科都市工学専攻

1. 背景

気候変動に関する政府間パネル (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) 第六次報告書¹⁾によると, 気候変動による洪水被害は 21 世紀後半にかけて大幅に増加すると予測されている。また, IPCC¹⁾によると, 適応策と緩和策を統合した対応が, 両者の相乗効果を活用し, トレードオフを軽減する可能性がある。

適応策は影響の深刻度に応じて「防御」「受容」「転換・再構築」の 3 レベルに分類されるが, 三村ら²⁾によると, 日本では現状, 防御と受容に偏っている。今後は転換・再構築 (土地利用の再編, 危険地域からの住み替え) の導入が重要になる。

2. 研究目的

本研究は, 気候変動による洪水リスクの増加に対応するため, 適応策として居住誘導に着目し, 浸水リスクの小さい地域への誘導における土地利用とその効果を検討評価した。定量評価項目として費用や CO2 排出・削減量を用い, 分散型都市とコンパクトシティのシナリオを比較した。また, 居住誘導で空いた土地, コンパクトシティで生まれたオープンスペースを太陽光発電や緑地として活用することで気候変動緩和と適応の相乗効果の実現を目指した。

3. 手法

3.1. 居住誘導

居住誘導の対象地域は, 将来の気候変動条件 (SSP5_8.5) 下での洪水深が 3m を超える地域である。移転先は洪水深が 0.5m 未満であることに加え, 立地適正化計画³⁾に基づき, 人口密度が 6,000 人/km²未満, また駅から 800m 以内の地域という条件で選定を行い, 千葉県佐倉市を対象エリアとした。

3.2. CO2 評価

居住誘導に伴う CO2 評価に関しては, 削減可能性量と排出量の比較を行った。削減可能性量としては, 太陽光発電による発電量によって代替される化石燃

料使用量と緑地による CO2 吸収量である。排出量は住宅でのエネルギー消費量, 住宅建築にかかる CO2 排出量, 太陽光パネル生産にかかる CO2 排出量である。

4. 結果

千葉県佐倉市を対象に居住誘導の人口予測を行ったところ, 2100 年までに浸水エリアから誘導後のエリアへと人が移動すると仮定した場合, 誘導後のエリアでは公共サービスを維持しやすい 6,000 人/km²の人口を保つことができることが明らかになった。

謝辞: 本研究は, 独立行政法人環境再生保全機構の環境研究総合推進費 (S-24-4(1), JPMEERF25S12441) の支援を受けて行われた。

参考文献

- 1) 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 [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp.4-5
- 2) 三村信夫監修 (2015) 『気候変動適応策のデザイン』、株式会社クロスマーケティング
- 3) 国土交通省 (2024) 「立地適正化計画の手引き」
https://www.mlit.go.jp/en/toshi/city_plan/content/001745585.pdf (2025 年 7 月 9 日閲覧)

キーワード 気候変動適応, 居住誘導, 洪水, 気候変動緩和, コンパクトシティ

空間情報を用いた資源の需給ポテンシャル解析に関する研究

Studies on supply and demand potential analysis for resources using spatial information

国立環境研究所 ○牧誠也

1. はじめに

本日は環境科学会から奨励賞を賜るとともに、発表する機会をいただきありがとうございます。

最初に、「研究」に携わることになったのは学部生のころの卒論でのことだと思います。略歴でも記述していますが、もともと私は農学部で造園学を学んでしました。このときは樹木による温熱環境への影響を観測する研究を行っていました。当時から、都市計画に関心があったこと、社会への受容を考えた場合に総合的な評価を比較可能な数値で提示することの必要性を感じ、都市工学の分野に移り研究を進めていました。

研究を始めたころは、造園学分野における温熱感から始まり、大学院では流域圏を対象とした水利用システムにおける多目的最適化、国立環境研究所に移ってからはエネルギー消費の実態調査をもとにした空間推計法や焼却施設からの熱供給の評価、廃棄物の組成別空間分布推定、その結果をもとにした循環資源供給ポテンシャルの研究などを進めてきました。

テーマの編成を見ていくと、事ある毎に対象とする研究が変わり、一貫性がないようにも見えますが、その中で一貫している視座として「空間」という見方を常にしてきたと考えています。また、近年の分析技術の向上に伴い今後扱っていく「空間」という概念の範囲はさらに広がっていると感じます。本日の発表では、これまで進めてきました空間情報をもとにした需給分析・需給ポテンシャルの分析のほか、将来的な展望として、そのような分析を実現すること・より精度の高いものにしてため「空間情報」の拡張を進めていきたいという話題を提供いたしたいと思います。

2. 資源の需給ポテンシャルの研究について

本日、受賞させていただきました資源の需給ポテンシャルの研究としまして、大きく 1)荒川流域圏を対象とした水利用システムの多目的最適化、2)ICT センサーにより取得したエネルギー消費データの解析及び空間推計、3)組成別廃棄物の空間推計および需要地工場の立地推定によるマッチングの可能性、の 3 つの研究について発表させていただきます。

1 つ目の研究は大学院時代に行っていた研究で、流域を超える上下水道および再生水利用には多様なステ

ークホルダーがいるので、その要請に対応できるよう多面的な評価をしたシナリオを自動で計算し、合意形成を行うための代替案を提示するものです。

2 つ目は実際の住宅や施設にエネルギー消費量を計測する機器を設置し、そのデータをもとに市のようなより大きな空間での需要を推計し、対策の提案や将来における見込みを提示した研究になります。

3 つ目は廃棄物の焼却に伴う熱利用を対象として、需要・供給側からどこに事業可能性あるのかをポテンシャルを推計することを目的に、いくつかの段階を踏んで進めてきた研究になります。

これらの研究は圏域、市および施設、全国レベルのように異なる空間スケールのものを対象としてきました。空間スケールの違いと研究への対応の違いについても発表させていただきます。

3. 将来の展望について

本日は上記タイトルで賞を賜りました。私のこれまでの研究の多くで「空間」のさす意味が「地理」と同義になっていたと感じています。一方で、近年の一般に「AI」とまとめられる分野の急速な発展によって「空間」がさすべき内容は数学分野における空間へと回帰をしていかななくてはならないのかと感じています。情報科学系の分野や数学の分野の考え方を踏まえた地理にとらわれない「空間」という概念の考え方が資源需給の研究はもとより、多くの環境研究に必要なとなるとともに、大きな貢献がなされると考え、本発表では今後の「空間情報」の扱いとそれが見せてくれるだろうと予測する進歩の可能性についても検討させていただきたいと思います。

謝辞

奨励賞、ならびにこのような貴重な発表の機会を与えていただきありがとうございます。選考いただきました学会委員会の皆様はもとより、これまでの研究は共著者の先生や論文には記名はできていない多くの方の協力の賜物であります。代表して、私が賞をいただくことになりましたが、これまでの研究にご協力いただいた皆様に感謝の意を記述させていただきたいと思います。

キーワード 空間情報、需給ポテンシャル、情報分析、最適化理論、AI

地域特性を踏まえた地熱発電導入における合意形成支援モデルの開発 Development of a model to support consensus building for the introduction of geothermal power generation based on regional characteristics

芝浦工業大学大学院 ○伊藤瑞季, 磐田朋子, 吉岡剛

1. 背景と目的

日本は地熱資源に恵まれている一方で、その多くが国立公園や温泉地に位置し、地域における合意形成が地熱発電導入の障壁となっている。そこで本研究では、地熱発電の新規導入を検討する地域を対象に、住民や発電事業者などのステークホルダー間の合意形成支援モデルの構築を目的とする。GISを用いて合意形成に影響し得る地域特性を定量的に可視化し、成功・失敗事例の比較分析を通じて、地域特性に応じた汎用性のある合意形成支援モデルの開発を目指す。

2. 手法

本研究における「地域特性」とは、地熱発電の合意形成に影響を及ぼし得る周辺環境の客観的指標として、①総人口・人口減少率(国土数値情報・国勢調査より取得) ②温泉施設数(スクレイピングにより独自取得) ③自然公園地域の面積(国土数値情報より取得) ④導入ポテンシャル(環境省 REPOS より取得)の4項目とする。まず、現在稼働中の地熱発電所がある市町村を「成功事例」、文献に基づき住民の反発が確認された市町村を「失敗事例」として整理し、各市町村の地域特性データを集計した。なお、成功事例の抽出にあたっては、比較対象として適切な範囲に絞るため、失敗事例の最低出力

(1000kW)以上の出力を持つ発電所のみを対象とした。次に、成功事例をより細かく分析するため、導入件数が最も多い大分県を対象に、各地熱発電所を起点とした半径1kmのバッファを作成し、その内部における地域特性データを集計して発電所の出力との関連性を検討した。

3. 結果

3.1. 成功・失敗事例の地域特性の比較

成功・失敗事例を市町村単位で比較したところ、主要な地域特性との明確な関係は見られなかった。一方で、20年間の人口減少率を比較すると、成功事例の平均は約14.7%、失敗事例は約10.9%であり、失敗事例の方がばらつきも大きかった。これは、人口減少が進む地域ほど合意形成が成功しやすく、逆に失敗には人口動態以外の多様な要因が関与している可能性を示唆している。

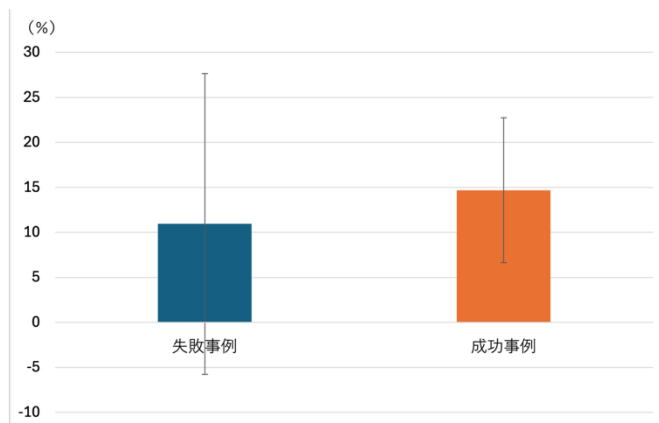


図1 成功・失敗事例の人口減少率比較

3.2. バッファ内地域特性と出力の関係

いずれの地域特性においても出力との明確な相関は見られなかったが、人口にかかわらず50kW前後の出力が多く選ばれている傾向が確認された。これは、大分県では50kWの低圧発電所の分譲販売が活発に行われていた背景が影響していると考えられる。また、別府市南立石地区の発電所は、人口規模に対して出力が大きく、特徴的な分布を示していた。

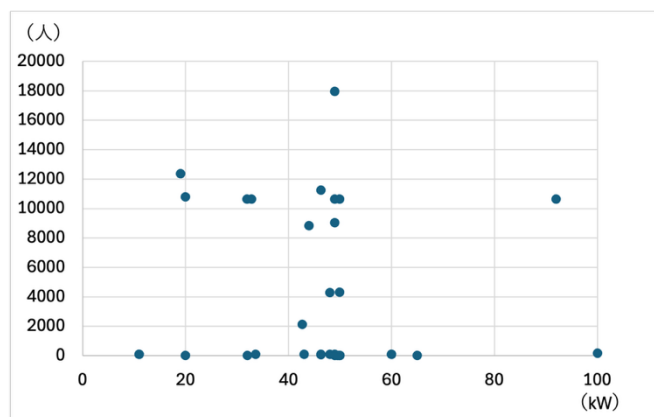


図2 1km バッファ内総人口と地熱発電所出力の関係

4. 今後の展望

今後は、都道府県ごとの条例や社会的背景の違いを踏まえた地域特性の分析が必要である。

Study on the Utilization and Tourism of the Ramsar Convention on Wetlands in Japan

Hiroshima University ○Shouni Tang

1. Introduction

To date, 53 wetlands in Japan have been listed under the Ramsar Convention Wetlands. These wetlands span the Japanese archipelago, covering a total area of 155,174 hectares, making it one of the most densely distributed regions for Ramsar wetlands globally. Japan has made significant contributions to the protection and utilization of Ramsar wetlands, not only creating a beautiful and sustainable natural environment but also offering rich tourism experiences to visitors. This study analyzes and categorizes the tourism utilization status Ramsar wetlands in Japan through literature reviews and field investigations, providing practical experience for the protection and utilization of these wetlands.



Fig. 1 Ramsar sites in the world¹⁾

2. Wetland classification

The Convention uses a broad definition of wetlands. This includes all lakes and rivers, underground aquifers, swamps and marshes, wet grasslands, peatlands, oases, estuaries, deltas and tidal flats, mangroves and other coastal areas, coral reefs, and all human-made sites such as fish ponds, rice paddies, reservoirs and salt pans.²⁾

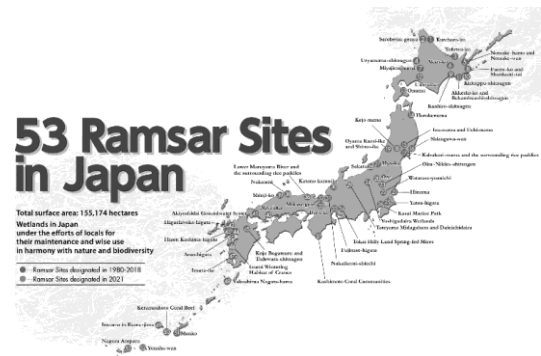


Fig. 2 Ramsar sites in Japan³⁾

3. Methods

This study investigates 53 Ramsar sites in Japan through literature reviews and field investigations. (Table 1, Fig. 2)

4. Conclusions

Depending on the classification of wetlands, the utilization and tourism are different. The wetlands of coastal areas are used in the most abundant and diverse ways; swamps and marshes are mainly used in hiking by wooden paths; lake, rivers, rice paddies and reservoirs are mainly used in learning experiences. (Table 1, Fig. 2)

References:

- 1) Wetlands Contracting Party Ramsar Sites Information Service: <https://rsis Ramsar.org/>
- 2) The Importance of Wetlands: <https://www Ramsar.org/about/our-mission/importance-wetlands>
- 3) RAMSAR SITES in JAPAN Poster: <https://www.env.go.jp/content/900453234.pdf>

Keywords: The Ramsar Convention, Wetlands, Tourism, Protection, Utilization

Table 1 The wise use of wetlands (Fig. 2)

Wetland type	Wetland classification	Local activities, visitor center	Hiking, visitor center, local activities	Wooden path, hiking, visitor center, local activities	+Sightseeing boat
Coastal wetland	Coastal areas	(25, 33, 42, 43, 44, 48, 52, 53)	(3) hiking tourism, (26, 38)	(8, 10) canoeing, trekking, horse riding, (11) canoeing, (40) aquarium	(16, 37) coral reefs, (50) coral reefs
Inland wetland	Marshes	(14, 30)		(4, 5, 20, 23, 24, 29)	
	Swamps			(34, 45)	
	Lake	(7, 21, 28, 47)	(6, 15, 19, 32)	(13, 39) canoeing, firework	(35)
	Rivers	(1, 51) (deltas)	(2) hiking Snowshoe Walk, (22, 49)	(9) canoeing, trekking, horse riding, (12, 41) (underground aquifers)	
Constructed wetland	Rice paddies	(17, 36, 46)		(31)	
	Reservoirs	(18) Kejonuma Leisure Land Ruins	(27)		

国土強靱化に資する省力水稻栽培方法の開発と実践

Sustainable Paddy Field Agriculture

金城大学 ○松村寛一郎, 大阪公立大学 杉本賢二, Ignisnova-Robotics (India) Srishti Arora

1. 背景

農業従事者の高齢化による農業からの引退をされる方が増加している。耕作条件が悪い中山間地域等では、人が住まなくなり、熊や鹿などの住処となっている地域が増加している。日本における原風景を維持するための中山間地域への新規就農者が、安定した収穫量と、農作業の省力化を実現するために以下の①～③を提案・実践する。水田地帯に存在する金城大学・笠間キャンパスを舞台に、①マルチスペクトルカメラ搭載ドローンを用いた水田の生育状況の把握、②農薬散布ドローンを用いた防除、③インド・ムンバイの企業との連携で気象観測ステーションと農業者向けのスマートフォンアプリを用いた水稻栽培支援システムの開発。

2. 水稻生育状況の把握

マルチスペクトルカメラ搭載ドローンを用いて水稻の連続写真を撮影・合成して植生指数を生成して生産組合への提供を行っている。今年6月の例年よりも数度以上高いために稲の生育が早まり、成長のバラツキが示されている。気温と植生指数の変化の関係を求めている。

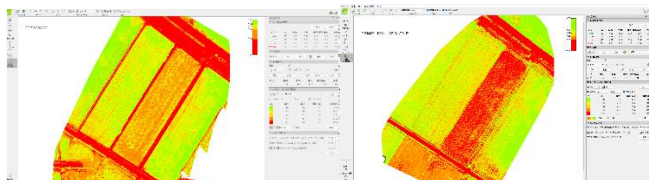


図1. 植生指数:2025年6月30日(左)と6月9日(右)

3. 農薬散布ドローンの活用と水稻栽培支援アプリ開発

“ゆめみずほ “は、4月下旬に田植え、7月中旬に1回目の防除、2回目がその1週間から10日後。” こしひかり “は5月中旬に田植え、” 百万石 “は5月下旬に田植えのサイクルになっており、それぞれ防除を2回行うが、昨今、カメムシの越冬が大問題となっており、さらにカメムシ対策のために追加の防除が必要とされる場面が増えている。

農薬散布ドローンの活用は全国進んでいるが、特に農作業時間の短縮につながる。ドローンを使わない場合は、二人がかりで、水田のあぜ道を使って両脇からホースを

持つ形で散布をすることで数時間が必要とされるが、ドローンを使えば15分間で1ヘクタールの防除が可能となる。筆者は、農薬散布および錠剤散布の2機材を運用しており、可変施肥の有効性に関する検証を進めている。

インド・ムンバイの Ignisnova-Robotics 社と農家を対象とした Sentinel-2 衛星データを用いた植生と湿潤指標を提供してきた。さらに一步進めて同社がアフリカのケニアでの茶畑で気象観測ステーションと併せて運用しているシステムを日本の水稻栽培に対応できるようにアンドロイドのスマートフォンアプリとしての提供を目指している。どのタイミングで肥料や農薬を投入したかを入力して、気象情報と併せて収穫量と昨今問題になっているカメムシの出現を事前に予測する仕組みづくりを行っている。

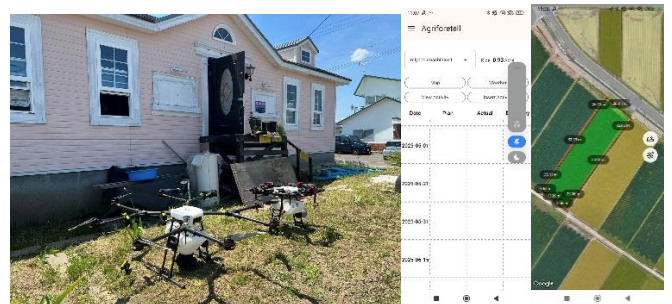


図2. 農薬散布ドローン(左)と水稻栽培支援アプリ(右)

4. まとめと今後の展開

2025年7月1日のNHKの報道で、米国のトランプ大統領が日本の自動車関税25%を取り下げするためには、日本のコメ市場の開放が必要という発言を行った。農業関係者は、日本の製造業を保護するために、市場開放を余儀なくされており、ウルグアイラウンド対応の10年間で630兆円の補助金が投入されたが、成果を得ることはできず、日本の農業は衰退をたどっている。暑い日が続くことで、雑草や謎の病害虫が多発するようになっており、今まで以上に水田の役割が重要となっている。国土の強靱化を実現するための強いコメ作りが必須である。

キーワード 国土強靱化、農薬散布ドローン、水稻栽培支援アプリ、農地の可視化

東京都市圏 ACT を用いた働き方と鉄道サービスレベルによる交通行動の変化と環境面への影響 Changes in Travel Behavior and Environmental Impacts of Working Styles and Rail Service Levels Using the Tokyo Metropolitan Area Activity Simulator

千葉大学 ○有賀敏典, 国立環境研究所 金森有子, 株式会社オカムラ 池田晃一, 森田舞

1. 背景と目的

コロナ禍を経てテレワークの定着が進み、在宅勤務によって通勤が不要になり、特に自動車通勤者が通勤を取りやめることによる削減効果は大きい¹⁾。一方で、在宅勤務を行うことで自宅をベースとした買い物などの私事トリップが増加し、通勤トリップの減少分ほどはトリップ数が減っていない²⁾。また、利用者減少により鉄道・バス事業者による減便も散見され、減便分の CO₂ 排出量の削減効果がある一方で、鉄道・バスのサービス水準低下による自動車等への交通手段変更による CO₂ 排出量増加の可能性もある。このように働き方の変更が交通行動、CO₂ 排出量へ与える影響は複雑で不明な点があり、働き方の交通への影響を明らかにする必要がある。

本研究では、東京都市圏パーソントリップ調査を基に開発されたアクティビティシミュレータ ACT を用いて、在宅勤務普及による通勤および私事トリップへの影響、鉄道・バスの減便による交通手段分担への影響、これらが移動に関わる CO₂ 排出量へ与える影響を明らかにすることを目的とする。

2. 研究の方法

ACT は平成 30 年に行われた第 6 回東京都市圏パーソントリップ調査の個票データをもとに構築されたアクティビティベースの交通行動シミュレータである。通勤・通学・買い物・余暇などの活動と交通行動の 1 日全体のスケジュールを個人レベルで再現するものである。入力情報は平成 30 年となっており、在宅勤務は行われていない。本研究では、在宅勤務普及前（平成 30 年）と在宅勤務が普及するとともに鉄道・バスの減便が行われた後（令和 6 年）のシミュレーション結果の比較を行う。在宅勤務の実施率については、自営業かつ勤務時間固定なしの就業者の 23%、正規職員かつ勤務時間固定なしの就業者の 65%をランダムに抽出し、在宅勤務を行っていると仮定した。これにより、国土交通省が実施している令和 6 年度テレワーク人口実態調査³⁾において、自営型および雇用型の就業者の 37%が平均週 2.1 日在宅勤務を行っている結果に整合させた。また鉄道・バスは、10%減便され、待ち時間が 11%増加したと仮定した。

3. 結果と考察

在宅勤務が普及するとともに鉄道・バスの減便が行われた後は、通勤目的のトリップが 16%減少した。また通勤目的の交通手段は、鉄道・バスの待ち時間が増加したことにより、自動車の交通手段分担率が微増した。さらに、在宅勤務者の自宅ベースの私事目的のトリップの増加が見られ、特に郊外部では自動車が主であった。これらが CO₂ 排出量へ与える影響は、自動車通勤をしていた就業者が在宅勤務にしたことによる削減効果、鉄道・バスの減便による削減効果、在宅勤務者の自動車私事トリップ増加による増加効果、鉄道・バスの減便による通勤の自動車シフトによる増加効果が確認できた。

4. 結論と今後の課題

本研究では、東京都市圏におけるアクティビティシミュレータを用いて、在宅勤務普及と鉄道・バスの減便による交通行動の変化と CO₂ 排出量へ影響を考察した。今後はこれらのシミュレーション結果が実際に起きているか実態調査と比較をすることが望まれる。

謝辞

本研究は、株式会社オカムラ共同研究「働き方の変化による時間使用の変化が環境に与える影響の分析」により実施された。また、国土交通省関東地方整備局より、第 6 回東京都市圏パーソントリップ調査東京都市圏 ACT をご提供いただいた。

参考文献

- 1) 金森有子, 池田晃一, 有賀敏典, 松橋啓介, 森田舞, 増井利彦 (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), pp.173-184
- 2) 国土交通省, 令和 6 年度テレワーク人口実態調査-調査結果-, <https://www.mlit.go.jp/toshi/kankyo/content/001879091.pdf>, (参照 2025-7-1)

キーワード 在宅勤務, テレワーク, 通勤, 交通手段, 運輸部門 CO₂ 排出量

中国における 2060 年エネルギー消費量の予測モデル— 四大地域の視点からの分析 —

Forecasting China's 2060 Energy Consumption from a Four-Region Perspective

千葉大学人文公共学府博士後期課程 ○劉 華偉

1. 研究背景研究背景

地域ごとの回帰結果を比較し、エネルギー消費に影響

IPCC は脱炭素化の必要性を示し、中国も排出削減とカーボンニュートラルを国家目標に掲げている。本研究は、地域別のエネルギー消費の特性を明らかにし、政策立案の基礎を提供することを目的とする。

する要因の違いを明らかにした。その結果に基づき、地域特性に応じた脱炭素政策の重要性を示した。地域別モデルは、より精度の高いエネルギー政策設計に寄与すると考えられる。

2. エネルギー消費および四大地域の現状

図 1 東北地域の分析結果（例）

中国のエネルギー消費の全体像を把握するとともに、東部・中部・西部・東北の四大地域における経済規模、産業構造、人口、エネルギー消費の特性を比較した。

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	51
Model	4490.52165	4	1122.63041	F(4, 47)	=	1573.54
Residual	33.5317954	47	.713442456	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.9926
				Adj R-squared	=	0.9920
Total	4524.05345	51	88.7069304	Root MSE	=	.84466

log_e	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
log_pg2	.4906158	.1548228	3.17	0.003	.1791525 .802079
log_c2	10.58791	.9832791	10.77	0.000	8.609803 12.56601
log_s2	1.526921	.2527827	6.04	0.000	1.018387 2.035454
log_a2	1.185309	.1160267	10.22	0.000	.9518935 1.418725

3. 変数とモデル設定

予測モデルにおいては、人均 GDP、第二産業比率、都市化率、平均気温を主要説明変数として用い、すべてを対数変換後に処理。非線形性を考慮して平方項を導入し、IQR 法で異常値を除外。Stata による定数項なしの回帰分析を実行し、VIF（uncentered）による多重共線性の検証や、予測値・残差の評価も併せて行った。

参考文献

- 耿潔・路世昌（2014）「多変量回帰分析に基づく中国のエネルギー消費量予測研究」『資源開発と市場』30(11)：1317-1319.
- Zhang, C. & Mauleón, I. (2022). Assessing the Energy Efficiency Gains and Savings in China's 2060 Carbon-Neutral Plan. *Energies*, 16(6863), 2-16

4. 分析結果と考察

キーワード：エネルギー消費、地域、回帰分析、中国

送電容量制約下における再生可能エネルギー由来電力利用最大化に向けた市町村連携の可能性

Possibility of Inter-municipal Cooperation to Maximize the Use of Electricity from Renewable Energy Sources under Transmission Capacity Constraints

北九州市大院 ○垣内真安太, 静岡文化芸術大 叢日超, 北九州市大 藤山淳史, 松本亨

1. はじめに

カーボンニュートラル実現に向けて再生可能エネルギー（再エネ）の導入が不可欠だが、土地利用や気象条件等の制約により自治体ごとの発電ポテンシャルに差がある。そこで、再エネ由来電力を広域で融通できる電力ネットワークの構築が求められている。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エネ供給可能量（再エネ導入ポテンシャル）、自治体間距離、自治体を通過する送電線容量を考慮し、再エネの余剰電力が発生する自治体から電力需要の多い自治体へ再エネ電力を供給することの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⁾をもとに、送電線の容量の情報を抽出した。自治体間に複数の送電線がある場合は、容量を合計し、この容量の合計値を再エネが自治体間に融通される電力量の上限値として設定した。送電線の距離を、各自治体の市役所や町役場間を結んだ直線距離と仮定し、送電線が通過する隣接自治体間を結ぶことで、最短経路となるルートを算出した。電力需要量と再エネ電力供給可能量については、自治体排出量カルテ³⁾をベースに設定した。電力需要量と再エネ電力供給可能量は、需要部門別の特性や発電特性を考慮し、年間値から時間値に按分した。それらを基に、再エネ由来の電力供給量を各自治体の再エネ電力供給可能量の約 83% という条件のもとで推計を行った。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融通量と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。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、ここでは送電線の容量を制約条件とするケースの式を示す。

・目的関数

$$\text{Minimize} \quad \sum (x_{ab} \times d_{ab}) \quad (1)$$

・制約条件（運用容量を制約条件とするケース）

$$S_a^+ = \sum_{b \in \text{Set}_a} x_{ab} \quad (2)$$

$$S_a^- \geq \sum_{b \in \text{Set}_a} x_{ab} \quad (3)$$

$$0 \leq x_{ab} \leq C_{ab} \quad (4)$$

添え字 a, b は各自治体, x_{ab} は b から a への電力融通量 [MWh], d_{ab} は市町村 ab 間の距離 [km], S_a^+ は自治体 a の電力余剰量 [MWh], S_a^- は自治体 a の電力不足量, C_{ab} は自治体 ab 間送電線の最小容量 [MWh] である。

3. 結果

送電線の制限がない場合において各時間帯の余剰分と不足分を比較した結果、電力融通量が最大となる時間帯である 11 月 27 日 13~14 時を対象に、自治体間融通の計算を行った結果（運用容量の制限がある場合）を図 1 に示す。星印が電力融通の終点となる自治体であり、終点の自治体別に線を色分けした。線の太さは電力融通量を表している。容量による制限があると、電力の不足量の多い自治体への融通に大きく制限が掛かる結果となった。周辺自治体との送電線容量の制約が解消されれば、余剰電力の供給がより可能となり、北九州都市圏域での再エネの利用率向上に寄与する可能性が示唆された。

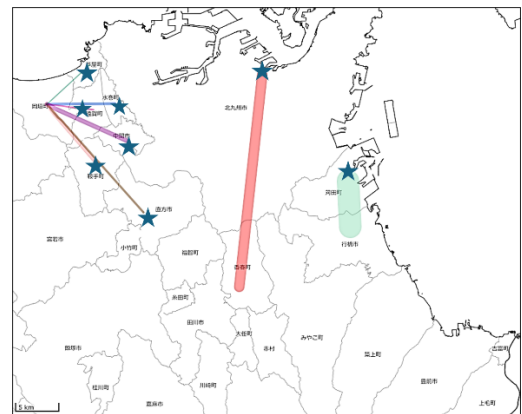


図 1 運用容量の制限がある場合の電力融通の結果

参考文献

- 1) 九州電力送配電, 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

動的物質フロー分析に基づく日本の電気貨物自動車の普及と電力需要の推計

Projections of penetration and electricity demand of electric freight vehicles in Japan: A dynamic material flow analysis approach

東京大学 ○勝島大, 中谷隼, 林徹, 山下奈穂, 藤田壮

1. 背景

貨物自動車由来の CO₂ 排出量は 2023 年度における日本の総排出量の約 7.4% を占めており, 電気自動車 (EV) の導入による物流分野の脱炭素化が目指されている。本研究では, 動的マテリアルフロー分析を用いて, 2050 年までの日本の貨物自動車ストックに占める EV の構成比を予測した。さらに道路交通センサスから得られる全国の貨物道路輸送需要に基づき, 充電タイミングや, 急速充電器の普及などの社会・技術の変化が, 電力需要に与える影響を推計した。

2. 手法

t 年における貨物自動車ストック $S(t)$ は, GDP, 交通分担率, 積載率などの将来変化を考慮して推計した。将来の廃車 (廃棄及び輸出) 台数 $O(t)$ の残存率は, 初度登録年別の車両ストックの経年変化データに基づき, ワイブル分布に従うと仮定した。年間の新車登録台数 $I(t)$ は, $S(t) = S(t-1) + I(t) - O(t)$ から算出した。 $I(t)$ に占める EV の構成比は, 過去の実績値及び政策目標に基づき, ロジスティック関数を適用して推計した。

推計された将来ストックにおける EV 構成比と, 道路交通センサスから得られる日本の全貨物自動車の 1 日のトリップデータを用いて, 1 日の走行距離が短い順に EV に転換すると仮定した。さらに「基礎充電」(1 日の最後のトリップの目的地で充電) や「目的地充電」(途中のトリップの目的地でも充電) といった充電パターンごとに各車両の充電タイミングを特定し, 全国での時刻別の合計電力需要を推計した。

3. 結果

新車登録台数に占める EV の構成比の最大値が, 将来的に 30%, 50%, 100% となる 3 シナリオを考慮した。図 1 に普通貨物自動車のストックに占める EV の構成比の推移を, 図 2 に 2050 年における電力需要の推計結果を示す。2050 年には EV はストックの 24.4% から 71.6% を占め, 電力需要は最大で 0.5GW から 3.8GW 程度増加する可能性があることが判明した。車両ごとの移動パターンが異なるため, EV の構成比と電力需要は単純に比例

しない。また目的地充電の導入によりピーク需要が削減され, 日中の需要増加を通じて再生可能エネルギーの活用が進む可能性が示された。

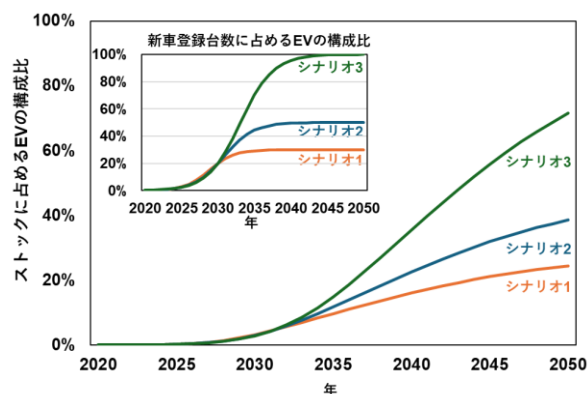


図 1 普通貨物自動車ストックに占める EV の構成比

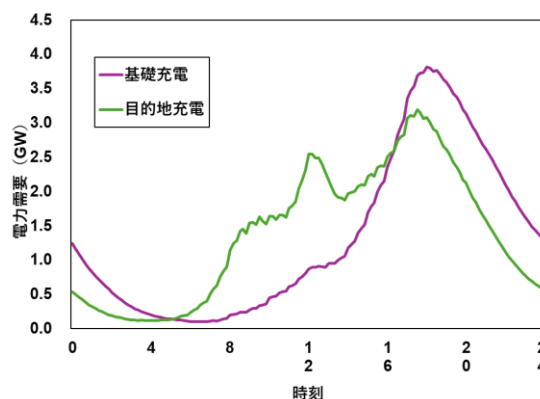


図 2 2050 年における全国の電力需要 (普通貨物自動車, シナリオ 3 の場合)

参考文献

- 1) 国立環境研究所 温室効果ガスインベントリオフィス (2025), 日本の温室効果ガス排出量データ (1990 年～2023 年度) 確報値,
<https://www.nies.go.jp/gio/archive/ghgdata/index.html>

キーワード 電気自動車, 貨物自動車, 電力需要, 物質フロー分析, 道路交通センサス

言語の違いを考慮した研究タイトルを対象としたテキストマイニングによる環境研究の時代的 変遷—国立環境研究所における研究論文・発表タイトルを事例として

Historical Changes of Environmental Research by Text Mining for Research Titles Considering Language Differences: A Case Study by using Research Paper and Presentation Titles in NIES

国立環境研究所 ○牧誠也

1. 背景・目的

環境問題は議論されるようになった当初から生態系保護や公衆衛生問題など多様な側面を持つ。一方で、環境問題への対応が社会要請に伴うことから、政策に
対応できているかという着目点も重要である。

本研究では、我が国の環境研究における主要な拠点の一つであり、気候変動や循環社会形成、生態系保護、地域対話など多様な課題の研究をしてきた国立環境研究所(以下、国環研)を対象とする。本研究では、国環研が公開している過去の研究タイトル名を言語別に分析し、その変遷から我が国の環境研究の歴史変遷、言語間比較を行い、政策との関係を考察した。

2. 方法

国環研が過去に公開した研究タイトルに含まれる頻出用語を抽出することで環境問題の変遷を分析した。

「国立環境研究所年報^{1), 2), 3)}」に公開されている 1974-2023 年度の口頭発表・紙上発表のタイトルを抽出し、5 年ごとの言語間比較についても行った。

本研究では、牧⁴⁾が開発したストップワード処理を含む研究タイトルのテキスト分析モデルをもとに、頻出単語の分析及び見えるかを行った。

3. 結果

表 1、2 は日本語・英語タイトルにおける各年代の頻出単語上位 20 位を表したものである。この結果から、「研究」「影響」「環境」「Japan」など分野に関係なく使用できる用語が言語に関係なく多く見られた。一方、英語では「ILAS」「GOSAT」など衛星分野の用語が多くみられた。気候分野の単語は頻出率が高いが、80 年代の英語タイトルでは水圏にかかわる研究の用語が頻

出していることが確認された。日本語では、「大気」の使用が 2000 年以降少なくなり、「気候」の使用度が上がることが確認された。日本語における「環境」の使用比率は高いが、「Environment」の使用比率は比較的低く、言語間での違いがみられた。

4. まとめ

本研究では国環研の研究タイトルのテキスト分析を行い、言語別の頻出単語の分析を行った。その結果をもとに、環境研究の変遷を言語別に分析し、年代による頻出単語の変化を分析した。その結果、用語の使用の変化が確認でき、研究テーマの変化が確認できた。

ただし、頻出単語には分野に関係なく使われる単語が多く抽出されてしまうため、タイトル分析だけでは不十分であり、トピックモデル等を用いた研究内容を分析するような研究が必要になると考えられる。

参考文献

- 1) 国立環境研究所年報
<https://www.nies.go.jp/kanko/nenpo/index.html> (2023 年 8 月 8 日 閲覧)
- 2) 国立環境研究所 成果発表 (口頭)
<https://www.nies.go.jp/db/koto/index.html> (2023 年 8 月 8 日 閲覧)
- 3) 国立環境研究所 成果発表 (誌上)
<https://www.nies.go.jp/db/shijo/index.html> (2023 年 8 月 8 日 閲覧)
- 4) 牧誠也 (2023) 国立環境研究所における過去 50 年の歴代研究論文・発表タイトルのテキストマイニングによる環境研究変遷の考察. 土木学会環境システム委員会, 第 51 回環境システム研究論文発表会講演集, 51, 187-190

キーワード テキストマイニング, 包括的環境研究, 歴史分析, 論文タイトル, 言語

表 1 日本語タイトルにおける頻出単語

1974-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	2021-		
環境	219 環境	299 環境	111 環境	621 環境	576 環境	550 環境	581 環境	538 環境	665 環境	276	
研究	187 研究	235 研究	72 研究	339 研究	353 研究	480 研究	541 研究	577 研究	599 研究	274	
影響	149 大気	238 大気	69 汚染	303 大気	298 大気	380 汚染	518 大気	334 汚染	426 大気	258	
地球	144 地球	217 地球	81 大気	280 大気	251 地球	314 地球	438 地球	325 地球	474 地球	248	
二	116 大気	200 大気	65 地球	279 大気	230 地球	365 地球	379 地球	438 地球	478 地球	217	
大気	109 大気	200 研究	65 研究	283 研究	217 研究	350 研究	347 研究	389 研究	386 研究	176	
汚染	108 大気	185 大気	65 研究	274 大気	200 研究	374 研究	344 研究	389 研究	364 研究	159	
水圏	99 水圏	135 水圏	53 水圏	203 水圏	193 大気	338 大気	338 水圏	369 水圏	369 水圏	137	
衛星	99 衛星	140 衛星	53 衛星	193 衛星	175 衛星	312 衛星	331 衛星	355 衛星	339 衛星	132	
気候	94 気候	145 気候	53 気候	174 気候	171 気候	259 気候	315 気候	347 気候	332 気候	130	
1	93 研究	143 研究	49 研究	174 研究	171 研究	259 研究	315 研究	347 研究	332 研究	129	
水	87 研究	137 研究	49 研究	168 研究	169 研究	222 研究	222 研究	266 研究	266 研究	115	
地球	82 地球	133 地球	46 地球	159 地球	167 地球	210 地球	287 地球	287 地球	251 地球	112	
大気	77 大気	129 大気	46 大気	140 大気	141 大気	210 大気	287 大気	287 大気	251 大気	111	
汚染	76 汚染	127 汚染	46 汚染	139 汚染	141 汚染	210 汚染	287 汚染	287 汚染	251 汚染	108	
生物	75 生物	127 生物	46 生物	139 生物	141 生物	210 生物	287 生物	287 生物	251 生物	107	
植物	75 植物	127 植物	46 植物	139 植物	141 植物	210 植物	287 植物	287 植物	251 植物	106	
測定	71 測定	113 測定	46 測定	139 測定	141 測定	210 測定	287 測定	287 測定	251 測定	105	
2	70 測定	108 測定	32 測定	139 測定	127 測定	181 測定	248 測定	243 測定	234 測定	101	
総計	70	1	108	2	125	140	151	235	251	232	101

表 2 英語タイトルにおける頻出単語

1974-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	2021-
study	75 study	113 study	47 Japan	140 Japan	262 Japan	477 Japan	560 Japan	618 Japan	264
air	73 air	52 Japan	13 effects	85 effect	137 model	296 effect	775 model	775 model	109
Tha	21 nitrogen	41 water	16 ozone	62 ILAS	98 analysis	129 CO2	249 carbon	221 Tha	220 Tha
water	21 water	41 water	16 ozone	62 ILAS	98 analysis	129 CO2	249 carbon	221 Tha	220 Tha
system	19 Tha	39 reaction	13 water	59 effects	61 Tha	173 model	211 CO2	220 CO2	69
spectrometer	19 Tha	39 reaction	13 water	59 effects	61 Tha	173 model	211 CO2	220 CO2	69
18	1 35 Tha	17 ret	56 ozone	54 study	85 ozone	168 global	176 Asia	16 ozone	63
study	18 A	32 nitrogen	12 system	15 Japanese	16 China	84 data	191 climate	162 analysis	159 climate
air	17 air	38 lake	13 atmospheric	48 lake	48 reaction	183 Tha	180 ozone	153 analysis	67
nitrogen	17 study	25 A	11 analysis	46 measurement	45 Tha	84 water	158 measurement	153 water	153 analysis
ret	17 reduced	21 Lake	10 ILAS	16 ILAS	16 ILAS	16 ILAS	16 ILAS	16 ILAS	61
main	16 effects	79 measurement	13 effects	48 Tha	42 measurement	148 data	131 study	142 ozone	58
climate	15 system	26 model	13 effects	42 study	42 climate	148 data	131 study	142 ozone	58
gas	15 effects	26 model	13 effects	42 study	42 climate	148 data	131 study	142 ozone	58
flow	14 flow	25 gas	10 water	36 measurement	41 ozone	75 China	138 Japanese	176 ozone	135 Japanese
cedarians	14 water	25 2	3 compounds	38 data	40 ozone	70 study	132 organic	121 data	130 forest
analysis	13 response	25 air	8 gas	37 global	38 ozone	89 ozone	130 ozone	120 ozone	120 study
HQ	13 analysis	25 model	8 model	37 study	38 Asia	69 ozone	174 global	119 global	170 ozone

中国における営農型太陽光発電の現状と課題——中国浙江省の事例研究から

Current Status and Challenges of Agrivoltaics in China: A Case Study of Solar-Tea Gardens in Zhejiang Prov.

早稲田大学社会科学部研究科 ○徐雨晨

1. 背景と問題の提起

営農型太陽光発電（以下、営農型）は日本では「ソーラーシェアリング」とも称され、農林畜水産業の営まれる土地に太陽光パネルを設置し、農業と発電を同時に行う複合利用型事業である。近年、カーボンニュートラルの実現と農業・農村振興を両立する手段として各国で政策整備が進められている。

一方、営農型の社会実装過程においては、発電と農業という異質な産業間の「シェアリング」の困難性が顕在化している。特に農作物の収量低下、耕作放棄、農地の荒廃など、発電が営農に対して負の影響を及ぼす事例が日中双方で報告されており、「共生」を標榜することで政策的な優遇措置の「抜け道」となっているとの指摘もなされている（倉坂,2019;徐,2026）。

2. 研究の目的

2025 年 5 月改正の「農山漁村再生可能エネルギー法」基本方針では、「適切な営農の確保を前提とした地域活性化に資する望ましい営農型」の推進が掲げられている。しかし、「望ましい営農型」の具体的なあり方については、なお十分に明らかにされていない。

本研究は、事例分析を通じて中国の営農型の開発実態を明らかにし、その影響を検討することで、日本の政策設計にも資する知見を得ることを目的とする。

3. 研究対象および研究方法

営農型事業は、地域特性や作物の種類によってその影響が大きく異なることから、本研究では中国浙江省の営農型茶園を分析対象とした。浙江省は、土地条件、人口構成、産業構造において日本と多くの共通点を有している。さらに、太陽光パネル下に形成される微小気候が茶樹の生育に良好な影響を及ぼすことで、茶葉の収量と品質の安定・向上が実現されており、発電と営農の両立に成功した実証事例も日中双方で報告されている。

本研究では、浙江省内の複数の営農型茶園事業について現地調査とヒアリング調査（開発・運営代表者、地元の茶農家）を実施し、営農本位型と発電優先型の 2 類型に分類した。その代表事例を表 1 および図 1 に整理した。

表 1 代表事例の比較

	A:営農本位型(H 市)	B:発電優先型(L 市)
開始年度	2018 年	2016 年
発電・土地性質と規模	100kW(分散型) 農用地(1800 m ²)	25MW(集中型) 工業用地(33ha)
設計・管理・設備の特徴	被覆率 50%/ 簡易支柱/茶樹列と垂直/噴霧装置併設	被覆率 80%以上/コンクリート柱/茶樹列と平行/放棄地多
開発投資者	地場民間企業	国有電力集団子会社
営農形態	合作社・大学共同	茶農家に無償貸与



図 1a 営農本位型設置状況 図 1b 発電優先型設置状況

図 1 代表事例の現地の設置状況（筆者撮影）

4. 研究結果と考察

調査の結果、両事例は発電と農業の両立度に大きな差が認められた。営農本位型(A)は、茶樹の生育環境への配慮を重視し農業主体の運営方針を採用しているのに対し、発電優先型(B)は大規模発電を主軸とする開発形態であり、茶園の一部荒廃が確認された。

本研究は現時点で初期段階にあるが、今後は各事業の社会的効果の評価のみならず、こうした違いを生み出す制度的要因についてもさらなる分析を行う予定である。

参考文献

- 1) 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
- 2) 徐雨晨(2026)中国の太陽光発電事業の開発に伴う電力・土地関連制度の移行およびその考察,ソシオサイエンス,32(1),53-82

キーワード 営農型太陽光発電, 中国浙江省, 事例研究

社会における立場や背景理解の差異に起因する水俣病問題への態度の違い

Differences in attitudes toward the Minamata disease issue according to social position and background understanding

東洋大学 ○平松 あい, 東海大学 高野 誠二

1. はじめに

公害や災害、事故などによる環境汚染や健康被害が住民に与える影響は時に地域における関係者間の対立や分断につながり、その回復まで長くかかる場合がある。またその背景や複雑な関係性を外部の人間が理解することは易しくない。本研究ではロールプレイング手法を用い、水俣病をテーマに自身を当事者と仮定した上で、当時の社会背景に関する情報を段階的に得る中で、原因企業や補償に対する態度がどう変化するかをアンケート方式にて調査した。

2. 研究の方法

2024年2月に18歳以上の市民を対象にオンラインアンケート調査を行い、東京都1000人、水俣病発生の地である熊本県500人、四大公害の他地域（新潟県、富山県、三重県）500人から回答を得た。質問項目は、各種属性及び水俣病に関する知識、水俣病の当事者を想定して態度を選択する項目などを含んだ。

自分事として捉えてもらうため、態度選択の項目では、自分の娘が水俣病を発症したという仮定を第1段階とし、第2～5段階で自分や自分の周りの人々が原因企業チッソの関係者であることを順に追加情報として与えた。その上で自分がとる態度を1-10で選択してもらった（1は激しく抗議・責任追及、中間は補償や治療があればよしとする、10は我慢し諦める）。得られた回答から、属性や居住地による態度の違いを観察した。

3. 結果と考察

回答者は、40-60代が各20%台で合わせて75%と多く、20代以下は3.9%、70代以上は8.6%と少なかった。約6割が男性であった。水俣病に関する知識では、メチル水銀が原因であることは8割以上が知っていたが、現在も補償が行われていることについては65%、魚やヘドロを除去する対策については36%の認知度であった。熊本県民は最も正答率が高かった。

態度変化については、第1段階では7割以上が責任追及の立場を見せるが、第2段階以降は補償だけは求める態度が増加していき、第5段階で再び反対の立場

が微増する結果となった（表1）。諦めの態度はわずかであった。居住地をはじめ性別・婚姻・子どもの有無といった属性での違いはあまり見られなかった一方、最終学歴や年収、年代間で態度の違いが確認された。

表1 回答者全体の態度変化

		第1段階	第2段階	第3段階	第4段階	第5段階
態度		小学生の自分の娘が発症	自分は原因企業チッソの従業員	家族や親族もチッソの関係者	近所や小学校の友達もチッソ関係者が多い	市長や職員など行政もチッソ関係者が多い
激しく責任追及	1	39.1	28.2	24.3	22.2	27.9
	2	13.2	11.4	8.9	9.4	10.2
	3	19.1	17.3	16.6	15.2	17.2
↑	4	10.3	11.8	12.4	13.0	11.2
	5	13.0	20.5	23.5	24.5	20.6
	6	2.4	5.0	5.2	6.2	4.5
補償されればよし	7	1.3	2.2	4.5	4.3	3.5
	8	0.5	1.8	2.2	2.6	2.0
	9	0.4	0.5	0.5	1.1	1.2
↓	10	0.9	1.5	2.0	1.8	1.9
	計 (%)	100	100	100	100	100

4. おわりに

過去に著者らは、学生を対象に同内容のロールプレイング手法をワークショップ形式で実施した²⁾。今回のオンラインアンケートではそれに比べ変化が小さく、実施方式の違いや対象者の年齢による影響も考えられるが、一部の属性の違いが責任追及一辺倒の考えからの態度変化の違いにつながっていた。全般的には当事者意識をもって情報を得ていくことで問題の複雑さと多様な立場の理解につながった様子が観察された。

参考文献

- 1) 石原明子 (2013) 東京電力福島第一原発災害下で起きている地域や家庭等での人間関係の分断や対立について：水俣病問題との比較と紛争解決学からの一考察。熊本大学社会文化研究, 11, 1-20.
- 2) 平松あい・高野誠二 (2024) 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, 環境科学会 2024 年会講演要旨集, 81

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

日本における 2050 年脱炭素社会を実現する排出経路の定量化

Quantification of GHG Emission Pathways to Achieve Japan's Decarbonized Society by 2050

国立環境研究所 ○増井利彦, 日比野剛, 芦名秀一, 金森有子, Diego Silva Herran, 畑奨, 河原崎里子

1. 脱炭素社会の実現に向けたシナリオ開発

2025 年 2 月に、地球温暖化対策計画が閣議決定され、日本の新たな NDC（国の決定する貢献）が国連に提出された。本報告では地球温暖化対策計画を議論した審議会等に対して国環研が提出した温室効果ガス（GHG）排出経路に関する分析結果について報告する。分析の前提や結果の詳細は、日比野他(2025)を参照されたい。

2. 分析の概要

パリ協定に定められた 1.5℃目標の実現に向けて、日本は 2050 年までに GHG 排出量をネットゼロ（人為的な吸収分を差し引いた排出量をゼロ）にすることを目標に掲げており、国環研ではこれまでに開発してきた統合評価モデル AIM（Asia-Pacific Integrated Model）を用いて GHG 排出経路を評価してきた。経済モデルである AIM/CGE を使って将来の活動水準（サービス需要量）を想定し、サービス需要を満たしつつ GHG 排出量を削減する技術やエネルギーの組み合わせを、技術選択モデルである AIM/Enduse を用いて計算する。また、電力供給については、全国を 10 地域に分割し、各地域 1 時間当たりの電力需要量に応じて発電する電源計画モデルを用いて評価している。将来シナリオとしては、2030 年の NDC を延長する「技術進展」、水素や CCS などの革新的技術を用いて脱炭素社会を実現する「革新技术」、革新技术に加えて生活水準を維持してサービス需要量を削減する「社会変容」を想定している。

3. 分析結果

2050 年までに GHG ネットゼロを実現するためには、「革新技术」や「社会変容」で想定した取組が必要で、NDC の延長である「技術進展」では 2050 年の GHG 排出量は 70%削減にとどまる結果となった（図 1）。2050 年に脱炭素社会を実現するシナリオでは、省エネによる大幅な最終エネルギー消費量の削減（現状の半分程度）、脱炭素電源の 100%の導入（再生可能エネルギーの比率は 70%以上）、電化の推進（電化率 50%以上）が重要であり、CCS や合成燃料をはじめとする革新的技術の導入（CO₂ 貯留量が年間 1.2-2.4 億 tCO₂、燃料に占める新燃料の比率 100%）も不可欠であることを示した。

「技術進展」でも 2040 年以降に脱炭素技術を加速的に導入することで 2050 年に GHG 排出量のネットゼロを実現できる結果となった（革新技术 a）。一方、更新される設備以上の省エネ技術や電化の導入が必要となり、化石燃料の代わりに新燃料を大規模に導入する必要があるなど、多大な費用を要することが明らかとなった。

気候変動防止の観点から、GHG 排出削減を前倒しする経路（社会変容 a）が望まれるが、その場合は対策費用が十分に低下しない状態で多くの対策を導入する必要がある。残された時間をいかに有効に使うかが重要となる。なお、革新技术だけに頼るのではなく、情報通信技術や循環経済を活用して無駄な素材や移動、食品ロス等を減らす社会変容の実現により、追加費用が 2050 年までの累積で 34 兆円軽減されることも明らかになった。

なお、本分析で想定したシナリオ以外にも、再生可能エネルギーの導入量、水素需要に対する国産比率（社会変容 c）、CO₂ 貯留量の想定（社会変容 b）等、様々なシナリオが考えられる。それらは一長一短で、例えば、水素を国内で生産する場合には、発電電力量の大幅な増大が必要となる。脱炭素社会の実現に向けた取組は、どのような日本社会を目指すかという議論が鍵となる。

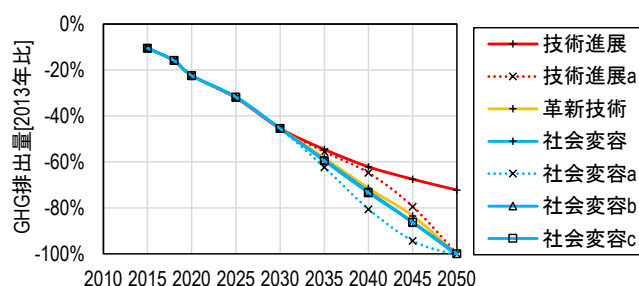


図 1 シナリオ別の GHG 排出量の推移

参考文献

日比野剛他(2025) 日本における 2050 年脱炭素社会実現に向けた排出経路の追加分析 2, 国立環境研究所社会システム領域ディスカッションペーパー, No.2025-01, <https://www.nies.go.jp/social/publications/dp/pdf/2025-01.pdf>

キーワード 脱炭素社会, 統合評価モデル, 温室効果ガス排出経路, 気候変動緩和策

人口減少期のわが国における耕作放棄地活用のための農地政策とそれらが依拠する環境思想の考察

A Study of Agricultural Land Policies for Utilization of Deserted Arable Land in Japan during the Period of Declining Population and the Environmental Philosophy on Which Each Policy Relies

日本国際学園大学 ○澁谷知之

1. 耕作放棄地研究のいま

現在、耕作放棄地やその可能性がある農地に対して、(A) 技術革新によって農業生産を維持拡大する政策、(B) 粗放的に管理する政策、(C) 農業生産から脱して人為的に湿地化、グリーンインフラ化する政策、加えて(D) 意図的に放置する政策などが提示できる。これらは同一・類似の条件の耕作放棄地に対して、生物多様性保全を念頭にしつつ政策や思想が競合している。人が一定の管理を継続して維持する農地は、新たな価値として、生態系保全機能、洪水防止機能および景観保全機能などを含めて多面的に評価されてきている。しかし人口減少が進む将来において、これらの新しい観点での耕作放棄地の活用には、生態学的課題に加えて、財政的課題や公共財としての法的・社会的課題（注1）もまた併存するものである。さらに、この日本型の農地政策を明瞭に分析するため、ヨーロッパでの農地活用とそれに影響を与えている環境思想・理論と、わが国のそれとを比較して検証していく。一つには、「ランド・スベアリング（土地の節約）」型保全に対する、中山間地域・里山地域、沿岸地域、さらには都市・郊外地域において生物多様性保全のための持続的な管理のもとと保全する「ランド・シェアリング（土地の共有）」の環境理論に包摂されるものなのかを検証する。そしてわが国独特の「介入型」の農地・環境政策の位置を報告する。



図1 (C) にいう耕作放棄地の湿地化の様子（左：耕作放棄地、右：湿地化。千葉県富里市、2024年5月）

2. 耕作放棄地と環境思想

日本の農地、とりわけ今後急増しうる耕作放棄地を巡り、農業生産・環境保全と法的・社会的課題という両側面に着目し検証する。生物多様性という論題についても、

文言は同じだが政策・到達する手法が異なっている。この度の報告で千葉県北総地区・印旛沼周辺における耕作放棄地を重視しているのは、農業生産の継続型のケースと農業生産放棄の湿地化のケースとの分析事例について、同じ条件の農地や耕作放棄地を巡る、生物多様性保全を考察する好例な素材となると考えるからである。耕作放棄地を忌避しての大規模かんがいの農地化であれ、非農地化としての湿地化であれ、「土地に介入すること」を前提に社会政策・研究が進められている。耕作放棄地や条件の不利な圃場に対して、予算をかけず、手をかけず、モニタリングをしつつ、生物多様性に配慮した政策案の妥当性を紹介する。この点をヨーロッパの農地政策との比較のもと、その環境保全思想の系譜を紐解きつつ、それらが依拠する環境理論に翻り考察したい。

3. 政策課題

今後、耕作放棄地の増加と対策が社会的課題として大きく認識されるものと考えられる。また、環境政策と耕作放棄地活用の融合も強く求められ、併せて法的・社会的課題も表面化していく。この状況のもと、同一の条件の耕作放棄地に対する複数の政策併存の現実を再考し、かつ環境政策をも念頭に置いた新しい政策・理論が必要となる。この度の報告では、複数の農政・環境政策を鳥瞰的に捉え直し、耕作放棄地が増加する社会的状況を見据えつつ、その活用の際に生じる諸課題を検討するものである。

参考文献

1) Hermann Kam and Clive Potter (2024) Who should deliver agri-environmental public goods in the UK? New land managers and their future role as public good providers, *Land Use Policy*, Vol. 139, 10–11.

キーワード 耕作放棄地、公共財、生物多様性、スマート農業、湿地化、環境思想

社会関係資本による気候変動緩和行動の促進可能性：私的・公共領域に着目して

The role of social capital in climate change mitigation behaviors across private and public spheres

筑波大学 ○糸井風音，甲斐田直子

1. はじめに

社会関係資本は、個人間及び社会的ネットワークとそれらによって生じる互酬性と信頼性を指し、社会の効率性と結束力を高める¹⁾。欧州では脱炭素政策の支持や促進の要因であること²⁾、日本では環境配慮行動を促進することがわかっている³⁾。一方で、日本における気候変動への意識や行動への影響は明らかではない。

2. 本研究の目的および方法

本研究は、日本における社会関係資本と気候変動緩和行動の関係性を検証するため、日本国内成人男女1200名を対象としたオンライン質問紙調査を実施した。気候変動緩和行動として省エネなど個人・家庭における「私的領域の行動」と、政策への働きかけをねらった「公共領域の行動」の頻度を尋ねた。Value-Belief-Norm理論⁴⁾と社会関係資本に関する先行研究⁵⁾にもとづいて説明変数項目を選定し、各領域の行動に対する関係性について重回帰分析により検証した。

3. 結果

私的領域・公共領域の行動に関する結果を表1に示す。私的領域の行動（省エネ、持続可能な商品選択、対話・学習）において社会関係資本の「参加」要素が正の予測因子であることが認められた。また、「ネットワーク」と「信頼」がそれぞれ、商品選択と対話・学習、商品選択と正の関係性にあった。公共領域の行動では、「信頼」と「ネットワーク」がすべての行動と正に関連した。一方で、「規範」はイベント参加と政治行動の負の予測因子で

あった。

4. 考察

社会関係資本のうち、「信頼」「ネットワーク」「参加」の要素は、私的・公共領域を問わず、日本における気候変動緩和行動を促進するといえる。社会関係資本は、特定の地域やネットワーク内にかかる環境問題だけでなく、地球規模課題に対応する行動にも寄与することが示された。一方で、「規範」は公共領域の行動を阻害する傾向であった。このことから、既存の社会的ネットワークにおける互酬性が、少なくとも現在の日本における気候変動に対する政策への働きかけや政治行動に対しては機能しないことが示唆された。

参考文献

- 1) Putnam, R. D. (2001). *Bowling alone: The collapse and revival of American community*. Touchstone.
- 2) Hao, F., et al. (2020). Social capital, carbon dependency, and public response to climate change in 22 European countries. *Environ Sci Pol*, 114, 64–72.
- 3) 白井信雄ら(2011). 飯田市民の環境配慮意識・行動の形成要因～環境施策等と社会関係資本に注目して 土木学会論文集 G(環境), 67(6), II_19-II_28.
- 4) Stern, P. C., et al. (1999). A value-belief-norm theory of support for social movements: The case of environmental concern. *Hum Ecol Rev*, 6, 81–97.
- 5) Wan, Q., & Du, W. (2022). Social capital, environmental knowledge, and pro-environmental behavior. *International J Environ Res Pub Health*, 19(3), 1443.

キーワード 気候変動・社会関係資本・環境配慮行動・VBN理論・投票

表 1. 重回帰分析結果

説明変数	私的領域の行動			公共領域の行動		
	省エネ	商品選択	対話・学習	イベント参加	投票	政治行動
社会関係資本						
信頼	0.003	0.09***	0.001	0.07**	0.05†	0.06*
規範	0.001	0.01	0.005	-0.05*	-0.03	-0.10***
ネットワーク	0.01	0.10***	0.22***	0.31***	0.19***	0.19***
参加	0.09**	0.13***	0.06*	0.04	0.18***	0.05†
価値観						
親生物的価値観	0.14***	0.26***	0.23***	0.14***	0.27***	0.16***
利他的価値観	0.06	-0.05	-0.06	-0.08*	-0.08*	-0.18***
利己的価値観	-0.09**	-0.08**	0.03	0.07*	-0.03	0.12***
信念	0.06	-0.11**	-0.06†	-0.21***	-0.11**	-0.29***
結果性の認識	-0.02	-0.02	-0.01	-0.04	-0.09**	-0.02
責任帰属認知	0.03	0.06†	0.02	-0.08*	-0.007	-0.04
個人的規範	0.16***	0.24***	0.26***	0.20***	0.24***	0.21***
年齢	0.07*	-0.01	0.04	-0.04	-0.01	-0.16***
性別 (男性=1)	-0.07**	-0.09***	-0.02	0.08**	0.10***	0.11***
収入	-0.04	0.01	0.05†	-0.05†	-0.019	-0.01
結婚	-0.01	0.02	0.01	0.02	0.003	0.02
子どもの有無	0.01	0.04	-0.01	0.15	0.08*	0.08*
教育	0.05	0.01	0.03	0.02	0.02*	0.04
F値	15.7	26.1	24.7	23.38	23.06	24.72
調整済み決定係数	0.17	0.26	0.25	0.24	0.24	0.25

注) N=1200. *** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$, † $p < .10$. 自由度はすべて(17, 1182). VIF値 < 4.00

小規模自治体におけるごみ排出原単位増加の背景 ～福島県湯川村を例に～

Background of the increase in waste generation per person per day in small municipalities: A case study of Yugawa Village, Fukushima Prefecture

福島大学 ○沼田大輔、稲月萌、丹野栞里、小野寺翔汰、國分逸生、牧野未侑

1. はじめに

昨今、小規模自治体(本発表では中川(2023) にならい、人口規模が 3000-5000 人程度の自治体と考える)において、ごみ排出原単位が増加している傾向が見受けられる。例えば、国立環境研究所一般廃棄物データビジュアライゼーションによると、福島県では 2022 年度において、上述の小規模自治体に該当する自治体が 9 町村あり、そこでは、ほぼいずれも、ごみ排出原単位、中でも生活系ごみ排出原単位が増加している。

そこで筆者らは、この背景を探る調査研究を、福島県湯川村(2022 年度人口 3096 人)を例に、2023-2024 年度に、福島県会津地方振興局「会津 DX 日新館」事業において、湯川村役場と協力して実施した(調査報告書などは「会津 DX 日新館」事業のウェブサイト参照されたい)。湯川村は、福島県会津地方の 10 市町村で構成される会津若松地方広域市町村圏の自治体の中で、2013 年度と比べて 2022 年度の生活系可燃ごみ原単位の増加率が最も大きい。具体的には、湯川村において、ごみ集積所の現地調査(2023 年 9 月)、廃棄物減量推進員(以下、推進員。湯川村は 33 集落あり、各集落に推進員が置かれている)対象のワークショップ(2023 年 12 月。12 名の推進員が参加)、全世帯(2024 年 9 月時点で 952 世帯)対象の家庭系ごみに関するアンケート調査(2024 年 9 月。回答総数 455)、湯川村住民へのアンケート結果報告会(2024 年 12 月)を行った。本発表では、それらの調査から、小規模自治体における生活系ごみ排出原単位増加の背景を考察する。

2. 分析結果の例(日々の行動や意識についての回答の傾向の年代による相異)

総務省の「住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数」によると、2010 年から 2024 年にかけて、湯川村では 20 代・30 代の割合が減少し、60 代・70 代の割合が増加しており、こうした年代構成の変化がごみ排出原単位に影響を与えているかもしれない。本研究で湯川村の全世帯に実施したアンケートでは、回答者は 20-30 代が 2%と少数であるため、回答者が 50 代以下と 60 代以上で、回答の傾向に差異がある設問例を抽出した。

その結果、生ごみを燃やせるごみとして出す場合に生ごみの水分を切っているか(択一回答)、ごみの分別にどのような問題を感じているか(複数回答可)、枝木や草をどのように処理しているか(複数回答可)、枝木や草の処理方法についてどのような問題を感じているか(複数回答可)、普段のごみ出しでどのような袋を使用しているか(複数回答可)について、回答者が 50 代以下と 60 代以上で、回答の傾向に差異があることが伺われた(クロス集計表を作成し、フィッシャーの直接確率検定を行ったところ、それぞれの p 値は、0.015、0.024、0.048、0.095、0.002)。

そして、60 代以上は 50 代以下と比べて、次の傾向が伺われた：①生ごみの水分を切っている割合が少なく、生ごみを燃やせるごみに出していない割合が多い；②ごみの分別に特に問題を感じていないとする割合が多い；③枝木や草を自宅で処理している(畑にまく、肥料にするなど)割合が多い；④枝木や草の処理方法について特に問題を感じていない割合が相対的に多い；⑤村推奨のごみ袋を使用している割合が多い。

参考文献

- 1) 国立環境研究所，一般廃棄物データビジュアライゼーション：自治体支援ツール <http://www-cycle.nies.go.jp/jp/db/file01/visualize00.html>
- 2) 中川彩菜(2023)人口規模を安定的に維持してきた日本の小規模自治体に関する実証研究—日本における地方自治体の持続的発展の在り方に関する考察—，RESEARCH BUREAU 論究，第 20 号，pp.154-179
- 3) 福島県会津地方振興局，【自治体DX】「会津DX日新館」について，ウェブサイト <https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/01240a/aidu-dx-nisshinnkan.html>

キーワード 小規模自治体、ごみ排出原単位、年代構成、アンケート

資源と環境の統合に基づく木質バイオマス供給量の将来推計に係る シミュレーション手法の開発

Development of a Simulation Methodology for Estimating Future Woody Biomass Supply Based on the Integration of Resources and the Environment

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の実現に向けて、木質バイオマスの利用は今後さらに拡大すると見込まれている。しかしながら、その原料供給は不安定であり、環境の持続可能性についても議論の余地がある。本研究は、資源と環境の両立を考慮した木質バイオマスの供給量を推計するためのシミュレーションモデルを構築することを目的とする。具体的に、兵庫県をケーススタディとして、森林成長、森林管理とエネルギー利用の三側面を統合し、2100 年までの木質バイオマスの供給ポテンシャルと温室効果ガス(GHG)排出量をシナリオ別で推計する。また、推計結果に基づき、木質バイオマスのエネルギー利用による短期および長期にわたる環境影響を定量化するとともに、環境負荷を生じさせずに実現可能な最大の供給ポテンシャルを明らかにする。

2. 研究の方法

収穫表作成システム LYCS[®]に基づき、一部の機能を補足する上で兵庫県におけるスギとヒノキの収穫表を作成する。次に、兵庫県の森林簿に基づいて、林齢・地位別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 歳(200 以上含む))に、列方向は年(2020 年~2100 年)に対応している。これにより、木質バイオマスの供給ポテンシャルを年次ごとに推計する。最後に、ライフサイクルアセスメントを用いて、木質バイオマスの発電利用の GHG 排出量を推計するとともに、木質バイオマスを森林システムの中に位置づけ、森林の成長、枯死木及びエネルギー以外の木材利用を考慮した森林システムの正味の GHG 排出量を推計する。

3. 結果と考察

木質バイオマスをカーボンニュートラルと見なした場合、木質バイオマス発電利用による GHG 排出量は、 $0.168\text{kg-CO}_{2\text{eq}}/\text{kWh}$ と推計された。一方、非カーボンニュートラルの場合、GHG 排出量は $2.660\text{kg-CO}_{2\text{eq}}/\text{kWh}$ に増加し、化石燃料を主体とする電力システムの CO_2 排出係数を大きく上回る結果となった。供給ポテンシャルと GHG 排出量の推計結果の 1 例を図 1 に示す。100ha/yr の

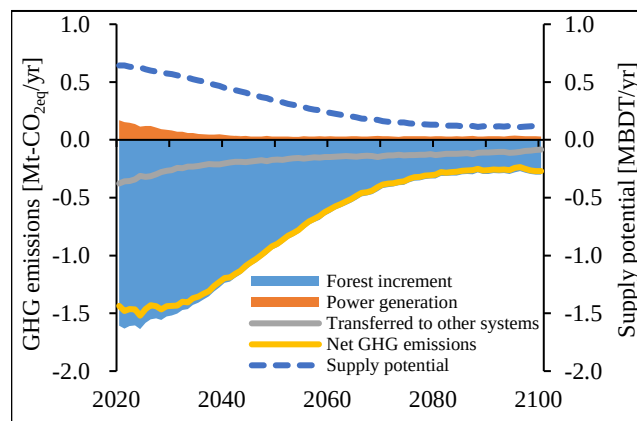


図 1 供給ポテンシャルと GHG 排出量の推移

主伐規模は兵庫県の現状に最も近い、供給ポテンシャルは 2020 年の約 64 万絶対トン(BDT)/yr から 2050 年に約 33 万 BDT/yr, 2100 年に約 11 万 BDT/yr へと継続的に減少すると推計された。この場合、2100 年までに森林システムによって約 4,645.2 万 $\text{t-CO}_{2\text{eq}}$ の GHG 削減効果もたらされると推計された。一方、500ha/yr は正味の GHG 排出を生み出さない最大の主伐規模である。この場合、木質バイオマスの供給ポテンシャルはやや増加するものの、2100 年までの GHG 削減効果は 636.8 万 $\text{t-CO}_{2\text{eq}}$ に低下することが示された。

4. おわりに

木質バイオマスのエネルギー利用による正味の GHG 排出量は、伐採方法と森林の成長ポテンシャルに大きく依存することが示された。適度な間伐回数の増加は、森林成長を促進するとともに、枯死木の発生を抑えることができ、供給ポテンシャルの向上及び GHG 排出量の削減が期待される。また、森林の林齢構成に応じて森林管理および伐採方法を適切に調整することは、木質バイオマスの供給ポテンシャルを増加させると同時に、森林の炭素隔離の向上にも寄与すると考えられる。

参考文献

- 1) 森林総合研究所, 収穫表作成システム LYCS

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, カーボンニュートラル

Production of Eco-feed for Poultry Using Solid Food Waste via Unsterile *Aurantiochytrium* sp. L3W Cultivation

広島大学 ○Brilian PAMUNGKAS, 佐々木元、中井智司、末永俊和、後藤健彦、西嶋渉

1. Introduction

Fish oil is commonly used in poultry diets to enhance product quality, but it raises sustainability concerns. *Aurantiochytrium* sp. L3W is a promising omega-3 producer; however, sterile cultivation with artificial media is costly. Using food waste and wastewater as substrates offers a low-cost, eco-friendly alternative. A previous study demonstrated that the strain L3W grew on the unsterile food waste at 25°C (Suenaga et al., 2023); however, for realization durability of unsterile cultivation scenario using food waste need to be examined. This study investigates the effects of pH and temperature on unsterile L3W cultivation using tomato, yellow carrot, and lemon pomace known to enhance egg carotenoid levels (Miao et al., 2024) to produce biomass mixtures containing omega-3 for poultry eco-feed, while analyzing microbial community dynamics.

2. Materials and methods

Aurantiochytrium sp. strain L3W was cultivated for 96 hours in unsterile seawater-based media containing 5 g/L of solid food wastes at pH 4 or 7, and incubated at 25, 30, or 35 °C. Harvested cells were washed and lyophilized. Fatty acid profiles and bacterial load were analyzed by GC-FID and qPCR. Microbial communities were identified via 16S rRNA sequencing (Illumina iSeq) and processed using QIIME2.

3. Results and discussion

Figure 1 shows the growth and DHA production on the unsterile food waste under unsterile conditions. Temperature was observed to affect L3W cell growth and DHA production, with 25 °C being optimal for tomato and lemon pomace. The highest DHA yields were recorded at pH 4: tomato (8.20 mg/g at 25 °C), carrot (8.13 mg/g at 35 °C), and HOP-RVR (16.43 mg/g at 25 °C). These results may be attributed to a pH shock (near-neutral to acidic), which suppressed competing microbes and favored L3W (Suenaga et al., 2023). Lemon pomace showed a peak DHA yield of 8.89 mg/g at pH 7 and 25 °C, likely due to the opposite pH shift (acidic to neutral). Overall, pH 4 consistently supported DHA yields above

5.13 mg/g, indicating L3W's advantage under acidic conditions with limited bacterial competition. Incorporating 10% of this biomass into poultry feed provides >0.38 mg/g DHA, a level previously shown to increase yolk DHA within 7 days (Moran et al., 2019).

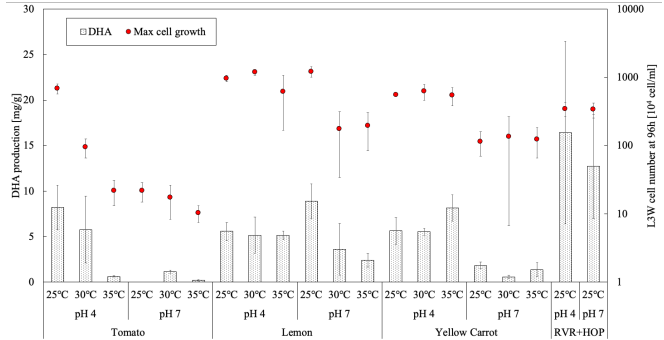


Figure 1. DHA production and L3W maximum cell growth.

qPCR analysis confirmed reduced 16S rRNA gene copy numbers at pH 4, indicating suppressed bacterial abundance. Amplicon sequencing revealed that algicidal *Vibrio* and *Pseudomonas* were present at pH 7 but absent at pH 4 on pomace biomass mixture samples. Since some *Vibrio* species are known poultry pathogens, this supports the microbiological safety of the biomass mixtures.

4. Conclusions

Aurantiochytrium sp. L3W can be cultivated under unsterile conditions to produce DHA-containing biomass mixtures. Temperature affects DHA production, with 25 °C being optimal for tomato and lemon pomace and 35 °C for yellow carrot pomace. Maintaining pH at 4 not only sustains DHA yields but also suppresses competing bacteria, including algicidal and pathogenic strains, supporting the potential of this biomass as a functional eco-feed for poultry.

5. References

Miao Q. et al (2024) Food Chemistry: X, 21, 101245
Moran, C.A. et al. (2019) J. Appl. Poult. Res., 28, 329–338.
Suenaga T., et al (2023) Waste Biomass Valor., 14, 2945-2956

Keywords: *Aurantiochytrium* sp. L3W, Eco-feed, Food Waste

モンゴル国ゴビ地域の牧民による灌木"ザグ"の再生行動に関する分析 Analysis of the Regeneration of Shrub "Zag" by Herders in the Gobi region, Mongolia

山口東京理科大学 ○中村洋, 早稲田大学大学院 Narantuya Batsukh, Vetemnet LCC Sodnomdarjaa Delgerjargal

1. はじめに

ザグ (Saxaul, *Haloxylon ammodendron*) はモンゴル国南部ゴビ地域の約 200 万 ha に広がる灌木である。石の多い砂漠, 季節河川の河床などに生え, 家畜の嗜好性も栄養価も高い。ザグ林には一年草も生長しやすく, 防風効果も有し, 干ばつの影響を受けにくいいため, ゴビ地域の遊牧に不可欠な資源である (Khaulenk et al., 2018)。

モンゴルの砂漠化対処や植林に関する計画では, ゴビ地域においてザグ林を再生すること, それを牧民の参加を得て行うこととなっている。しかし牧民の認識が十分に高まっておらず, 参加は十分に進んでいない (地球・人間環境フォーラム, 2025)。本研究では牧民の再生活動につながるパスを明らかにし, 政策的示唆を得る。

2. 方法

モンゴル国のゴビ地域に属し, 11,957ha のザグ林のあるバヤンホンゴル県ボグド郡で 2024 年 9 月に筆者らが郡の協力を得て調査を行い, 321 人の牧民から回答を得た (郡の牧民 1,115 人の 28.8%)。調査項目はザグの再生に関する行動, 行動意図, 態度などで, 5 件法で回答を得た。質問項目は広瀬 (1995) 等を参考にした。ザグの再生に関する行動については調査票中で, 「ザグは増えており, 分布も拡大しているが, ザグの密度は増えず疎林が増加するといった質の低下を改善する活動」であることを調査対象者に説明した。得られたデータを用いて, IBM SPSS AMOS version 26.0 によりパス解析を行った。

3. 結果と考察

当初に想定したパス図を相関分析やパス解析の結果から修正し, 下図のようなパス図を得た。p=0.152, GFI=0.994, AGFI=0.958, NFI=0.995, CFI=0.998, RMSEA=0.46 であり, 十分な適合度を有していた。

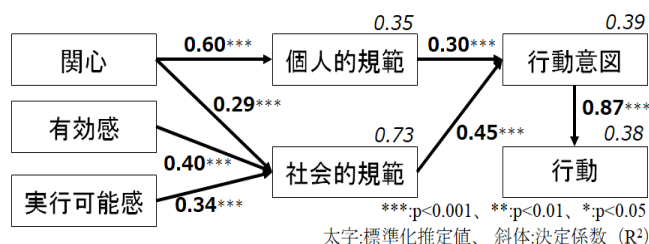


図 牧民のザグの再生行動に至るパス

パス解析からザグ再生の行動意図に社会的・個人的規範が影響を及ぼし, 関心が個人的・社会的規範の双方を高め, 有効感と実行可能感が社会的規範を高めていた。

ボグド郡では郡議会がザグの伐採を禁止する決定を複数回行い, 郡内でバヤンホンゴル県が苗木を育苗・配布し, 牧民グループによるザグの植林が行われている。議会の複数回の決定が牧民に伝えられ, 苗木が入手可能で, 地域の牧民の取組を見ることができることから, 牧民の再生活動への関心や有効感, 実行可能感が高まり, それが活動をしないと後ろめたいという個人的規範やまわりの人たちが活動することを望んでいるという社会的規範を高め, 行動意図を高めたものと考えられる。

4. まとめ

本研究では, ザグの再生活動への牧民の参加を促すために関心, 有効感, 実行可能感を高めることが有効であることが示唆された。有効感や実行可能感をさらに高めるためには植林の時期や場所などの技術的情報提供が有効と考えられる。ただし, 再生活動をどこでどのように行うかを地域で決めるためには, 技術だけではなく, 社会や経済なども踏まえた総合的な知識基盤が必要となる。今後は多様な地域の関係者と専門家・科学者が, そのような知識基盤の創造を協働で行うトランスディシプリナリーな取組が必要と考えられる。

謝辞

調査にご協力頂いたボグド郡の皆様に感謝申し上げます。本研究は JSPS 科研費 24992383 の助成を受けた。

参考文献

- 地球・人間環境フォーラム (2025) 令和 6 年度 砂漠化対処条約関連事業等実施支援業務 報告書, 地球・人間環境フォーラム, 東京, 206pp.
- 広瀬 幸雄 (1995) 環境と消費の社会心理学, 名古屋大学出版会, 名古屋, 243pp.
- Khaulenk, A., Ihanbai, Kh. and Batkhue, N. (2018) Saxaul Forest in Mongolia, Ecosystem, resources, values, Division of Desertification Study, Institute of Geography and Geoecology, Ulaanbaatar, Mongolia, 36pp.

キーワード 遊牧, Saxaul, 砂漠化対処, 環境配慮行動

Assessment and mitigation of environmental impacts in pig husbandry by maximized waste recycling

産業技術総合研究所 ○李 友仁, 林 彬勒, 一杉 佑貴, 井上 和也 東京農工大学 利谷 翔平, 寺田 昭彦

1. Introduction

Pig husbandry requires a high level of resource input and poses significant environmental impacts. To reduce the environmental impacts brought about by pig husbandry, this study proposed a novel tripartite pig husbandry system with maximized waste recycling technologies, including high-yielding rice (HYR), dry anaerobic digestion (dry AD) and microbial protein (MP) production using biogas and digestate from dry AD. The system's environmental impacts, categorized into climate change, acidification, eutrophication, and biological toxicity, were assessed using life cycle assessment (LCA). The tripartite pig husbandry system could lessen the burdens associated with conventional pig husbandry by maximizing waste recycling and closing the loops as a circular bioeconomy model, presenting a promising configuration for next-generation pig husbandry.

2. Methodologies

The system boundary of this study is shown in Figure 1, with conventional pig husbandry serving as the base scenario and green arrows indicating the novel technologies. The functional unit was set to be 1 kg protein, with protein content being 18.8 wt% of pig and MP being 62.83 wt% of dry microbe ¹⁾. Mass flow inside the system was cited from Riya et al. ²⁾, and environmental impact assessment via LCA was carried out using the Inventory Database for Environmental Analysis (AIST-IDEA) version 3.5 ³⁾, integrating with the lifecycle impact assessment method based on LIME2 model ⁴⁾. Scenarios evaluated with novel technologies included are listed in Table 1.

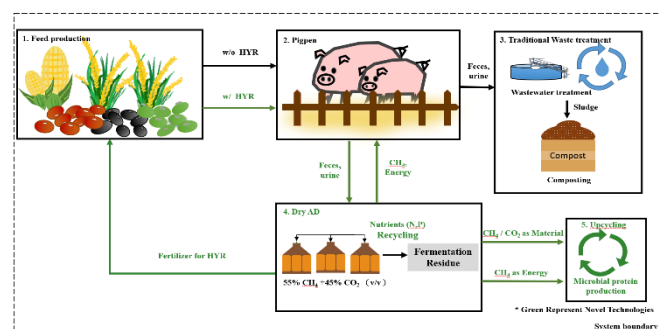


Figure 1. System boundary of this study.

Table 1. Novel technologies included in studied scenarios.

	a (base)	b	c	d	e
HYR	-	O	-	-	O
Dry AD	-	-	O	O	O
MP	-	-	-	O	O

3. Results and Discussion

As listed in Table 2, if using HYR as pig feed, climate change, acidification potential, eutrophication potential, and biological toxicity could be reduced by 29.1%, 56.4%, 40.3%, and 63.9%, respectively. MP production using biogas and digestate from dry AD acts as a significant carbon and nitrogen sink, which can drastically reduce the assessed environmental impacts by up to 87%. The key to reaching “greener” pig husbandry via biogas valorization is to produce high-value products with extensive carbon and nitrogen content to reduce the pollutant released to the environment, indirectly reducing the environmental impacts, and MP serves as an example.

Table 2. Environmental impact variation by technologies.

	Climate change	Acidification	Eutrophication	Biological toxicity
HYR	-29.1%	-56.4%	-40.3%	-63.9%
Dry AD	+24.5%	-3.9%	-0.2%	0.0%
MP	-87.0%	-87.1%	-87.1%	-87.1%

4. Conclusion

The tripartite pig husbandry system facilitates complete resource recycling and offers environmental advantages. HYR can serve as pig feed; dry AD provides fertilizer for HYR cultivation and biogas; and MP from biogas is the major carbon and nitrogen sink. The present tripartite system could be a sustainable agricultural model, provided all processes are well-managed and emissions of major pollutants are effectively controlled. Additionally, producing valuable chemicals other than MP using biogas and digestate as reactants is a worthwhile area for further study.

Acknowledgment

JST Grant Number JPMJPF2104 supported this work. We appreciate the valuable discussion by Dr. Mianqiang Xue regarding IDEA database and LCA result verification.

References

- 1) Li, R., Jiang, Y.F., et al. (2024) Simultaneous biogas upgrading and single cell protein production using hydrogen oxidizing bacteria, Chem. Eng. J., Vol. 490, 151576.
- 2) 利谷 翔平・周 勝・細見 正明 (2021) 乾式メタン発酵および多収米栽培を導入した養豚における環境負荷の評価, 環境科学会誌, 34 (1), 頁 27–頁 39
- 3) AIST-IDEA database v.3.5. <https://riss.aist.go.jp/en-idealab/>
- 4) Xue, M., Lin, B.-L. et al. (2021) Life cycle assessment of nitrogen circular economy-based NO_x treatment technology, Sustainability, Vol. 13, 7826.

Keywords Dry Anaerobic Digestion, Environmental Impact, High-yielding Rice, Life Cycle Assessment, Microbial Protein

熊本県球磨川流域における木質バイオマス資源量とエネルギー利用可能性調査

Study on the resource amount and energy utilization potential of woody biomass in the Kuma River basin, Kumamoto Prefecture

熊本県大学院 ○柴田葵, 諸熊恵美, 石橋康弘
長崎総合科学大学 中道隆広

1. はじめに

熊本県南部の人吉市や球磨郡などを含む球磨川流域は森林資源が豊富な地域²⁾である。しかし、令和2年度7月に発生した豪雨で大きな被害を受けており、復興に向けた取り組みが進められている。本研究では、地域における木質バイオマス資源量の調査結果をもとに、エネルギー利用可能なバイオマスの賦存量を明らかにし、その賦存量からそのエネルギー利用可能量を明らかにすることで、地域における木質バイオマス利用を活性化させ、地域の復興等に寄与することを目的とした。

2. 材料と方法

本研究では、熊本県民有林資源調査書のデータを用いて、森林計画区の中の「球磨川森林計画区」における各樹種の齢級別の賦存量を集計した。集計データをベースに近隣の事業者などからヒヤリングした材木利用以外の部分をエネルギー利用可能割合とし、球磨川森林計画区内でどの程度のエネルギー利用可能量があるかを試算した。今回は熊本県民有林資源調査書から球磨川森林計画区のデータのみを抜き出し、スギ及びヒノキの各齢級における面積(ha)及び蓄積(m³)の数値を抜き出し、倒木に適していると考えられる7齢級(35年)及び8齢級(40年)のものについて集計した。集計した結果から、長崎総合科学大学の基礎調査¹⁾に示されている以下の式で年間利用可能量を計算した。なお、以下の式の間伐率は同調査研究より25%を引用し採用している。また、各齢級の搬出率については、80%, 25%を採用した。これは人吉球磨地域の森林事業者の情報に基づいて決定した。

¹⁾利用可能量(m³/ha) =

材積(m³/ha) × 間伐率(%) × 各齢級の搬出率(%) × 利用する端材率(%)

¹⁾年間利用可能量(t)=利用可能量(m³) × 比重(0.8) ÷ 5

3. 結果と考察

3.1. 年間利用可能量

7齢級及び8齢級のスギとヒノキの年間利用可能量は表1及び表2の通りとなった。

ヒノキはスギと比較しても年間利用可能量が7齢級・8齢級ともに多かった。特に、8齢級については年間の利用可能量が5,000tを超えており、非常に多くの資源をバイオマス資源として利用できることが分かった。また、スギ及びヒノキの7齢級・8齢級の年間利用可能量を合計すると14,805tとなった。これら結果より、人吉球磨地域においては、未利用の木質バイオマスの資源量は豊富であり、これらの木質資源を熱源や電力源とすることにより、分散型エネルギーとして熊川流域で乗りようが期待でき、材木利用以外の端材等が価値あるものとして認識され、地域経済の活性化等にもつなげられると示唆された。

表1 スギの年間利用可能量

齢級	面積	蓄積	年間利用可能量(t)
7	580.23	169,137	1,624
8	882.11	323,178	3,103

表2 ヒノキの年間利用可能量

齢級	面積	蓄積	年間利用可能量(t)
7	1,663.41	443,286	4,256
8	1,915.55	606,450	5,822

4. まとめ

本研究では、熊本県南部の人吉球磨地域における木質バイオマスの資源量を調査した。データよりスギ及びヒノキの年間利用可能量を示し、材木にはならない部分について利活用を進めることで、今後の地域経済の活性化等につながる可能性が示唆された。

5. 参考文献

- 1)島原半島内で新規バイオマス燃料の生産体制事業に必要な基礎調査研究, 2025年2月, 長崎総合科学大学
- 2)熊本県民有林資源調査書, 2025年4月, 熊本県農林水産部森林局森林整備課

キーワード 木質バイオマス・森林・河川流域

ポスター発表

(優秀発表賞応募発表も含む)

ポスター会場：叡啓大学 4階 401・402

発表・討論時間：9月4日（木）12：00～14：00

発表コアタイム：9月4日（木）12：45～13：45

中国における 2060 年エネルギー消費量の予測モデル— 四大地域の視点からの分析 —

Forecasting China's 2060 Energy Consumption from a Four-Region Perspective

千葉大学人文公共学府博士後期課程 ○劉 華偉

1. 研究背景研究背景

地域ごとの回帰結果を比較し、エネルギー消費に影響

IPCC は脱炭素化の必要性を示し、中国も排出削減とカーボンニュートラルを国家目標に掲げている。本研究は、地域別のエネルギー消費の特性を明らかにし、政策立案の基礎を提供することを目的とする。

する要因の違いを明らかにした。その結果に基づき、地域特性に応じた脱炭素政策の重要性を示した。地域別モデルは、より精度の高いエネルギー政策設計に寄与すると考えられる。

2. エネルギー消費および四大地域の現状

図 1 東北地域の分析結果（例）

中国のエネルギー消費の全体像を把握するとともに、東部・中部・西部・東北の四大地域における経済規模、産業構造、人口、エネルギー消費の特性を比較した。

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	51
Model	4490.52165	4	1122.63041	F(4, 47)	=	1573.54
Residual	33.5317954	47	.713442456	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.9926
				Adj R-squared	=	0.9920
Total	4524.05345	51	88.7069304	Root MSE	=	.84466

log_e	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
log_pg2	.4906158	.1548228	3.17	0.003	.1791525 .802079
log_c2	10.58791	.9832791	10.77	0.000	8.609803 12.56601
log_s2	1.526921	.2527827	6.04	0.000	1.018387 2.035454
log_a2	1.185309	.1160267	10.22	0.000	.9518935 1.418725

3. 変数とモデル設定

予測モデルにおいては、人均 GDP、第二産業比率、都市化率、平均気温を主要説明変数として用い、すべてを対数変換後に処理。非線形性を考慮して平方項を導入し、IQR 法で異常値を除外。Stata による定数項なしの回帰分析を実行し、VIF (uncentered) による多重共線性の検証や、予測値・残差の評価も併せて行った。

参考文献

- 耿潔・路世昌 (2014) 「多変量回帰分析に基づく中国のエネルギー消費量予測研究」『資源開発と市場』30(11) : 1317-1319.
- Zhang, C. & Mauleón, I. (2022). Assessing the Energy Efficiency Gains and Savings in China's 2060 Carbon-Neutral Plan. *Energies*, 16(6863), 2-16

4. 分析結果と考察

キーワード：エネルギー消費、地域、回帰分析、中国

社会関係資本による気候変動緩和行動の促進可能性：私的・公共領域に着目して

The role of social capital in climate change mitigation behaviors across private and public spheres

筑波大学 ○糸井風音，甲斐田直子

1. はじめに

社会関係資本は、個人間及び社会的ネットワークとそれらによって生じる互酬性と信頼性を指し、社会の効率性と結束力を高める¹⁾。欧州では脱炭素政策の支持や促進の要因であること²⁾、日本では環境配慮行動を促進することがわかっている³⁾。一方で、日本における気候変動への意識や行動への影響は明らかではない。

2. 本研究の目的および方法

本研究は、日本における社会関係資本と気候変動緩和行動の関係性を検証するため、日本国内成人男女1200名を対象としたオンライン質問紙調査を実施した。気候変動緩和行動として省エネなど個人・家庭における「私的領域の行動」と、政策への働きかけをねらった「公共領域の行動」の頻度を尋ねた。Value-Belief-Norm理論⁴⁾と社会関係資本に関する先行研究⁵⁾にもとづいて説明変数項目を選定し、各領域の行動に対する関係性について重回帰分析により検証した。

3. 結果

私的領域・公共領域の行動に関する結果を表1に示す。私的領域の行動（省エネ、持続可能な商品選択、対話・学習）において社会関係資本の「参加」要素が正の予測因子であることが認められた。また、「ネットワーク」と「信頼」がそれぞれ、商品選択と対話・学習、商品選択と正の関係性にあった。公共領域の行動では、「信頼」と「ネットワーク」がすべての行動と正に関連した。一方で、「規範」はイベント参加と政治行動の負の予測因子で

あった。

4. 考察

社会関係資本のうち、「信頼」「ネットワーク」「参加」の要素は、私的・公共領域を問わず、日本における気候変動緩和行動を促進するといえる。社会関係資本は、特定の地域やネットワーク内にかかる環境問題だけでなく、地球規模課題に対応する行動にも寄与することが示された。一方で、「規範」は公共領域の行動を阻害する傾向であった。このことから、既存の社会的ネットワークにおける互酬性が、少なくとも現在の日本における気候変動に対する政策への働きかけや政治行動に対しては機能しないことが示唆された。

参考文献

- 1) Putnam, R. D. (2001). *Bowling alone: The collapse and revival of American community*. Touchstone.
- 2) Hao, F., et al. (2020). Social capital, carbon dependency, and public response to climate change in 22 European countries. *Environ Sci Pol*, 114, 64–72.
- 3) 白井信雄ら(2011). 飯田市民の環境配慮意識・行動の形成要因～環境施策等と社会関係資本に注目して 土木学会論文集 G(環境), 67(6), II_19-II_28.
- 4) Stern, P. C., et al. (1999). A value-belief-norm theory of support for social movements: The case of environmental concern. *Hum Ecol Rev*, 6, 81–97.
- 5) Wan, Q., & Du, W. (2022). Social capital, environmental knowledge, and pro-environmental behavior. *International J Environ Res Pub Health*, 19(3), 1443.

キーワード 気候変動・社会関係資本・環境配慮行動・VBN理論・投票

表 1. 重回帰分析結果

説明変数	私的領域の行動			公共領域の行動		
	省エネ	商品選択	対話・学習	イベント参加	投票	政治行動
社会関係資本						
信頼	0.003	0.09***	0.001	0.07**	0.05†	0.06*
規範	0.001	0.01	0.005	-0.05*	-0.03	-0.10***
ネットワーク	0.01	0.10***	0.22***	0.31***	0.19***	0.19***
参加	0.09**	0.13***	0.06*	0.04	0.18***	0.05†
価値観						
親生物的価値観	0.14***	0.26***	0.23***	0.14***	0.27***	0.16***
利他的価値観	0.06	-0.05	-0.06	-0.08*	-0.08*	-0.18***
利己的価値観	-0.09**	-0.08**	0.03	0.07*	-0.03	0.12***
信念	0.06	-0.11**	-0.06†	-0.21***	-0.11**	-0.29***
結果性の認識	-0.02	-0.02	-0.01	-0.04	-0.09**	-0.02
責任帰属認知	0.03	0.06†	0.02	-0.08*	-0.007	-0.04
個人的規範	0.16***	0.24***	0.26***	0.20***	0.24***	0.21***
年齢	0.07*	-0.01	0.04	-0.04	-0.01	-0.16***
性別 (男性=1)	-0.07**	-0.09***	-0.02	0.08**	0.10***	0.11***
収入	-0.04	0.01	0.05†	-0.05†	-0.019	-0.01
結婚	-0.01	0.02	0.01	0.02	0.003	0.02
子どもの有無	0.01	0.04	-0.01	0.15	0.08*	0.08*
教育	0.05	0.01	0.03	0.02	0.02*	0.04
F値	15.7	26.1	24.7	23.38	23.06	24.72
調整済み決定係数	0.17	0.26	0.25	0.24	0.24	0.25

注) N=1200. *** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$, † $p < .10$. 自由度はすべて(17, 1182). VIF値 < 4.00

シリコーンパッシブ法における評価可能物質の推定とリスクアセスメントへの適用

Estimation of Evaluable Compounds by Silicone Passive Sampling Method and Their Application to Risk Assessment

横浜国大 ○田川瑛梨, 宮本睦子, 労働安全衛生総合研究所 王齊, 静岡県大 雨谷敬史, 横浜国大 三宅祐一

1. はじめに

労働安全衛生法でリスクアセスメントが義務化されたことを受け、多様な化学物質に対応可能な個人曝露測定手法が求められている。シリコーンパッシブ法は電源を必要としない安価な手法であり、広範な物性を有する準揮発性有機化合物 (SVOCs) が評価可能である¹⁾ことから、リスクアセスメントへの応用が期待される。そこで、シリコーンパッシブ法で評価可能な SVOCs の物性を推定し、リスクアセスメントへの適用事例を提案した。

2. 方法

前洗浄したシリコーンシート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。評価可能な物性を推定するため、多環芳香族炭化水素類 (PAHs) 27 種、ハロゲン化 PAHs 46 種、中性 PFAS 39 種、イオン性 PFAS 67 種と幅広い物性を持つ物質について添加回収試験を実施した。また、労働安全衛生法でリスクアセスメントが義務付けられている SVOCs について、EPI Suite を用いて物性値を推算した。

3. 結果と考察

3.1. 評価可能物質の推定

疎水性の物質を収着しやすい²⁾シリコーンパッシブサンプラーと大気との物質移動を説明する物性値として、オクタノール/空気分配係数 (K_{OA}) を選定した。 $\log K_{OA}$ と各 SVOCs の回収率の関係は、シグモイド関数を用いた非線形回帰分析を実施したところ、決定係数 r^2 が 0.785 と、精度良く回帰できた。また、推定された回帰曲線から、 $\log K_{OA} > 2.7$ であればシリコーンパッシブ法におけ

る回収率が 60%以上となることが示された。この基準を今回の実測データに適用したところ、96%の物質について正確な判定ができた。また、労働安全衛生法でリスクアセスメントが義務付けられている SVOCs のうち、基準を満たす物質は約 9 割を占めており、これらは本手法により評価可能であると推定された。

3.2. リスクアセスメントへの適用

シリコーンパッシブ法の利用によりリスクアセスメントの精緻化が可能だと想定される事例を図 1 に示す。リスクアセスメントのための簡易評価ツールである CREATE-SIMPLE は大まかな曝露濃度範囲の推定が可能であり、本手法による実測を効果的に併用することで、より実状に即した精緻な評価が可能となる。また本手法は、被験者への負担の少なさ、サンプラーの入手しやすいなどの利点を有することから、ポンプを用いるアクティブ法の適用が難しい子供や作業者などに対する個人曝露評価、非定常時を含む多地点の大気中濃度同時測定が可能であり、作業環境に限らず多様な場面でリスクアセスメントの実施が可能だと考えられる。今後、定量的リスク評価のために、シリコーンパッシブサンプラーへの各物質の捕集速度の推算手法を検討する予定である。

謝辞 本研究は環境研究総合推進費 (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) M. T. O. Jonker et al. (2015) Environ. Sci. Technol., 49, 6791-6799

キーワード 準揮発性有機化合物、シリコーンパッシブ法、個人曝露測定、リスクアセスメント

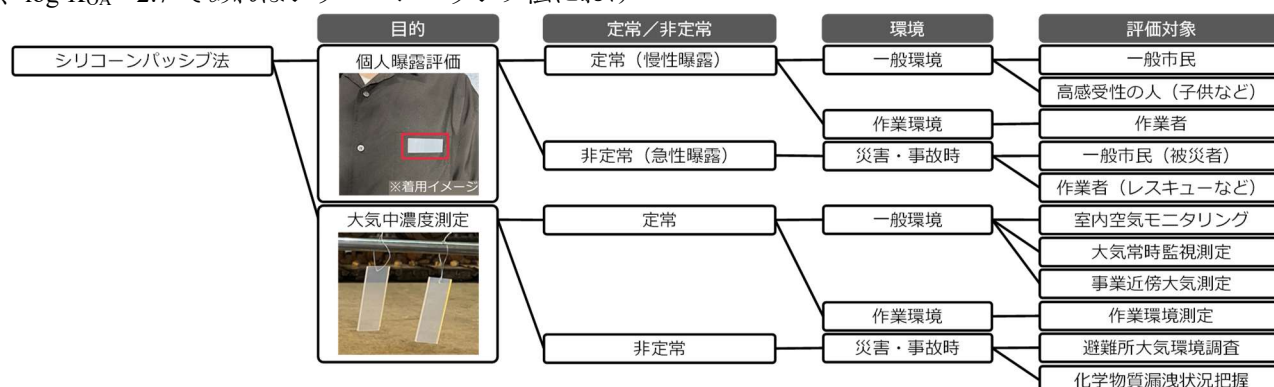


図1 シリコーンパッシブ法の利用によりリスクアセスメントの精緻化が可能だと想定される事例

熱中症リスクに対する暑熱対策ツールの利用実態とその影響因子

Actual usage of heat mitigation tools in response to heat stroke risk and its influencing factors

東京大学 ○絹川グリボスタン, 栗栖聖

1. はじめに

近年、気候変動に伴う気温の上昇により、熱中症のリスクが高まることが懸念されている。このような影響に対応するためには、予測される健康被害を軽減する適応策の整備と普及が不可欠であり、これに関する多様な研究が国内外で進められている。日本においては、熱中症警戒アラートの発信や情報提供ウェブサイトの運用など行政主導の施策が講じられていることに加え、個人が利用可能な暑熱対策商品も市場に多く出回っている。しかし、これらの情報・商品が実際にどの程度活用されているのか、またそれらを利用する人々の属性や傾向については、十分な実証的検討がなされていない。本研究では、全国の市民に対してアンケート調査を行い、暑熱軽減商品および情報入手手段の利用状況を明らかにするとともに、それらの使用頻度への影響要因を検討した。

2. 調査および分析手法

2025年3月14日から21日にかけて、日本全国の10代から80代の男女を対象に、インターネットによるアンケート調査を実施した。調査の結果、有効回答数は41,360件であった。なお、性別および居住都道府県が均等となるよう、調査対象者の構成を調整している。

調査項目は、暑熱軽減商品や情報発信ツールの使用頻度のほか、回答者の個人属性、日常的屋外活動の頻度、心理的傾向、暑さに対する不安感、ならびに2024年に暑さが原因で起こった出来事等に関する独自項目から構成した。対象とした暑熱軽減商品は全33品目であり、合わせて14種類の暑熱関連情報を提供するアプリケーションの使用についても調査を行った。

得られたデータについては、基礎集計を行った上で、因子分析およびクラスター分析を行い、使用頻度へ影響を与える要素について検討した。

3. 結果

3.1 暑熱軽減商品の使用頻度

33商品のうち、使用頻度がもっとも高かったのはエアコンや扇風機、スポーツドリンク、ハンディファンなどであった。一方、ヘッドクールや冷却ベストの使用頻度は低かった。暑熱関連情報を提供しているツールに関しては、68%が「いずれも使用していない」と回答してお

り、最も使用されているツールであっても、全体の16.3%にとどまった。また、2024年の夏に屋外での活動時間の減少とエアコン使用の増加を感じた回答者が多いことが示された。

3.3 クラスター分析

クラスター分析は、自分または家族における使用頻度と、こどもへの使用状況のそれぞれについて階層的手法を用いて実施した。その結果、回答者は6つのクラスターに分類された。なかでも利用が活発な層では、日常的に屋外や高温な屋内での活動に従事する頻度が高いことや暑さに対する不安感が強い傾向が認められた。また、小学生の子供が多い世帯ではこどもへの商品の使用頻度が高い傾向がみられた。さらに、高齢者や女性のほうが暑さに対して不安が強いが、屋外活動の時間が長いことがより使用頻度に影響することも示唆された。

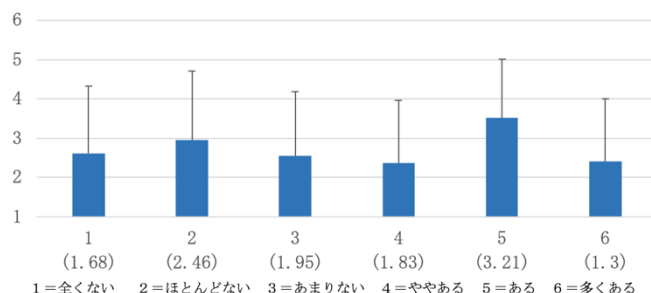


図1 職種によって屋外作業・外回りなどの屋外活動がどれ程あるか (平均値 (N=24898))
注) 括弧内の数値はクラスターごとの暑熱回避商品使用頻度の平均値 (1=持っていない~5=よく使った)

4. まとめ

本研究では、暑熱対策商品の使用状況を明らかにするとともに、使用頻度には特に屋外での活動時間や暑さに対する不安感などが影響することが示された。これらの結果は、今後実効性のある熱中症対策を立案する際のエビデンスとして活用できる。

謝辞

本研究は独立行政法人環境再生保全機構の環境研究総合推進費 (S-18-4(1), JPMEERF20S11815, S-24-4(1), JPMEERF25S12441) の支援を受けて行われた。

キーワード 熱中症対策, 暑熱適応行動, 気候変動

モノリス型固相抽出遠心カラムを用いた PFAS の迅速前処理法の検討

Development of a Rapid Pretreatment Method for PFAS Using a Monolithic Solid-Phase Extraction Centrifugal Column.

熊県大大学院 ○諸熊 恵美, Ahmed Elwalced,
Nguyen Thi Quynh, 小林 淳, 石橋 康弘

1. はじめに

ペルフルオロアルキルおよびポリフルオロアルキル酸類 (PFAS) は、耐熱性・撥水性・撥油性に優れ、消火剤や防水繊維、包装材など幅広く利用されてきた¹⁾。しかし、極めて分解されにくく環境中に長期間残留することから、残留性有機汚染物質 (POPs) に指定され、国際的に使用が規制されている。現在は短鎖 PFAS や HFPO-DA (GenX) などの代替物質が使用されているが、その毒性や環境中での挙動に関する情報は不十分であり、包括的なモニタリングが求められている²⁾。PFAS 分析では、マトリックスの影響や短鎖 PFAS の保持の難しさが課題であり、前処理工程が精度に大きく影響する。そこで本研究では、LC-MS/MS による 30 種の PFAS の一斉分析法を構築し、MonoSpin® C18 および C18-AX などのモノリス型固相抽出遠心カラムを用いた迅速かつ高精度な前処理法の開発を目指した。

2. 材料と方法

対象物質

PFAS30PAR (Wellington Laboratories 社製) を使用し、11 種のパーフルオロカルボン酸類 (PFCAs)、7 種のパーフルオロスルホン酸類 (PFSA)、および代替 PFAS を含む計 30 種類の PFAS を対象とした。分析用溶媒にはメタノール (wako)、1 mol/L 酢酸アンモニウム、25%アンモニア水を用い、内部標準液には MPFAC-HIF-ES (Wellington 社製)、前処理には、MonoSpin® C18 および C18-AX (GL Sciences 製) を使用した。

MonoSpin®添加回収試験

C18 および C18-AX カラムを 0.1%アンモニア含メタノール、メタノール、超純水の順に通液し、各カラムをコンディショニングした (15,000 g、1 分)。10 ng に調整した超純水スパイク試料 (500 μ L) を添加し、同様に通液後、超純水で洗浄、遠心脱水 (15,000 g、5 分) した。溶出は、C18 ではメタノール、C18-AX では 0.1%アンモニア含メタノール (各 500 μ L) を用い、遠心 (15,000 g、2 分) で回収した溶出液を LC-MS/MS (Thermo Fisher Scientific 社製) で分析した。

3. 結果と考察

MonoSpin® C18 および C18-AX の比較

C18 では PFCAs の C9~C10 で 80 %以上の高い回収率が得られたが、C4~C6 の短鎖 PFAS では保持が不十分で、回収率は 0~50 %と低かった。PFSA については C5~C9 で比較的良好な回収率を示した。一方、C18-AX では全体的に回収率が 51~111 %と高く、PFCAs では C18 よりも優れた回収性能を示した。特に短鎖 PFCAs ではアニオン交換機能が有効に働いたと考えられる。一方、PFSA の C4~C6 では回収率が 30~50 %と低下する傾向が見られた。これらの結果から、短鎖 PFAS の分析にはアニオン交換機能を併せ持つ C18-AX の使用が有効であることが示唆された。

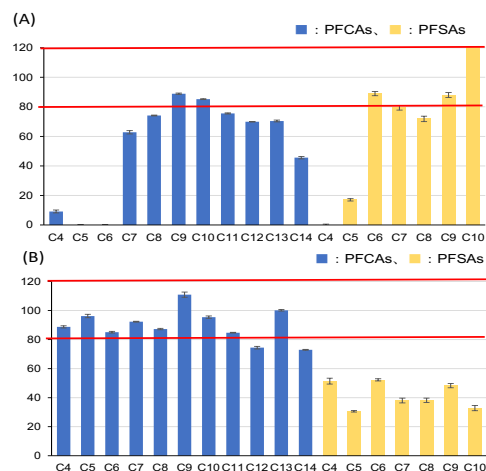


Fig.1 Comparison of PFAS Recovery Rates Using MonoSpin Columns (A) C18, (B) C18-AX

4. まとめ

MonoSpin®C18-AX では短鎖 PFCAs でも良好な回収率が得られ、PFAS の一斉分析には C18-AX の使用が有効と示唆された。今後はより安定した前処理法の確立には条件の最適化が必要である。

参考文献

- 1) Kannan et al., *Environ. Sci. Technol.*, 38(17), 4489–4495, 2004.
- 2) Gebbink et al., *Environ. Sci. Technol.*, 51(19), 11057–11065, 2017.

キーワード PFOA, PFOS, PFAS, MonoSpinC18, MonoSpinC18-AX

地域の観光における気候変動に対する脆弱性の評価 Assessment of Climate Change Vulnerability in Regional Tourism

○塩谷稀一郎, 栗栖聖, 福士謙介 (東京大学)

1. 背景・研究目的

国際観光の回復が進み、観光産業は成長軌道にある。その一方で観光業は、深刻化する気候変動などに対して脆弱であり、持続可能な成長には適応策の強化が不可欠である。既存の研究の多くは個別地域や観光地に焦点を当てた事例的分析にとどまり、地域間の比較可能性や政策的応用に乏しい。また、住民の認識といった定性的側面や地域特性は十分に反映されておらず、現場の実情に即した実効性のある適応策構築が必要となっている。

そこで本研究は、日本全国の市町村を対象とした観光に対する気候変動影響の包括的評価を通じて、地域特性に応じた脆弱性を明らかにし、今後の適応策立案のための基礎的知見を提供することを目的とする。

2. 分析手法

まず、観光資源の分布を把握するため、日本交通公社の観光資源台帳¹⁾などを用い、各市町村に所在する観光資源を整理した。観光資源は、山岳、海岸、歴史的建造物などの種別に分類し、それぞれの資源の名称および所在地をデータベース化した。あわせて、各資源の性質に応じて、気候変動による影響を受けるか否かの区分も行った。続いて、各市町村に対し、①観光依拠度（観光客数/人口）、②観光資源の多様性・密度、③気候変動影響値の3つの指標を算出した。①でその地域の観光の相対的な重要性を評価し、②で観光資源の偏りを把握した。③については、気温上昇、降雪量の減少、海面上昇などの気候リスクに着目し、AP-PLAT²⁾やDIASの予測データを用いて、現在値と将来予測値の変化率を市町村単位で推定した。

これらの指標を正規化したうえで統合し、各市町村の観光における気候変動脆弱性の総合スコアを算出した。さらに、観光資源の構成タイプに基づいてクラスター分析を実施し、各市町村をいくつかの類型に分類した。各クラスター内での総合スコアを比較し、同一観光形態の中で相対的に脆弱性の高い地域を抽出することで、観光の特徴を踏まえた適応策の優先地域の選定を行った。

3. 結果・今後の展望

観光資源の構成に着目して市町村を類型化したところ、「G1. 都市文化型」「G2. 混合自然型」「G3. 沿岸型」「G4. スキー観光依存型」の4つの類型に分類された。それぞれのクラスターの中で、総合スコアが高い地域を選定した。例えば、G3では、観光依拠度も気候変動影響も共に高い新潟県湯沢町が最も高いスコアとなった。今後、こうした地域を対象に自治体の観光関係者へのイ

ンタビュー調査等を実施し、心理的影響、適応行動の有無などの定性情報を収集すると共に、観光分野における適応策の策定マニュアルの開発および、地域特性に即した実践的な適応策の提案を行う。

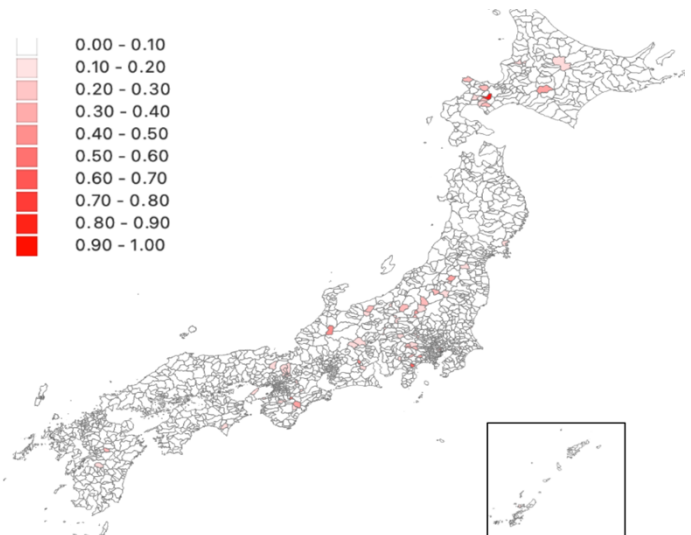


図1：各市町村の観光依拠度

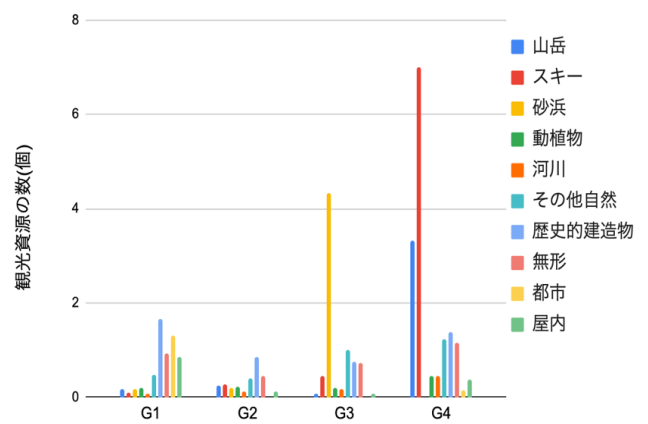


図2：各クラスターの観光資源構成

謝辞：本研究は、独立行政法人環境再生保全機構の環境研究総合推進費（S-24-4(1), JPMEERF25S12441）の支援を受けて行われた。

参考文献：

- 1) 日本交通公社 観光資源台帳
<https://tabi.jtb.or.jp/>
- 2) 環境省 気候変動適応情報プラットフォーム (APLAT)
<https://adaptation-platform.nies.go.jp/>

キーワード：気候変動, 観光, 持続可能性, 適応策

光化学オキシダント注意報レベル予測の機械学習における高濃度時データ収集範囲の検討

Examination of the data collection range for high concentration in machine learning for photochemical oxidant alert level prediction

横浜国立大学大学院・環境情報 ○坂東 瑠輝, 亀屋 隆志

1. はじめに

光化学オキシダント(Ox)は、0.12 ppm 超の状態が続く場合は注意報が発令され、住民への周知や工場・事業所への前駆体排出削減の協力要請が行われる。生成メカニズムが解明されていない Ox の濃度を正確に予測することは難しく、活動制限を伴う注意報発令において避けたい見逃しおよび誤報の発生が課題となっている。本研究では機械学習に着目し、学習に用いるデータの収集範囲を検討することで、注意報レベルの Ox 濃度における予測精度の向上を目指した。

2. 方法

2011～2022 年の登戸を例として気象・大気汚染データを測定局から入手した。既往研究¹⁾を参考に Deep Neural Network (DNN) を構築し、見逃し防止の検討では日最高 Ox 濃度が 0.12 ppm 超の日 (26 日)、誤報防止の検討では 0.12 ppm 未満の日 (84 日) の 10～24 時を予測対象日時とした。学習データには、予測対象日から遡って 1, 2, 3 年分のデータを使用した。さらに、2011～2021 年の 0.10 ppm 超のデータのみ使用する学習データと 0.10 ppm 超のみの学習データに予測対象日前日の 1～24 時と予測対象日の 1～9 時の直前 33 時間のデータを追加した場合も検討した。予測結果は、0.12 ppm 以上を陽性、未満を陰性として、陽性を正しく予測した真陽性と、陰性を正しく予測した真陰性の割合で評価した。なお、見逃しは偽陰性、誤報は偽陽性である。

3. 結果と考察

3.1 見逃し防止のための学習データ範囲の検討

2014～2021 年の日最高 Ox 濃度が 0.12 ppm 超の日に対する真陽性率を図 1 に示す。予測対象日から遡って 1 年分を学習データとした場合の真陽性率は 0.65、2 年では 0.77、3 年では 0.77 となった。また、2011～2021 年の 0.10 ppm 超のデータを含んだ場合に真陽性率が 1.00 となり、見逃しを完全に防ぐ結果となった。

3.2 誤報防止のための学習データ範囲の検討

3.1 で 0.10 ppm 超のデータのみを学習データに用い

た場合では、真陰性率が著しく低く、誤報を大量発生させる結果となった。その一方で、0.10 ppm 超のみの学習データに予測開始時刻直前データを加えた場合では、誤報の防止において大幅な改善が見られた。(図 2)。

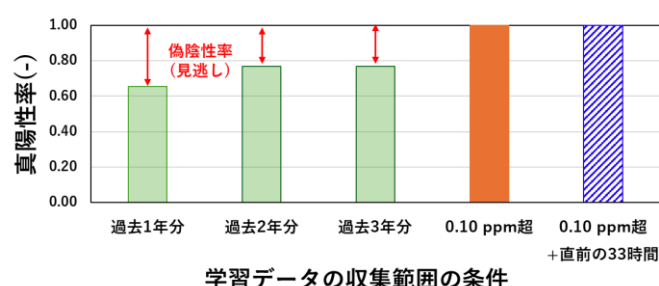


図 1 学習データ範囲による真陽性率の変化

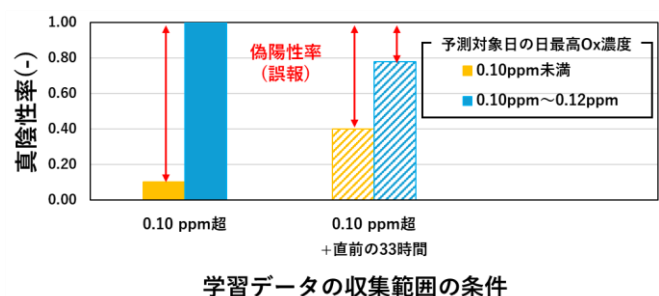


図 2 0.10 ppm 超のみの学習データに予測開始時刻直前データを加えた際の真陰性率の変化

4. 結論

Ox 濃度 0.10 ppm 超のデータに予測開始時刻から直前 33 時間分のデータを加えて学習すると、注意報レベルの Ox 濃度予測における真陽性率が 1.00 となり、見逃しを防ぐとともに誤報も大幅に抑制されることが示唆された。今後、誤報のさらなる低減を図るとともに他地点においても検証する必要がある。

参考文献

1) M. Ahmad et al. (2022), Journal of Cleaner Production, 379, 134638

キーワード 光化学オキシダント, 機械学習, 学習期間

気候変動による洪水リスク軽減のための居住誘導における 将来の土地利用および CO2 削減の評価

Evaluation of Residential Inducement Strategies for Flood Risk Mitigation Under Climate Change focusing on CO2 Reduction and Future Land Use

所属 ○堀岡 茜李, 栗栖 聖, 福士 謙介, 東京大学工学系研究科都市工学専攻

1. 背景

気候変動に関する政府間パネル (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) 第六次報告書¹⁾によると, 気候変動による洪水被害は 21 世紀後半にかけて大幅に増加すると予測されている。また, IPCC¹⁾によると, 適応策と緩和策を統合した対応が, 両者の相乗効果を活用し, トレードオフを軽減する可能性がある。

適応策は影響の深刻度に応じて「防御」「受容」「転換・再構築」の 3 レベルに分類されるが, 三村ら²⁾によると, 日本では現状, 防御と受容に偏っている。今後は転換・再構築 (土地利用の再編, 危険地域からの住み替え) の導入が重要になる。

2. 研究目的

本研究は, 気候変動による洪水リスクの増加に対応するため, 適応策として居住誘導に着目し, 浸水リスクの小さい地域への誘導における土地利用とその効果を検討評価した。定量評価項目として費用や CO2 排出・削減量を用い, 分散型都市とコンパクトシティのシナリオを比較した。また, 居住誘導で空いた土地, コンパクトシティで生まれたオープンスペースを太陽光発電や緑地として活用することで気候変動緩和と適応の相乗効果の実現を目指した。

3. 手法

3.1. 居住誘導

居住誘導の対象地域は, 将来の気候変動条件 (SSP5_8.5) 下での洪水深が 3m を超える地域である。移転先は洪水深が 0.5m 未満であることに加え, 立地適正化計画³⁾に基づき, 人口密度が 6,000 人/km²未満, また駅から 800m 以内の地域という条件で選定を行い, 千葉県佐倉市を対象エリアとした。

3.2. CO2 評価

居住誘導に伴う CO2 評価に関しては, 削減可能性量と排出量の比較を行った。削減可能性量としては, 太陽光発電による発電量によって代替される化石燃

料使用量と緑地による CO2 吸収量である。排出量は住宅でのエネルギー消費量, 住宅建築にかかる CO2 排出量, 太陽光パネル生産にかかる CO2 排出量である。

4. 結果

千葉県佐倉市を対象に居住誘導の人口予測を行ったところ, 2100 年までに浸水エリアから誘導後のエリアへと人が移動すると仮定した場合, 誘導後のエリアでは公共サービスを維持しやすい 6,000 人/km²の人口を保つことができることが明らかになった。

謝辞: 本研究は, 独立行政法人環境再生保全機構の環境研究総合推進費 (S-24-4(1), JPMEERF25S12441) の支援を受けて行われた。

参考文献

- 1) 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 [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp.4-5
- 2) 三村信夫監修 (2015) 『気候変動適応策のデザイン』、株式会社クロスマーケティング
- 3) 国土交通省 (2024) 「立地適正化計画の手引き」
https://www.mlit.go.jp/en/toshi/city_plan/content/001745585.pdf (2025 年 7 月 9 日閲覧)

キーワード 気候変動適応, 居住誘導, 洪水, 気候変動緩和, コンパクトシティ

熊本県球磨川流域における木質バイオマス資源量とエネルギー利用可能性調査

Study on the resource amount and energy utilization potential of woody biomass in the Kuma River basin, Kumamoto Prefecture

熊本県大学院 ○柴田葵, 諸熊恵美, 石橋康弘
長崎総合科学大学 中道隆広

1. はじめに

熊本県南部の人吉市や球磨郡などを含む球磨川流域は森林資源が豊富な地域²⁾である。しかし、令和2年度7月に発生した豪雨で大きな被害を受けており、復興に向けた取り組みが進められている。本研究では、地域における木質バイオマス資源量の調査結果をもとに、エネルギー利用可能なバイオマスの賦存量を明らかにし、その賦存量からそのエネルギー利用可能量を明らかにすることで、地域における木質バイオマス利用を活性化させ、地域の復興等に寄与することを目的とした。

2. 材料と方法

本研究では、熊本県民有林資源調査書のデータを用いて、森林計画区の中の「球磨川森林計画区」における各樹種の齢級別の賦存量を集計した。集計データをベースに近隣の事業者などからヒヤリングした材木利用以外の部分をエネルギー利用可能割合とし、球磨川森林計画区内でどの程度のエネルギー利用可能量があるかを試算した。今回は熊本県民有林資源調査書から球磨川森林計画区のデータのみを抜き出し、スギ及びヒノキの各齢級における面積(ha)及び蓄積(m³)の数値を抜き出し、倒木に適していると考えられる7齢級(35年)及び8齢級(40年)のものについて集計した。集計した結果から、長崎総合科学大学の基礎調査¹⁾に示されている以下の式で年間利用可能量を計算した。なお、以下の式の間伐率は同調査研究より25%を引用し採用している。また、各齢級の搬出率については、80%, 25%を採用した。これは人吉球磨地域の森林事業者の情報に基づいて決定した。

¹⁾利用可能量(m³/ha) =

材積(m³/ha) × 間伐率(%) × 各齢級の搬出率(%) × 利用する端材率(%)

¹⁾年間利用可能量(t)=利用可能量(m³) × 比重(0.8) ÷ 5

3. 結果と考察

3.1. 年間利用可能量

7齢級及び8齢級のスギとヒノキの年間利用可能量は表1及び表2の通りとなった。

ヒノキはスギと比較しても年間利用可能量が7齢級・8齢級ともに多かった。特に、8齢級については年間の利用可能量が5,000tを超えており、非常に多くの資源をバイオマス資源として利用できることが分かった。また、スギ及びヒノキの7齢級・8齢級の年間利用可能量を合計すると14,805tとなった。これら結果より、人吉球磨地域においては、未利用の木質バイオマスの資源量は豊富であり、これらの木質資源を熱源や電力源とすることにより、分散型エネルギーとして熊川流域で乗りようが期待でき、材木利用以外の端材等が価値あるものとして認識され、地域経済の活性化等にもつなげられると示唆された。

表1 スギの年間利用可能量

齢級	面積	蓄積	年間利用可能量(t)
7	580.23	169,137	1,624
8	882.11	323,178	3,103

表2 ヒノキの年間利用可能量

齢級	面積	蓄積	年間利用可能量(t)
7	1,663.41	443,286	4,256
8	1,915.55	606,450	5,822

4. まとめ

本研究では、熊本県南部の人吉球磨地域における木質バイオマスの資源量を調査した。データよりスギ及びヒノキの年間利用可能量を示し、材木にはならない部分について利活用を進めることで、今後の地域経済の活性化等につながる可能性が示唆された。

5. 参考文献

- 1)島原半島内で新規バイオマス燃料の生産体制事業に必要な基礎調査研究, 2025年2月, 長崎総合科学大学
- 2)熊本県民有林資源調査書, 2025年4月, 熊本県農林水産部森林局森林整備課

キーワード 木質バイオマス・森林・河川流域

資源回収ステーションを対象とした住民選好意識構造の比較分析 Comparative Analysis of Preference Structures of Residents for Resource Collection Stations

北九州市立大学 ○鎌田理玖, 藤山淳史, 松本 亨

1. はじめに

2022 年 4 月にプラスチック資源循環促進法が施行され、プラスチックの資源を促進させる取り組みが始まっている。本研究は、北九州市に設置された資源回収ステーション（MEGURU BOX）の利用者を中心にアンケート調査を実施し、選択型コンジョイント分析を用いてステーションの効用値を定量評価した。また、住民の参加を促す設計要素や地域特性に応じた資源回収ステーションのあり方を明らかにすることを目的とし、北九州市に加え、大刀洗町、神戸市を合わせた 3 拠点に対する住民の選好を比較・分析した。

2. 北九州市における調査

北九州市民を対象に、店頭（12 名）、LINE（58 名）、Web（504 名）という回答手段別に選好構造を比較した。店頭では、ステーション利用者にチラシを配布し Web から回答してもらった。LINE は、事前に登録したステーション利用希望者が対象で、LINE にてアンケートの Web サイトを周知した。Web とは、アンケート調査会社のモニター対象である。結果を図 1 に示す。「回収拠点に求める機能」において、「日用品」や「食料品」など、生活動線上にある機能に対する効用が高く、資源回収が日常の消費行動と結びつくことで、行動のハードルを下げる設計が有効であることがわかった。また、「ポイントの還元方法」において、LINE 回答者では「寄付」の効用が高く、LINE 公式アカウントに登録することで元々プロジェクトの認知がある住民においては、単なるポイント取得ではなく、社会貢献としての意味を行動に見出していることが推察された。次に、実際に資源を持参した住民を対象に、因子分析によりプロジェクト認知の有無による選好構造の違いを分析した結果を図 2 に示す。結果より、資源回収行動の背景には 4 つの因子が存在することが明らかとなった。また、t 検定およびコンジョイント分析の結果、プロジェクト認知あり群の方が内発的動機に基づく行動傾向が、認知なし群では実利などの外発的動機を重視する傾向が示唆された。

3. 3 拠点の比較

3 拠点すべてに共通して設定した設問である、「ポイントの還元方法」と「回収拠点に求める機能」に着目して相対的な効用の比較を行った。その結果、人口規模、住

民構成、生活スタイル等の地域特性に応じた柔軟な設計の必要性が明らかとなった。

4. まとめ

本研究では、資源回収ステーションに対する住民の選好構造を比較分析した。実際の回収量や継続的な行動との関係については調査できていないため、継続的に分析することや、さらに異なるタイプのステーションを対象にした比較を行うことが課題といえる。

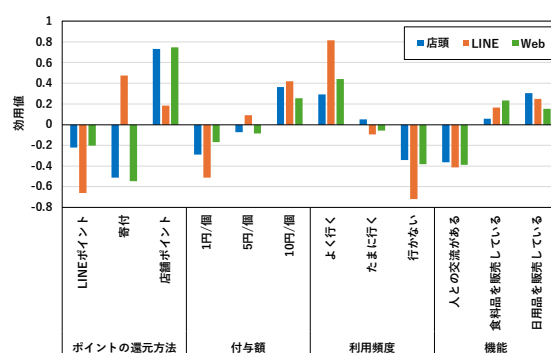


図 1 コンジョイント分析結果（店頭・LINE・Web）

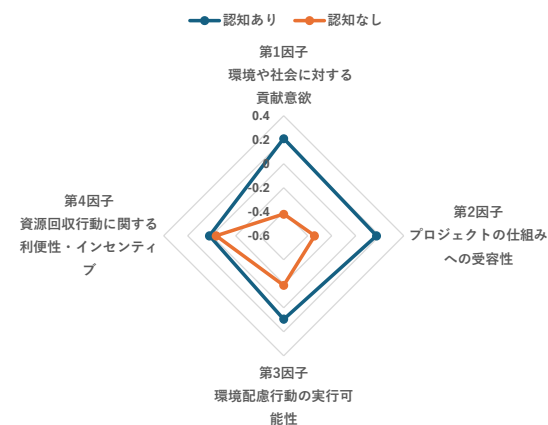


図 2 因子得点の群別平均値

参考文献

1) 鎌田理玖・藤山淳史・松本亨（2024）コンジョイント分析を用いた資源回収ステーションの選好評価，土木学会論文集，Vol.80，No.26，24-26005

キーワード 選択型コンジョイント分析，因子分析，アンケート調査

送電容量制約下における再生可能エネルギー由来電力利用最大化に向けた市町村連携の可能性

Possibility of Inter-municipal Cooperation to Maximize the Use of Electricity from Renewable Energy Sources under Transmission Capacity Constraints

北九州市大院 ○垣内真安太, 静岡文化芸術大 叢日超, 北九州市大 藤山淳史, 松本亨

1. はじめに

カーボンニュートラル実現に向けて再生可能エネルギー（再エネ）の導入が不可欠だが、土地利用や気象条件等の制約により自治体ごとの発電ポテンシャルに差がある。そこで、再エネ由来電力を広域で融通できる電力ネットワークの構築が求められている。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エネ供給可能量（再エネ導入ポテンシャル）、自治体間距離、自治体を通過する送電線容量を考慮し、再エネの余剰電力が発生する自治体から電力需要の多い自治体へ再エネ電力を供給することの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⁾をもとに、送電線の容量の情報を抽出した。自治体間に複数の送電線がある場合は、容量を合計し、この容量の合計値を再エネが自治体間に融通される電力量の上限値として設定した。送電線の距離を、各自治体の市役所や町役場間を結んだ直線距離と仮定し、送電線が通過する隣接自治体間を結ぶことで、最短経路となるルートを算出した。電力需要量と再エネ電力供給可能量については、自治体排出量カルテ³⁾をベースに設定した。電力需要量と再エネ電力供給可能量は、需要部門別の特性や発電特性を考慮し、年間値から時間値に按分した。それらを基に、再エネ由来の電力供給量を各自治体の再エネ電力供給可能量の約 83% という条件のもとで推計を行った。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融通量と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。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、ここでは送電線の容量を制約条件とするケースの式を示す。

・目的関数

$$\text{Minimize} \quad \sum (x_{ab} \times d_{ab}) \quad (1)$$

・制約条件（運用容量を制約条件とするケース）

$$S_a^+ = \sum_{b \in \text{Set}_a} x_{ab} \quad (2)$$

$$S_a^- \geq \sum_{b \in \text{Set}_a} x_{ab} \quad (3)$$

$$0 \leq x_{ab} \leq C_{ab} \quad (4)$$

添え字 a , b は各自治体, x_{ab} は b から a への電力融通量 [MWh], d_{ab} は市町村 ab 間の距離 [km], S_a^+ は自治体 a の電力余剰量 [MWh], S_a^- は自治体 a の電力不足量, C_{ab} は自治体 ab 間送電線の最小容量 [MWh] である。

3. 結果

送電線の制限がない場合において各時間帯の余剰分と不足分を比較した結果、電力融通量が最大となる時間帯である 11 月 27 日 13~14 時を対象に、自治体間融通の計算を行った結果（運用容量の制限がある場合）を図 1 に示す。星印が電力融通の終点となる自治体であり、終点の自治体別に線を色分けした。線の太さは電力融通量を表している。容量による制限があると、電力の不足量の多い自治体への融通に大きく制限が掛かる結果となった。周辺自治体との送電線容量の制約が解消されれば、余剰電力の供給がより可能となり、北九州都市圏域での再エネの利用率向上に寄与する可能性が示唆された。

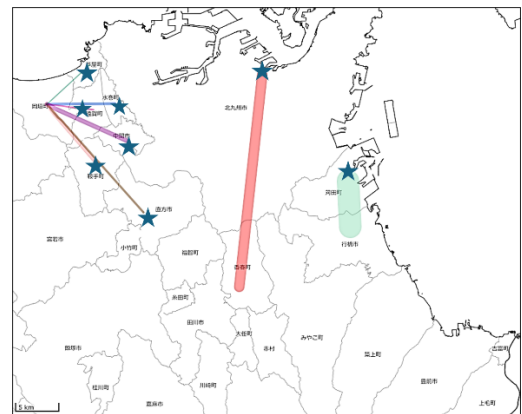


図 1 運用容量の制限がある場合の電力融通の結果

参考文献

- 1) 九州電力送配電, 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

小型低流速土壌ガス吸引装置による有機塩素系溶剤汚染土壌の浄化予測モデルの検討 Study of Remediation Prediction Model for Chlorinated Organic Solvents Contaminated Soil with Small Size Low Flow Rate Soil Vapor Extraction Technique

横浜国立大学大学院 ○鄭桐偉, 柏冬琳, 李京, 小林剛

1. はじめに

揮発性有機塩素化合物(CVOC)による土壌汚染が多数顕在化している。中小規模事業所では未調査の場合が多く、敷地が狭く浄化装置を置くのも困難で、放置されて地下浸透が進むことでより浄化困難になる場合もある。設置可能な小型ガス吸引装置でも、早期の汚染調査とともに操業中から時間をかけて浄化を行えば、地下浸透の懸念のある原液を除去し、汚染拡大抑制とともに浄化コストも低減できる可能性がある。

本研究では、CVOCの土壌中の存在形態や浄化メカニズムを考慮して、中小規模事業所を想定した有機塩素系溶剤汚染地の土壌ガス吸引による土壌浄化予測モデルとともに、効率的な浄化方法を検討することとした。

2. 方法 (検討した CVOC の土壌浄化予測モデル)

CVOC 汚染サイトで、土壌深さ方向に厚み Δd [m]毎の段に区分し、さらに吸引井を中心に半径方向に同心円状に Δr [m]毎の殻に区分した多段同心円柱モデルを考えた。

(1)式により、ある段の第 i 殻における土壌気相濃度変化は、移流による流入・流出量、水相からの揮発量、原液の揮発量、固相からの脱離量、前殻からと後殻への拡散量を考えた物質収支から、任意の殻における各時間区分の間隙ガス濃度を推算した。

なお、原液が存在する場合、(1)式の水相からの揮発項と固相からの脱離項は計算しない。原液の消失後は、原液揮発項は計算しないようにした。

$$\begin{aligned} \varepsilon_i \times \Delta V_i \times \frac{(C_{g,i,j} - C_{g,i,j-1})}{\Delta t} = & F \times (C_{g,i-1,j} - C_{g,i,j}) - \frac{\Delta V_{wi} \times (C_{g,i,j} - C_{g,i,j-1})}{H_{gw} \times \Delta t} \\ & - \varepsilon_i \times \Delta V_i \times (C_{g,i,j} - C_g^*) \times K_{la,i} \\ & - \Delta V_i \times k_{slav} \times \left(\frac{H_{swl} \times C_{g,i,j-1}}{H_{gw}} - C_{sl,i,j-1} \right) \\ & - \Delta V_i \times k_{slIav} \times \left(\frac{H_{swlI} \times C_{g,i,j-1}}{H_{gw}} - C_{slI,i,j-1} \right) \\ & - \frac{D_g}{\Delta r} \times A_i \times (C_{g,i,j} - C_{g,i+1,j-1}) \\ & + \frac{D_g}{\Delta r} \times A_i \times (C_{g,i-1,j} - C_{g,i,j}) \quad \dots (1) \end{aligned}$$

F : 流量[m³/d]
 A_i : 第 i 殻断面積[m²]
 ΔV_i : 第 i 殻の体積[m³]
 ΔV_{wi} : 第 i 殻の間隙水体積[m³]
 Δt : 1 時間区分の時間[s]
 $C_{s,i}$: 第 i 殻固相濃度[mg/m³]
 D_g : 土壌間隙拡散係数[m²/d]
 K_{slav}, K_{slIav} : 総括物質移動容量係数[kg/(m³・d)]
 H_{swl}, H_{swlI} : 吸着平衡定数[m³/kg]

$C_{g,i}$: 第 i 殻土壌気相濃度[mg/m³]
 ε_i : 第 i 殻空隙率[-]
 H_{gw} : ヘンリー定数[-]
 $K_{la,i}$: 第 i 殻原液の移動容量係数[1/d]
 ΔZ : 一般の距離[m]
 C_g^* : 飽和蒸気圧の気相濃度[mg/m³]

※記号の I は速い吸着分, II は遅い吸着分を示す。

3. 結果と考察

図 1 に吸引ガス濃度および除去率経時変化を示した。このサイトでは、運転開始後約 1 d で原液は除去できた。吸引ガス濃度は、120 d で黒ぼく土の溶出基準に平衡な気相濃度(9.7 mg/m³)まで低下し、その後の低下には時間を要した。原因は土壌粒子細孔内の吸着分の脱離が遅いためと考えられた。このように原液の存在時から浄化終了までを予測できるモデルを作成することができた。

図 2 に、吸引流量を変化させた時の吸引ガス濃度の経時変化の計算例を示した。吸引流量を 1/7.2 倍、1/60 倍に変化させた結果、原液部分の除去時間は 1.3 倍(1.3d)と 3 倍(3.2d)に大きくなったが、吸引流量が小さなポンプ(装置面積は台車 1 台程度)でも数日間の浄化で、汚染拡大の原因となる原液の除去ができると考えられた。また、操業しながら 600 日間で基準の 40 倍程度まで浄化できる可能性も示された。

本結果から、高濃度 CVOC 汚染を放置せずに、操業中からの早期の調査と低流速でも可能な範囲で浄化を進めることが有用であることが示された。

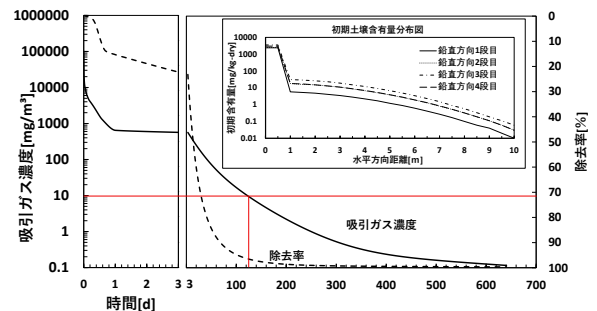


図 1 吸引ガス濃度および除去率経時変化の計算例 (黒ぼく土、吸引流量 36m³/h)

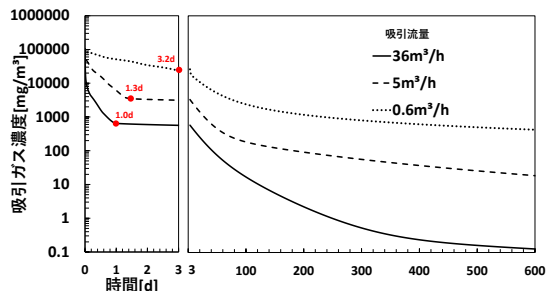


図 2 吸引流量による吸引ガス濃度の経時変化の計算例

キーワード 有機塩素系溶剤, 土壌汚染, 土壌ガス吸引法

プラスチックの分解と分解物の同定

Degradation of waste plastics and identification of degraded products

熊県大大学院 ○宮副瑛輝, 諸熊恵美, 石橋康弘
長崎総合科学大学 中道隆広

【はじめに】

大量生産されたプラスチックの大半は廃プラスチックとなっており、廃プラスチックの不法投棄による環境汚染も問題となっている。

その廃プラスチックの多くを再資源化のために国外に輸出をしていたが、輸入規制があり、先進国で大量の廃プラスチックが行き場を失っている。また、2022年にプラスチック資源循環法が施行されたことからも国内での廃プラスチックの処理の需要が高まるようになった。

そこで、原料に戻して再合成することで元の強度と変わらない強度に戻すことが出来るケミカルリサイクルに着目し、今回はプラスチック原料の熱特性の把握と分解と分解物の同定を目的とした。

【材料と方法】

以下に示したサンプルを用いて、実験Iおよび実験IIを行った。

サンプル：

- ・ポリスチレン (Polystyrene : PS)
- ・ポリエチレン (polyethylene : PE)
- ・ポリプロピレン (polypropylene : PP)
- ・ポリカーボネート (polycarbonate : PC)
- ・ポリエチレンテレフタレート (polyethylene terephthalate : PET)

実験 I：プラスチック原料の熱特性の把握

熱重量示差熱分析装置 (TG-DTA : Rigaku) を用い、窒素雰囲気下にて 20.0 °C/min で 800 °Cまで昇温し、測定・冷却後、基準となるアルミナとの温度差によって示差熱 (DTA)、重量 (TG) の変化によって PS, PE, PP, PC, PET の特徴の比較を行った。

実験 II：熱分解時に発生する分解物の同定

温度コントローラー付セラミック電気管状炉 (アサヒ理化製作所社製) にステンレス管を挿入し、アルミナボートにサンプルを乗せ管状炉を窒素ガスで雰囲気下、650 °Cに昇温後、発生したガスを 1~0 分, 11~20 分, 21~30 分に採取し、発生したガスの成分をガスクロマトグラフ (GC, Agilent Technologies 社製) にて測定した。

【結果と考察】

実験I

PE

PET

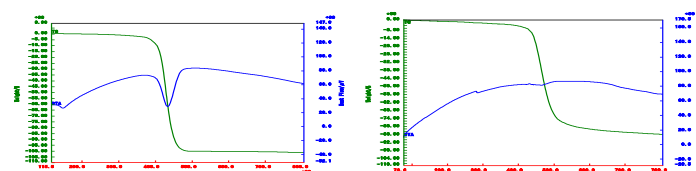


図 1. PE, PET の示差熱分析の結果

図 1 に PE および PET の差熱分析の結果を示した。PS, PP は PE と同様に約 100 °C, PC は PET と同様に約 250 °Cでガラス転移を示し、すべてのプラスチックで約 400~500 °Cに分解反応が確認された。PC と PET は 800 °Cでも残渣が確認された。PC と PET はベンゼン骨格を有するため、800 °Cの高温でも未分解の物質の存在した。

実験II

PS, PP, PE は実験後、アルミナボートには何も残らず、全て気化したが、PC, PET はアルミナボートに黒い残渣が残った。この結果は、実験Iで見られた PC, PET で残渣が生じた結果と一致する。また、インピンジャー内には油状成分が確認された。GC 分析では一酸化炭素や炭化水素化合物等のピークが確認された。

【まとめ】

ベンゼン骨格を持たない PE、PS、PP のガラス転移温度は約 100 °Cで、すべて気化した。一方、ベンゼン骨格を持つ PC、PET はガラス転移温度が約 250 °Cで、800 °Cでも分解されない成分が確認された。発生ガスには一酸化炭素や炭化水素化合物のピークが見られ、残渣や油状成分の分析も今後継続する必要がある。

【参考文献】

難燃化プラスチックの処理に関する研究
廃棄物学会論文誌, Vol. 10, No. 4, pp. 196 - 203, 1999

【キーワード】

プラスチック, 熱分解, 示差熱分析

労働安全衛生法に基づくリスクアセスメントの精緻化に向けた VOC パッシブ法の適用

Application of Passive Sampling for Volatile Organic Compounds in Risk Assessment under the Industrial Safety and Health Act

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) の多くは労働安全衛生法の対象であり、リスクアセスメントが必要である。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、リスクアセスメントの精緻化において有用である。一方で、パッシブ法の具体的な運用手法や、適用可能な物質は十分に整理されていない。本研究では、パッシブ法による化学物質のリスクアセスメントの枠組みを提案し、そのために必要な情報を搭載したデータベースを構築した。

2. 方法

実験方法

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 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チューブ (CBP) (ともに柴田科学 (株) 製) で捕集し、ISO 16107¹⁾ 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が義務付けられた 114 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。

パラメータ推算手法

パッシブ法において捕集された VOCs の濃度 $C(\mu\text{g/L})$ は、SR (L/min) と脱着率 r (-) を用いた式 (1) で表される。

$$C = \frac{1}{\text{SR}} \times \frac{1}{r} \times \frac{W}{t} \quad (1)$$

W は VOCs の捕集量 (μg)、 t はサンプリング時間 (min) である。SR や脱着率が公表されている物質は限られている。そこで、SR と脱着率は物質の構造に含まれる官能基を用いて物性を予測する、構造物性相関解析を用いて推算した。

3. 結果と考察

3.1. データベースの構築

SR と脱着率について、実測値と推算値の間に高い正の相関が得られたことから、パッシブ法に必要なパラメ

ータを高精度に推算できることが示された。これを踏まえ、2026 年までにリスクアセスメントの対象となる VOCs に対して、SR や脱着率の推算値および算出の際に用いたパラメータを搭載したデータベースを構築した。本データベースは対象 VOCs のうち約 8 割を網羅している。データベースから得られた SR および脱着率 r を式 (1) に代入することで、これらを実測することなく VOC 濃度を算出できる。

3.2 パッシブ法を用いたリスクアセスメントのスキーム

パッシブ法を用いたリスクアセスメントのスキームを図 1 に示す。現行のリスクアセスメントでは、CREATE-SIMPLE 等の数理モデルが広く用いられているが、換気設備の不具合や、ドラフト外での作業のような不適切な作業実態を反映できず、リスクを過小評価する場合がある。一方で、リスクを安全側に見積もることで過剰対応となり、現場の運用コストを増大させる懸念もある。パッシブ法は多地点同時測定が可能で、曝露濃度の上昇要因を把握しやすく、作業現場の実態評価に有用である。検知管法やアクティブ法等の実測法と比較しても、測定精度やコストの面で優れている。曝露濃度の精緻化により適切なリスク低減対策が講じられれば、管理区分の改善や、知見の蓄積により翌年以降の測定負荷は大幅に軽減されると予測される。また、対象物質以外の同時評価も可能であり、より幅広い物質について精緻なリスクアセスメントが実現できると考えられる。

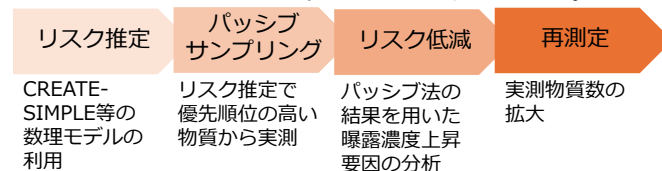


図1 リスクアセスメントのスキーム

4. 謝辞

本研究は環境研究総合推進費 (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)

キーワード VOCs, リスクアセスメント, パッシブ法

動的物質フロー分析に基づく日本の電気貨物自動車の普及と電力需要の推計

Projections of penetration and electricity demand of electric freight vehicles in Japan: A dynamic material flow analysis approach

東京大学 ○勝島大, 中谷隼, 林徹, 山下奈穂, 藤田壮

1. 背景

貨物自動車由来の CO₂ 排出量は 2023 年度における日本の総排出量の約 7.4% を占めており, 電気自動車 (EV) の導入による物流分野の脱炭素化が目指されている。本研究では, 動的マテリアルフロー分析を用いて, 2050 年までの日本の貨物自動車ストックに占める EV の構成比を予測した。さらに道路交通センサスから得られる全国の貨物道路輸送需要に基づき, 充電タイミングや, 急速充電器の普及などの社会・技術の変化が, 電力需要に与える影響を推計した。

2. 手法

t 年における貨物自動車ストック $S(t)$ は, GDP, 交通分担率, 積載率などの将来変化を考慮して推計した。将来の廃車 (廃棄及び輸出) 台数 $O(t)$ の残存率は, 初度登録年別の車両ストックの経年変化データに基づき, ワイブル分布に従うと仮定した。年間の新車登録台数 $I(t)$ は, $S(t) = S(t-1) + I(t) - O(t)$ から算出した。 $I(t)$ に占める EV の構成比は, 過去の実績値及び政策目標に基づき, ロジスティック関数を適用して推計した。

推計された将来ストックにおける EV 構成比と, 道路交通センサスから得られる日本の全貨物自動車の 1 日のトリップデータを用いて, 1 日の走行距離が短い順に EV に転換すると仮定した。さらに「基礎充電」(1 日の最後のトリップの目的地で充電) や「目的地充電」(途中のトリップの目的地でも充電) といった充電パターンごとに各車両の充電タイミングを特定し, 全国での時刻別の合計電力需要を推計した。

3. 結果

新車登録台数に占める EV の構成比の最大値が, 将来的に 30%, 50%, 100% となる 3 シナリオを考慮した。図 1 に普通貨物自動車のストックに占める EV の構成比の推移を, 図 2 に 2050 年における電力需要の推計結果を示す。2050 年には EV はストックの 24.4% から 71.6% を占め, 電力需要は最大で 0.5GW から 3.8GW 程度増加する可能性があることが判明した。車両ごとの移動パターンが異なるため, EV の構成比と電力需要は単純に比例

しない。また目的地充電の導入によりピーク需要が削減され, 日中の需要増加を通じて再生可能エネルギーの活用が進む可能性が示された。

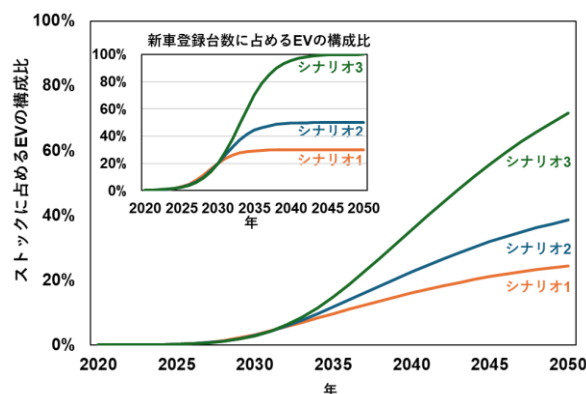


図 1 普通貨物自動車ストックに占める EV の構成比

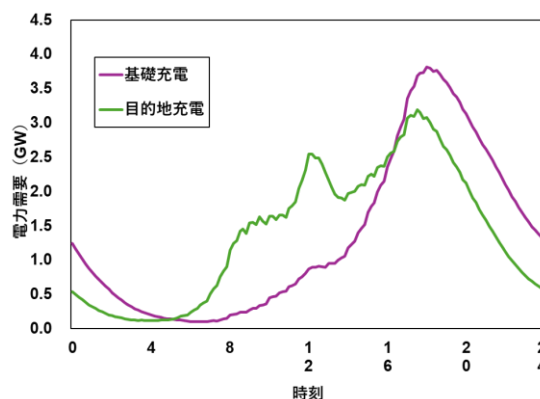


図 2 2050 年における全国の電力需要 (普通貨物自動車, シナリオ 3 の場合)

参考文献

- 1) 国立環境研究所 温室効果ガスインベントリオフィス (2025), 日本の温室効果ガス排出量データ (1990 年～2023 年度) 確報値,
<https://www.nies.go.jp/gio/archive/ghgdata/index.html>

キーワード 電気自動車, 貨物自動車, 電力需要, 物質フロー分析, 道路交通センサス

牛の消化液培養におけるカギケノリ添加のメタン削減効果 Methane Reduction Effect of Asparagopsis Addition in in vitro Cattle Rumen Cultures

酪農学園大 ○井藤千聖, 村山遥人, 吉田磨, 酪農学園大・日大 泉賢一

1. 背景・目的

メタン (CH_4) は温室効果気体の 1 つであり, 温暖化能が二酸化炭素 (CO_2) の約 28 倍であることから, 地球温暖化を顕著に促進させる可能性が示唆されている。2019 年の大気中の CH_4 濃度は過去 80 万年間のどの地点よりも高く, 大気中における化学反応や土壌における吸収速度を放出量が上回った。特に農業分野に関する温室効果気体の排出量のうち, 家畜の消化管内発酵由来の CH_4 排出量は約 15% を占めているため, 早急な対策を行う必要がある。

現在行われている牛の CH_4 放出削減に向けた研究では, カシューナッツの殻液やポリフェノール類のタンニン, カギケノリに含まれるプロロホルムがメタンの生産を抑制することが分かっている¹⁾。しかし, カギケノリを用いた牛 CH_4 の削減研究は, アメリカやオーストラリアなどの海外で盛んに行われ実用化されているが, 日本の牛で実用研究した事例が少なく, 未知な部分が多い。

そこで本研究では, 乳用牛の消化液を用いて培養実験を行い, カギケノリの添加が牛の CH_4 放出に与える影響を評価した。

2. 方法

培養試料は基質としてコーンサイレージとチモシー生草を 1 対 1 で混合したものを 1 g, 添加サンプルとしてオーストラリア産のカギケノリ (フリーズドライ) を 0, 0.005, 0.01 g 用いた。培養液は純水 5 L に対し炭酸水素ナトリウム (NaHCO_3) 49.0 g, リン酸水素二ナトリウム (Na_2HPO_4) 46.5 g, 塩化カリウム (KCl) 2.85 g, 塩化ナトリウム (NaCl) 2.35 g, 硫酸マグネシウム ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 0.60 g, システイン (Cysteine) 1.25 g, 塩化カルシウム (CaCl_2) 0.20 g を混合した人口唾液 80 mL と, ルーメンカニューレ装着非泌乳牛 2 頭から採取したルーメン液 20 mL を混合し用いた。培養は 39°C で 24 時間行い, 得られた気体から CH_4 濃度の分析 (島津製作所, FID-2014) と, 残った試料をろ過にかけた後 100°C で 24 時間乾燥させたものから乾物消化率を求めた。

3. 結果・考察

カギケノリを加えていない Ctrl では, 生産された気体

の約 11.0% が CH_4 であった。しかし, カギケノリを 0.005 g, 0.01 g 添加した場合, 生産された気体の約 0.7%, 約 0.2% まで CH_4 生産を削減することができ, 削減率はそれぞれ約 94.1%, 約 98.9% となり (図 1), 日本の乳用牛でも CH_4 削減の効果が示された。

乾物消化率は Ctrl の平均が 50.3% であったのに対し, 0.005 g 添加と 0.01 g 添加では約 50.3%, 約 50.8% と Ctrl と変わらないもしくは高い値を示した (図 1)。海藻を給与することで微生物の活性が高められた可能性が示唆された。

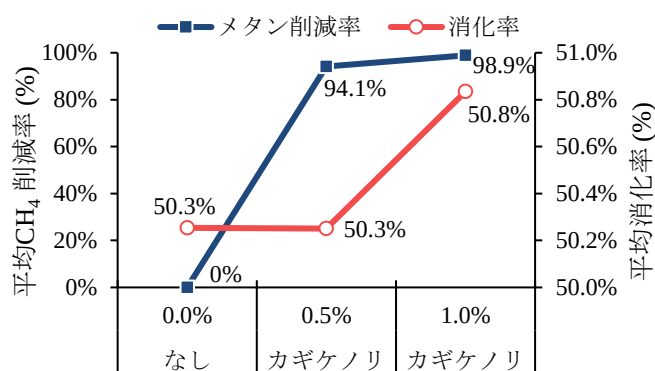


図 1 カギケノリ添加割合ごとの平均 CH_4 削減率と平均消化率。

4. まとめ・今後の展望

カギケノリを添加し培養実験を行った結果, 0.005 g, 0.01 g の添加ともに 9 割以上の削減効果が見込まれ, 消化率の上昇が確認された。今後は添加量の調整を行うとともに, 処理の違いによる CH_4 の削減効果を評価していく。

参考文献

1) Xixi Li, Hayley C. Norman, Robert D. Kinley, Michael Laurence, Matt Wilmot, Hannah Bender, Rocky de Nys and Nigel Tomkins. (2016) *Asparagopsis taxiformis* decreases enteric methane production from sheep, Animal Production Science, 58 (4), 681-688.

キーワード 地球温暖化, メタン, 牛, カギケノリ

本研究は株式会社ニッスイの助成を受け実施された。

食品接触材中の有機フッ素化合物の濃度調査

Analysis of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl compounds in food contact materials

静岡県立大学 ○植松龍也, 三国向日葵, 野呂和嗣, 雨谷敬史, 横浜国立大学 三宅祐一

1. はじめに

ペルおよびポリフルオロアルキル化合物 (PFAS) は化学的に安定した有機フッ素化合物であり、撥水性を持っていることから撥水、撥油加工製品に利用されてきた。IARC は、PFAS の一種であるペルフルオロオクタン酸 (PFOA) をグループ 1 (ヒトに対して発がん性がある) に分類し、ストックホルム条約では廃絶すべき化学物質として製造・使用、輸出入が原則禁止されている。フッ素樹脂加工調理製品などの食品接触材料 (FCM) は PFAS を含有する可能性があり、ヒトへの PFAS 曝露源であると考えられる。FCM の PFAS 含有量は、PFAS 曝露評価に必須のデータであるにもかかわらず、知見が不足している。本研究では、調理器具や食品包装紙、ペットボトルなどの FCM を対象とし、PFAS の濃度調査を行った。

2. 方法

耐油スナック袋、ピザボックス、ポップコーン袋、ポリエチレンテレフタレート (PET) を対象 FCM とした。炭素鎖が 5–14、16 のペルフルオロカルボン酸 (PFCAs) 計 11 種を対象物質とした。サンプル 0.1 g を凍結粉碎し、クリーンアップスパイク 10 ng、メタノール 6 mL を加え、1 時間振盪した。さらに 1 時間超音波抽出し、3 分間遠心分離 (3000rpm) した。抽出液の上清 4 mL を分取し、1 mL まで濃縮した。紙製品の濃縮液は弱陰イオン交換 固相カラムに通液し、超純水 5 mL で洗浄し、乾燥した。このカラムに流速 1 mL min⁻¹ で 0.1% アンモニア水含有メタノール (10 mL) を通液し、PFAS を回収した。溶出液を窒素気流下において濃縮後、シリンジスパイク 10 ng を添加して 0.5 mL に定容した。PET サンプルは固相カラムによる精製を行わず、抽出液の上清 4 mL を分取後、シリンジスパイク 10 ng を添加し、0.5 mL に定容した。サンプルは液体クロマトグラムタンデム質量分析計を用いて分析した。

3. 結果と考察

3.1. 添加回収試験

PET、耐油スナック袋、ピザボックス、ポップコーン袋からのクリーンアップスパイク回収率 (a.u.) はそれぞれ、

0.59–0.75、0.46–0.56、0.20–0.30、0.17–0.31 であり、その変動係数はそれぞれ、7.1–8.6%、4.7–7.6%、4.6–12%、2.0–15% であった。

3.2. サンプル中 PFAS 濃度

PET、ポップコーン袋、耐油スナック袋、ピザボックスの PFAS 平均総濃度はそれぞれ 4.17 ng g⁻¹、24.5 ng g⁻¹、26.3 ng g⁻¹、33.0 ng g⁻¹ であった (Fig. 1)。先行研究では、バーガー袋やプラスチック製品中の PFAS 総濃度範囲が 3.2–24.7 ng g⁻¹ であり¹⁾、本研究と同程度の値であった。耐油スナック袋、ポップコーン袋、ピザボックスの PFOA 濃度は、0.386 ng g⁻¹、0.574 ng g⁻¹、0.716 ng g⁻¹ であり、製造・使用が禁止されているにもかかわらず検出された。PET では定量下限以下であった。

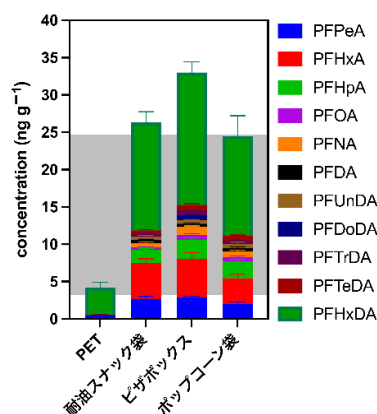


Fig. 1. サンプル中 PFCAs 濃度

灰色の範囲は、先行研究¹⁾における紙、プラスチック製品中の PFAS 総濃度である。

4. 謝辞

本研究の一部は厚生労働科学研究費によって助成された。

参考文献

1) Wang et al., 2024., *Journal of Hazardous Materials*, 479, 135658.

キーワード 有機フッ素化合物, PFAS, 食品接触材料, LC-MS/MS, PFOA

加熱式タバコの葉および主流煙に含まれる金属類の定量評価 Determination of metals in tobacco leaves and mainstream smoke of heated tobacco products

静岡県立大学 ○青木遥輝, 野呂和嗣, 雨谷敬史

はじめに

加熱式タバコ (HTPs) は、紙巻タバコに代わり使用量が増加している。HTPs はタバコ葉を燃焼せず、加熱によってニコチンなどを放散させるため、主流煙に含まれる揮発性有機化合物の濃度が比較的低い。しかし、HTPs は加熱デバイスに金属が使われているため、喫煙者への金属類の曝露量が増加することが懸念されている。例えば、紙巻タバコに含まれていた Cd は、発がん物質であるだけでなく慢性閉塞性肺疾患の発症や腎毒性を引き起こす¹⁾。このように、金属類の一部はヒトに対して健康リスクを有するため、その曝露量の把握は重要である。しかし、HTPs のタバコ葉と主流煙に含まれる金属類についての定量的な知見は不足している。本研究では、HTPs のタバコ葉および主流煙に含まれる金属類の定量評価を行った。

方法

A 社 8 種類のタバコカートリッジを使用した。Be、Sc、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、As、Se、Cd、Pb を対象とした。

タバコ 1 本分のタバコ葉を分取し、細かく刻んでテフロンビーカーに加えた。60%硝酸 4 mL を添加し、蓋をして 120℃ に熱したホットプレートを用いて 60 分間加熱した。60%過塩素酸 3 mL を加え、200℃ の条件で 30 分加熱後、蓋を外して内容物が乾固するまで加熱した。放冷後、5%硝酸 5 mL を加えて 120℃ の条件で 2 分間加熱し、サンプルを溶解させた。さらに 5%硝酸を加えて 10 mL に定容し、誘導結合プラズマ質量分析計 (ICP-MS) を用いて分析した。

HTPs 主流煙は、Health Canada Intense 法 (吸煙量: 55 mL、吸煙時間: 2 秒、吸煙間隔: 30 秒) に従って捕集した。捕集には石英繊維フィルターを用いた。フィルターを超純水 10 mL を用いて超音波抽出した。抽出後、90℃ の条件で加熱して乾固させた。60%硝酸 5 mL を加えて 200℃ の条件で 1 時間加熱し、5%硝酸を加えて 10 mL に定容し、ICP-MS を用いて分析した。

主流煙中濃度からハザード比 (HQ) と発がんリスク (CR) を推定した。判断基準は $HQ = 1$ 、 $CR = 1 \times 10^{-6}$ とした。

結果と考察

HTPs 主流煙から 8 元素が検出され、その濃度範囲は 0.021 (Co)–61 (Fe) ng stick⁻¹ であった (Fig. 1)。先行研究における紙巻タバコ主流煙中の元素濃度範囲は、0.049 (Co)–39 (Cd) ng stick⁻¹ であり²⁾、本研究の濃度範囲と同程度であった。

HTPs のタバコ葉から 14 元素が検出され、その濃度範囲は 3.3 (Be)– 8.5×10^4 (Fe) ng stick⁻¹ であった。この結果は、先行研究の紙巻タバコ葉中の Cd、Pb 濃度 (4.5×10^2 、 3.0×10^2 ng stick⁻¹)³⁾ より低い濃度であった。

タバコ葉から Fe や Mn が高濃度で検出されたが、放散割合は 1% 未満であった。放散割合が 1% を超えたのは Ni、As、Pb のみであった。

4 種のサンプルで CR が 1.0×10^{-6} – 1.8×10^{-6} (As) であり、As について発がんリスクの懸念があることが示唆された。HQ が 1 を超えた物質はなかった。

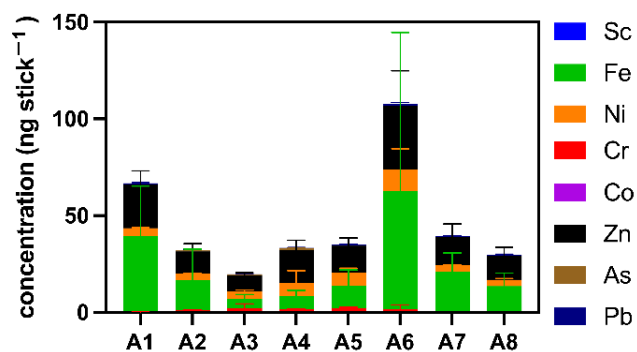


Fig. 1 HTPs 主流煙の金属濃度
エラーバーは標準偏差を表す。(n=3)

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た。

参考文献

1) Fresquez et al., 2013; 2) Pappas et al., 2014; 3) Quang et al., 2021.

キーワード 加熱式タバコ、金属類、ICP-MS

ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエチレンテレフタレート of 光劣化を促進する多環芳香族炭化水素類の同定

Identification of polycyclic aromatic hydrocarbons that promote photo-degradation of polyethylene, polypropylene, and polyethylene terephthalate

静岡県立大学 ○渡辺拓海, 滝川哲也, 野呂和嗣, 雨谷敬史

1. はじめに

プラスチックは疎水性有機物質を吸着し、長距離輸送する可能性がある。我々は、代表的な吸着物質である多環芳香族炭化水素類 (PAHs) がポリエチレン (PE) の光劣化を促進することを示したり。しかし、劣化促進作用をもつ PAHs の特定には至っていない。本研究では、13 種の PAHs をポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP)、ポリエチレンテレフタレート (PET) 各プレートに 1 種ずつ添加し、人工太陽光照射実験を行った。劣化評価により、促進作用をもつ PAHs を同定し、その影響を検討した。

2. 方法

プラスチックへの PAHs の吸着

対象 PAHs は 13 種とした。厚さ 1 mm の 3 種のプラスチックを 10 mm × 100 mm に切断した。ガラス試験管にプラスチック 1 枚、超純水 20 mL、10 mg L⁻¹ の 16 種混合 PAHs 溶液を 31.3 μL 添加し、4°C で 24 時間静置した。これを 16PAHs サンプルとした。各 PAH 単品溶液 (1,000 mg L⁻¹) 5 μL を用い、同様に処理した。

人工太陽光の照射

円形回転台にサンプルを配置し、光強度 3.05 MJ m⁻² h⁻¹ の人工太陽光を照射した。24 時間照射後に再度 PAHs を吸着させる操作を繰り返した。比較のため、PAHs 無添加サンプルの光照射 (blank 条件) および暗所試験 (dark 条件) も実施した。

劣化評価

最小秤量 0.01 mg の電子天秤で照射前後の質量を測定した。各条件ごとに 3 枚のサンプルの引張強度 (N) を測定した。入射電圧 15.0 kV、倍率 600 倍の条件において走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察を実施した。フーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR) 分析による CI 値を用いて劣化を評価した。波数範囲 5000–400 cm⁻¹、積算 32 回、分解能 4 cm⁻¹。CI は式(1)により算出した。

$$CI = A_{1850-1650} / A_{1500-1420} \quad (1)$$

$A_{1850-1650}$ と $A_{1500-1420}$ は、それぞれ 1850–1650 cm⁻¹、1520–1420 cm⁻¹ の範囲の吸光度である。

3. 結果

光照射後、16PAHs サンプルは黄変が認められ、劣化が示唆された。SEM 観察では、表面のクラックが観察された。PE における 16PAHs、blank、dark の CI 平均値はそれぞれ 0.195、0.142、0.00861 (Fig. 1)、PP では 0.794、0.393、0.214 であり (Fig. 2)、いずれも 16PAH と dark 間に有意差 ($p < 0.0001$) が確認された。一方、PET では有意差は見られなかった。これらの結果から、PAHs の吸着が光照射下でポリエチレンおよびポリプロピレン表面のカルボニル基生成を促進することが示唆された。また、16PAHs サンプルは最も小さな力で断裂し、伸長距離も短かったことから、blank や dark に比べて劣化が進行していたと考えられる。なお、いずれのサンプルも光照射前後で質量に有意な変化はなかった。個別 PAH 処理では indeno[1,2,3-cd]pyrene、benzo[ghi]perylene、anthracene を添加したサンプルに黄変が見られたが、16PAHs サンプルに比べ変化は小さかった。複数の PAHs の共存により、劣化がより強く促進される可能性がある。今後は PET の照射時間を延長し、劣化評価を行うとともに、ポリスチレンも加えて同様の実験を実施し、PAHs による劣化促進効果の比較を進める。

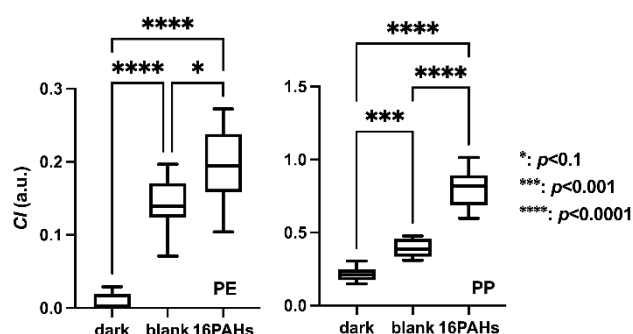


Fig. 1 PE の CI 値 Fig. 2 PP の CI 値

参考文献: 1)Noro et al., *Marine Pollution Bulletin*, 2023.

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 (課題番号: 21K17905, 25K00156) および環境研究総合推進費

(JPMEERF20231R03) の助成を受け実施された。

キーワード: FT-IR, カルボニルインデックス

大気環境分野における全国規模の共同研究が地方環境研究所に与える影響の検討
Impact of nationwide collaborations in the atmospheric environment research on
Local Environmental Institutes

熊本県保健環境科学研究所 ○豊永悟史

1. はじめに

地方環境研究所（以下「地環研」）は、環境関連の調査研究を担う自治体の出先機関であり、その「専門性」の形成は環境政策を推進していくうえで重要である¹⁾。本研究では、地環研間のネットワーク（以下「地環研ネットワーク」）を「専門性」の形成に関連する要素と考え、代表的な全国規模の共同研究である「大気汚染に係るⅡ型共同研究」（以下「Ⅱ型共同研究」）²⁾を地環研ネットワーク構築の主要な機会と捉えて解析対象とした。

具体的なアプローチとして、地環研の研究成果の主要な発表機会である大気環境学会年会の講演要旨集に計量テキスト分析等を適用することで、Ⅱ型共同研究が地環研ネットワークの形成や地環研の「専門性」に与える影響を評価することを試みた。本稿では、概況把握のために実施した初期の計量テキスト分析の結果を示す。

2. 使用データと解析方法

2014-2024 年まで講演要旨集を解析対象とした。講演要旨集から、発表タイトル等を抽出し、解析用データとした。本稿では、上述の解析対象期間を期間 a (2014-2018 年) と期間 b (2019-2024 年) に分けて、統計解析環境 R4.4.2 と KH Coder 3 を用いて解析を行った³⁻⁴⁾。

3. 結果と考察

要旨本文等に「Ⅱ型共同研究」という語が含まれているものをⅡ型共同研究関連の発表と定義し、発表タイトルを対象とした計量テキスト分析を実施した (Fig.1)。共起ネットワークから、期間 a では主な研究対象は「PM2.5」であり、「高時間分解能」等をキーワードとする測定・観測手法や「PMF モデル」等の解析手法が主に用いられていたことが示された。期間 b では「PM2.5」に加えて「光化学オキシダント」が主な研究対象となっており、期間 a では見られなかった「VOC」や「SOA」の測定・観測手法等が用いられてきていることが示された。以上で示した手法等が主にⅡ型共同研究で用いられてきた研究技術であると推測された。発表では、これらの研究技術の普及状況等についても解析した結果を示す予定である。

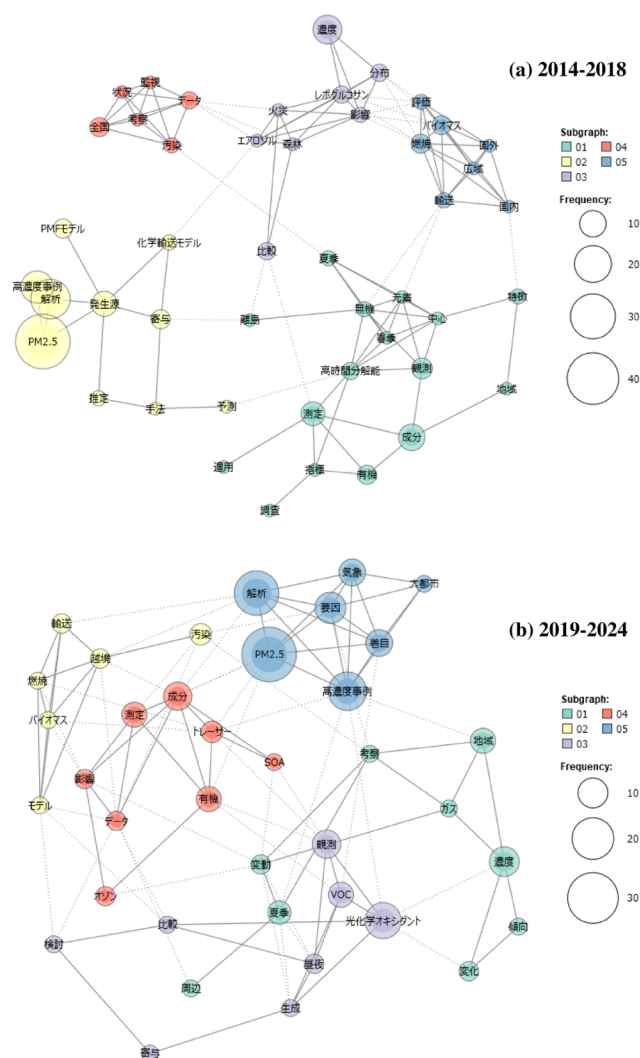


Fig.1 II型共同研究関連の発表の共起ネットワーク

参考文献

- 1) 豊永ら (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?, 環境科学会誌, 36, 28-41.
- 2) 国立環境研究所 (2024) 国立環境研究所 50 年のあゆみ
- 3) R Core Team (2025) <https://www.R-project.org/>, (2025.4.28 アクセス).
- 4) 樋口耕一 (2020) 社会調査のための計量テキスト分析 第2版, 株式会社ナカニシヤ出版, 264 pp.

謝辞 本研究の一部は科学研究費(奨励研究) 25H00025 の支援を受けて実施しました。

キーワード 地環研, 専門性, ネットワーク, 計量テキスト分析

スリランカのコロombo都市圏における都市洪水対策事業の気候変動適応効果に関する評価研究 Evaluation Study of Climate Change Adaptation Effects of Urban Flood Mitigation Measures in the Colombo Metropolitan Area in Sri Lanka

JICA 緒方貞子平和開発研究所 ○佐藤一朗, リンバ・アンディ・ベッセ,
東京大学大学院総合文化研究科 成田大樹, 日本工営株式会社 小川田大吉, 松村明子, 余田奈穂

1. 背景と目的

気候変動の影響が年々強く意識されるようになる中、各国は気候変動適応策を推進しているが、気候変動影響の不確実性が適応策の効果分析と、それに基づく有効な対策資源配分を困難にしている。対策資源の制約が大きい開発途上国では、特にその問題が顕著である。これに対処するには、気候変動影響を含む多様な不確実要因を織り込んだ適応策評価が必要だが、かかる研究事例は限られている。特に開発途上国の事例、洪水氾濫等の極端現象への気候変動影響の不確実性を取り扱った事例は少ない。本研究は、国際協力機構（JICA）の協力によりスリランカのコロombo都市圏で計画された都市洪水対策事業を事例として、同事業の気候変動適応策としての効果（浸水家屋数や資産の浸水被害額に留まらず、流域住民の生活・生計への影響軽減効果等を含む）の定量評価を試みた。

2. 方法・データ

不確実性下の事業効果分析・意思決定支援枠組である Robust Decision Making Framework (RDM) (Lempert, 2019)に基づき、気候変動関連及び社会・経済的な不確実要因（降雨強度、海面上昇、人口動態、土地利用変化等）の多様な変動可能性を反映した数千通りの将来シナリオ（2050年と2070年時点）を構築した。それら各シナリオについて分析対象事業の効果を推計し、気候変動関連要因あり・なしの場合の事業効果の差から気候変動適応策の効果を分析した。効果の評価指標として、浸水家屋数、浸水被害額、対策事業の便益費用比、浸水継続時間等を用いた。

分析対象は、都市洪水（内水氾濫）が頻発する Kalu Oya / Mudun Ela 流域（流域面積 7,542 ha）で計画された雨水排水対策事業であり、河川改修、水門・排水機場整備、放水路開削、遊水地整備等で構成される。効果の推計には、河川流域の降雨流出・氾濫解析ができる市販ソフト Mike と、現地で開発された浸水被害曲線を用いた。データは、現地政府機関から提供を受けた対象流域の数値標高モデル、降雨、河川水位、土地利用分布、人口・建物分布等のデータを用いた。

3. 結果と考察

分析結果の一例として、図1は気候変動影響の有無を除いて条件が等しい1950通りの2050年将来シナリオ下で推計された資産の浸水被害額の差（気候変動影響ありの場合の推計値から影響なしの場合の推計値を差し引いたもの）の分布を示している。

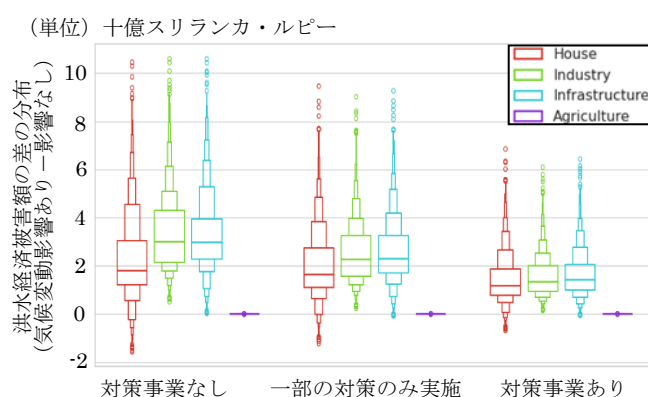


図1 気候変動影響の有無を除いて条件が同じシナリオ・ペアの浸水被害額の差の分布（2050年）

対策事業の有無に関わらず、気候変動影響がある場合は、影響なしの場合と比べて各種資産の被害が大半のシナリオで増大するが、対策事業を実施した場合は、実施しない場合や一部の対策のみ実施した場合と比べ、推計被害の中央値と分布域が小さくなり、最大被害額が顕著に軽減されることが示された。これは、対策事業が、将来の不確実な気候変動影響に対して頑健な気候変動適応効果を発揮することを示唆している。

参考文献

Lempert, R. J. (2019) Robust Decision Making (RDM), In Marchau, V. A. W. J., Walker, W. E., Bloemen, P. J. T. M. and Popper, S. W. (eds.) *Decision Making under Deep Uncertainty*, Springer, pp. 23-51.

キーワード 気候変動適応策, 不確実性, 都市洪水

ハンドウイルカの肝臓及び骨格筋における水銀及びセレンの局在 Localisation of mercury and selenium in the liver and skeletal muscle of the bottlenose dolphin.

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

1. はじめに

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。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、ハンドウイルカの骨格筋のEPMA 検索の結果、骨格筋細胞の核周囲に水銀及びセレンが局在していることを示した。核周囲にはミトコンドリアが集積しており、ミトコンドリアがメチル水銀の無機化に寄与しているのではないかと推測した。よって、本研究では病変のないハンドウイルカの骨格筋、加えて肝臓における電子顕微鏡学的検索により、水銀及びセレンの細胞内局在を明らかに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

臓器：肝臓・骨格筋

分析方法：透過型電子顕微鏡学的検索

3. 結果と考察

肝臓及び骨格筋の電子顕微鏡学的検索の結果、肝細胞の細胞質に金属の沈着が認められた。金属の沈着はミトコンドリアの存在部位と一致していた。クッパー細胞の細胞質においても金属の沈着が認められた。金属の沈着部位は肝細胞と同様にミトコンドリアであった(図1)。

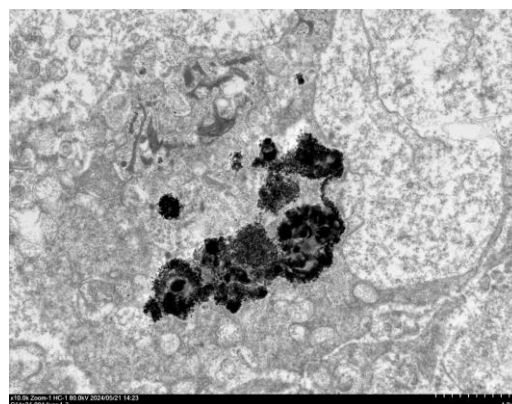


図1 クッパー細胞における金属の沈着

骨格筋細胞の核周囲に金属の沈着が認められた。金属の沈着は肝臓と同様にミトコンドリアに一致していた(図2)。

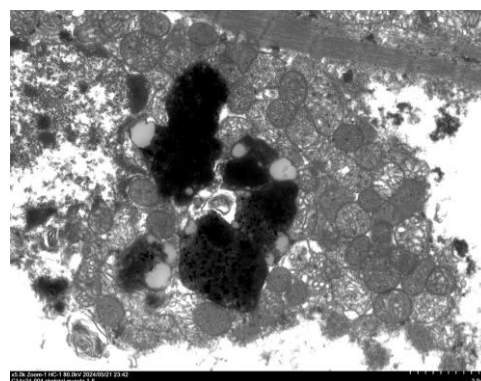


図2 骨格筋の核周囲における金属の沈着

肝細胞及び骨格筋細胞において、変性などの病変は認められず、また、ミトコンドリアの異常も認められなかった。培養細胞などの実験では、メチル水銀がミトコンドリアの機能を障害するという報告もあるが、今回の検索においてはミトコンドリアに病変は認められず、生体においては影響がないことが示唆された。ミトコンドリアの存在部位と金属の沈着部位が一致しており、メチル水銀の無機化がミトコンドリアで起き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, ミトコンドリア

洪水を想定した太陽光発電の災害廃棄物発生量の推計 -北海道を対象として-

Estimation of Disaster Waste Generation from Photovoltaic Power Generation Assuming Flooding in Hokkaido

大阪公立大学 ○杉本 賢二, 上田 一嘉, 名古屋大学 林 希一郎

1. 背景

固定価格買取制度(FIT)や補助金制度等により, 再エネ導入量が増加している. 一方で, 災害区域内に立地する発電施設も増えており, 災害による施設の損傷や廃棄物の発生が懸念されている. 特に, 再エネ発電量の半分を占める太陽光発電施設は, パネルや架台, 基礎などに様々な素材が使用されている. したがって, 太陽光発電施設について, 災害による被災リスクを想定するとともに, 効率的な廃棄物処理計画の立案に向けて, 素材別の災害廃棄物発生量を推計することが重要である. 本研究は, 北海道を対象として, ソーラーパネル(太陽光発電施設)の立地データと, 洪水浸水想定区域を重ね合わせ, パネルの被災リスクと災害廃棄物発生量を算出した.

2. 手法

ソーラーパネルの立地データは, JAXA の「高解像度土地利用土地被覆図(10m 解像度)」¹⁾から, 区分が「ソーラーパネル」のピクセルを抽出して作成した. 次に, 洪水では建物屋根まで浸水する可能性が低いと仮定し, 立地データと「基盤地図情報」²⁾の建築物ポリゴンを重ね合わせ, 建物の屋上に設置されているソーラーパネルを除外した. 最後に, 「国土数値情報」の「洪水浸水想定区域(想定最大規模)」³⁾の浸水区域内に立地するソーラーパネルが被災するとし, 面積当たりの素材質量(表 1)を乗じて災害廃棄物発生量を推計した. 面積当たりの素材質量は, 一般仕様の設計図面⁴⁾をもとに算出した.

3. 結果

抽出したソーラーパネルは, 北海道で 3,140 万 m²あり, そのうち 827.5 万 m²が洪水浸水想定域に立地している

表 1 面積当たりの素材質量

構造物	素材	面積当たり質量 [kg/m ²]
モジュール	セル (結晶シリコン)	0.476
	ガラス	8.756
	アルミニウム	2.19
	プラスチック	2.48
	電極素材 (銅, はんだ)	0.112
架台	鋼鉄	16.7
基礎	コンクリート	107.07
合計		137.784

ことが明らかになった. また, 災害廃棄物発生量は 114 万トンであり, 内訳はコンクリートが 88.6 万トン, 鋼鉄が 13.8 万トン, ガラスが 7.2 万トンとなった. 図 1 に市区町村別の災害廃棄物発生量を示す. 廃棄物量が多いのは, 安平町(27.1 万トン)や釧路町(18.2 万トン), 苫小牧市(11.6 万トン)など, ソーラーパネルが多く立地する太平洋側の市区町村であった. 廃棄物量の多くを占めるコンクリートは, 粉砕して路盤材等への再利用可能であるが, ガラスやシリコンなどは適切な分別後に埋め立て処理する必要がある. そのため, 今後の課題として, 処分場の残余容量を加味した処理計画の検討が挙げられる.

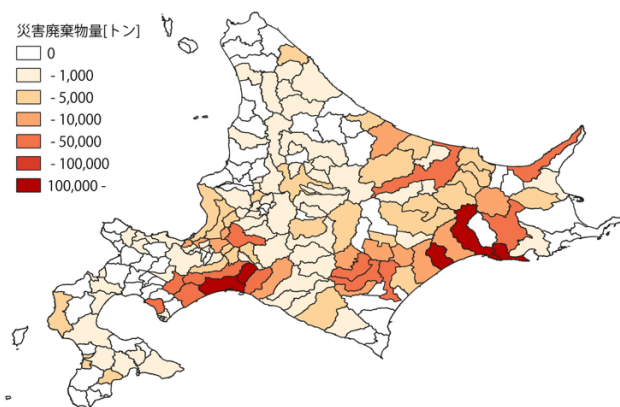


図 1 市区町村別の災害廃棄物発生量

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(JPMEERF20251M01)および名古屋大学未来材料・システム研究所における共同利用・共同研究として実施した.

文献

- 1) JAXA, 高解像度土地利用土地被覆図 v25.04, https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/lulc_j.htm
- 2) 国土地理院, 基盤地図情報, <https://service.gsi.go.jp/kiban/>
- 3) 国土交通省, 国土数値情報, 洪水浸水想定区域データ(想定最大規模), <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 4) 経済産業省, 地上設置型太陽光発電システムの構造設計例.

キーワード 太陽光発電, 災害リスク, 災害廃棄物

家計のエネルギー価格に対する脆弱性の実態把握と緩和対策の提案に関する研究 Study on identifying vulnerabilities in household energy prices and proposing mitigation measures

神戸大学 ○田畑智博, 九州工業大学 蔡 佩宜

1. はじめに

エネルギー価格の上昇は、社会的弱者の家計が脆弱な世帯に影響を及ぼす。自治体による物価高騰対策は一案だが、特定の世帯に対象が限られており、真に助けを必要とする世帯に支援が届かない恐れがある。家計のエネルギー価格に対する脆弱性を測定し、緩和対策を提案することは、環境面・福祉面から国民のウェルビーイングを維持するために重要であると考えられる。本研究はエネルギー価格に対する家計の脆弱性の高い世帯を把握する燃料貧困指標¹⁾を用いて、家計のエネルギー価格に対する脆弱性の評価手法を開発することを目的とする。

2. 研究の方法

燃料貧困は複数の指標が考案されている。本研究では欧州で広く用いられている、燃料代の閾値(10% indicator。収入総額に対する燃料代の割合が 10%以上を占める世帯)と収入の閾値(Low Income High Costs。世帯収入の中央値の 60%に該当する世帯)の 2 指標を用い、両指標に該当する世帯を燃料貧困世帯とみなす。

東京電力(東電)管内と九州電力(九電)管内を事例対象地域として、両電力管内の 20～64 歳の居住者それぞれ 1,030 人を対象に、Web アンケート調査を実施した。主な質問は、2022 年の世帯収入と燃料代(電気、ガス等)である。調査期間は、東電管内が 2024 年 2 月 26～27 日、九電管内が同年 3 月 7～9 日である。調査結果を集計し、両電力管内における燃料貧困世帯数を算出する。また、Tabata & Tsai²⁾が考案した燃料代、世帯収入、延床面積、夏季のエアコン設定温度、世帯人数から燃料貧困世帯の有無を判断するモデルを用いて、燃料代上昇に伴う燃料貧困世帯数の増加度合いを推計する。また、燃料貧困世帯数の減少に資する対策の効果を分析する。

3. 結果と考察

表 1 に集計結果を示す。全回答者の世帯に占める燃料貧困世帯数の割合は、東電管内で 5.4%(56 世帯)、九電管内で 7.6%(78 世帯)となった。各回答者の世帯で燃料代が 20%上昇した場合、燃料貧困世帯数は東電管内で 24%、九電管内で 21%それぞれ集計結果より増加した。夏季のエアコンの設定温度を変化させる省エネを対策として

表 1 集計結果

	東電管内	九電管内
年齢[歳]	44.54	44.28
世帯人数	2.56	2.79
延床面積[m ²]	72.74	79.62
夏季のエアコン設定温度[℃]	24.50	23.79
世帯収入 [百万円]	7.26	5.81
保有資産 [百万円]	16.15	2.65
燃料代 [円]	185,490	166,882
電気代 [円]	103,653	93,450

(注)全て平均値

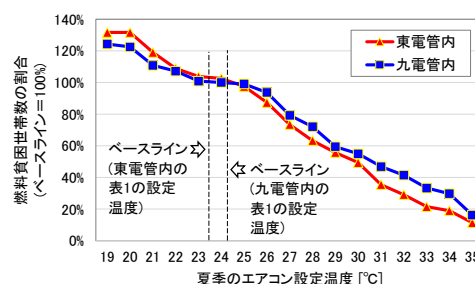


図 1 エアコン設定温度と燃料貧困世帯数の関係

実施した場合(図 1)、28℃に設定することで燃料貧困世帯はベースラインからみて東電管内で 43.8%、九電管内で 40.7%それぞれ減少した。熱中症発症リスクは考慮しながらも、設定温度を上げる対策は有効である。

4. おわりに

本稿では高齢者が対象外等の制限は残されているものの、燃料貧困世帯とみなされる世帯への対策の実施効果が示された。行動変容や経済的支援を組み合わせたアプローチは、公平なエネルギー政策の実現に有効である。

謝辞

本研究は、住友財団および日本学術振興会科学研究費補助金(課題番号 JP25K03327)により実施した。

参考文献

- 1) Boardman, B. (2010) Fixing Fuel Poverty, Earthscan Publications, 256pp
- 2) Tabata, T., Tsai, P. (2025) Analysing the Impact of Energy Price Increases on the Vulnerable Using the Fuel Poverty Index, Energy Efficiency, Vol.18, 5

キーワード エネルギー価格, 社会的弱者, 燃料貧困

東京都水道水質検査外部精度管理への取り組み Initiatives for External Quality Control in Drinking Water Analysis

東京都健康安全研究センター 木下 輝昭

1. はじめに

東京都では、「東京都水道水質管理計画」（平成 5 年 12 月策定）に基づき平成 6 年度から水道事業者及び水質検査機関を対象に外部精度管理を実施している。精度管理の目的は、同一の精度管理用試料を参加検査機関に配布し、各検査機関における分析結果のバラツキの程度と正確さに関する実態を把握し、分析実施上の問題点等の改善を図ることで、各検査機関の水質検査の信頼性を一層高めることである。今回、各検査機関における水質検査の信頼性確保が見直された平成 24 年度以降の精度管理調査結果をまとめたので報告する。

2. 調査内容

2.1 対象機関及び参加機関数

外部精度管理の対象機関は、都内の水道事業者及び東京都を営業区域とする水道法第 20 条 3 に基づく登録水質検査機関とした。また、平成 24 年度から令和 6 年度までの外部精度管理への参加機関数を図 1 に示す。

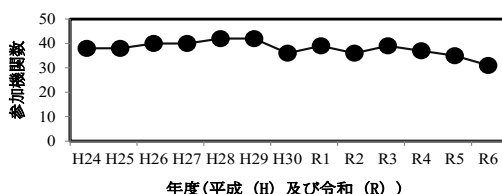


図 1 外部精度管理への参加機関数

2.2 対象項目及び調液

対象項目を表 1 に示す。また、精度管理用試料の調液は、平成 24 年度から令和 4 年度まで関東化学株式会社、令和 5 年度及び令和 6 年度を林純薬工業株式会社に委託した。

2.3 評価基準

各参加機関は、精度管理用試料を 5 回測定し、全てのデータを当センターに提出した。当センターでは、各検査機関のデータから平均値等を算出し、Grubbs 棄却検定を行った後、z スコア、中央値との誤差率及び機関内変動係数を用いて評価を行った。評価基準を満足しなかった機関には、原因究明及び改善報告書を提出してもらい、その妥当性を当センターで確認した。

表 1 対象項目及び評価結果

実施年度	対象項目	参加機関数	評価基準を満足した機関数	評価基準を満足した割合 (%)
平成 24 年度	シアン化物イオン及び塩化シアン	34	32	94
	シス-1,2-ジクロロエチレン及びトランス-1,2-ジクロロエチレン	37	35	95
平成 25 年度	亜鉛及びその化合物	38	38	100
	銅及びその化合物	38	38	100
平成 26 年度	陰イオン界面活性剤	33	28	85
	塩素酸	40	36	90
平成 27 年度	有機物（全有機炭素（TOC）の量）	38	38	100
	鉄及びその化合物	39	39	100
平成 28 年度	フェノール類	36	29	81
	フッ素及びその化合物	40	38	95
平成 29 年度	トリクロロエチレン	38	34	89
	亜硝酸態窒素	41	40	98
平成 30 年度	クロロホルム、ジブロモクロロメタン、プロモジクロロメタン、プロモホルム、ジトリハロメタン	39	34	87
	臭素酸	32	32	100
令和 1 年度	1,4-ジオキサン	35	34	97
	塩素酸	39	32	82
令和 2 年度	ホルムアルデヒド	35	30	86
	亜硝酸態窒素	36	33	92
令和 3 年度	塩化物イオン	36	36	100
	クロロホルム	34	33	97
令和 4 年度	ナトリウム及びその化合物	35	35	100
	有機物（全有機炭素（TOC）の量）	39	38	97
令和 5 年度	フッ素及びその化合物	37	37	100
	シス-1,2-ジクロロエチレン及びトランス-1,2-ジクロロエチレン	36	35	97
令和 6 年度	塩素酸	34	33	97
	ジクロロ酢酸	33	32	97
令和 6 年度	臭素酸	28	26	93
	トリクロロエチレン	31	31	100

3. 調査結果

平成 24 年度から令和 6 年度までの外部精度管理の調査結果を表 1 に示す。各対象項目について、参加機関数に対する評価基準を満足した機関数の割合を求めたところ、81～100%と概ね良好な結果であった。ただし、前処理に固相抽出や誘導体化等の複雑な操作を行う物質及び揮発性の高い物質では、81～89%と少し低くなる傾向が見られた。次に、評価基準を満足しなかった原因について検討したところ（図 2）、機器分析に関する内容が 22 機関、転記・入力ミスが 13 機関あった。転記・入力ミスは明らかな人為的ミスであるため、検査担当者のみならず、複数の目によるチェック体制を構築し、厳しく管理していく必要があると思われる。

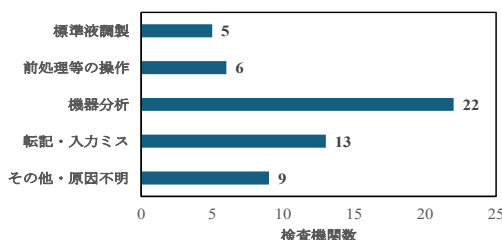


図 2 原因究明に該当する検査機関数

キーワード 水道水、水質検査、外部精度管理、

球磨川流域における関係価値と政策信念—ダム政策支持に与える影響の分析

Empirical analysis of relational value and policy beliefs regarding dam construction and removal in the Kumagawa watershed

南山大学 ○竈橋一輝, 名古屋大学 大野智彦

1. はじめに

近年、生態系サービスの価値評価において、道具的価値と内在的価値という二分法を超え、自然と人間の共生的な関係性に目を向ける関係価値 (relational value, 以下 RV) に注目が集まり、実証研究が進んでいる¹⁾。本研究は、まだ適用例の少ない日本の水環境に RV を適用し、球磨川流域における RV を推計するとともに、RV がダム政策の支持に与える影響を分析する。

日本の水環境に RV を適用した先行研究は多くないが、長良川流域を対象とした流域住民の RV の価値づけとその決定要因の分析では、個人的 RV と集合的 RV に影響を与える要因が異なることが示されている²⁾。また瀬戸内・関西地域の里海を対象とした研究では、RV が環境保全行動に正の影響を与える結果が示されている³⁾。

一方で、これまで RV の抽象度／具体性が価値評価に与える影響や、RV が特定の政策信念に与える影響を分析した先行研究は見当たらない。そこで本研究では、人と川との関わりが深い球磨川を対象として、以下のリサーチクエスチョンを設定し、分析を進める。

【RQ1】個別的な自然 (球磨川) と、抽象的な自然 (自然一般) とで、RV の価値づけにいかなる違いがあるか。

【RQ2】対象となる自然との物理的距離は、RV の価値づけにどのような影響を与えるか。

【RQ3】RV は政策信念にどのような影響を与えるか。

2. データと手法

楽天インサイト社の登録モニターを対象としたオンライン調査を実施した。球磨川流域から 300 名、流域外の熊本県居住者から 1,200 名とする割付を行い、2023 年 3 月 18 日から 22 日の間に回答を収集した。

調査票には回答者の RV、球磨川流域の 3 つのダム政策 (荒瀬ダム撤去、瀬戸石ダム撤去、川辺川ダム建設) に対する支持、球磨川との関わり、政党支持、個人属性を尋ねる項目を盛り込んだ。RV については、RQ1 の検討のために、自然環境一般を対象とした RV と球磨川を対象とした RV の双方について尋ねた。

RV の抽象度や自然との距離による RV の平均値の差を確認した上で、3 つのダム政策に関する政策信念をそ

れぞれ従属変数、RV や球磨川との関わり、政党支持、個人属性を説明変数とする重回帰分析を行った。回帰モデルには RV と流域内居住者を表すダミー変数との交差項を投入し、対象となる自然との物理的距離に応じた RV と政策信念の関係性の違いを検討した。

3. 結果と考察

球磨川を対象とした RV については、流域外居住者が流域内居住者よりも低い平均値 ($p<0.001$) となった。このことから、対象となる自然との物理的距離が RV の価値づけに一定の影響を与えうることが示唆された。なお、自然一般を対象とした RV については、流域内居住者と流域外居住者の間に有意差は見られなかった。

重回帰分析の結果、球磨川 RV と自然一般 RV の双方ともに荒瀬ダム、瀬戸石ダム撤去については正、川辺川ダム建設については負に有意な関係があった。また、荒瀬ダム撤去支持を従属変数とするモデルにおいては、交差項が負に有意 ($p=0.037$) となり、流域内居住群では RV の限界効果が小さいことが示唆された。このことから、RV は政策信念と関連があるが、個別的な自然を対象とした場合、物理的な距離によって関係性が異なることが示唆される。

参考文献

- 1) Pratson, D. F., Adams, N., Gould, R. K. (2023) Relational values of nature in empirical research: A systematic review, *People and Nature*, Vol. 5, Issue 5, pp. 1464-1479
- 2) Tajima, Y., Saito, T., Dasgupta, R., Basu, M., Nishi, M., Hashimoto, S. (2025) Factors affecting relational values of nature: a case of the Nagara River, Japan, *Sustainability Science*, <https://doi.org/10.1007/s11625-025-01672-0>
- 3) Uehara, T., Sakurai, R., Hidaka, T. (2022) The importance of relational values in gaining people's support and promoting their involvement in social-ecological system management: A comparative analysis, *Frontiers in Marine Science*, Vol. 9, <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1001180>

キーワード 関係価値, 球磨川, ダム政策, 政策信念

ロジスティック回帰分析による日常生活における温暖化対策行動の要因分析

A Logistic Regression Analysis of Factors Influencing Global Warming Prevention Behaviors in Daily Life

関西大学 ○尾崎平, 早稲田大学 檀寛成, 関西大学 北詰恵一

1. はじめに

2050年カーボンニュートラル達成のためには、社会システムの変革とともに、市民の環境配慮行動の実践、行動変容も必要不可欠である。本研究では民生家庭部門の二酸化炭素排出量の削減のために市民アンケート調査を実施し、環境配慮的行動の規定因と「うちエコ診断」(環境省)¹⁾の中での日常生活における対策項目の実施の有無の関係をロジスティック回帰により分析し、対策項目毎の規定因について考察した。

2. 方法

アンケート調査の概要を表1に示す。環境配慮的行動の規定因は広瀬の研究²⁾より「リスク認知」「責任帰属認知」「対処有効性認知」「社会規範評価」「実行可能性評価」「便益費用評価」に加え、「知識」に関する設問を各3問ずつ設定した。環境配慮行動の実践については、環境省による「うちエコ診断」から日常生活における対策項目より15項目を抽出した(表2)。まず規定因に関する設問をもとに因子分析を行い、因子を抽出し、因子得点の平均値の高低で、因子毎に被験者を2群に分けた。ロジスティック解析の説明変数には、抽出された各因子と性別、年齢(40歳以上、未満の2群)を用いた。統計解析にはIBM SPSS Statistics 30.0.0を用いた。

3. 結果および考察

因子分析の結果、「リスク・責任帰属」「知識」「実行可能性」「便益費用」の4因子が抽出された。ロジスティック回帰分析の結果を表3に示す。有意確率が0.05未満の変数に「○」をつけている。その結果、リスク・責任帰属認知への働きかけが、多くの対策行動へと促すために重要であり、便益費用は有意な関係となる対策が少なかった。行動に対しては年齢が影響していることも再確認できた。また、対策行動により重要な因子は異なっており、4.節水シャワーヘッドを使う、7.なるべく公共交通を利用する、9.床に断熱シートを敷くのように、1つの規定因のみが影響しているものもあれば、13.省エネ型冷蔵庫にするのように3つの規定因が影響しているものもある。そのため、若年層に対するより積極的な啓

表1 アンケート調査の概要

時期	2023年12月1日(金)～4日(月)				
方法	Web アンケート(マクロミル社)				
総数・性別	総数		男性		女性
	517		257		260
年代別	20代	30代	40代	50代	60代以上
	101	104	104	104	104
対象	兵庫県尼崎市の市民				
主な質問項目	(i)地球温暖化に関する質問 (ii)日常的な対策行動に関する質問 (iii)市民属性				

表2 対象とした温暖化対策行動

1 LED照明に変更	9 床に断熱シートを敷く
2 不在部屋の照明を消す	10 冷蔵庫の設定を弱くする
3 シャワーを短くする	11 冷蔵庫の中身を詰めすぎない
4 節水シャワーヘッドを使う	12 食器洗いでお湯を減らす
5 エアコンのフィルターを掃除する	13 省エネ型冷蔵庫にする
6 近所は自転車や徒歩で歩く	14 温水便座の蓋を閉める
7 なるべく公共交通を利用する	15 温水便座の設定温度を下げる
8 省エネ型エアコンにする	

表3 ロジスティック回帰分析の結果

対策項目番号	4	7	9	12	5	3	1	2	6	14	10	15	13	8	11	計
リスク・責任	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	14
知識			○			○					○	○	○			5
実行可能性				○			○	○					○	○	○	6
便益費用									○							1
性別										○	○	○	○	○	○	5
年齢2区分					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	11
	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	

発を行うことと、対象とする対策行動別に、戦略的な働きかけを行うことが肝要である。

4. おわりに

本研究では、対策行動毎で、有意に影響する因子が異なることを明らかにした。今後、より精緻な分析と考察により行動変容に資する知見を明らかにする。なお、本研究は、関西大学教育研究高度化促進費の支援を受けた。

参考文献

- 1) 環境省：うちエコ診断|COOL CHOICE 未来のために-デコ活- <https://ondankataisaku.env.go.jp/coolchoice/uchieco-shindan/>, 2023年9月閲覧
- 2) 広瀬幸雄(1994)：環境配慮行動の規定因について，社会心理学研究, 10(1), pp.44-55.

キーワード カーボンニュートラル, 環境配慮行動, ロジスティック回帰分析

タイヤ凍結粉碎試料から溶出する添加剤由来化合物の同定と高速道路型集水桝に貯留する 雨水中の残留実態

Identification of additive-derived compounds leaching from cryo-milled tire tread and residue profiles in rainwater captured in expressway-type catch basins

○国末達也, 田上瑠美, 仲山 慶 (愛媛大学 先端研究院 沿岸環境科学研究センター)
鈴木 剛 (国立環境研究所 資源循環領域)

1. はじめに

近年, 自動車タイヤ等に添加されている老化防止剤 N-(1,3-dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine (6PPD) の変化体である 6PPD-quinone (6PPD-Q)が, 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り¹⁾, 大きな社会的関心事項となった。タイヤ粒子中の化学物質を実測した研究では, 加硫促進剤, 老化防止剤, 架橋剤などの添加剤だけでなく, 6PPD-Q 以外の変化体や不純物の存在も確認されている²⁾。しかしながら, そのようなタイヤ添加剤由来の化学物質における環境動態に関する知見は欠落している。

本研究グループは昨年, 凍結粉碎したタイヤ試料の溶出試験を実施し, 調製水中に溶出した化学物質をノンターゲット分析した。本研究では, 標準物質が入手可能なタイヤ添加剤由来の化合物を同定し, 高速道路型集水桝から採水した雨水中の残留実態を調査した。

2. 試料と方法

凍結粉碎したタイヤ試料(CMTT)は, 米国タイヤ製造者協会から入手した。溶出試験は, 100 mL の調製水に 0.1 g の CMTT を添加し, 40°C に設定 (夏場を想定) したインキュベーター内で 96 時間, 連続攪拌した。2024 年 5 月と 8 月に, 高速道路の高架下に設置されている簡易集水桝 6 ヲ所と油水分離桝 2 ヲ所から雨水を採水した。

溶出試験の濾液, もしくは濾過した雨水を固相抽出し, 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。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定性した。定性した中で, 標準物質が入手可能な化合物は, 保持時間の一致から同定を確定した。

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。標準物質との照合から, 31 種のタイヤ添加剤由来化合物を Confidence level 1 で同定した。

高速道路型集水桝に貯留する雨水からは, CMTT 溶出液で同定された 31 種の化合物の中で, 14 種の検出が認められた (表 1)。各化合物の検出強度は, 集水桝のタイプと採取場所・時期により異なる傾向を示した。興味深いことに, 同一の簡易桝で検出強度は 5 月より 8 月で高値を示し, 夏季に雨水へのタイヤ添加剤由来化合物の溶出量が多い可能性, そしてこれら物質が集水桝に一時的に滞留することが推察された。

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, 変化体, 集水桝

【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(JPMEERF20251002)の支援により実施した。

表 1. 集水桝に貯留する雨水から検出されたタイヤ添加剤由来化合物のピークエリア

Compound	ピークエリア (強度)										
	5 月					8 月					
	簡易1	簡易2	簡易3	油水分離1	油水分離2	簡易1	簡易2	簡易3	簡易4	簡易5	簡易6
Benzothiazole-2-sulfonic acid	52600	43711	42409		6871	219635	212029	207040	191890	234988	263512
1,3-Diphenylguanidine [DPG]	18793	21062	35365		7114	318120	276594	264029	263859	280598	398508
Dicyclohexylamine	3477	3041	4904	1351	4710	75677	70894	56396	118424	120416	171806
2-Aminobenzothiazole [2-NH2-BT]	5447	4725	6978		2240	28119	30732	27839	30945	29981	38992
Tetra(methoxymethyl)melamine [TMMM]	2349	2125	5424		3850	5147	7290	6640	6613	6378	22290
2-Hydroxybenzothiazole [2-OH-BTH]						17758	18638	19151	17387	17340	19579
Hexamethylolmelamine pentamethyl ether [HMPPE]					2768	8494	9289	8456	10073	9541	23438
Hexa(methoxymethyl)melamine [HMMM]	7479	6583	23354		35881	26751	29265	26399	39942	34591	122003
1,3-Diphenylurea						19793	17058	16419	17667	15122	23152
Diformylated HMMM			3009		5271	7312	5125	5105	7089	5688	24074
1-Cyclohexyl-3-phenyl-urea	4743	3217	7418		8990	72513	71207	56664	77243	75320	147316
1,3-Dicyclohexylurea	11610	8745	29360	4687	17988	122938	134413	95221	150927	127921	327856
N-Cyclohexyl-2-benzothiazolamine [NCBA]			4488						4854		9221
6PPD-quinone			11026		4234	4391	5538	3145	4276	4724	19146

製品中のデクロランプラス (DP) 分析法の検討 Study on the Analytical Method for Dechlorane Plus (DP) in Products

一般財団法人 三重県環境保全事業団 ○古川浩司, 後藤 恵, 前川実優, 岡田愛唯, 橋本 真

1. はじめ

塩素系難燃剤であるデクロランプラス (DP) は、ストックホルム条約第 11 回締約国会議において廃絶対象物質に指定され、今後、国内外においてその製造および使用が禁止される見込みである。しかし、現在、製品中の DP の公的な分析法は確立されていない。そこで本研究では、抽出溶媒の選定を中心に、製品中の DP 分析法の検討を行ったので報告する。

2. 検討方法

2.1. 抽出溶媒の検討

DP 抽出溶媒の最適化は、以下の手順で実施した。

予め、DP を含有したポリエチレン粉末 0.5 g に抽出溶媒 50 mL を加え、20 分間超音波抽出を行った。抽出後、 $^{13}\text{C}_{10}$ -anti-DP 標準液(^{13}C -DP)を添加した試験液を表 1 の GC/MS 条件で測定し、syn 体・anti 体を合算して DP 濃度を算出した。検討した抽出溶媒は、トルエン、ジクロロメタン、トルエン：ジクロロメタン (1:1)、ヘキサン、アセトン、メタノールの 6 種類である。

表 1 GC/MS 測定条件

GC/MS部	GC: アジレント製8890	MSD: アジレント製5977B
注入口温度、注入量	300°C, 1 μL (スプリットレス)	
分離カラム	Frontier LAB 社 Ultra ALLOY-PBDE (15 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.05 μm)	
昇温条件	60°C (1min) $\rightarrow$ 50°C/min $\rightarrow$ 200°C $\rightarrow$ 15°C/min $\rightarrow$ 330°C	
カラム流量	1.5 L/min (He)	
	DP 定量イオン: m/z 271.8 確認イオン: m/z 269.8	
SIM測定イオン	$^{13}\text{C}_{10}$ -anti-DP 定量イオン: m/z 278.8 確認イオン: m/z 280.8	
	4,4'-ジブロモオクタフルオロビフェニル 定量イオン: m/z 455.9	

2.2. 製品中の DP 分析法フロー及び添加回収試験

添加回収試験は、図 2 フローに従い実施した(n=5)。

具体的には、ポリプロピレンおよび PTFE 粉末 0.5g に最終濃度が 4 ppm となるよう DP 標準液を加え調整した。その後、抽出溶媒 50 mL を加えて 20 分間超音波抽出後、遠心分離を行い、上澄み 1 mL に ^{13}C -DP を添加し、固相カラム精製 (SI) を実施。精製後、内部標準物質 (4,4'-ジブロモオクタフルオロビフェニル) を添加し 1 mL に定容したものを試験液とした。得られた試験液は GC/MS 測定し、syn 体・anti 体の DP 濃度を合算して評価した。

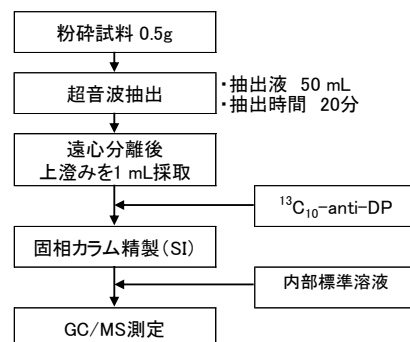


図 1 製品中 DP 分析フロー図

3. 結果と考察

3.1. 最適な抽出溶媒の検討結果

図 2 には、抽出した DP 濃度と抽出に使用した抽出溶媒の種類の関係を示した。この図から、最も DP 抽出濃度が高かった抽出溶媒は、ヘキサンであった。一方、メタノールのような極性溶媒を抽出溶媒に用いた場合、DP の抽出濃度が低くなることが分かった。

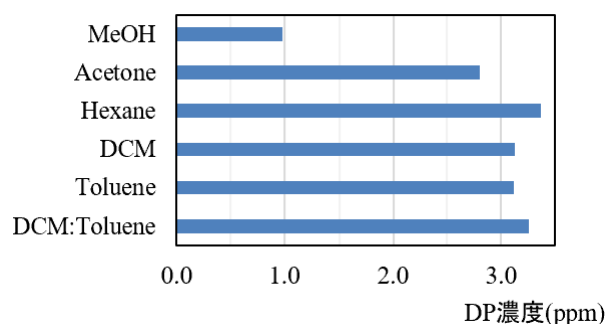


図 2 抽出溶媒による DP 抽出効率の比較

3.2. 添加回収試験の結果

添加回収試験では、抽出溶媒にヘキサンを用いた。

得られた DP 平均濃度は、ポリプロピレンが 3.26ppm (回収率:81.5%, RSD:2.4%)、PTFE が 3.27 ppm (回収率:81.8%, RSD:2.4%) であり、定量性と再現性が高い手法であることが示唆された。以上のことから、本分析法は、製品中の DP 定量分析に有効と考えられる。

キーワード 塩素系難燃剤・デクロランプラス・
第一種特定化学物質・GC/MS

高校教育における環境化学の位置づけと大学への接続

Positioning Environmental Chemistry in High School Education and Its Link to Higher Education

大妻女子大・社情環境 ○四ノ宮美保

1. はじめに

2015 年国連サミットで採択された「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」は、その中核である SDGs とともに国際社会において広く浸透し、環境教育の重要性が一層高まっている。このような状況の下、高等学校の学習指導要領が 2018 年（平成 30 年）に改訂され、理科の化学分野では、「化学基礎」に”化学物質が拓く世界”が、「化学」に”化学が果たす役割”が項目として新たに加わり、環境に関する内容がより明確に取り扱われるようになった¹⁾。

一方で化学物質の国際的な管理枠組みとして、2023 年に「化学物質に関するグローバル枠組み（GFC）」が採択された。GFC は、多様な部門かつ多様な主体によるライフサイクル全体を通じた化学物質管理の自主的な枠組みであり、文理を問わず環境化学の基礎的な知識や思考を体系的に学ぶことの重要性が増している。

このような状況に鑑み、高校における環境化学の位置づけを再考し、高等学校段階から大学初年次教育にかけての接続の在り方を検討する目的で、今後の大学初期教育における学修コンテンツについて考察した。

2. 研究方法

高等学校で新たに使用されている改訂学習指導要領に基づいた「化学基礎」（5 社 12 冊）と「化学」（5 社 8 冊）の検定教科書（2022 年度以降に入手）を対象として、環境に関連する記載の調査を行った。大学初期教育の内容については、国立総合大学 40 校の大学 HP から公開シラバス（教養科目相当の化学等）を検索し、環境化学に関連する事項について調査した。

3. 結果と考察

3.1. 高等学校検定教科書における「環境化学」

「化学基礎」においては、”化学物質が拓く世界”として浄水場の化学あるいは浄水場の科学技術を取り上げたものが 11 冊あった（表 1）。また、「化学」においては、”化学が果たす役割”や”化学の築く未来”として、地球環境あるいは持続可能な社会を支える化学について記載したものがあったが、「化学基礎」よりは教科書間で多様性が見られた。

3.2. 大学初期教育における「環境化学」の取扱い

公開シラバスにおける環境関連事項を高校教科書の記載と比較したところ、化学を中心とする科目では、両者に顕著な差異は認められなかった。一方、環境学関連の科目には、化学物質のリスクを扱うものもあった。今後、幅広い分野で理解が求められる化学物質の環境リスクについては、文系理系を問わず大学初期教育に取り入れることが望まれる。

表 1 「化学基礎」における環境化学の記述事項

事項	取扱い教科書の割合	事項	取扱い教科書の割合
燃料電池	12/12	SDGs	7/12
浄水場の化学・水道水	11/12	プラスチック問題・リサイクル	7/12
河川の中和	9/12	酸性雨	7/12
COD	9/12	バックテスト（簡易測定）	6/12
太陽電池	8/12	放射線（環境問題として）	3/12

4. まとめ

高校教育における環境化学の位置づけと大学への接続の在り方について検討したところ、化学関連の高校検定教科書と国立総合大学公開シラバス（初期教育での化学）の両者に大きな差異はなかった。社会的に重要な化学物質の環境リスクの概念や評価・管理については高等学校では取り扱われておらず、これらについては大学初期教育に追加する必要性が示唆された。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP22K02950 の助成を受けた。

参考文献

- 1) 文部科学省，高等学校学習指導要領（30 年告示），平成 30 年 3 月，112-117

キーワード 環境教育，高校化学，検定教科書，公開シラバス

水道水中のかび臭物質（ジェオスミン・2-MIB）の固相抽出-LC/MS/MS 分析法の検討
Development of solid-phase extraction-LC/MS/MS analytical method for geosmin and 2-MIB in drinking water

国立医薬品食品衛生研究所 ○小林憲弘，土屋裕子，内山奈穂子

1. 背景と目的

近年，ガスクロマトグラフのキャリアーガスとして用いるヘリウムガスの供給不足が続いており，代替の検査方法が必要となっている。そこで，本研究では，水道水中のかび臭物質（ジェオスミン，2-MIB）を固相抽出による前処理後に液体クロマトグラフ-質量分析計（LC-MS/MS）で測定する方法を検討し，その分析条件の最適化と，水道水を用いた妥当性評価を行った。

2. 方法

ジェオスミン，2-MIB およびジェオスミン-d₃（内部標準物質，IS）の標準液を用いて，モニターイオンの選択と分析条件の最適化を行った。

前処理方法は，船附ら（2024）の方法を参考とし，本研究で改良を加えた図1に示す手順で行った。検水 500 mL を流速 20 mL/min で固相カラムに通水し，精製水 10 mL を流した後，窒素ガスを通気し固相カラムを乾燥させた。固相カラムを逆方向に接続し，通水方向と逆からメタノール 1.5 mL を注入して2分間静置後，加圧してメタノールを押出し，約 1 mL を試験管に採った。これに窒素ガスを吹付け 0.5 mL に濃縮し，精製水を加えて 1 mL に定容し，試験溶液とした。

妥当性評価は，川崎市の水道水に，ジェオスミン・2-MIB をそれぞれ水質基準の 1/10（1 ng/L）および水質基準（10 ng/L）となるよう添加した試料を分析した。

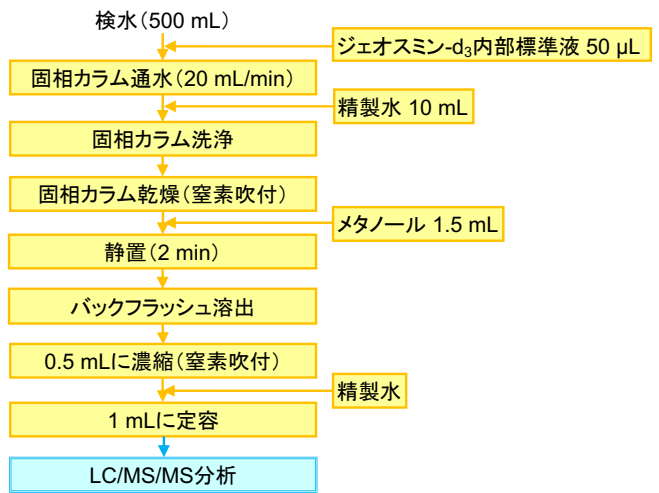


図1 前処理方法のフロー

固相カラムは Waters 社の Sep-Pak C18（疎水性の強いシリカベース固相），Sep-Pak PS-2（スチレンジビニルベンゼンポリマー固相），Oasis HLB（N 含有メタクリレート・スチレン・ジビニルベンゼンポリマー固相）の3種を用い，それぞれの回収率を比較した。

3. 結果と考察

3種の固相カラムを用いた水道水添加回収試験による真度（IS 補正前および IS 補正後）を表1に示す。Sep-Pak C18 は，いずれの物質の回収率も低く，1 ng/L 添加試料ではピークを検出できなかった。特に 2-MIB は，IS で回収率を補正しても良好な結果が得られなかった。Sep-Pak PS-2 は，いずれの物質の回収率も IS 補正前は 65～74%の範囲にあったが，IS で回収率を補正することにより 93%以上と良好な結果が得られた。Oasis HLB は，今回用いた3つの固相の中では最も回収率が良好であり，IS で回収率補正を行わなくても，いずれの物質も 70%以上の回収率が得られた。

適切な固相カラムを選択することで良好な結果が得られたことから，本分析法は水道水質検査の標準検査法として適用できる可能性があると考えられる。

表1 各固相カラムを用いた添加回収試験の真度（%）

固相	添加濃度 (ng/L)	ジェオスミン		2-MIB	
		IS 補正無	IS 補正有	IS 補正無	IS 補正有
C18	1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	10	28	104	4.5	21
PS-2	1	72	115	66	99
	10	74	105	65	93
HLB	1	83	96	77	103
	10	73	108	70	105

参考文献

1) 船附壮一ら（2024）液体クロマトグラフ質量分析法によるジェオスミン及び 2-メチルイソボルネオールの方法の検討. 水道協会雑誌 93, 2, 4-12.

キーワード ジェオスミン，2-MIB，水道水，LC/MS/MS

不飽和土壌中の揮発性有機化合物の自然浄化による浄化可能性の検討

Feasibility Study on the Remediation of Volatile Organic Compounds in Unsaturated Soils by Natural Remediation

横浜国立大学 大学院環境情報研究院 ○小林剛, 島生成, 鄭桐偉, 李京

1. はじめに

国内に、揮発性有機化合物(VOC)による土壌汚染地が3~4 万か所程度は潜在すると推定される。現在は、発覚すると汚染濃度レベルによらずに半数程度で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、社会に負荷を与えながら、とにかく速やかな基準達成が目指される場合も見られ社会課題となっている。高濃度汚染は早期の積極的な浄化が必要なことも多いが、基準の10 倍以内程度であれば、他のリスク共生(環境、経済、社会への影響を考慮した対策)の方が、持続可能であると考えられる。

本研究では、基準を数倍程度の低濃度不飽和汚染土壌中での揮発性有機化合物の挙動に注目し、“自然浄化”による浄化の可能性について検討することとした。

2. 方法

汚染物質の経年変化の予測計算では、今回はサイト毎に大きく異なる微生物分解は考慮せずに、気温(地温)および気圧変動による“土壌の呼吸”によって、どの程度、自然に浄化されるかを予測計算することとした。土壌間隙空気中では、フィックの法則による拡散と、ボイル・シャルルの法則による土壌間隙空気の膨張・収縮とを考慮し、土壌間隙空気膨張時は式(1)、収縮時は式(2)により推算した。土壌中の VOC 濃度変化は、地下水面から地表までの土壌を 0.01 m の段に区切り、土壌間隙気相中での拡散や空気の膨張・収縮、間隙水相への溶解、土壌固相への吸着による微小時間での物質移動式により算出した。地温と室内温度は、フーリエの法則による熱伝導を用いて外気温の変化から推算した。気温・大気圧変動のデータは 10 年間のアメダスデータ(東京都千代田区丸の内公園東京菅区気象台)を使用した。

$$\frac{V_h(C_{rj} - C_{rj-1})}{\Delta t} = (1 - A) \left(\frac{S \times D_e(C_{g,nj} - C_{rj})}{\Delta z + \Delta l} + \sum_{i=1}^n V_g \left(\frac{T_{s,i,j} P_{a,j-1}}{T_{s,i,j-1} \times P_{a,j}} - 1 \right) \frac{T_{s,n,j-1} P_{a,j}}{T_{s,n,j} \times P_{a,j-1}} C_{g,n,j-1} \right) - V_h \times R_v \times C_{rj} \quad (1)$$

$$\frac{V_h(C_{rj} - C_{rj-1})}{\Delta t} = (1 - A) \left(\frac{S \times D_e(C_{g,nj} - C_{rj})}{\Delta z + \Delta l} + \sum_{i=1}^n V_g \left(\frac{T_{s,i,j} P_{a,j-1}}{T_{s,i,j-1} \times P_{a,j}} - 1 \right) \frac{T_{r,j-1} P_{a,j}}{T_{r,j} \times P_{a,j-1}} C_{r,j-1} \right) - V_h \times R_v \times C_{rj} \quad (2)$$

D_e : 見かけの拡散係数[m²/d] C_{rj} : 室内濃度[mg/m³]
 S : 建屋床面積[m²] $C_{g,nj}$: 表層土壌の間隙気相濃度[mg/m³]
 Δz : 土壌一段の厚み[m] $P_{a,j}$: 大気圧[Pa]
 Δl : 建屋基礎の厚み[m] $T_{s,i,j}$: 表層土壌の地温[K]
 Δt : 時間間隔[d] $T_{r,j}$: 室内温度[K]
 V_h : 室内気積[m³] R_v : 室内換気率[1/d]
 A : 床面被覆率[-]

評価対象として、汚染物質は PCE、TCE、ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、キシレンを考え、いずれも深さ 0.5~1.5m にそれぞれ土壌溶出基準値の 10 倍の汚染源があり、深さ 10 m で濃度 0 mg/m³ となるよう直線的に濃度変化すると仮定し、土質は豊浦砂または黒ぼく土で均質、地下 10 m に帯水層があるとした。また地上には建屋(床面積 75 m²、室内天井高さ 2.4 m、建屋基礎厚み 0.15 m、床面被覆率 0.99、室内換気率 12 回/d)を想定した。

3. 結果・考察

土壌溶出基準を 10 倍超過した土壌汚染サイトで、10 年間の自然浄化(微生物分解は除く)による、VOC の土壌中残存率の計算結果の例を図 1 に示した。計算した 6 物質の中では、TCE が最も低減効果が大きく、黒ぼく土では土壌中残存率は最大でも 16% しか低減されなかったが、豊浦砂では 47% 低減された。ただし、最大濃度としては黒ぼく土で 1/2、豊浦砂では 1/3 の値となっており、基準の 2 倍程度の汚染であれば、10 年程度でも基準に近い数値まで浄化が進むことが確認できた。

このように、土壌の呼吸作用のみでも、低濃度で健康リスクが懸念されない汚染状況であれば、自然浄化は持続可能な対策の選択肢となり得る(k)とが想定された。

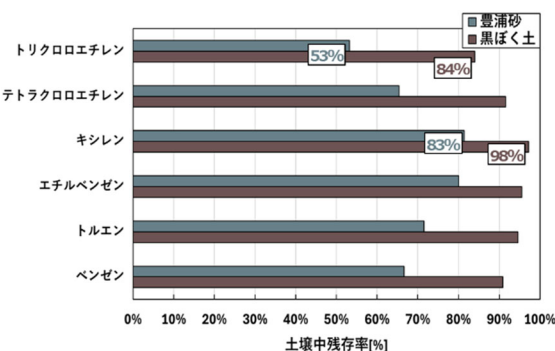


図 1 10 年後の土壌中 VOC の土壌中残存率の計算例
(深さ 0.5~1.5 m に土壌溶出基準の 10 倍の汚染を想定)

参考文献

1) 島生成・小林剛(2025) 不飽和土壌中の多様な揮発性有機化合物を対象とした気温・大気圧変動を考慮した解析と室内健康リスク評価, 第 59 回日本水環境学会年会講演集, p.437.

キーワード 揮発性有機化合物, 土壌汚染, 自然浄化, 持続可能性, リスク共生

貿易による産業別生産性変化が GHG 排出量に及ぼす影響

Impact of trade-induced industry-specific productivity changes on GHG emissions

北海道大学 ○赤堀弘和

1. はじめに

貿易は、経済活動の変化を通じて GHG 排出量にも影響を及ぼす。そのため、自由貿易協定（FTA）は、経済だけでなく環境にも影響を及ぼす。

応用一般均衡モデル（CGE モデル）を利用した FTA の事前影響評価において、新新貿易理論における企業の異質性（同一産業内に生産性の異なる様々な企業が存在すること）を考慮した分析とすると、貿易自由化は競争促進効果によって各産業の平均的生産性を上昇させる。しかしながら、こうした生産性への影響は産業の特性によって異なる効果を持つ可能性が高い（産業別異質性）。

本研究では、貿易自由化が生産性に及ぼす影響の大きさにおいて産業別異質性を考慮し、この産業別生産性の変化が温室効果ガス（GHG）排出量に及ぼす影響を明らかにする。

2. 既存研究

貿易と生産性の関係、特に貿易開放度（（輸出＋輸入）／GDP）と全要素生産性（Total Factor Productivity: TFP）の間には関連があることが計量経済学的分析に基づく複数の既存研究によって指摘されている。

また、それを CGE モデルによる FTA 効果の事前分析に取り入れた研究も存在する（Kikuchi et al, 2018 など）。

しかしながら、新新貿易理論において、貿易自由化による生産性上昇は貿易障壁の低下によって世界規模での競争にさらされるために生産性の低い企業が産業から退出することによって起こる、とされるため、たとえば農業のような比較的厚い保護がされている産業ではこういった効果が弱まり、生産性上昇が阻害されると予想される。すなわち、貿易開放度の変化が TFP に及ぼす影響は産業間で異質性が存在する可能性が高い。Abizadeh and Pandey (2009) はこの産業間の異質性について OECD 加盟国についての長期パネルデータを用いた分析によって明らかにしている。それによれば、経済全体としては貿易開放度の上昇は有意に TFP を上昇させる。一方、農業、製造業、サービス業の 3 つに分けて産業別に見た場合、サービス業の TFP のみが有意に影響を受けることを指摘している。このような産業別異質性の存在によって、FTA による GHG 排出量変化の計測結

果にはどのような影響が生じるのであろうか。

3. 分析方法

本研究では、FTA による温室効果ガス排出量への影響を、CGE モデル（GTAP モデル）を用いた分析によって明らかにする。また、FTA による貿易開放度の上昇が競争促進効果によって TFP に及ぼす影響²⁾をモデルに組み込む際、産業別異質性の存在を取り入れる。具体的には、Abizadeh and Pandey (2009) による推定結果を貿易開放度と TFP を関連付けるモデル式のパラメータとして援用し、①全産業の TFP が一律の影響を受ける場合、②サービス業の TFP のみが影響を受ける場合、の 2 つのシナリオの分析結果を比較することによって、産業別生産性変化が GHG 排出量に及ぼす影響への接近を試みる。

4. 分析結果

日中韓 FTA による GHG 排出量の計測結果を表 1 に示す。産業別異質性を考慮すると、GHG 排出量はやや小さくなることが示唆された。

表 1 日中韓 FTA による GHG の変化量（Mt CO₂ eq.）

	日本		韓国		中国	
	①	②	①	②	①	②
CO ₂	15.88	13.16	11.06	8.60	56.76	33.73
N ₂ O	0.12	0.08	0.31	0.26	4.75	4.74
CH ₄	0.12	0.10	0.52	0.44	8.11	6.09
F-gas	0.59	0.50	0.51	0.41	2.83	1.83
GHG	16.70	13.85	12.39	9.71	72.45	46.39

注) ①②はそれぞれシナリオ①、シナリオ②の結果であることを表す。

謝辞

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

参考文献

- 1) Abizadeh, S., and Pandey, M. (2009) Trade Openness, Structural Change and Total Factor Productivity, *International Economic Journal*, Vol. 23, No.4, 545–559.
- 2) Kikuchi, T., Yanagida, K., and 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

河川中の PFAS の濃度および残留性調査

Survey of the concentration and persistence of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in a river

岩手大学 ○石川奈緒, 山木柚希, 伊藤来夢, 横田拓海, 笹本誠, 鳴海貴之, 竹花和浩, 伊藤歩

1. はじめに

現在, 多種多様な有機フッ素化合物 (PFAS) が様々な用途で使用されており, 水域環境への拡散が報告されている。日本の水質基準では PFOS と PFOA が要監視項目であるが, 環境省は今後 PFHxS を含む 8 種類の PFAS を要検討項目に追加する予定である。一方で多種多様な PFAS の環境中挙動についての知見は未だ少ない。そこで本研究では, 岩手県内で下水処理水を受容する河川を調査対象とし, 当該河川数地点から採取した河川水について 25 種類の PFAS を分析し, 濃度や流下中の残留性について調査した。

2. 実験方法

2.1. 調査地点

調査地域と採水地点を図 1 に示す。岩手県一関市を流れる吸川の 1 地点, 磐井川の 3 地点で採水を行った。加えて, 一関浄化センターから排出される下水処理水 (放流水) を浄化センターから採取した。放流水は吸川下流部にある放流口から放流される。また, 各地点での採水時の流量または放流量 $Q[\text{m}^3/\text{s}]$ を把握した。各地点での PFAS 濃度 $C[\text{ng/L}]$ と Q を用いて負荷量 $L[\mu\text{g/s}]$ を求めた。

$$L = C \times Q \quad (1)$$

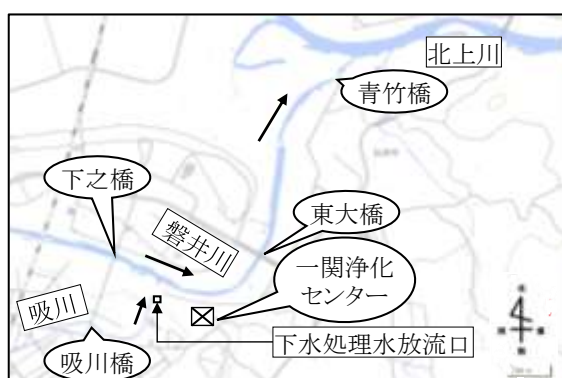


図 1 調査地域と採水地点 (吹き出し)
国土地理院地図 Vector で加工・作成

2.2. 分析方法

PFAS 標準品 (Agilent, PFS-533-NAS) に含まれる PFAS 25 物質を分析対象とし, 内部標準液 (PFS-533-IDS,

Agilent) を用いた内部標準法で分析を行った。採取した水試料をガラス繊維ろ紙 (Whatman, GF/C) でろ過し, そのろ液について Oasis WAX または Oasis HLB plus カートリッジ (Waters) を用いて固相抽出を行った。得られた溶出液中の PFAS 濃度を高速液体クロマトグラム-タンデム質量分析装置で分析した。

3. 実験結果と考察

3.1. 検出された PFAS の種類とその濃度

検出された物質は PFOA, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFNA の 6 種類であった。下水放流水から検出された物質は PFOA, PFBA, PFPeA, PFHxA の 4 種類であり, 濃度は $1.6 - 5.0 \text{ ng/L}$ の範囲であった。河川では吸川橋, 下之橋, 東大橋で 6 種類全てが検出されたが, 青竹橋では PFHpA と PFNA は不検出だった。

3.2. 負荷量を用いた残留性評価

結果の一例として図 2 に各地点の PFHxA の負荷量を示す。下水由来は少なく, 磐井川上流からの寄与が大きい。また, 磐井川を下流するにつれ負荷量が減少しており, 河川水からの消失が確認された。この理由については今後検討する必要がある。

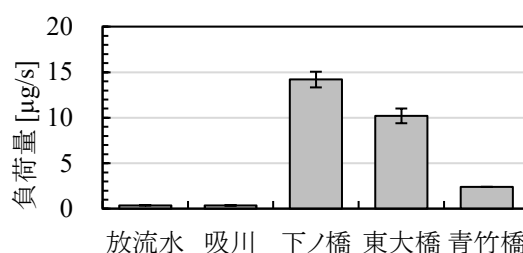


図 2 各地点の PFHxA の負荷量

謝辞

河川調査や下水処理水の採取では, 国土交通省東北地方整備局岩手河川国道事務所および岩手県県土整備部にご協力頂きました。ここに謝意を示します。

キーワード LC-MS/MS, 負荷量, 残留性

大学生の不用衣類の排出・リユース行動に影響する要因の検討

Factors Influencing on Clothing Disposal and Reuse Behavior of University Students

南山大学 ○前田洋枝

1. 問題

若い世代の衣類のリユース行動の先行研究は、例えば森他(2020)があるが、チャリティショップ等への寄付やアップレル企業等が店舗等に設置する不用衣類の回収ボックスへの持参は検討されていなかった。また、環境配慮行動は援助行動の一種とされることもあるが、援助規範や倫理的消費と衣類のリユース行動の関連は十分検討されているとは言えない。そこで、本研究では、大学生を対象に不用衣類の排出・リユース行動に寄付や回収ボックスへの持参なども含め、衣類に対する愛着や援助規範などの心理要因が及ぼす影響を検討した。

2. 方法

2.1. 調査対象者と手続き

愛知県内の2つの大学の大学生を対象とし、Google Formsを使用してオンライン調査を行なった。回答者187名に回答に不備はなく、全て有効回答とした。

2.2. 調査項目

本稿では、衣類の購入頻度（ファストファッション、古着、その他衣類）、衣類のイメージ（ファストファッション、古着）、衣類に対する愛着（普段着用衣類、退職衣類）、援助規範（箱井・高木(1987)の弱者救済規範と返済規範から各4項目）、倫理的消費の実行度、不用衣類の排出・リユース行動頻度、性別を分析対象とした。

3. 結果と考察

衣類の購入頻度、衣類のイメージ、衣類に対する愛着、援助規範、倫理的消費の実行度の尺度得点(衣類のイメージはファストファッション、古着とも価値的劣化と物理的劣化の各2因子)、性別(1を女性としたダミー変数)を説明変数、不用衣類の排出・リユースの各行動の実行度を基準変数とし、重回帰分析を行なった。

3.1. 廃棄に影響する要因

廃棄を基準変数とした重回帰分析では、性別($\beta=.224, p<.01$)が正の弱い影響、古着の購入頻度($\beta=-.153, p<.05$)と普段着用衣類に対する愛着($\beta=-.225, p<.05$)が弱い負の影響を与えていた。森他(2020)と同様に他者が不用と

した衣類を購入する経験を持つことが廃棄を抑制することが本研究においても言え、加えて普段着用している衣類への愛着も廃棄を抑制することが明らかになった。

3.2 リユース、リサイクル行動に影響する要因

フリマ等出品、リサイクルショップ持参、家族等譲渡、寄附、リメイク、回収ボックス持参という6つの行動に比較的共通して影響した要因は古着の購入頻度であり、寄付と回収ボックス持参以外の4つの行動に弱い正の影響(フリマ等出品 $\beta=.295, p<.01$ 、リサイクルショップ $\beta=.320, p<.01$ 、家族等譲渡 $\beta=.186, p<.05$ 、リメイク $\beta=.188, p<.05$)を与えていた。倫理的消費の実行度は、寄付($\beta=.369, p<.01$)と回収ボックスへの持参($\beta=.319, p<.01$)に弱い正の影響、リサイクルショップ持参($\beta=.180, p<.05$)とリメイク($\beta=.189, p<.05$)には弱い正の影響を与えていた。リサイクルショップ持参には普段着用する衣類に対する愛着($\beta=.182, p<.05$)も弱い正の影響を与えていた。リメイクには弱者救済規範($\beta=.242, p<.01$)が正の弱い影響、返済規範($\beta=-.262, p<.01$)が負の弱い影響も与えていた。回収ボックス持参はファストファッションの物理的な劣化($\beta=-.165, p<.05$)が弱い負の影響を与えていた。

本研究の結果は、 R^2 の値が低めという課題はあるが、従来のリユース行動(家族等への譲渡やリサイクルショップ持参)とは異なり、本研究で検討した要因の中では、倫理的消費の実行度のみが寄付や回収ボックス持参に影響した。使用後の寄付や回収ボックス持参も倫理的消費の一環と位置づけると行動を促進する可能性がある。注:本研究は2024年度南山大学総合政策学部前田ゼミ3年生のグループ研究の調査を再分析したものである。

参考文献

- 1) 箱井 英寿・高木 修 (1987) 援助規範意識の性別、年代、および、世代間の比較, 社会心理学研究, 3, 39-47.
- 2) 森 朋子・三ヶ尻 智晴・田崎 智宏 (2020) ネット型リユースの利用経験が不用衣服の排出行動に及ぼす影響, 廃棄物資源循環学会論文誌, 31, 13-24.

キーワード 倫理的消費, 愛着, 性差, 援助規範, リユース

子ども服の循環利用の取り組み：クリーニング業界と市民団体の事例から Circular Use of Children's Clothing: Case Studies from the Cleaning Industry and a Civic Group

国立環境研究所 ○吉田綾，三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 細井山豊，兼澤真吾，萩原理史，加山俊也

1. 背景・目的

近年、衣類の環境負荷が着目されており、特に子ども服は使用期間が短いことからリユースの必要性が高まっている。本報告では、2024 年度環境省モデル実証事業に採択されたゼンドラ株式会社（以下、ゼンドラ社）および特定非営利活動法人とよなか市民環境会議アジェンダ 21 の事例を通じて、使用済子ども服の回収・配布に関する取り組みとその効果・課題を検討した。

2. 方法

2024 年 9 月、事業申請した担当者からヒアリングを行った。ゼンドラ社は対面、とよなか市民環境会議アジェンダ 21 はオンラインで実施した。

3. 結果

3.1. ゼンドラ社の取り組みと課題

ゼンドラ社（東京都文京区）は、クリーニング業界の需要減少という事業的背景から、クリーニング店への来店促進策として衣類の回収を開始した。当初は回収のみであったが、その後子ども服のリユースに着目し、譲渡会を事業化した。同事業は、環境負荷の低減と子育て世代の家計負担軽減という社会課題の解決を目指している。

不要になった子ども服は、クリーニング店や商業施設（イベント開催時に 1 か月前から回収開始）で回収される。回収された子ども服は富山県の就労継続支援 B 型施設で仕分け・畳み作業が行われ、福祉的課題の解決（施設利用者の仕事確保と報酬支払い）にも貢献している。リユースに適さなかった衣類は、提携企業を通じて海外でのリユース（カザフスタン、マレーシア）またはマテリアルリサイクルに回されるため、廃棄はゼロである。

譲渡会の開催回数が増えるにつれて、回収された衣類の保管スペースが不足したため、倉庫拠点を新設した。物品の移送距離を減らすため、各地の主要都市に拠点構築を模索している。

課題として、回収される衣類の品質は様々であり、

譲渡可否の判断が属人的になりがちである。イベント開催には最低限のスタッフが必要であり、社員数が少ない中で効率的な運営が求められている。慈善事業ではなく、事業として自立し収益を上げていくモデルを目指しており、多数の信用金庫や駅ビル、アミューズメント・レジャー施設、住宅展示場など、集客イベントとして広がりを見せている。

3.2. とよなか市民環境会議アジェンダ 21 の取り組み

豊中市の職員が、ごみ収集以外の業務を実施する取り組みを作る必要があり、2016 年に公立こども園で子ども服の回収、市のイベントで無料配布を開始した。しかし、新型コロナウイルスでイベントが開催できなくなり、衣類保管に課題が出てきた。そこで 2021 年、市のアーバンイノベーション事業の一つとして、市民団体が中古衣類の配布を請負い、服はハンガーにかけ常設しておく人員をかけない方式で配布を実施した。しかし、常設拠点の管理運営者の不足や、子ども服のサイズの需給のミスマッチ（100cm 以下の服が多く、大きいサイズの服が足りない）という課題が残った。

そこで、環境省令和 6 年度使用済衣類回収のシステム構築に関するモデル実証事業である「おゆずりぐるり」では、常設拠点の拡充、スーパーや小学校に回収 BOX を置いて大きめの服を回収、常設拠点で服の在庫管理や SNS で取り組みの発信を行うコーディネーターの育成を主に行った。

4. 考察・結論

スペースの確保と管理、品質管理と人員配置が挙げられる。無償で回収・譲渡を行うリユース事業は収入がないため、持続可能に事業を継続することが課題である。現在は子ども服に限定しているが、大人服やその他衣類、靴、バッグ、おもちゃなどの回収要請も多い。しかし、衛生的に扱いにくい品目の回収は、現状では対応が困難となっている。特に「専ら物」の解釈が自治体ごとに異なることも課題である。

キーワード 衣類回収，社会的価値，評価

脱炭素化経営に関する企業意識調査 - 地中熱・再エネ熱普及方法論研究の一環として - Corporate awareness survey on decarbonizing management in business - as part of research on methodology of promoting renewable heat including shallow geothermal -

産業技術総合研究所 ○富樫聡，島田佑太郎

1. はじめに

多くの長所を有する地中熱利用システムではあるが、欧米各国に比べると依然として普及がすすんでいない。国内の年間設置件数は、近年では最盛期の 1/3 程度に落ち込み、普及が頭打ち状態にある。

著者らは、地中熱の更なる普及拡大を図るための方法論研究の一環として、地中熱および再エネ熱（太陽熱、木質バイオマス熱、雪氷熱等）の大口ユーザーとして期待される東証プライム市場上場企業を対象とし、意識調査を実施した。本報にて調査結果の一部を報告する。

2. 脱炭素化経営に関する企業意識調査

2.1. 調査の目的・対象者・調査項目

本調査の目的は、「脱炭素経営に関する企業意識の把握」と「地中熱普及シナリオの方向性の把握」である。なお、本調査は、企業の脱炭素に向けた取り組みの実態と地中熱利用システムの導入可能性の2側面に重点を置いて実施された。調査の対象者は、東証プライム市場上場企業に所属し、かつ予算決裁権を有する51名であり、無記名のwebアンケート方式で実施した。企業規模は年間売上高5000億円超が約6割で、回答者は経営層・役員～部長クラスが多かった。調査項目は表1に示す13項目で行った。この他、クロス集計用に回答者属性（8項目）についても回答を得ている。

2.2. 調査結果

調査結果より、脱炭素に向けて8割以上の企業が省エネ性向上を目的とした施設の高断熱化・LED照明・高効率空調等の導入を行っていることがわかった。また、再エネの中では太陽光発電が最も利用され、その利用用途の多くが自社施設への電力供給という回答であった。

再エネ活用の狙いとしては、5割以上の企業が、自社イメージ改善、消費者・クライアントニーズへの対応と回答した。さらに、企業として対応を重視するリスクと機会については、6割を超える企業が「評判リスク」や「政策・法規制リスク」を重要なリスクと捉えていることが明らかとなった。

投資回収年数は、6～10年での投資回収を見込んでい

る企業が最も多く（37%）、76%の企業が15年以内の回収を見込んでいる。ただし、環境投資の観点より投資回収を見込まないとする回答も1割強あった。

再エネ熱は他の再エネ発電技術に比べて今後の導入余地・意欲が高いことも明らかとなった。地中熱に関しては、そのメリットが正しく理解されれば興味を持つ企業はより増加する可能性があること、導入検討においてはコストを前提とするものの最終的な導入判断には環境への貢献が重要指標となること等が示唆された。なお、クロス集計の結果、投資回収期間を比較的長期（6年以上）で見込む企業群は、地中熱利用システムの導入に前向きな傾向が示された。

表1 web アンケート調査項目

Q1	脱炭素に向けた取り組みとして、所属している（所属していた）企業で行っていることを教えてください。
Q2	現在（または過去に所属していた企業で）どのような再生可能エネルギー利用設備を自社として保有し、どのような用途で利用していますか。
Q3	調達（購入）した再生可能エネルギー由来電力を企業として何に使っているか（または使っていたか）すべて教えてください。
Q4	脱炭素に向けた取り組みにおいて、再生可能エネルギー活用の狙いとして当てはまるものを教えてください。
Q5	気候変動に伴う経営環境を取り巻く「リスクと機会」として、所属企業（または過去に所属していた企業）ではどのリスク・機会への対応を重視します（しました）か。
Q6	脱炭素に向けた取り組みを実施するにあたって、何年後に投資したコストの回収を見込んでいるか教えてください。
Q7	脱炭素に関する施策検討の背景として、対応を迫られていた法規制や業界団体のガイドライン等の具体的な名前を教えてください。
Q8	今後新たに、もしくは引き続き脱炭素の取り組みとして導入を検討することがあれば教えてください。
Q9	脱炭素に向けた取り組みにおいて、今まで検討していなかったが、今後新たに加わってきそうな狙いがありますか。
Q10	地中熱利用システムという技術を知っているか、また導入を検討しているか教えてください。
Q11	地中熱利用システムの説明を読んだ上で導入したいと思ったかどうか教えてください。
Q12	地中熱利用システムの導入を検討する場合なにが狙いになるか、教えてください。
Q13	どのような事が明らかになれば、今後さらなる地中熱利用システムの導入を検討できるかを教えてください。

※Q6・10・11は単一選択式、Q7は記述式、その他は複数選択式

3. 今後の予定

今後、本調査結果の分析を行い、地中熱・再エネ熱の戦略的普及シナリオの構築を進める予定である。

キーワード 地中熱，再エネ熱，脱炭素経営，方法論

水俣湾周辺地区住民健康調査を用いた水俣病(疑い)の同定に関する研究 A Study on Identification of Persons Suspected of having Minamata Disease Based on Data from the Minamata Bay Area Resident Health Survey

横浜国大・理工 ○西村康希, 横浜国大・環境情報 栗原大和, 中井里史

1. はじめに

水俣湾周辺地区住民健康調査データを用いて、どのような症状等のある人が、水俣病の認定申請を推奨された(以下、水俣病患者(疑い)と呼ぶ)のかを調べている¹⁾²⁾。本稿では、どれくらいの同定が見込めるかの検討として実施した多重ロジスティック回帰分析を用いた検討結果を報告する。本研究は、横浜国立大学人を対象とする生命科学・医学系研究倫理専門委員会の承認を受けた(人医-2022-9)。

2. 方法

1971年に熊本県は水俣湾周辺地域の魚介類を多量に摂取したと思われる地域の住民を対象にしたアンケート調査(第一次検診)を行った。第一次検診受診者のうち、別途定められた基準を満たした人が第二次検診対象者として抽出され、今日では第二次検診対象者の第一次検診だけが第一次検診データとして残っている。水俣病患者(疑い)は第三次検診にて水俣病の認定申請を推奨された人を指しており、健康調査を通じて水俣病患者(疑い)ではないと判断された人と第二次検診又は第三次検診を受けてない人をまとめて本研究では水俣病患者(疑い)ではないとしている。なお第二次検診データは空白が多く見られたことから、今回の解析には用いていない。

本研究にて解析に使用した変数は、居住市町(対照地区の苓北町を除く)、性別、年齢、職業、42の質問からなる種々の自覚症状等とした。解析の際、職業(10種)を(漁業、その他)、症状に関する質問では(イイエ、軽、ヒドイ)を(イイエ、ハイ)、この10~20年、魚介類を食べたか(4択)を(毎日、その他)で二値化して用いた。解析で用いる変数の検討として、しびれに関する質問項目の割合(0.078)と同等以上、かつ水俣病患者(疑い)と関連があると考えられる質問を抽出した。

その結果、12の健康状態の質問(感覚障害[しびれ等]や運動失調、視野狭窄等)と飼猫の狂死、家族内の水俣病患者の有無の14の質問項目が抽出され、これらの項目と居住市町、年齢、職業、性別の18変数を独立変数とした。ステップワイズ法による多重ロジスティック回帰分析を行い、感度+(1-特異度)が最大となる結果を採用した。

解析には統計ソフト JMP Pro 17 を用いた。

3. 結果・考察

表1に同定結果を示す。真陽性者が384人、真陰性者が7141人、偽陽性者が2886人、偽陰性者が122人となり、感度は0.76、特異度は0.71、AUCは0.796であった。

感度、特異度はどちらも比較的に高い値となり、ある程度まで水俣病患者(疑い)を同定することができたが、偽陽性者数が多く、同定・予測という観点からするとさらなる精度向上が必要であると考えられる。なお、異なる変数セットを用いて他のモデルの検討も行ったが、本結果と同様の結果が得られた。

表1 本研究での同定結果

	水俣病患者(疑い)		
	Yes	No	合計
モデル陽性	384	2886	3270
モデル陰性	122	7141	7263
合計	506	10027	10533

感度 0.76

特異度 0.71

4. まとめ

ロジスティック回帰分析を用いた検討をおこなったが、比較的良好な同定結果は得られたものの、使用データの制約などがあったため、十分な結果が得られたとは言い難い。

そのため、ロジスティック回帰とは別観点からの分類を検討するために実施した分類基準作成の試行結果についても報告する。

本研究は、環境省「重金属等による健康影響に関する総合的研究(水俣病に関する総合的研究)」の助成を受けた。

参考文献

- 1) 有明海・八代海沿岸地域および水俣湾周辺住民健康調査解析班、熊本大学医学部有明海・八代海沿岸地域および水俣湾周辺住民健康調査解析報告書、1977、103-185
- 2) 栗原大和 他、八代海沿岸地域の水俣病発症リスク評価に資する住民健康調査データの予備的解析、環境科学会2023年会、P-07、2023

キーワード 水俣病、住民健康調査、ステップワイズロジスティック回帰、分類基準

日本の各地域における大気汚染物質の長期的な削減に関する評価：
汚染物質の地域間移動の動態を考慮した政策シミュレーション分析
Cost-effective strategies for long-term reduction of air pollutants in Japanese subnational regions:
An economic modeling analysis integrating the interregional dynamics of pollution transport

東京大学 ○成田大樹，環境創生科学研究所 小松英司，日本自動車研究所 森川多津子，
日本自動車研究所 早崎将光，広島大学 山田大地

1. はじめに

東アジア諸国では過去数十年で高い経済成長を遂げた一方で、地域内の大気汚染レベルと二酸化炭素排出量も同様に急増してきた。その結果、現在、世界全体の二酸化炭素排出量の相当部分が東アジアの経済活動に起因している。

本研究では、大気汚染物質の削減措置のコスト効果分析モデル (Cost-Effectiveness Analysis Model, CEAM) を開発し、汚染物質の地域間移動を推定できる大気輸送モデルの CMAQ モデル (Community Multiscale Air Quality Model) と併用することで、その削減措置の限界コストに基づいて評価を行い、日本と東アジアの都市部における清潔な空気の実現に向けた政策を分析した。

2. 結果と考察

一例として、関東圏の排出削減に関する分析結果を示す (表 1)。コスト効果を考慮した場合と考慮しない場合で、削減効率に 10 倍の差があることが示された。

同様な政策シミュレーションを日本全国を対象として実施した結果、CEAM 及び CMAQ で推定された合理的に利用可能な制御技術を実施しても、2021 年の WHO ガイドラインで設定された汚染基準値を日本において達成することは不可能であることが示された。これは、最大技術的に実現可能な削減措置 (Maximum Technically Feasible Reduction measures, MTRFs) の導入と、東アジアの隣国からの越境汚染輸送の削減が追加的に必要であることを示している。

大気汚染物質に対する MTRF は、大規模な温室効果ガス (GHG) 削減をもたらす可能性があるが、非常にコストがかかる。本研究では、GHG の長期目標達成に向けた政策と清潔な空気の実現との関連性を考慮した分析手法を開発した。両目標に対応する最適対策を見つけることで、GHG 削減と大気汚染削減の相乗効果戦略を見出すことができる。

最後に、開発した手法を用いて日本および東アジア諸国を対象に政策シミュレーションを実施し、本研究にお

いて東アジア地域におけるコベネフィット政策の枠組みについて考察する。

表 1：即時導入が可能な削減技術 (RACT) の導入を前提とした、2018 年ベースでの関東圏における年間基準値達成のために必要な追加対策費用の合計額。ケース 1 の経済的規制手法としては、排出権取引、排出賦課金 (環境税) 及び小規模排出源の削減補助金の導入を想定。ケース 3 は、排出総量規制を大規模排出源に課し、それ以外の対象物質 (PM_{2.5}, SO_x, NO_x) の排出に関して排出権取引市場を導入した場合。

削減 排出 物質	ケース 1： 経済的規制手法 を用いて対策費 用を最小化した 場合		ケース 2： 直接的規制手法 により各排出源、 各成分を一律削 減した場合		ケース 3： 排出総量規制 (大 規模排出源) と排 出権取引により 削減した場合	
	削減 量	削減費 用	削減 量	削減費 用	削減 量	削減費 用
	トン ／年	百万円 ／年	トン ／年	百万円 ／年	トン ／年	百万円 ／年
PM _{2.5}	1,338	289	869	305	717	285
NO _x	27,737	1,366	28,739	2,004	34,810	2,585
SO _x	0	0	29,450	14,233	1,157	136
合計	29,075	1,655	59,058	16,543	36,684	3,007

ケース 3 の「大規模排出源」とは、それぞれの物質ごとに定義しており、具体的には以下を表す。PM_{2.5}: 電気業、鉄鋼業・高炉事業所、化学工業、石油製品・石炭製品製造業、窯業・セメント業、産業廃棄物処理施設
NO_x: 電気業、鉄鋼業・高炉事業所、窯業・セメント業、化学工業、石油製品・石炭製品製造業、産業廃棄物処理施設、鉄鋼業 (高炉以外)
SO_x: 電気業、鉄鋼業・高炉事業所、化学工業、石油製品・石炭製品製造業、産業廃棄物処理施設、窯業・セメント業

キーワード 大気環境基準，温室効果ガス削減長期目標，費用対効果分析，政策シミュレーション

都市域における統合的エリアエネルギーマネジメントモデルの開発 Development of a Comprehensive Area Energy Management Model in Urban Areas

国立環境研究所 ○平野勇二郎, 東京大学 吉田崇紘, 統計数理研究所 村上大輔,
神戸大学 瀬谷 創, 慶應義塾大学 山形与志樹

1. はじめに

カーボンニュートラル実現に向けて再生可能エネルギー（再エネ）の大量導入と、その際の需給バランス調整が重要課題である。とくに地域経済活性化や地域の災害レジリエンス向上といったコベネフィットは地域における導入のインセンティブとして重要であるため、著者らはエネルギー地産地消を支援する計画・評価手法の開発を進めている。その一環として、本稿では著者らが開発中のエリアエネルギーマネジメントの統合シミュレーションモデルにより各種のエネルギーマネジメント技術の導入を想定したシミュレーションを行った結果を紹介する。

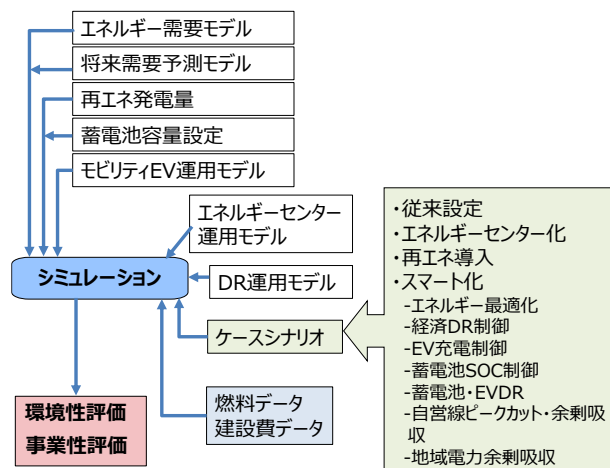


図1 本研究の評価手法

2. エリアエネルギーシミュレーション手法

本研究において開発中の統合シミュレーションモデルは、従前にプロトタイプを構築した地域エネルギー計画・評価システム²⁾をベースとし、開発中の地域エネルギーマネジメントのサブモデル³⁾等を実装することにより実現する。これにより想定したエネルギー需要や気象条件に基づき、再エネ導入およびEVや蓄電池を活用した充放電、デマンドレスポンスの効果などを算定する。計算フローを図1に示す。

3. 計算結果

本研究ではテストサイトとして日本橋地域を設定し、再エネや各種のエリアエネルギーマネジメント技術の導入を想定したシミュレーションを行った。評価対象シナリオとして前報³⁾と同様に「従来設備

(BaU)」、「再エネ導入およびEV化」、「スマート制御」の3ケースを想定した。結果の例を図2に示す。この図から、本研究のシナリオでは「再エネ導入およびEV化」により大きなCO₂削減効果が得られている。ただし、これらの結果は設定したシナリオに依存するため一般性があるとは言えず、あくまで結果の一例を示すものである。しかしながら、想定したシナリオに対して効果を定量化する手法を構築したことには大きな意義があると考えており、今後さらに評価事例を増やして知見を一般化していく予定である。

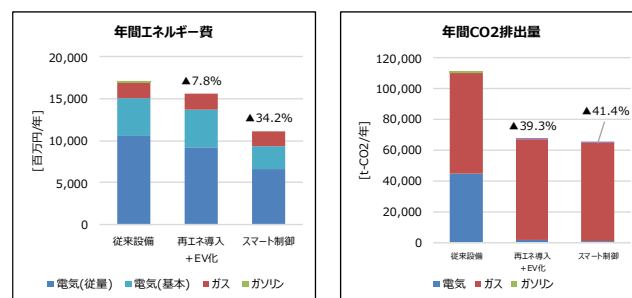


図2 計算結果の例

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（SIP）第3期「スマートエネルギーマネジメントシステムの構築（JPJ012207）」（研究推進法人：JST）、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 JPJ010039、および日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究（B）23H01546によって実施されました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 平野勇二郎ほか（2024）、環境共生、40-2, pp.162-171.
- 2) Hirano, et al.(2025) Energy and Buildings, 332-1, 115450
- 3) Hirano, et al.(2025) Energy Proceedings, 53.
<https://doi.org/10.46855/energy-proceedings-11512>

キーワード エネルギー地産地消, エネルギーマネジメント, 脱炭素地域づくり

集水域に着目した土砂災害の動的リスク予測による警戒情報の精緻化 Refinement of Landslide Warning Information Using Watershed-based Dynamic Risk Prediction

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. 研究背景と目的

土砂災害は、地形・地質・土壌等の素因と降雨・地震動等の誘因の相互作用により発生する。現行の警戒情報は誘因に基づく判断により空振りが頻発し、適中率は4%に留まる。既往研究では、素因・誘因を考慮するものの、行政境界やメッシュを基準とした静的解析が主流であり、水文プロセスの連続性が分断されている。本研究では、田中ほか(2024)¹⁾を発展させ、降雨の浸透・流出過程や土砂輸送の連続性を反映する集水域を解析単位とし、機械学習により土砂災害発生確率を予測し、誘因の時空間変化を考慮した動的リスク予測を実現する。また、説明可能 AI を用いて相互作用を可視化し、素因・誘因の寄与度と予測根拠の明確化を図る。

2. 研究手法

平成30年7月豪雨時の広島県を対象に、標高から水文解析によって52の集水域に分割し、集水域別に独立したロジスティック回帰モデルを構築した(図1)。特徴量には19個の素因に加え、250mメッシュ1分間隔で配信されているXRAINと、3段タンクモデルにより算出したXRAIN SWI(土壌雨量指数)を誘因として採用した。高解像度の降雨量データにより短期間の降雨変化と土壌水分動態を反映し、動的予測の精緻化を図った。

$$\sigma(z) = \frac{1}{1 + \exp\{-(\beta_0 + \sum_{i=1}^n x_i \beta_i)\}} \quad \dots (1)$$

ここで、 $\sigma(z)$ は発生確率、 β_0 は切片、 x_i は特徴量値、 β_i は偏回帰係数、 n は特徴量数である。モデルの解釈性向上には特徴量の確率値への貢献度を分析可能なSHAPを導入し、集水域全域とメッシュ毎の両方から評価した。

3. 結果と考察

集水域別の発生確率分布図と特徴量の寄与度を図2に示す。古河川流域(図2(a))では、実際の発生ポイントと高発生確率メッシュとの空間的一致度が高く、発生確率80%以上のメッシュは622個(流域の16.1%)を占めていた。河川メッシュの発生確率は0%を示し、河川兩岸100m以内で高発生確率メッシュが集中する分布パターンが見られた。図2(b)より、地形位置指数、標高、市街地等、NDVIの寄与度が高く、発生確率に対して負

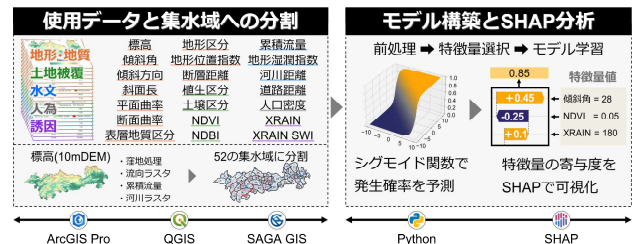


図1 本研究の解析フロー

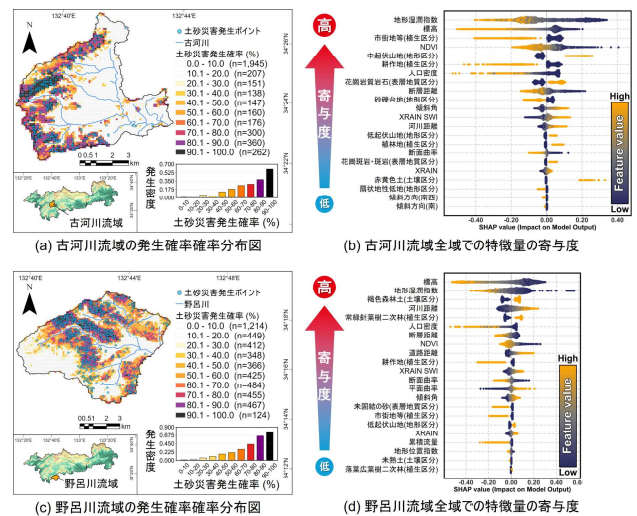


図2 集水域別の発生確率分布図と特徴量の寄与度

の影響を与えていた。野呂川流域(図2(c))でも類似の分布パターンを確認したものの、図2(d)では標高、地形湿潤指数、褐色森林土の寄与度が高くなっていった。この結果は、古河川流域では地形・人為要因が、野呂川流域では土地被覆・水文要因がそれぞれ卓越し、流域の固有特性に応じた発生メカニズムの妥当性を裏付けている。

豪雨期間内の動的リスク予測では、最大降雨強度記録時刻から10時間経過した2018年7月7日6時に高発生確率メッシュが多く確認された。この時間遅延は降雨浸透による間隙水圧上昇の物理過程を反映しているものの、既存の警戒情報との時間的乖離が認められ、実用化に向けた更なる検証が必要である。

1) 田中優也・後藤真太郎(2024)素因と誘因を考慮した土砂災害発生確率モデルと深層学習を併用した被災箇所早期検知モデルに関する研究, 写真測量とリモートセンシング, 63, 54-68

キーワード 土砂災害, 集水域, 素因・誘因, 機械学習

大阪湾のスナメリに対する海洋プラスチックと餌生物を介した PAHs 曝露量の推定 : POPs との比較解析

Estimation and comparison of exposure amounts of PAHs and POPs via marine plastics and prey organisms to finless porpoises (*Neophocaena asiaeorientalis*) inhabiting Osaka Bay

○須之内 朋哉, 国末 達也 (愛媛大学・先端研究院・沿岸環境科学研究センター)

1. はじめに

多環芳香族炭化水素 (PAHs) は化石燃料の不完全燃焼により非意図的に生成され、原油中に存在することが知られている。PAHs は魚類からの検出が報告されており¹⁾、ダイオキシン様の毒性を示すことから²⁾、依然として学術的・社会的関心が高い環境汚染物質となっている。近年、海洋プラスチック (MP) は PAHs など疎水性化学物質のキャリアになることが問題視されており³⁾、誤飲等により微細化された MP を取り込むことで、吸着化学物質の曝露とそのリスクが危惧されている。MP の取込による環境汚染物質の体内移行 (ベクター効果) を評価する研究は実施されているが、そのほとんどが実環境条件を反映していないことに加え、主要な曝露源である餌生物との比較 (寄与率) も評価されていない。本研究では大阪湾をフィールドとし、餌生物と MP を分析することでスナメリに対する PAHs の曝露量と寄与率を推定し、既に分析している残留性有機汚染物質 (POPs) との比較解析を試みた。

2. 試料と方法

大阪湾に生息するスナメリの胃内容情報 (unpublished data) を基に、餌生物 (アジ・コウイカ・ケンサキイカ・サルエビ) を大阪湾で採取した。また、スナメリが目視観測される関西空港付近の沿岸から MP (polyethylene [PE]・polystyrene [PS]) を採集した。MP と餌生物は既法⁴⁾に従い、抽出・精製・分画した後、得られた最終溶液をガスクロマトグラフィー質量分析計で定性・定量した。

餌生物と MP を介したスナメリに対する PAHs および POPs の曝露量と寄与率は、次式により算出した。

餌生物を介した推定1日曝露量_(ng)

$$= \sum (\text{餌生物から検出されたPAHs・POPs濃度}_{(\text{ng/g})} \times \text{胃内容組成割合}_{(\%)}) \times \text{一日摂取量}_{(\text{g})} \dots \textcircled{1}$$

MPを介した推定1日曝露量_(ng)

$$= \text{MPから検出されたPAHs・POPs濃度}_{(\text{ng/mm}^2 \text{ [PE] or ng/g [PS]})} \times \text{スナメリの胃内容から見つかったMP}_{(\text{mm}^2 \text{ [PE] or g [PS]})} \dots \textcircled{2} \quad \text{※1日の取込量と仮定}$$

$$\text{推定1日曝露量におけるMPの寄与率}_{(\%)} = \frac{\textcircled{2}}{\textcircled{1} + \textcircled{2}} \times 100$$

3. 結果と考察

分析した餌生物と MP から polychlorinated biphenyls (PCBs), dichlorodiphenyltrichloroethane and its metabolites (DDTs), chlordanes (CHLs), dieldrin, chlorobenzenes (CBz), hexachlorocyclohexanes (HCHs) などの POPs に加え、PAHs の検出が確認された。前述した式により PAHs と POPs の推定一日曝露量を算出した結果、POPs は餌生物で極めて高値を示した一方、PAHs は MP と餌生物で曝露量が近似していることが判明した (Fig. 1)。興味深いことに PAHs の中で、Benz[a]anthracene (BaA), Benzo[b,k,j]fluoranthene (BbF/BkF/BjF), Benzo[e]pyrene (BeP), Indeno[1,2,3-cd]pyrene (IDP), Benzo[g]perylene (BgP) は MP からのみ検出が認められた。これらの PAHs は 4~7 員環を有し粒子吸着性が高いため、浮遊粒子物質 (SPM) に吸着・沈降しやすく⁵⁾、分子量が大きいため、生物利用能が低いことも指摘されている⁶⁾。そのため、本研究で分析に供試した遊泳性の餌生物には蓄積しない一方で、MP には迅速に吸着したものと推察された。本研究結果から、大阪湾に生息するスナメリに関しては、MP の取込による 4~7 員環 PAHs の曝露負荷は無視できないものと考えられた。

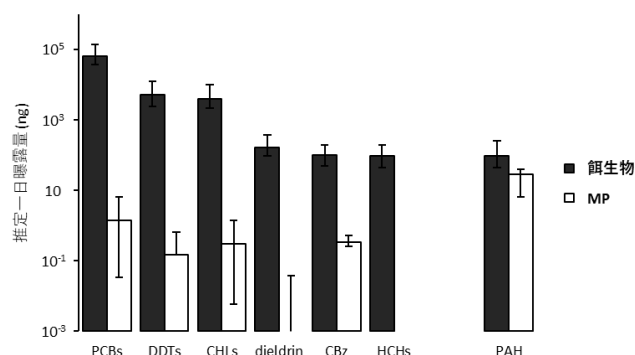


Fig.1. MP と餌生物を介した PAHs・POPs の推定一日曝露量

参考文献

- 1) Nakata et al., (2003), *Environ. Sci. Technol.*, 37, 3513-3521
- 2) Clemons et al., (1998), *Environ. Sci. Technol.*, 32, 1853-1860
- 3) Rochman et al., (2013), *Environ. Sci. Technol.*, 47, 1646-1654
- 4) Kunisue et al., (2021), *Chemosphere*, 269, 129401
- 5) Baumard et al., (1998), *Environ. Toxicol. Chem.*, 17, 765-776
- 6) Zhao et al., (2014), *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 17, 323-331

キーワード：スナメリ, MP, PAHs, POPs, 大阪湾

養殖スマを対象とした水銀・PCBs 蓄積に関与する要因分析

Analysis of factors involved in accumulation of mercury and polychlorinated biphenyls in cultivated eastern little tuna (*Euthynnus affinis*)

○須之内朋哉¹, 斎藤大樹², 後藤理恵², 国末達也¹ (¹ 愛媛大・先研院・沿環科研セ, ² 愛媛大・南水研セ)

1. はじめに

愛媛大学南予水産研究センターでは、クロマグロに代わる新たな養殖対象種としてスマを選定し、商業養殖への展開を促進している。これまでに、完全養殖サイクルを純化させるための育種の導入と種苗の大量生産技術の開発が実施されており、現段階では生産するスマの「高品質化」を目指す技術開発に取り組んでいる。実際の販売にあたっては、消費者への安全性を高める取り組みが重要となり、とくに可食部における有害物質の蓄積を抑える飼育システムの構築が望まれている。本研究では日本近海の魚類で相対的に高いレベルで検出され、国際社会で毒性が懸念されている水銀と polychlorinated biphenyls (PCBs) に着目し¹⁾、養殖スマにおける汚染実態の把握および基準値²⁾との比較を行った。さらに、外部形態や形質情報を基にした解析から、有害物質の蓄積に関与する要因の解明を試みた。

2. 試料と方法

スマの筋肉組織 (可食部) を、酸・有機溶媒による分解・抽出後、カラムクロマトグラフィー等により精製し、ガスクロマトグラフ質量分析計 (GC-MS)、そして還元気化原子吸光光度法による水銀分析装置を用いて PCBs と水銀を定量した^{2,3)}。また、スマの外部形態および生殖腺重量指数 (GSI) (Fig. 1)、そして遺伝的形質の情報と水銀・PCBs の蓄積濃度との関係を統計解析し、これら有害物質の蓄積に関与する要因を調査した。

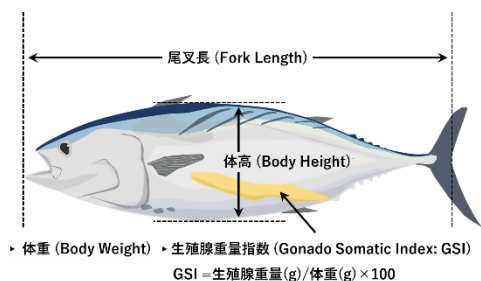


Fig. 1. 要因解析に使用したスマの外部形態と GSI

3. 結果と考察

2023 年 12 月中旬から出荷された養殖スマの筋肉組織を分析に供試したところ、水銀は 0.13~0.38 $\mu\text{g/g wet wt}$. と出荷日によって明らかな濃度変動があり、個体間で

2.2 倍の差が確認された。PCBs 濃度は 17~51 ng/g wet wt . の範囲であり、水銀と同様に出荷日による濃度変動が明らかとなり、個体間で 3.0 倍の差が認められた。検出された水銀濃度を日本で定めている安全基準値と比較したところ、すべての検体で下回っていたものの、基準値に近似する個体も存在していた。

スマの外部形態および遺伝的形質情報を基に関連性を解析したところ、PCBs 濃度は成熟度の指標である GSI とオス・メスともに有意な正の相関を示した (Fig. 2)。また興味深いことに、水銀の蓄積濃度はオス親の遺伝形質によって差が生じる可能性が示された (Fig. 3)。これまで父系の遺伝形質と水銀蓄積の関係を調査した研究は入手できないため、今後より詳細な解析を進め、安全性の高い低有害物質蓄積個体の飼育条件に資するデータを取得する計画である。

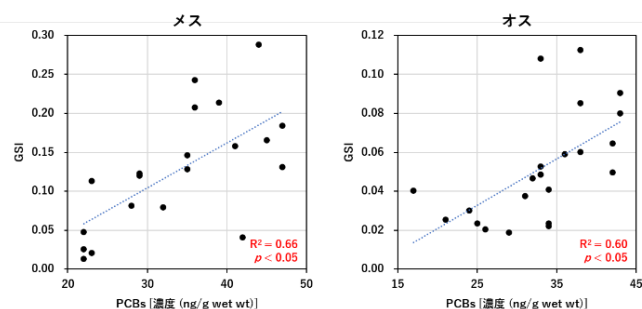


Fig. 2. PCBs 濃度と GSI の相関関係

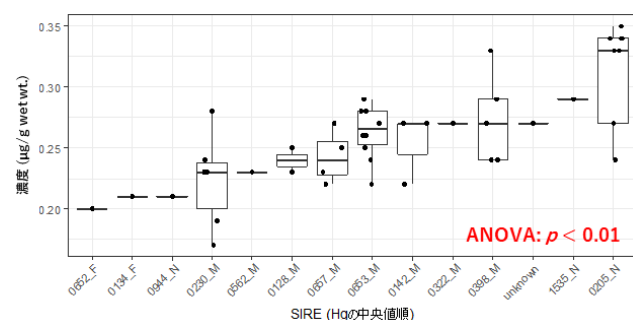


Fig. 3. 水銀濃度とオス親遺伝形質との関係

参考文献

- 1) Hisamichi et al., (2010), *Environ. Sci. Technol.*, 44, 5971-5978
- 2) Horai et al., (2006), *Chemosphere*, 65, 657-665
- 3) Kunisue et al., (2021), *Chemosphere*, 269, 129401

キーワード：スマ, 水銀, PCBs, 遺伝的形質

UV-LED による微生物不活化性能評価 Evaluation of microbial inactivation performance by UV-LED

岡山理科大学理工学研究科自然科学専攻 ○ 張 揚
生命科学部生物科学科 猶原 順, 寺田 貢優, 川北 偉央
工学部生命医療工学科 李 唐

1. はじめに

微生物に対する不活化（殺菌）技術として、低圧水銀ランプや中圧水銀ランプなどの水銀含有紫外線ランプが用いられている。しかし水銀は強い毒性を有し、環境や人体に深刻な影響を及ぼす可能性がある重金属である。1950 年代に日本で発生した「水俣病」は、その典型例であり、工業廃水中のメチル水銀が海洋生物を経由して人間に摂取され、深刻な健康被害をもたらした。この事件を契機に、水銀の管理と削減に対する国際的な取り組みが進展し、2013 年には「水銀に関する水俣条約」が国連主導で採択された。この水俣条約などの社会背景を受け、2021 年以降、水銀含有製品の製造、輸出入が原則禁止となった。そのため、水銀を含まない紫外線照射デバイスに対する志向が強くなっており、UV-LED（紫外線発光ダイオード）が注目されるようになった。

本研究では、微生物に対する不活化能力を明らかにするため、UV ランプと UV-LED による大腸菌と枯草菌の紫外線感受性の比較を行った。

2. 実験方法

UV ランプは、出力:4 W のアズワン製 SUV-4 を使用した。UV-LED は、出力:2 W の日亜化学工業製:NCSU434C(波長 280 nm)を使用した。不活化性能評価のための微生物は大腸菌 (*Escherichia coli*) と枯草菌芽胞体 (*Bacillus subtilis* spore) を用いた。微生物の初期濃度は大腸菌: 1.0×10^9 cfu/mL、枯草菌: 1.2×10^7 cfu/mL であり、それらをバランスディッシュ (20 mm × 20 mm) に 1.5 mL 入れ、紫外線を照射した。UV ランプ及び UV-LED からバランスディッシュ底面までの距離は 60 mm で同一条件とした。一定時間紫外線照射後、バランスディッシュ内の溶液を 0.1 mL 採取し、標準寒天培地に塗抹し、35°C、24 時間培養し、コロニー数を計測した。

3. 実験結果及び考察

UV ランプと UV-LED による紫外線照射時間と大腸菌の生残率の関係を図 1 に示した。大腸菌に対して UV ラ

ンプ:9.0 秒照射で 99.9%以上の不活化が認められた。UV-LED では 6.2 秒照射で 99.9%以上の不活化が認められた。また、図 2 に UV ランプと UV-LED による紫外線照射時間と枯草菌の生残率の関係を示した。枯草菌に対して UV ランプ:23.0 秒照射で 99.9%以上の不活化が認められた。枯草菌に対して UV-LED:12.0 秒照射で 99.9%以上の不活化が認められた。UV-LED は UV ランプに比べて大腸菌と枯草菌をより不活化する効果が高いことが明らかとなった。

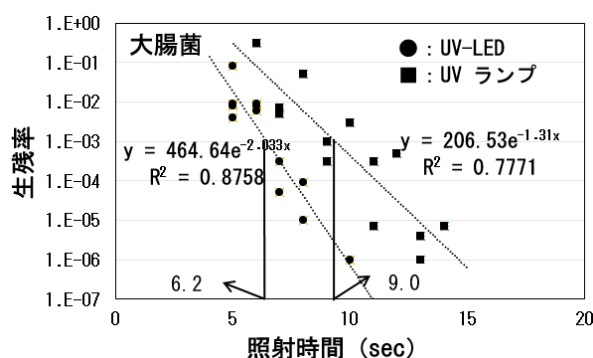


図 1 UV ランプと UV-LED による紫外線照射時間と大腸菌の生残率の関係

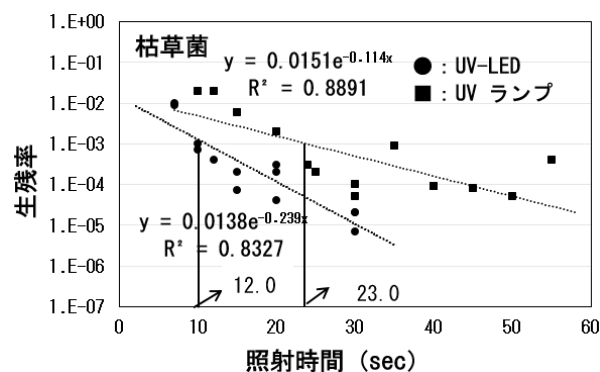


図 2 UV ランプと UV-LED による紫外線照射時間と枯草菌の生残率の関係

4. まとめ

大腸菌と枯草菌に対して UV ランプと UV-LED の同一距離での紫外線照射を行った結果、出力:4 W の UV ランプよりも出力:2 W の UV-LED の方が、短時間で不活化することができた。このことは、UV-LED が従来の UV ランプに取って替わることが考えられる。

キーワード UV-LED, UV ランプ, 大腸菌, 枯草菌

循環型農業の実現に向けた光触媒窒素変換技術を用いた即効性バイオ液肥の開発 Development of Fast-acting Bio-liquid Fertilizer using Photocatalytic Nitrogen Conversion Technology for the Recycling-oriented Agriculture

静岡県立大学 ○三原 千穂, 徳村 雅弘, 牧野 正和, 九州大学 矢部 光保

1. はじめに

バイオ液肥は循環型社会の創生に資する技術として注目されており、近年の肥料の価格高騰に加え、農林水産省が策定した「みどりの食料システム戦略」における化学肥料の使用量を2030年までに20%、2050年までに30%低減するという目標に向けて、その利用が推進されている。一方、需要を超えたバイオ液肥は多大なコストやエネルギーをかけて処理されているのが現状であり、需要拡大のための工夫が必要とされている。その例として、土壌を用いない植物工場や水耕栽培への応用や、即効性の付与による用途拡大に向けて、バイオ液肥中のアンモニア態窒素を硝酸態窒素に効率的に変換する技術の開発が求められている。

現在、バイオ液肥中のアンモニア態窒素の硝化方法として、硝化細菌を用いた生物学的な手法が検討されているが、アンモニア態窒素濃度が高い場合、硝化反応が強く阻害されてしまうことが知られている。一方、光触媒を用いた物理化学的な硝化反応は、高濃度のアンモニア態窒素に対しても原理上有効であり、特に酸化チタン光触媒は、安価でハンドリングが容易であることから有望だと考えられる。しかし、バイオ液肥中のアンモニア態窒素の硝化に関する研究例はなく、反応メカニズムの解析やバイオ液肥中に含まれる夾雑物質の影響評価、プロセスの最適化など、実用化に向けた検討が必要とされている。

本研究では、酸化チタン光触媒を用いた物理化学的な硝化反応について反応速度論的に解析を行った。本報では、実際のバイオ液肥を用いた実証試験について示す。

2. 方法

パイレックス製 500 mL ビーカーにバイオ液肥を用意し、酸化チタン光触媒を添加した後、極大照射波長 352 nm の紫外線 (UV) ランプ (6 W を 3 本、ビーカーの周囲に設置) を点灯して実験を開始した。攪拌にはマグネチックスターラーを用いた。実験中、適宜サンプリングを行い、メンブレンフィルター (孔径 = 0.45 μm) で浮遊粒子を除去後、InertSep HLB (200 mg/6 mL) で前処理を行い、各種分析を行った。

本研究で使用したバイオ液肥は、福岡県築上町の有機

液肥製造施設から採取したものであり、アンモニア態窒素濃度は 570 mM, 全有機炭素量 (TOC) は 80 mg L⁻¹, pH は 8.2 であった。

3. 結果と考察

バイオ液肥の希釈倍率 (原液, 10 倍, 100 倍) を変化させることで、バイオ液肥中のマトリックスが光触媒硝化反応に及ぼす影響を評価した。硝化速度は、原液で 0.31 mM h⁻¹, 10 倍希釈で 0.14 mM h⁻¹, 100 倍希釈で 0.17 mM h⁻¹ であった (Fig. 1)。硝化反応は、100 倍希釈でわずかに、10 倍希釈でより顕著に阻害された。一方、原液では、最も高い硝化速度が得られた。これは、原液のアンモニア態窒素濃度が高く、硝化反応が促進されたためと考えられる。アンモニア態窒素の高濃度条件下では、紫外線遮蔽、光触媒表面への吸着阻害、ラジカル捕捉剤の存在といったマトリックス由来の阻害効果が相殺された可能性がある。したがって、バイオ液肥のような複雑なマトリックスであっても、酸化チタン光触媒が高い硝化性能を維持できることが示唆された。

一方、使用したバイオ液肥は弱アルカリ性 (pH 8.2) であり、これは実験で観察された酸化チタン光触媒の最適 pH と一致している。pH 9.0 は、アンモニア態窒素の吸着と酸化チタン表面での活性種の生成の両方を促進することを考えると、肥料固有の pH が高い硝化速度の維持に寄与したと考えられる。

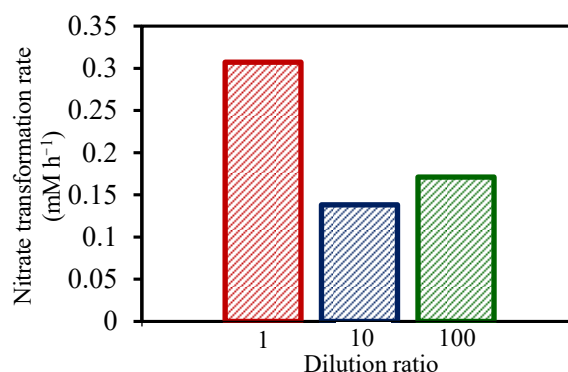


Fig. 1 バイオ液肥中マトリックスが硝化に与える影響

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 22H02446 の助成を受けたものである。

キーワード 循環型農業, バイオ液肥, 光触媒, 硝化反応

安心安全なサーキュラーエコノミーの実現に向けた再生プラスチック原料の 品質評価スキームの検討

Development of a Quality Evaluation Scheme for Raw Materials for Recycled Plastic Toward a Safe and Secure Circular Economy

静岡県立大学 ○酒井颯大, 徳村雅弘, 榎本剛司, 牧野正和, いすゞ自動車 達晃一, 産総研 篠原直秀
ソルトラボ石垣島 藤本健, 古藤野枝, カヤックゼロ 森住理海

1. はじめに

プラスチック資源循環戦略により、プラスチックのリサイクルが推進されている。しかし、再生プラスチックには、原料に由来する添加剤に加え、再生工程で非意図的に発生する副生成物など、多種多様な化学物質が含まれている可能性がある。そのため、再生プラスチック原料をリサイクルする場合、含有化合物に起因するヒト健康リスクが懸念される。海水中で使用される漁網やテグスは、短期間で廃棄されることから、特に、新たなプラスチック製品へのリサイクルが求められている。

近年、ノンターゲット分析などの手法によって我々の身の回りに存在する様々な化学物質の存在が明らかとなってきた。しかし、定量には各化学物質の標準試薬が必要になることや、ハザード情報が不足している化学物質も多いことから、すべての化学物質について詳細なリスク評価を行うことは、時間的、経済的に難しい。

本研究では、モズク養殖用廃漁網およびマグロ漁用廃テグスの、新たなプラスチック製品へのリサイクルを想定し、これらに含まれる化学物質について、定量的ノンターゲット分析 (qNTA) による網羅的な定性・定量分析と、毒性ポテンシャル予測を組み合わせた、再生プラスチック原料としての品質評価手法を検討した。本報では廃漁網軸を再生プラスチック原料として使用した製品を想定し、漁網軸に含まれる化学物質について、経気曝露を介した安全性スクリーニングの結果を報告する。

2. 方法

サンプルの前処理は、電気電子機器に含まれる特定有害物質の使用を制限する指令 IEC62321-8 に準じて行った。その後、水素炎イオン化検出器と四重極飛行時間型質量分析計のデュアル検出器によるポストカラム反応熱分解ガスクロマトグラフ (Py-GC-Q-TOF-MS/PR-FID) を用いて、各化学物質の標準試薬を利用しない定性・定量分析を行った。また、検出された化学物質について、蒸気圧を参考に経気曝露を想定した曝露ランクを推定した。

毒性ポテンシャルの予測は、独立行政法人 製品評価技術基盤機構が提供する有害性評価支援システム統合

プラットフォーム (HESS) の毒性予測スキームに則して、対象物質の毒性ポテンシャル (NOEL_p) を求めた。得られた NOEL_p から有害性ランクを推定した。

3. 結果と考察

qNTA により、廃漁網軸から 20 種類の化学物質を、各化学物質の標準試薬を用いることなく定性・定量分析することに成功した。検出された化学物質の用途情報を収集したところ、添加剤や可塑剤が多種類検出された。一方で用途情報が不明な化学物質も検出されており、製品を製造する際の溶媒などに含まれる不純物や、非意図的に生成した化学物質であることが示唆された。

曝露ランクと有害性ランクに基づくリスクスクリーニング結果を表 1 に示す。経気曝露を想定した場合、可塑剤である Icosane や、香料である Tricosane などがリスクの高い可能性のある化学物質として選出された。

4. まとめ

qNTA と *in silico* 毒性予測を統合することで、網羅的にリスクスクリーニングできることが示唆された。また本手法により、品質の劣る再生プラスチックに対しても、一定の安全性を確保した上での利用が可能となることで、低品質の再生プラスチック原料においてもリサイクル量を増加できると考えられる

		有害性ランク				
		A	B	C	D	E
曝 露 ラ ン ク	A	0	0	0	0	0
	B	0	0	1	0	0
	C	0	8	4	3	0
	D	0	2	0	0	0
	E	0	0	0	0	0

表 1 廃漁網軸に含まれる化学物質の
経気曝露を想定した場合の安全性スクリーニング結果

謝辞

本研究の一部は日本化学工業協会が推進する LRI および JSPS 科研費 24K03099 の助成を受けたものである。

キーワード 再生プラスチック, サーキュラーエコノミー, リスク評価, 定量的ノンターゲット分析, 品質評価

加熱式タバコの主流煙に含まれる硝酸、亜硝酸、 タバコ特異的ニトロソアミンの定量評価とリスク評価

Determination and risk assessment of nitric acid, nitrous acid and tobacco-specific nitrosamines in mainstream aerosol of heated tobacco products

静岡県立大学 ○永長愛華, 野呂和嗣, 雨谷敬史

1. はじめに

喫煙由来の疾患が懸念される中で、紙巻タバコに代わり加熱式タバコ (HTPs) の使用が増加している。特に、若年者の利用率が高く、20-30 歳代の喫煙者の 30-50% が HTPs を使用している¹⁾。そのため、HTPs の喫煙リスクの評価が社会的に重要となってきた。HTPs はタバコ葉を燃焼させないため、燃焼起源の有害物質やニコチンの放散量が比較的少なく、紙巻タバコに代替することで健康リスクを低減するとされる。しかし、HTPs の主流煙に関する分析例は少なく、特に硝酸や亜硝酸の吸入曝露量についての報告は限られている。HTPs の健康リスクを評価するためには、これまで調査されてきたタバコ特異的ニトロソアミン (TSNA) などに加え、硝酸や亜硝酸の曝露量を把握することが必須である。本研究では、HTPs 喫煙の健康リスクを評価するため、主流煙に含まれる硝酸、亜硝酸、TSNA の定量評価とそのリスク評価を行った。

2. 方法

サンプルと対象物質

A 社 9 種類の加熱式タバコカートリッジを使用した。タバコ特異的ニトロソアミン (TSNAs) 3 種、硝酸、亜硝酸の計 5 種を対象物質とした。A 社のサンプルには加熱温度が 300℃ のデバイスを用いた。

主流煙の TSNA 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。5 mg mL⁻¹ NaHSO₄ 水溶液含浸フィルターをフィルターパックに設置し、主流煙のガス成分から TSNAs を捕集した。フィルターを酢酸アンモニウム (60 mM、10 mL) で 30 分間超音波抽出し、TSNAs を回収した。上澄み 1 mL をバイアルに分取しサンプルとした。サンプルは液体クロマトグラフ-タンデム型質量分析計 (LC-MS/MS) を用いて分析した。

リスク評価

主流煙中濃度から曝露係数調整済大気濃度を算出し、曝露吸入リスク、喫煙期間、平均寿命からガンリスク

(CR) を推定した。発がんリスクの基準は $1 \times 10^{-6} < CR$ とした。

3. 結果

TSNAs 濃度

Fig.1 に HTPs 主流煙の TSNAs 濃度結果を示す。A 社からは NNN、NAT、NNK の計 3 物質が検出された。NNN が比較的高濃度で検出された。TSNAs は 0.831–23.2 ng stick⁻¹ であった。本実験の NNK の結果は、既に報告されている紙巻タバコの NNK 濃度 (449 µg stick⁻¹)²⁾ と比べて低い値を得た。

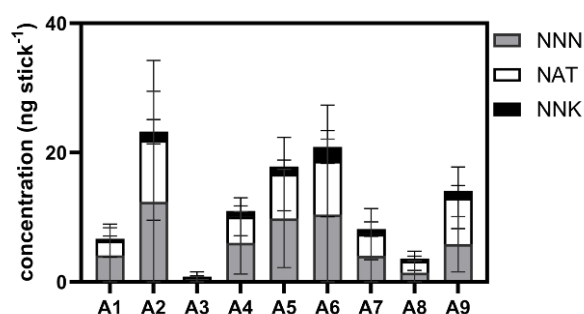


Fig.1 TSNAs 濃度

リスク評価

このうち、9 サンプルすべてについて、NNN と NNK に由来する CR が 1.0×10^{-6} を超え、その範囲は NNN で 2.92×10^{-6} – 1.20×10^{-4} 、NNK で 5.77×10^{-5} – 1.20×10^{-3} であった。

4. 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) Inaba et al., 2013.

キーワード 加熱式たばこ, 硝酸, TSNA, イオンクロマトグラフィー

河道内植生のバイオマス発電利用における課題分析

Challenges in the Utilization of Riverbank Vegetation for Biomass Power Generation

○山本千裕¹⁾, 栗栖聖¹⁾, 羽合佳範¹⁾, 伊達貴彦²⁾, 福士謙介¹⁾

1) 東京大学, 2) 住友商事

1. はじめに

IPCC 第 6 次評価報告書では、気候変動により全ての人のために住みやすい将来を確保するための機会の窓が急速に閉じていることが指摘され、気候にレジリエントな開発の重要性が述べられている¹⁾。気候にレジリエントな開発を進めるためには、気候変動の原因となる温室効果ガス（GHG）の排出削減対策を進める「緩和」と既に生じている、あるいは将来予測される被害を回避・軽減する「適応」を同時に進めていくことが重要となる。適応と緩和を統合する総合的で効果的かつ確信的な対策によって、適応と緩和のトレードオフを低減し、シナジーをもたらすとされる¹⁾。

2. 河道内植生の伐採とバイオマス発電の連携

気候変動の適応策として、河道内に繁茂する植生の伐採は、洪水被害の軽減につながると考えられる。さらに、伐採した植生をバイオマス発電に活用することで、温室効果ガスの排出削減にも寄与し、適応と緩和の両立が可能となる。

日本のバイオマス発電所は燃料調達が困難で、稼働していない施設も多い。全国に広く分布する河道内植生を燃料として活用すれば、燃料供給の課題の解決にもつながる。本研究の目的は、河道樹木の伐採とバイオマス発電を組み合わせることで、適応と緩和のシナジーを生み出せる可能性と、河道植生が持続可能なエネルギー資源となり得るかを検討することである。今回はその前段階として、日本におけるバイオマス発電の現状と、河道植生の利用にあたっての課題について分析した。

3. 日本のバイオマス発電の現状分析

日本のバイオマス発電の現状を明らかにするため、統計資料の調査、日本のバイオマス発電所データの分析、を実施した。

第 7 次エネルギー基本計画²⁾によると、日本の電力需要は増加し、2040 年には 1.1~1.2 兆 kWh となる見込みであり、バイオマス発電によって、550~720 億 kWh を賄う必要がある。しかし、日本のバイオマス発電事業者の 4 割が燃料調達が難しくなる見通しで³⁾、林地残材の有効

利用が課題のひとつであることが分かった。国産燃料を活用しされていない状況の中、輸入材への依存が進んでおり、平成 30 年において、国内で消費された燃料材のうち、輸入由来の燃料は 21%であった⁴⁾。

図は、森のエネルギー研究所から得られた、2024 年 3 月時点の日本のバイオマス発電の稼働状況を都道府県ごとに表したものである。稼働中の発電所は 234、着工中は 128、中止・断念・撤退は 106 であり、稼働していない発電所が 20%以上であることが分かった。

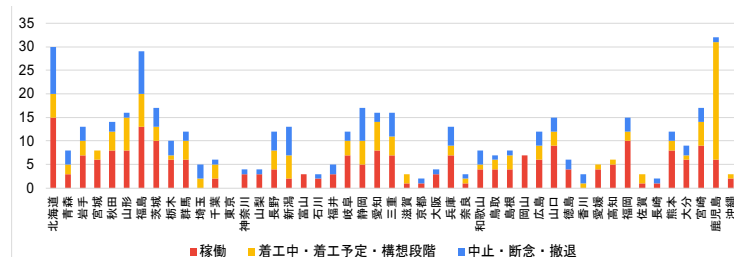


図 都道府県ごとの発電所の数と稼働状況

発表の際には、燃料調達の現状や実際に抱えている課題についてより詳細に報告する。

謝辞：本研究は、環境再生保全機構の環境研究総合推進費（S-24-4(1)、JPMEERF25S12441）および JSPS 科研費（JP24H00329）の支援を受けて行われました。

参考文献：

- 1) 環境省: IPCC 第 6 次報告書統合報告書の解説資料 (2023). <https://www.env.go.jp/content/000171954.pdf> (2025-7-4 閲覧)
- 2) 資源エネルギー庁, エネルギー基本計画の概要. 2025. https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20250218_02.pdf (2025-7-4 閲覧)
- 3) 日本木質バイオマスエネルギー協会, 国産燃料材の需給動向 (2023 年度第 4 半期速報値). 2024. <https://jwba.or.jp/wp/wp-content/uploads/2024/06/> (2025-7-4 閲覧)
- 4) 林野庁, 木質バイオマスのエネルギー利用の現状と今後の展開について. 2020. https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/biomass_hatsuden/pdf/001_03_00.pdf (2025-7-4 閲覧)

キーワード：気候変動, 適応策, 緩和策, 河道内植生, バイオマス発電

都心部における緑地環境への期待とポケットパークの実態—神戸市と大阪市を事例として— Expectations for Open Spaces in Urban Centers and the Reality of Pocket Parks: A Case Study of Kobe and Osaka

神戸大学 ○周熙智・大野朋子

1. はじめに

近年、都市部では少子高齢化や再開発の進行により、生活に身近な緑地の確保が課題となっている。屋外空間や緑地に対する関心が高まる中で、大規模な用地確保の難しい都心部では、歩道や未利用地などを活用した小規模な緑地整備が注目されつつある¹⁾。しかし、これらの整備についての実態や課題についてはまだ十分な検証はされていない。

そこで本研究では、関西圏を代表する神戸市と大阪市住民の緑地環境への関心を把握するとともに都心部のポケットパークに着目して²⁾、その導入や管理体制、整備内容の実態を明らかにすることを目的とした。

2. 方法および解析方法

2.1. 緑地環境に対する関心の把握

神戸市と大阪市の住民に対して WEB アンケート（株式会社マクロミル）を 2025 年 2 月に実施した。神戸市および大阪市の都心部における緑の必要度や満足度、緑地効果の期待などについて設問した。

2.2. ポケットパークの実態調査

神戸市および大阪市の都心部に設置された 9 箇所のポケットパークを調査対象とし、資料調査および関係団体への聞き取り調査、さらに現地での観察および記録からポケットパークの設置目的、空間構成、施設内容、植栽の種類や配置、利用者の実態、管理運営の体制などについて実態を把握した。

なお、ポケットパークとは、都市内部に点在し、主に通行人の一時的な休憩や憩いを目的として整備された概ね 50 m²前後の小規模な緑地空間と定義している。

3. 結果

3.1. 都市住民の緑地環境への期待

アンケートの結果、約 9 割の回答者が都心部への緑の拡充を望んでいた。また、非常に多くの回答者が都心部の緑は都市の魅力を向上させると考えていたが、現状の緑地環境では、6 割以上の回答者が緑の量的にも植物種や配置デザインといった質的にも満足していな

いことが明らかとなった。

3.2. ポケットパークの実態

対象とした 9 か所のポケットパークは、それぞれの整備目的や規模に応じて構成や植栽内容に差異が見られた。また、運営費や人員確保の面で継続的な維持管理が困難となっている事例も確認された。特に神戸市中心部では、民間や地域団体が関与して整備と管理を担う事例も存在し、利活用の持続性や地域との連携に一定の効果が見られた。

また、現地調査の結果からポケットパークの利用者は主に休憩や飲食、会話などの短時間利用が多く、滞在時間は 10 分以下が過半数を占めるなど、一時的な滞留空間として機能していることが明らかとなった。

4. 終わりに

神戸市、大阪市における都心部での現状の緑地環境は、都市住民にとって量的にも質的にも満足ではなかったが、緑の拡充が都市の魅力向上につながるといった期待を有していることがわかった。成熟した都市では新たな土地確保は困難であるがゆえに、今ある空間を工夫し効率的で効果的な緑地環境を生み出すことが求められる。日本でのポケットパークの導入と整備はまだ初期段階であるが、本結果の現状と課題を踏まえ、今後の整備、活用のため、ポケットパークは設置目的に応じた柔軟な設計方針の明確化と、地域や民間との連携による持続可能な管理体制の構築が重要である。

参考文献

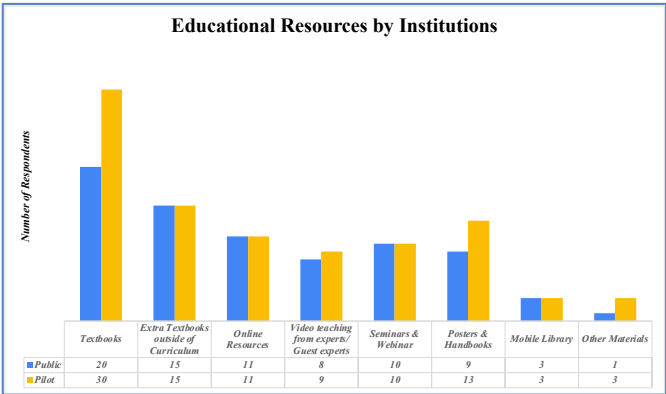
- 1) 国土交通省（2004）：[都市の緑地保全思潮に関する研究]. (閲覧日：2024 年 12 月 17 日)
- 2) 木村優輝，嘉名光市，蕭 耕偉郎（2022），大阪難波地区・御堂筋の道路空間再編社会実験区間における通行・滞留行動の実態，公益社団法人日本都市計画学会，28 巻，70 号，pp. 1471-1476

キーワード 都市緑化，まちづくり，未利用地，再整備事業，生活環境

Study on Teacher Perception and Teaching Materials in Environmental Education: A case study at Upper Secondary Schools in Cambodia

Toyo University ○Kunthea TAK, Toshiya ARAMAKI

Figure 1 Materials Implementation by schools



1. Introduction

Environmental Education (EE) is increasingly integrated into Cambodia's national curriculum through science, social studies (Smith & Keat, 2006) and a new Health Education (HE) subject in junior and high school education (Inter-Ministerial Committee on School Health., 2022). This study examined teacher perspective and curriculum content in both pilot school and a public school in Phnom Penh City through the interview and questionnaire survey for the school principal and teachers.

2. Methodology

A mixed-method approach was used in both qualitative and quantitative analysis, a paper-based and online teacher survey for 44 teachers in both schools was conducted to collect data on respondents' perceptions of EE, observation and interviews for school heads in both schools, and the materials contents analysis for all textbooks and materials in Grade 10-12.

3. Results and Discussions

The findings reveal that EE is integrated into national curriculum, but the degree of implementation varies in each school. The pilot school demonstrate a more robust incorporation of environmental topics, well-developed and uses external materials especially for handbooks and climate change posters (Figure 1), and more positive teacher perceptions, as shown in Table 1. In contrast, public school show less consistency in both material use and teacher engagement. However, the barriers include lack of time, materials, and training. The majority of teachers believe the current content is inadequate (Table 1), and gaps in teacher preparation and professional development remain.

Table 1 Teacher perception on Sufficient of Environmental Contents in textbooks

	No, it needs significant improvements		No, it needs minor improvements		Yes, it is sufficient		Total
School	n	%	n	%	n	%	n
Public	13	62%	2	10%	6	29%	21
Pilot	6	26%	11	48%	6	26%	23
Total	19	43%	13	30%	12	27%	44

4. Conclusion

The findings show that teachers at the pilot school have more positive and comprehensive views on Environmental Educations and Health Education, supported by better training, incentive and resources while the public school teacher faced greater challenge due to limited support textbooks and extracurricular materials in the pilot school of broader and deeper coverage of environmental themes, while materials in the public school are more basic, this disparities highlight the need for improved teacher training and resource allocations to ensure equitable and effective EE across all school.

References

1) Inter-Ministerial Committee on School Health. (2022). *National Action Plan on School Health_2021-2030_approved_en-.pdf*.
2) Smith, J., & Keat, B. (2006). Cambodia’s Environmental Education Status Report 2005, National Environmental Education & Awareness Campaign, Ministry of Environment & Live and Learn Environmental Education. *Live and Learn Environmental Education*, 14–16.

Key Words Environmental Education, Health Education, Teacher Perception, Teaching material, Upper secondary School

粒径の異なるナノサイズ粒子の同時曝露による細胞侵入量評価

Quantitative Evaluation of Cellular Uptake by Simultaneous Exposure of Different-Sized Particles

京都大学 安全衛生・エネルギー管理工学分野
○大西諒、高井さつき、長屋太樹、福田絵美、松井康人

1. 背景と目的

ナノ粒子はその粒径の小ささ及び拡散性の高さから、吸入によって肺に到達しやすく、肺胞上皮細胞に取り込まれた後、血液循環へ移行することによる健康影響が懸念されている[1]。本研究では、粒径の異なる大小のナノサイズ粒子を細胞に同時曝露し、曝露時間や大粒子の個数比が小粒子の細胞侵入量に及ぼす影響を評価することを目的とした。

2. 方法

2.1. ナノサイズ粒子と細胞

粒径 25 nm (最大蛍光波長 510 nm) および粒径 250 nm (最大蛍光波長 580 nm) の蛍光粒子を使用した。細胞はヒト T 細胞性白血病由来 Jurkat E6.1 を使い、培地には牛胎児血清 (FBS) を 10% 含む RPMI-1640 を使用した。

2.2. 粒子の細胞への取り込み

細胞を 1 試料当たり 1.0×10^6 個で播種後、粒子個数比 10000:1、10000:10、25 nm のみの各条件の粒子懸濁液を加えた (いずれも粒子数は同一)。各試料を 37°C、5% CO₂ 条件下で 1、2、4 時間曝露した後、2% FBS を含む PBS (-) で洗浄し、BD FACS Canto II フローサイトメーター (BD Biosciences 社製) を用いて細胞内の 25 nm の蛍光強度を測定した。また、同様に曝露した別試料は、細胞膜染色後に PBS (-) で洗浄し、4% パラホルムアルデヒドで固定して、高速共焦点レーザー走査型顕微鏡を用いて細胞内の粒子の蛍光シグナルを観察した。

3. 結果

3.1 フローサイトメトリー法による細胞侵入量の評価

図 1 に各曝露時間後の細胞内 25 nm の蛍光強度を示す。曝露 2 時間後、粒子個数比 10000:1 の試料は 25 nm のみの試料よりも高い蛍光強度を示した。また 10000:10 試料は、10000:1 試料と比較して、蛍光強度が低かった。

3.2 顕微鏡観察による細胞への粒子取り込みの確認

図 2 に曝露 2 時間後の 10000:1 試料と 10000:10 試料の細胞像を示す (緑色、黄色、赤色は、25 nm 粒子、250

nm 粒子、細胞膜)。10000:1 試料の方が 10000:10 試料よりも 25 nm 粒子が多く確認された。また、細胞内に 25 nm 粒子の凝集体がなく分散していることが確認された。

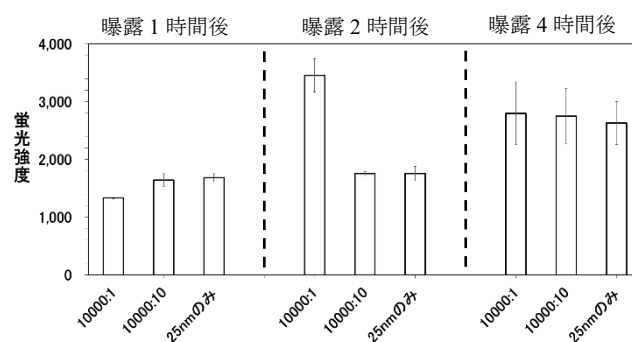


図 1 各曝露時間後の 25 nm 粒子の蛍光強度

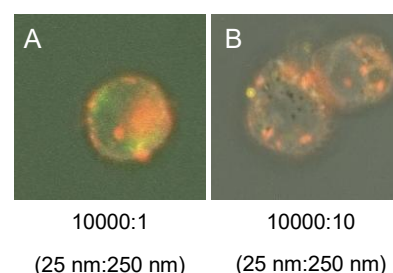


図 2 曝露 2 時間後の細胞像

4. 考察

粒径の異なる 25 nm と 250 nm を同時に投与した際、粒子の侵入量にこれらが干渉していない可能性が高い一方で、侵入機序に寄与しているかどうかの検討が求められる。また、FACS による侵入量の定量結果からは、粒径が異なる 1 粒子あたりの輝度や、投与粒子数による検出量の違いが考えられたことから、これら基本情報の取得も必須と言える。

参考文献

[1] V. H. Grassian et al. (2007) Inhalation exposure study of titanium dioxide nanoparticles with a primary particle size of 2 to 5 nm. *Environ. Health Perspect.* **115**, 397–402.

[キーワード] ナノ粒子、侵入量、FACS、共焦点顕微鏡

気相及び液相ナノ粒子の培養液中におけるゼータ電位の変化に関する研究

Zeta Potential of Nanoparticle Quantum Dots in Culture Media Exposed from Electrospray Generator

京都大学 安全衛生・エネルギー管理工学分野 ○下山剛輝、高井さつき、長屋太樹、福田絵美、松井康人

1. 背景と目的

ナノ粒子はヒト健康への影響が報告されている。特に、これらの粒径が小さな粒子は、細胞内への侵入機序が、表面物性、電荷状態などに依存することが知られている。これまでの研究では主に、液相中で調製した粒子懸濁液を、細胞培養液に添加する方法が一般的であった。しかしながら、生体内の環境を模擬する際、気相中から液相への移行過程や気液界面での粒子挙動は無視できない。

そこで本研究では、気相曝露と液相懸濁により調製したナノ粒子の細胞培養液中でのゼータ電位を比較・評価することを目的とした。さらに、曝露手法の違いによる細胞内取り込み量への影響を検討し、気相曝露を考慮した、評価系構築の基礎的情報を得ることとした。

2. 方 法

2.1. ゼータ電位測定

ナノ粒子は、CdSe/ZnS コアシェル型量子ドット (Sigma-Aldrich 社製) を用いた。各粒子を至適濃度に希釈し、エレクトロスプレー3480 (TSI 社製) を用いて、気相中に単分散させた。粒子を超純水 (DW) 中または細胞培養液中に沈着させた試料、およびエレクトロスプレー (ES) の先端を液中に浸し、単分散させた粒子を直接液内に噴射した試料を作成した。対照群として、粒子を超純水または細胞培養液に直接懸濁した試料を作成した。Zetasizer (Malvern Panalytical 社製) を用いて、各試料液のゼータ電位と粒度分布を測定した。細胞培養液は、牛胎児血清 10 %、ペニシリン/ストレプトマイシンを含む D-MEM 培地を用いた。表 1 の通りに、試料カテゴリを整理した。

表 1 供試した試料種

サンプル	溶 媒	粒子投与の方法
A	DW	粒子懸濁液を添加
B		ES による細胞表面へ吹付
C		ES を液中に浸漬
D	D-MEM	粒子懸濁液を添加
E		ES による細胞表面へ吹付
F		ES を液中に浸漬
G	D-MEM	粒子を添加しない

2.2. 細胞培養と細胞侵入量の測定

サンプル D、E、F 及び、粒子を曝露させていない牛胎児血清 10 %、ペニシリン/ストレプトマイシン 100 µg/mL を含む D-MEM 培地 (サンプル G) を、それぞれ 2 サンプルずつ用意し、培養したヒト肺胞上皮細胞 (A549) に 2 時間ずつ曝露した。その後、フローサイトメーター Canto II (BD 社製) を用いて細胞中の粒子の蛍光強度の定量を行った。

3. 結果と考察

サンプル A、B、C のゼータ電位はそれぞれ -6.546 mV、-29.12 mV、-8.791 mV であった。超純水への量子ドットの曝露方法によりゼータ電位が異なることが確認できた。また、サンプル D、E、F のゼータ電位はそれぞれ -12.04 mV、-6.746 mV、-8.122 mV であった。ただし、培地中に含まれる粒子ドット以外の粒子成分が測定結果に影響を与えており、今回の測定では正確な値が得られていない可能性も考えられた。

サンプル D、E、F、G に対して、フローサイトメトリ法を用い、細胞内に侵入した粒子の蛍光強度を測定した。その結果、F は粒子を曝露させていないサンプル G と蛍光強度の分布に差は検出されず、粒子は侵入していないと考えられた。一方、サンプル D と E は、サンプル G の蛍光強度の最大値よりも高い輝度が認められた。しかしながら、サンプル D と E は死細胞の数が多いと推測されたため、粒子の細胞侵入量が多いとは言えない状況であった。

現在、粒子のゼータ電位と細胞侵入量の関係について、粒子の表面修飾や電荷、濃度などを変えながら定量的に評価している状況である。

4.参考文献

1) 松井康人：ナノ粒子の物性と細胞への侵入量との関係性、エアロゾル研究、32 巻(2017)3 号

キーワード フローサイトメトリ、ナノ粒子、ゼータ電位

水俣湾及び近隣に生息する魚類における水銀及びセレン濃度調査

Survey of mercury and selenium concentrations in fish inhabiting Minamata Bay and neighbouring areas

熊本県立水俣高等学校 ○小坂寧々，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

かつて、工場から水俣湾に大量に流されたメチル水銀によって水俣湾が汚染され、水俣病が引き起こされた。現在の水俣湾はかつてのような汚染された海ではなく、美しい海としてよみがえっている。汚染のない美しい海でもメチル水銀は自然環境中で少しずつ生成し、魚介類などに蓄積する。このような海域でのメチル水銀生物濃縮は、メチル水銀を取り込んだプランクトンを小魚が食べ、その小魚をそれより大きな魚が食べ、その魚をさらに大きな魚が食べるという食物連鎖によって起こる。わが国では1973年7月に安全性の目安として魚介類中の水銀の暫定的規制値（総水銀濃度0.4ppm、メチル水銀0.3ppm）が設けられた。2003年6月には厚生労働省が魚介類を食べることにより摂取される微量のメチル水銀が胎児に影響を与える可能性があるとして、妊娠している女性を対象に魚介類の摂取についての注意事項を公表した。さらに、2005年及び2010年に「注意事項」の見直しがなされた結果、注意の必要な魚種としてマグロ類などが追加され、全部で16種類の魚種について、妊婦が1週間に食べてもよい量と回数の目安が示された。本研究では、水俣湾及び近隣の海域に生息する魚類の総水銀濃度を測定し、暫定的規制値を超過している魚種が存在するのか否かを確認することを目的とした。また、メチル水銀の毒性軽減に役立ち、メチル水銀の無機化を促進するとされるセレンの濃度も同時に測定することも目的とした。

2. 研究方法

水俣湾及び近隣に生息する魚類を投げ釣りで捕獲した。捕獲場所、捕獲年月日、魚種、体長及び重量を測定後、骨格筋をサンプリングし、水銀及びセレン濃度測定まで冷凍保存した。環境省水銀分析マニュアルの総水銀分析のための前処理法を用いて試料を溶液化した。試料50-100mgを加熱分解用メスフラスコに入れ、硝酸-過塩素酸（1：1）混合液1mLと硝酸2.5mLを添加し、200℃以上で30分間加熱分解した。放冷後、超純水で50mLにメスアップし、試料溶液とした。この試料溶液を用いて総水銀濃度を、また、セレン濃度を

誘導結合プラズマ質量分析装置（ICPMS）にて定量した。セレンの分析は水素モードにより質量数78のセレンを定量した。総水銀濃度はマニュアルに従って、還元気化-冷原子吸光分析法により定量した。

3. 結果と考察

いずれの魚種においても、魚介類中の水銀の暫定的規制値を超える個体は認められなかった。しかしながら、魚種によっては、比較的暫定基準値に近い濃度の水銀を保有するものもあった。これは、その魚種が通常捕獲している餌により影響されると推測された。

タチウオでは、体長及び重量が大きくなるにつれて、総水銀濃度が高くなっており、成長するに従い、総水銀濃度が高くなることが推測された。

セレンはメチル水銀の無機化の促進及びメチル水銀の毒性軽減に役立つとされている。今回分析した魚のHg/Seモル比はすべて1以下であったことから、魚の摂食による水銀の健康リスクは低いことが推測された。

キーワード 水俣，魚，水銀，セレン

メチル水に対する認識調査及び正しく理解するための手法としての毛髪水銀濃度測定

Methylmercury awareness survey and measuring hair mercury concentrations as a method for correct understanding

熊本県立水俣高等学校 ○神崎愛琉, 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

水俣高校には水俣市及び近隣市町村より生徒が通っている。特に水俣市では小学生の頃から総合的な学習を通して水俣病学習を行っており、全国的に見ても水俣病に関する知識は豊富である。日本では欧米諸国よりも魚介類を多く食べるため、メチル水銀も比較的多く摂取する傾向にあり、当然ながら私たちの体にもメチル水銀は含まれることになる。本研究では、水俣高校生を対象に水俣病の原因であるメチル水銀に対する理解度調査を実施した。

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) メチル水銀は自分の体に含まれていると思うか？（回答は、はい・いいえ・わからないの選択式）

問 2) 問 1 で、はい、もしくは、いいえと答えた生徒に対し「なぜそう思うか」を問い、自由回答とした。

問 3) 問 1 で、はいと回答した生徒には、メチル水銀が体内にあることを確かめる方法があることを知っているか？

問 4) 問 3 ではいと回答した生徒には、その方法はどのようなものだと思うか？

3. 結果と考察

2 学年普通科の生徒 93 名（回答率 100%）から回答を得られた。

問 1) メチル水銀は自分の体に含まれていると思うか？

答え)「わからない」と答えた生徒が最も多く 53.8%、次に「いいえ」と答えた生徒が 37.4%、その次に「はい」と答えた生徒が 8.8%だった。

問 2) なぜそう思うか？

答え)「はい」、と答えた生徒は「体内に微量存在することを知っている」、「メチル水銀は魚介類に含まれており、それを摂取するから」と回答した。また、「いいえ」と答えた生徒は「体に異常がないから」、「水俣の海や川はきれいだから」、「埋め立てられているから」と回答した生徒が多かった。

問 3)「はい」と答えた 8 名のうち、2 名が方法を知っていたが、6 名は方法を知らなかった。

問 4)「知っている」と回答した 2 名ともに毛髪中の水銀を測定することを知っていた。

水俣で過ごす学習者として小学生の頃から肥後っ子教室に参加したり、水俣病患者の方々から直接講話をお聞きしたりなどして水俣病学習を続けてきているが、水銀に関する知識はあまり記憶に残っていなかったり、間違った認識をしていたりしたようだ。確かに今まで行ってきた授業や活動の中では水銀に関する知識というよりも水俣病に対する差別について学んできた印象がある。

また「なぜそう思うか」という質問に対し、特に最初の質問にいいえと答えた人が今まで学んできた水俣病の知識を使って回答していたことがとても興味深かった。

毛髪中の水銀濃度を測定することで、自分たちの体にもメチル水銀が含まれていることが容易にわかる。そこで、私たちの体にもメチル水銀が含まれていることを啓蒙するため、札幌・横浜・水俣の 3 地区の高校生の毛髪水銀濃度測定を実施した。その結果を校内の探究成果発表会で報告し、私たちの体の中にもメチル水銀がごく微量ながら含まれていることを認識してもらえた。今後も、引き続きメチル水銀及び水銀に対する関心を持ってもらえるような研究を行っていきたい。

キーワード 水俣病, 水銀, 知識

麦に対する PFAS の毒性予測への生体結合モデル (TBLM) の拡張 Extension of terrestrial biotic ligand model for prediction for barley

東京工業高等専門学校 ○坂本あかね, 庄司良

1. 背景と目的

近年, PFAS による環境汚染が問題視されている. しかしながら土壌環境における PFAS 毒性の調査は未だ不足している. 本研究では現在半金属¹⁾への適用が知られている陸上植物生体結合モデル (TBLM) を用いて陸上植物の PFAS 毒性を記述することを目的とした.

2. 方法

2.1 実験方法

水酸化ナトリウムによって pH を 7 ± 0.5 に調整した 1 g/L トリフルオロ酢酸ナトリウム (NaTFA) 水溶液を石英砂に対して 0~1000 mg/kg-soil となるように添加して試験土壌とした. さらにリン酸二水素ナトリウム (NaH_2PO_4) および硝酸ナトリウム (NaNO_3) 水溶液を試験土壌に添加した. 試験土壌 50 g に対して小麦を 3 粒播種し, 発芽から 14 日間の短期毒性試験を行った.

2.2 解析方法

毒性試験終了時の麦の芽長および根長を測定し, 式(1)に示すロジスティック式を用いて生長量(%RE)に対する NaTFA の EC_{50} 値を算出した.

$$\%RE = \frac{100}{1 + \left(\frac{f_{50}}{f}\right)^B} \quad (1)$$

f_{50} は成長割合が 50%になるときの f である. f は NaTFA 濃度とする. もしくは式(2)により f を求めることができる.

$$f_{\text{TFA}} = \frac{K_{\text{TFA}} \cdot [\text{TFA}^-]}{\sum_i K_{\text{B}} \cdot [\text{B}^-] + 1} \quad (2)$$

ここで K_{B} は根表面のリガンドと各陰イオンの結合定数 [kg/mol], $[\text{B}^-]$ で示すのは土壌添加液中の添加濃度 [mol/kg] である. 芽長, 添加溶液の pH, NaTFA および他無機塩類の添加量を式(1)および(2)にあてはめ, Excel ソルバーによって二乗平均平方根誤差が最小になるようリガンドとの結合定数を求めた.

3. 結果と考察

3.1. NaTFA 毒性に対する競合物質の影響

無機塩濃度が同じ系列の芽長と NaTFA 添加濃度をロジスティック回帰し, EC_{50} を算出した. 図 1 に算出した

EC_{50} 値と競合物質の添加濃度の関係を示す.

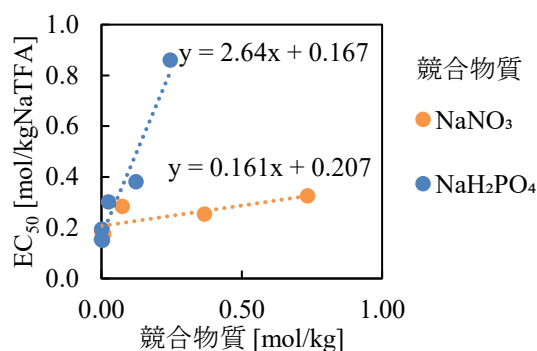


図 1 芽生長量の NaTFA の EC_{50} 値と添加した競合物質濃度の関係

これより NaNO_3 および NaH_2PO_4 の濃度が大きくなるほど NaTFA の EC_{50} が大きくなった, つまり毒性が緩和されることが分かった. また傾きから NaH_2PO_4 は NaNO_3 より強い毒性緩和作用があると考えられる.

3.2. TBLM による解析

式(2)による TBLM 解析により $K_{\text{TFA}} = 9.66 \times 10^{11}$ [kg/mol], $K_{\text{NO}_3^-} = 1.74 \times 10^{14}$ [kg/mol], $K_{\text{HPO}_4^-} = 3.74 \times 10^{14}$ [kg/mol], $K_{\text{OH}^-} = 5.63 \times 10^3$ [kg/mol] と求められた. $K_{\text{NO}_3^-}$ と $K_{\text{HPO}_4^-}$ にある 2×10^{14} [kg/mol] の差が図 1 における毒性緩和作用の違いを説明している.

4. 結論

PFAS の一種であるトリフルオロ酢酸ナトリウムの麦に対する毒性は土壌中の無機塩類によって緩和され, これは TBLM によって記述できると考えられる.

参考文献

1) Fangli Wang, Xuexia Wang, Qinghua Chen and Ningning Song (2021) Extension of a biotic ligand model for predicting the toxicity of metalloid selenate to wheat: The effects of pH, phosphate and sulfate, Chemosphere, Vol.264 No.1, 1-5

キーワード PFAS, Toxicity prediction, Soil pollution, Trifluoroacetate

異なる植生の土壌中から抽出したフミン酸が銅のオオミジンコに対する毒性に与える影響

Effects of Humic acids extracted from Soil on Copper of *Daphnia magna*

東京工業高等専門学校 ○永島双葉, 庄司良

1. 背景と目的

重金属は環境中に存在する汚染物質であり, その生態への毒性は存在する共存物質によって変化する. また, 土壌に含まれる腐植物質は重金属と錯形成し, 生体への毒性を変化させる¹⁾. そのため本研究では, 銅に対して, 環境中の共存物質としてフミン酸(HA)とマイクロプラスチック(MPs)を用いて, 毒性の変化を調べた.

2. 実験操作

2.1. フミン酸及びマイクロプラスチックの吸着実験

土壌から抽出したフミン酸を, NaCl を用いてイオン強度を 0.1 [mol/L]とした溶液に, 約 1000 ppm となるように溶解させた. これを 0.1 M HCl を用いて, pH を 4 以下にし, 40 分 N_2 をパージした後, さらに, 0.1 M HCl を加え, pH を 3.5 以下にした. ここに, N_2 をパージしながら 0.1 M NaOH を滴下し, pH を測定した. この実験に, ナイロン 6 (RPELLET0012, スタンダードテストピース, 2.5×2.47 mm) をミルによって破砕したものを MPs として約 500 ppm 追加してもう一度行った.

2.2. 毒性試験

0.1 M HCl を用いて $pH 6.1 \pm 0.2$ に調整した M4 培地に対して, 硫酸銅五水和物を銅の重量で 500 ppb Cu になるように加えた. さらにこの溶液に, 5 ppm の HA を加えた系と, 500 ppm のマイクロプラスチックを加えた系, これら両方に加えた系用意し, コントロール, 銅のみと合わせて, 計 5 系列を 2 連で作成し, 1 つのビーカーに対して 5 匹のオオミジンコを加え, 48 時間の急性遊泳阻害試験を行った.

3. 結果と考察

3.1 フミン酸とマイクロプラスチックの吸着試験結果

0.1 M NaOH の滴下量と, 測定された pH から, フミン酸の吸着等温線のモデルである NICA-Donnan model¹⁾を用いてフミン酸のドナン層周りの正味電荷 q を求めた. MPs の有無による, H^+ 吸着量の変化を以下に示す.

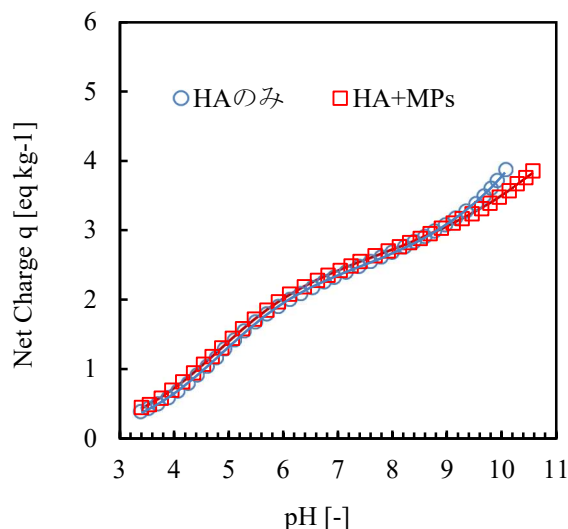


図 1 HA と HA+MPs の滴定結果(点は pH とイオン強度から求められた q , 実線は NICA-Donnan model を用いて求められた q を表している)

pH8 付近までは MPs を加えたものがより多く H^+ を吸着しているため, この pH までは, MPs と HA の吸着は加算的なものであるといえる. しかし, それ以上の pH になると, HA よりも正味電荷が減少する. これは, HA に対して H^+ と MPs が競合することを示しており, HA または MPs の銅の毒性緩和作用が減少する可能性がある.

3.2 毒性試験結果

試験開始から 24 時間時点で, 銅のみ, 銅+HA, 銅+MPs の系では全数遊泳阻害がみられたのに対し, 銅+MPs+HA の系では, 影響が 10 匹中 8 匹であった. これは, $pH 6.1 \pm 0.2$ の条件で試験を行ったため, HA と MPs がどちらも銅を吸着し, 系内の銅の活量が減少したためであると考えられる.

参考文献

- 1) 庄司良・岩瀬鉄也 (2016) 木材由来フミン酸と土壌由来フミン酸の NICA-Donnan Model を用いた解析による銅結合特性の評価, 日本土壌肥料科学雑誌, 87 巻 5 号, p. 348~351

キーワード: フミン酸, 急性遊泳阻害試験, 毒性緩和

二枚貝の軟組織に適用可能な PFAS 分析法の確立と瀬戸内海沿岸域のモニタリング調査
Establishment of analytical method for PFAS applicable to bivalve soft tissue and monitoring
survey along the Seto Inland Sea coast

○安原芽生, 田上瑠美, 国末達也 (愛媛大学 先端研究院 沿岸環境科学研究センター)

1. はじめに

有機フッ素化合物(PFAS)であるペルフルオロオクタ
ンスルホン酸(PFOS)、ペルフルオロオクタノ酸(PFOA)、
ペルフルオロヘキサンスルホン酸(PFHxS)は、環境残留
性・生物蓄積性があり生体内で有害性を示すことから、
残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約(POPs
条約)にそれぞれ 2009 年、2019 年、2022 年に追加登録
された。国内でも既に、化学物質の審査及び製造等の規
制に関する法律(化審法)の第一種特定化学物質に指定
されており、製造・輸入の禁止および使用の制限が定め
られている。そのため PFOS, PFOA, PFHxS に関しては
環境レベルの低減が期待されるが、環境省による各都道
府県の環境水におけるモニタリング調査によると、一部
の地域で局所的な高濃度汚染が未だ報告されている¹⁾。

PFOS, PFOA, PFHxS の規制にともない、代替 PFAS の使用が増加していると指摘されており、環境汚染と生態影響が懸念されている。欧米や中国の調査では、短鎖および長鎖のペルフルオロカルボン酸類(PFCA)やペルフルオロスルホン酸類(PFSA)、そしてペルフルオロスルホンアミド類(FASA)やフルオロテロマースルホン酸類(FTSA)等の前駆・代替物質による水圏環境の汚染が明らかとなっている²⁾。このように、現在未規制の PFAS による汚染は世界の水域に及んでいる可能性があるが、国内における調査は限定的であり、水生生物に対する曝露と蓄積性に関する知見も欠落している。

そこで本研究では、POPs の沿岸海域汚染を把握する上で有用であることが認知されている二枚貝を指標生物として³⁾、軟組織に適用可能な PFAS の高精度分析法の確立と瀬戸内海沿岸域のモニタリング調査を試みた。

2. 試料と方法

本研究では、POPs 条約に登録されている PFOS, PFOA, PFHxS に加え、PFCA 10 物質、PFSA 5 物質、FASA 5 物質、FTSA 3 物質、GenX などの代替 PFAS 8 物質の計 34 種の PFAS を対象とした。本研究グループが既に野生高等動物の肝臓で構築した分析法(unpublished data)を改良し、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二枚貝の軟組織試料を用いて添加回収試

験を実施した。ホモジナイズした軟組織試料に安定同位体でラベル化された内部標準 PFAS 物質を添加しメタノールで抽出した。抽出液をシリンジフィルターで濾過し、ヘキサンによる液液分配後、固相抽出カートリッジ

(Captiva EMR-Lipid 及び Strata PFAS) により精製し最終溶液を得た。最終溶液に含まれる PFAS は、超高速液体クロマトグラフトアンデム型質量分析計を用いて定性・定量した。精度を担保した後、2024 年に瀬戸内海沿岸で採集した二枚貝の軟組織試料を PFAS 分析した。

3. 結果と考察

添加回収試験の結果、34 種の PFAS における補正回収率は 67～120 %（図 1）であった。また、補正回収率の日内・日間変動は、それぞれ 1.1～7.6 %および 3.0～20 %と良好な結果を示した。

確立した分析法を用いて大阪湾の沿岸で採取した二枚貝の軟組織を分析したところ、PFOS より 2 桁濃度が高い新興 PFAS の Perfluoro-1-octanesulfonamide が検出された。現在、他の地点で採集した検体を分析中である。

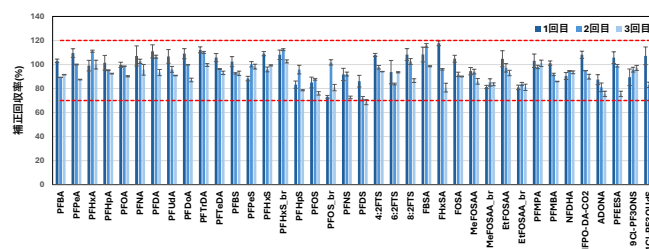


図 1. 二枚貝の軟組織を用いた添加回収試験で得られた
34 種の PFAS における補正回収率

参考文献

- 1) 令和 5 年度公共用水域及び地下水の PFOS 及び PFOA 調査結果一覧 (2025) <https://www.env.go.jp/content/000310066.pdf>
- 2) Munoz *et al.* (2019) Trends Environ. Anal. Chem., 23, e00066
- 3) Tanabe and Subramanian (2006) Bioindicators of POPs, Kyoto University Press and Trans Pacific Press

キーワード 有機フッ素化合物(PFAS)、二枚貝、モニタリング、瀬戸内海

未利用エネルギー「浸透圧発電」の技術経済性評価 Techno-economic feasibility analysis of under-utilized energy “Osmotic Power Generation”

山梨大学 生命環境学部 ○渡邊琴弓, 山梨大学 大学院総合研究部 島 弘幸

1. 背景と目的: 浸透圧発電とは

一般に、河川から流れ出た淡水が海水と混ざり合うと、膨大な化学エネルギーが熱として放散されます。この日々失われていくエネルギーを電力に変換し、有効活用することはできないでしょうか？それを可能にするのが、浸透圧発電 (Osmotic Power Generation; OPG)と呼ばれる発電技術です。その仕組みは、淡水と海水の浸透圧差を利用して水流を増強し、その水流でタービンを回して電気をつくるというものです¹⁾。天候や時間帯に依存せず定常的に電気エネルギーを供給できるほか、発電資源である海水と淡水は枯渇する心配がほとんどありません。

本研究では、この未利用エネルギーを国内で活用した場合の経済性を評価する目的で、技術経済性評価を行いました。一般に技術経済性分析とは、これから開発/導入しようとする技術が、経済的に実現可能かどうかを評価するための分析手法です。これを OPG に適用することで、実際に発電施設が稼働した場合のコストと収益、および他の発電方法と比較した場合の経済的な優位性を評価しました。

2. 分析手法: LCOE 分析と発電電力分析

本研究では、日本国内 109 個の主要な河口に着目し、当該地域における OPG の賦存量を推計するとともに²⁾、同エネルギーの均等化発電原価(Levelized Cost of Electricity: LCOE)を算出しました。LCOE は、施設の建設と維持に必要な総コスト(資材費・燃料費・人件費など)を、稼働可能年数の間に発電できる総エネルギーで除した値です³⁾。このとき、後者の総エネルギーを求めるのに必要な電力 $\dot{W}_{\max}$ は、熱力学理論にもとづき次の式で計算できます¹⁾。

$$\dot{W}_{\max} = \frac{\nu RT}{4} \cdot \frac{(c_{D,0} - c_{F,0})^2}{c_{D,0} + c_{F,0}} \cdot (Q_{D,0} + Q_{F,0})$$

ここで ν は van't Hoff 係数、 R は気体定数、 T は水温、 $c_{D,0}$ と $c_{F,0}$ は混合前の塩水と淡水の塩分濃度、 $Q_{D,0}$ と $Q_{F,0}$ は混合前の塩水と淡水の流量を指します。本研究では、地理情報データベースを参照して、各河口における後者 5 つのパラメータ値を抽出し、そこから総エネルギー量を推算しました²⁾。

3. 結果

図 1 は OPG の LCOE が、流量 Q と半透膜(=OPG の主要部品)の単価にどう影響するかを表します。また図の矢印は、

他の再エネ LCOE の現在値と 10 年前の値を示しています。この結果から、現在の OPG はコスト面で他の再エネよりやや劣るものの、今後の要素技術の進展・改良次第では、競争力の高まりが期待できます。表 1 では、発電所 1 基あたりの電力量を他の再エネと比較しました。赤枠で示した通り、OPG の生成エネルギーは、太陽光・風力を上回ることがわかりました。これは、OPG が主力再エネの弱点を補完しうる有用な発電手法であることを意味します。

これらの結果をもとに本研究では、さらに OPG 施設の国内導入適地を検討し、新潟市周辺が地理的に適していることを提案できました。その詳細は会場での講演に譲ります。

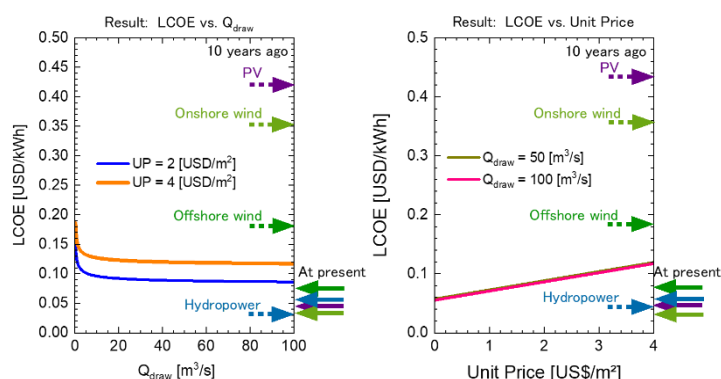


図 1. LCOE の算出結果 (流量 or 膜単価との相関関係)

表 1. 国内発電所 1 基あたりの生成電力量

	Average power generation [10 ⁶ kWh/plant]	Total power generation in Japan [10 ⁶ kWh/year]	Number of plants existed
SGE (Theor.)	1,190	130,000	109
SGE (Pract.)	47.8	5,210	109
Nuclear	5,350	80,300	15
Thermal	1,300	629,000	482
Biomass	258	28,600	111
Hydro	46.7	82,400	1,766
Geothermal	139	2,090	15
Wind	23	8,410	365
Solar	4.6	23,800	5,178

参考文献

- 1) A. Cipollina and G. Micale (2016) Sustainable Energy from Salinity Gradients, Woodhead Publishing, 343 pages.
- 2) K. Watanabe *et al.* (2025) Salinity gradient energy of 109 first-class water systems in Japan, Desalination 605, 118706.
- 3) P. Breeze (2019) The Cost of Electricity, Elsevier, 141 pages.

キーワード 再生可能エネルギー, 塩分濃度差発電, コスト評価, 発電量予測, 導入ポテンシャル分析

スミレ属ミヤマスミレ節内の種間関係を探る

兵庫県立小野高等学校 ○山本 純也

1. 研究背景

スミレ属ミヤマスミレ節内のスミレは形態的によく似ており、分類が難しい。本校スミレ班ではこの節を中心に、この節の実態と系統進化の解明を目的として、分布調査を行い、葉の形態を分析、葉緑体 DNA、核 DNA の分析を行ってきた。さらに葉緑体全ゲノムの分析、生態ニッチモデリングにも取り入れ、研究を進めている。今回で判明した内容について報告したい。

2. 研究方法

先輩たちは約 10 年前からスマレ属の分布調査、葉の形態、柱頭の形態について分析してきた。また、葉緑体 DNA の *matK*, *trnL-F* 領域、核 DNA の *ITS*, *ETS* 領域の分析を行ってきた。私たちはさらに、

- ① ミヤマスミレ節を中心に 65 個体約 30 種のスミレ種について、全 DNA の抽出し次世代シーケンス解析を依頼、戻ってきた raw data の葉緑体 DNA 全ゲノム解析に取り組んだ。
- ② 10 年間の分布調査の結果と GBIF、サイエンスミュージアムネットの分布データをもとに、ネット上に上がっている worldclim の過去の気象データを用いて、生態ニッチモデリングに取り組み、過去の生育適地の変遷を推定した。

3. 結果と考察

分析の済んだ以下の3つについて報告する。

3.1. ニンジン状に葉が切れ込む種とヒカゲスミレ

葉が切れ込むヒゴスミレ(*Viola chaerophylloides* var. *sieboldiana*), エイザンスミレ(*V. eizanensis* var. *eizanensis*)と単葉のヒカゲスミレ(*V. yezoensis* var. *yezoensis*)については、葉緑体全ゲノムの分析でも一つのクレードにまとまり、同じ祖先種から進化してきた種であると推定された。ニッチモデリングでもこれらの種は分布適地がほぼ重なり、交雑を繰り返しながら分布を広げてきたと考えられる。

3.2. ツクシスミレとマルバスミレ, コミヤマスミレ

先輩たちの研究で葉緑体 DNA の *matK*, *trnL-F* 領域ではミヤマスミレ節のマルバスミレ (*V. keiskei*) とコミヤマスミレ (*V. maximowicziana*) はツクシスミレ (*V. diffusa*, ツ

クシスミレ節)と同じクレードにまとまった。今回の葉緑体全ゲノムでもこれら3種はまとまり、葉緑体に関してはマルバスマイレ、コミヤマスマイレはツクシスマイレとほぼ同じ遺伝子を持っていることが確かめられた。生態ニッチモデリングでの分析から最終氷期最盛期にこの3種は同じ場所に分布していたと考えられ、この時代に浸透性交雑が起こり、現在は分布が異なるがよく似た葉緑体ゲノムを持つと考えられる。

3.3. ヒメミヤマスミレとトウカイスミレ

山田, いがり (2023) の論文で形態的にこの2種は異なり, トウカイスミレが新種 *V.tokaiensis* として発表された。今回, 核 *ITS*, *ETS* 領域, 葉緑体全ゲノム分析においても別種であることが証明された。

4. 参考文献

- 1) 山田,いがり “トウカイスミレ, 日本産スミレ属の 1 新種”, J.Jpn.Bot.98(2):61-70(2023)
- 2) 大橋広好, 門田裕一 他編 “改訂新版日本の野生植物” 3 巻 (2016) 平凡社 pp.209-227

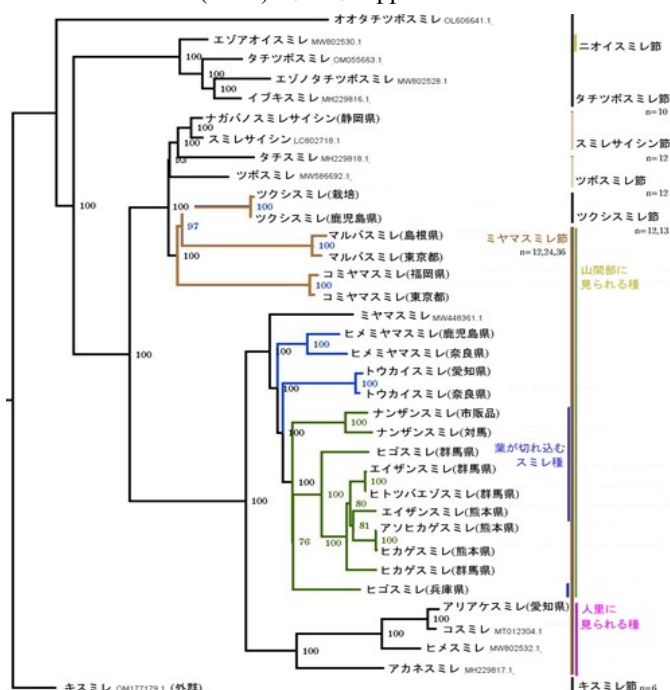


図1 葉緑体全ゲノムによる系統樹

キーワード ミヤマスミレ節, 葉緑体全ゲノム,
生態ニッチモデリング

循環型農業を目指した牛ふん由来バイオ液肥の施用効果に関する実証的研究 —作物の品質・食味および土壌成分への影響評価—

Empirical Study for Cattle Manure-Derived Bio-Liquid Fertilizer Application Aiming at Recycling-Based Agriculture -Effects Assessment of Application on Crop Quality and Taste and Soil Component-

静岡県立大学 ○河村 怜夏, 徳村 雅弘, 占部 杏珠, 大槻 尚子, 市川 陽子, 若林 敬二, 牧野 正和
合同会社富士山朝霧 Biomass 川島 芳郎, 小室 直義, ながたファーム 永田 浩章, 合同会社アグリノ 西山 靖紀

1. はじめに

静岡県富士宮市の朝霧高原では、地域の主要産業として酪農が盛んに行われているが、堆肥化された牛ふんが草地面積に対して過剰に施用されているケースが報告されている。また、富士山の火山灰由来の土壌は地下への浸透性が高く、その結果、牛ふん由来の地下水汚染が懸念され、地域の環境問題として顕在化している。

このような背景から、牛ふんを原料としたバイオガス発電が、循環型農業に貢献する技術として注目されている。副産物である消化液は、肥料成分を含む有用な資源であり、バイオ液肥としての農業利用が可能である。これまでにも、バイオ液肥の有効性は検討・報告されてきた。一方、施肥量の最適化や、作物の品質、食味等の消費段階までを包括的に検証した事例は少ない。

本研究では、富士宮市における牛ふん由来バイオ液肥を対象に、作物の生育、収量、施用後の土壌成分への影響を実証的に評価するとともに、収穫物の食味試験および消費者受容性を検証し、バイオ液肥の有効性を総合的に明らかにすることを目的とした。

2. 方法

本研究では、静岡県富士宮市の朝霧高原にある合同会社富士山朝霧 Biomass の牛ふん由来のメタン発酵消化液を、モデルバイオ液肥として用いた。実証試験は、同市のながたファーム（供試作物：水稻）、富士市の合同会社アグリノ（サツマイモ）の農地で実施した。水稻に関しては、施肥設計を変更した3区を設け、全区に牛ふん堆肥 2 t/10 a を元肥として施用した。1・2 区には田植え直前にバイオ液肥 1 t/10 a を施用し、1 区のみ中干し開始時に同量を追肥した。全区で無農薬・無化学肥料とし、生育状況や収量を調査し、肥効も評価した。収穫米は食味分析計による品質測定および官能評価を実施した。土壌分析は、元肥施用後と中干し終了時に行い、りん酸、加里等の主要肥料成分の変化を確認した。なお、本要旨では字数の制約上、水稻の結果のみを報告する。

3. 結果と考察

水稻の試験結果において、バイオ液肥施用区では稈長と穂数が増加し、肥効が確認された。一方、施肥量が最も多い1区（バイオ液肥 2 t/10 a + 牛ふん堆肥 2 t/10 a）は徒長による倒伏が多く、過剰施用による生育バランスの崩れがみられ、収量低下のリスクがあることが示唆された。実際、収量は2区（バイオ液肥 1 t/10 a + 牛ふん堆肥 2 t/10 a）が最も高く（513 kg/10 a）、1 t/10 a が適正量と考えられた。食味品質評価では、全区で品質差は小さく（Fig. 1）、官能評価にも大きな嗜好性の差異はなかったが、「見た目」「つや」で、2区が3区（牛ふん堆肥 2 t/10 a のみ）よりも高評価であり、消費者受容性の面からも実用性が高いと考えられる。土壌分析では、バイオ液肥施用区で石灰含有量が増加した一方、全区でりん酸、苦土、加里が減少し、長期利用には定期的な土壌診断と施肥調整が必要と考えられた。

以上より、牛ふん由来バイオ液肥は、水稻栽培において適正施用により収量、品質の両面で有効であり、消費段階まで含めた実用性が示唆された。

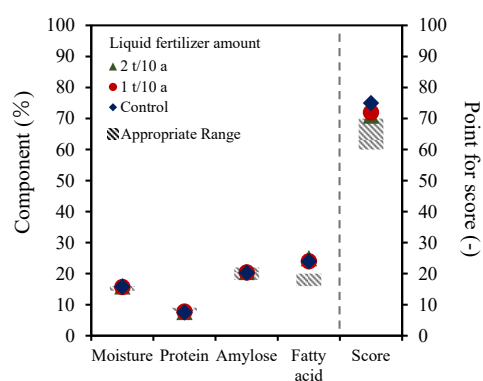


Fig. 1 食味分析計による食味品質評価

謝辞: 本研究はフーズ・ヘルスケアオープンイノベーションプロジェクトの助成を受けたものである。

キーワード 循環型農業, 有機肥料, 肥料成分, 栄養成分

パイナップル葉由来の繊維生産と副産物利用におけるライフサイクル評価 Life cycle assessment of fiber production and by-product utilization from pineapple leaves

東京都市大学 ○中本采那, 兵法彩

1. はじめに

資源効率向上を目指した循環経済においては、直線経済的な素材生産・流通・使用・廃棄ではなく、製品のライフサイクルが循環する新たなビジネスモデルの構築が求められている。日本は、第五次循環型社会形成推進基本計画（2024 年 8 月閣議決定）¹⁾を環境および社会経済的課題の同時解決を目指す国家戦略として位置づけている。近年、プラスチック代替素材として、紙、バイオマスプラスチック、生分解性プラスチックを用いた製品開発と実用化が進んでいる。このような既存素材の代替による環境負荷の変化を定量的にとらえるために、ライフサイクル評価が有効とされる²⁾が、現状では評価対象が限定的であり、全体を通じた評価手法確立に向けた議論が不足している。

本研究は、未利用資源の循環利用促進モデルを対象事例として、新規素材のライフサイクル評価手法の確立に資することを目的とする。

2. 研究方法

本研究は、沖縄県で持続可能な天然繊維事業を展開する株式会社 FOOD REBORN（以下、フードリボン）の循環型資源活用の取り組みを対象とする。対象事例は、パイナップル栽培において繁殖し、収穫後は農業廃棄物として扱われてきたパイナップルの葉からの繊維製造および製造工程で得られる副産物の有効利用

（使用済み製品の循環利用含む）である。パイナップル葉は収穫後に放置（野積み）あるいは廃棄されている未利用資源であり、抽出したパイナップル繊維や残渣をバイオマスプラスチック原料として活用することで新たな付加価値品の創出および循環利用促進に寄与している。

フードリボンの 2024 年度の事業実績および計画値をもとに、電力・水投入を含む各プロセスの温室効果ガス（GHG）排出量を定量化した。評価には IDEAv3.4.1 のデータベースと LIME2 のインパクト係数を用い、比較対象として綿由来繊維や従来プラスチック製品との相対評価も検討した。環境負荷の按分（アロケーション）は重量および金銭価値に基づき、感度分析により循環事業評価手法の妥当性も検証する。

3. 結果・考察

パイナップル葉由来の繊維（35kg）の繊維抽出に伴う GHG 排出量は 12.3kg-CO₂eq. となった。同量の綿繊維生産に伴う GHG 排出量は 192.15kg-CO₂eq. であるため、パイナップル繊維は綿繊維に比べて GHG 排出量が小さいことがわかった。なお、パイナップル繊維抽出では、同時に残渣が生じているが、この点は考慮されておらず、GHG 排出量をすべて繊維生産に帰属させている。それでも、パイナップル繊維は綿繊維よりも重量あたりの環境負荷が小さい繊維であることが示唆された。今後の発表では未利用資源を活用した資源循環事業のライフサイクル評価を行い、総合的な評価手法構築に向けた考察を行う。

4. おわりに

本研究では、パイナップル葉を原料とする新規天然繊維のライフサイクル評価を実施した。温室効果ガス（GHG）排出量の算定結果から、パイナップル繊維は同重量の綿繊維に比べて環境負荷が低いことが示された。一方、繊維製造時に同時に得られる副産物（残渣）の活用については、現時点では十分な評価がなされていない。結合生産の評価においては、製品バスケット法や重量・価格による按分手法の選択により結果が大きく異なる可能性があるため、今後は適切な評価枠組みの検討が不可欠である。加えて、パイナップル葉の活用は環境面だけでなく、雇用創出や児童労働の抑制など社会的課題の解決にも寄与する可能性がある。また循環経済の推進には、製品と副産物の全体を対象とした環境・社会経済両面からの多面的評価が求められる。

参考文献

- 1) 環境省, 循環型社会形成推進基本計画(令和 6 年 8 月 2 日閣議決定)
- 2) Gerald Kalt et al. (2016) Environmental Science & Policy, 64, 155-163

キーワード 農業廃棄物、未利用資源、資源循環、ライフサイクル思考、サーキュラエコノミー

建築ストックの代謝率に基づく都市資源フロー分析 Urban resource flow analysis based on building STR (Stock Turnover Rate)

名古屋大学 工学部環境土木・建築学科 ○伴咲穂,
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

環境省によると、日本の資源生産性、循環利用率、最終処分量は改善傾向にあったが、近年は横ばいとなっている¹⁾。これは、循環型社会の形成に一定の成果が見られる一方で、さらなる抜本的な改善が必要であることを示している。特に、資源フローの抑制が課題であり、建築物はその半分を占める²⁾ため、建築物に用いられる資源が高い価値やサービスを長期間発揮することが重要である。従来、建物の建て替わりに関する研究は構造や材料に焦点を当ててきたが、社会的環境の影響に関する知見は限られている。本研究では、三大都市圏を対象に、建築物の廃棄・更新に影響を与える社会的要因を回帰分析により明らかにする。

2. 方法

建築物データは、Zmap-TOWN II を利用する。太田ら³⁾の方法で建物ごとにマテリアルストックを計算し、また、2016 年と 2020 年の間の建物の建て替わりとそれに伴うマテリアルフロー量を推定する。

建築ストックの代謝率を表す指標として、STR を式(1)のように定義し、1km メッシュで算出する。関東における STR の分布を、図 1 に示す。

$$STR(t/\text{年}) = \frac{2016 \text{ 年から } 2020 \text{ 年のインフロー}(t/\text{年})}{2020 \text{ 年のストック}(t)} \times 100 \quad (1)$$

都市部では STR が高い傾向がみられ、これは人口や用途地域などの影響によると考えられる。そこで、これらの要因と STR の関係を定量的に把握するため、STR を構成するインフロー（分子）とストック（分母）それぞれを被説明変数とし回帰分析を実施した。

3. 結果と考察

回帰分析の結果を表 1 に示す。特に商業地域の有無がインフロー・ストックの増加に対して有意であり、資源フローの集中に大きく寄与していることが明らかとなった。一方、洪水浸水想定地域の有無（想定最大規模、浸水ランク 3 以上）による有意差はみられなかった。すなわち、災害リスクが高い地域における都市開発の抑制については確認することができなかった。

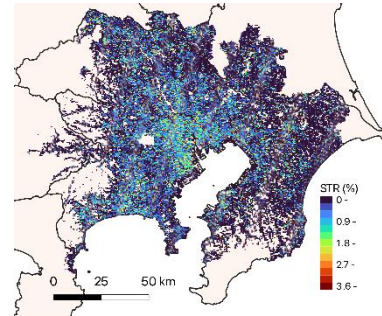


図 1 関東における STR の分布

表 1 回帰分析の結果

変数名	inflow	stock
	偏回帰係数	偏回帰係数
人口密度(人/km ²)	0.37*** (16.29)	51.79*** (93.03)
高齢世帯率	-78.56*** (-8.47)	-665.60*** (-5.18)
ターミナル駅からの距離(km)	-0.08*** (-11.74)	-2.34*** (-16.35)
商業地域の割合	0.05*** (56.74)	3.05*** (129.80)
洪水浸水想定地域ダミー変数	178.70 (1.04)	-5.53 (-1.38)
定数項	4254*** (13.62)	94120*** (15.89)
重決定係数	0.28	0.72
サンプル数	25018	18967

※括弧内の数字は t 値を示し、***0.1%有意である。

謝辞

本研究は、環境省(独)環境再生保全機構 環境研究総合推進費(JPMEERF20231005)、JSPS 科研費(JP23H00531、JP24K03140、JP25H01206)、文部科学省 科学技術試験研究委託事業(JPJ010039)、JST 共創の場形成支援プログラム(JPMJPF2204) から助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 環境省 (2024) 令和 6 年版環境・循環型社会・生物多様性白書, 3 循環型社会の形成章 3, 159-207
- 2) 環境省 (2006) 日本の物質フロー <https://www.env.go.jp/content/900532608.pdf>, (参照 2024-07-9)
- 3) 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ストック・フロー推計, 環境情報科学, 学術研究論文集 37, 195-201

キーワード STR, インフロー, ストック

ツバメの営巣環境から捉えた都市住民の心地よい緑地と生活環境へのまちづくり提案

Proposals for Urban Development That Utilize Swallow Nesting Environments to Create Pleasant Green and Living Spaces for Urban Residents

神戸大学 ○松田 卓也, 大野 朋子

1. はじめに

ツバメ (*Hirundo rustica*) は日本において古くから人々に親しまれてきた。日本最古の歌集「万葉集」にもその姿が詠まれているなど、季節の移ろいを象徴する景観動物として文化的にも重要な存在である。しかし近年では、市街化による緑地の減少や劣化により、都市部を中心にツバメの飛来数の減少が危惧されている。自然と共生した豊かな生活環境を創出するには、ツバメを指標としてその生息と都市環境の実態を把握する必要がある。

そこで本研究では、都市域でのツバメの営巣環境の現状を住民生活との関係から明らかにすることを目的とした。

2. 調査方法

2.1. 調査地の選定

調査対象地は、兵庫県神戸市灘区において駅・商店街・住宅街・河川沿いなど、ツバメの営巣に関係する複数の環境が含まれる約 7.50km² の範囲とした。

2.2. ツバメの営巣実態および巣材採集地点の調査

調査対象地内におけるツバメの営巣箇所を 2024 年 4 月から 2025 年 6 月の期間、踏査により確認し、箇所数を都市環境 (駅・商店街・住宅街・河川沿い) 別に集計した。さらに巣材の採集行動を把握するため、巣作りの期間中に材料調達場所を踏査・目視 (ツバメ追跡) で記録し、巣との直線距離や各採集場所の特徴を把握した。なお、本調査で取り扱ったツバメは、ツバメ (*Hirundo rustica*) の他にコシアカツバメ (*Hirundo daurica*) も含む。

2.3. 巣周辺の通行量と通行者の行動調査

人間生活とツバメの営巣との関係を把握するため、営巣地点周辺における通行量と営巣との関係性を調査した。調査対象とした営巣地 4 箇所において朝、昼、夕刻の一定時間内の通行者数を記録した。また、ツバメに対する人々の関心を把握するため、通行者の巣に対する視線の動きや撮影行動などを把握し、巣の都市環境別に比較した。

3. 結果

3.1. ツバメの営巣数と巣材採集の実態

調査対象地域においてツバメが繁殖を試みた巣は、59 件確認された。これらを都市環境別にみると、商店街での営巣が最も多く 20 箇所確認されたが、河川沿いでも 19 箇所と多く見つかった。駅前と住宅街ではそれぞれ 10 箇所であった。

次に巣の材料となる泥や植物の調達場所については、公園のグラウンドや河川敷、田んぼや空き地など様々な緑地から持ってきていることが分かった。さらに巣材調達場所と営巣地点との直線距離については、計測できた 20 件のうち、16 件はツバメ (*H. rustica*) であり、平均距離は約 110.5m、コシアカツバメを含めた全体の平均は約 114.4m であった。

3.2. 巣周辺の通行量と通行者の反応

各都市環境における 1 時間あたりの平均通行者数は、駅前の巣では 1548 人/h、商店街で 616 人/h、河川沿いで 176 人/h、住宅街で 100 人/h と通行者数に大きな差が見られた。また、通行者の反応は、駅前では全体の約 7.6% (118 人/h) がツバメを視認し、約 3.2% (50 人/h) が立ち止まってヒナを眺めていたほか、写真撮影を行う通行者も確認された。一方、商店街ではツバメを視認した人は全体の約 1.8% (11 人/h) であった。また、河川沿いでは約 0.2% (0.3 人/h)、住宅街では約 1.2% (1.2 人/h) がツバメを視認し、撮影行動は一度も見られなかった。

4. おわりに

都市におけるツバメの営巣環境は、巣材調達場の立地や人の通行量など、複数の要因と密接に関係していることが分かった。また、通行者のツバメに対する反応は営巣箇所によって大きく異なり、都市環境ごとで人々の関心に違いがあった。これらの結果を踏まえて、今後は人々が自然と調和して生活できるまちづくりをさらに検討する必要がある。

キーワード 自然共生, 緑地環境, 景観動物

全国道路橋を対象とした物質ストック量と劣化リスクの空間的把握 Nationwide spatial analysis of material stocks and deterioration risks in road bridges

名古屋大学工学部環境土木・建築学科 ○佐々木文海

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

橋梁は高度経済成長期に整備されたものが多く、老朽化が深刻化している。国土交通省によると、2032年度には50年以上経過する橋梁が約59%に達すると予測され、早急な橋梁の現状把握と整備の優先度の検討が不可欠である。既往研究では、建築物や道路、下水道を対象としたストック推計や、退蔵化リスク評価が行われている一方で橋梁については全国規模でのストック推計やリスク評価は十分に行われていない¹⁾。

本研究では、日本全国の橋梁を対象として、全国道路施設点検データベースを用いて、老朽化状況を空間的に分析し、ストック推計を試行することで、地方自治体における管理体制や維持管理の方針策定に資する知見を提供することを目的とする。

2. 方法

本研究では、全国道路施設点検データベース²⁾から得られた橋梁の健全度をGISを用いて市区町村別に集計することで、市区町村別の老朽化傾向を空間的に可視化した。加えて、道路統計年報と橋梁の資材投入原単位³⁾を用いて市区町村別橋梁資材ストックの推計を行った。なお、「劣化橋梁」は、修繕措置を必要とする点検記録判定区分³⁾が3以上の橋梁と定義した。

3. 結果と考察

3.1. 劣化橋梁割合空間分布

劣化橋梁割合が東京大阪圏の都市部、日本海側地域および中国山地付近の地方部で高いことがわかった(図1)。橋梁の劣化を加速させる要因として、都市部では架設時期が古く、老朽化していること、交通量が多く疲労劣化が進行しやすいことが考えられる。地方部では、降雪や凍結などの気象条件により腐食の進行が早いことに加え、地形の影響により修繕措置が困難な地域が存在することが要因として考えられる。

3.2. ストック推計空間分布

政令指定都市、県庁所在地においてストック資材が多く分布しており、都市部に集積している(図2)。

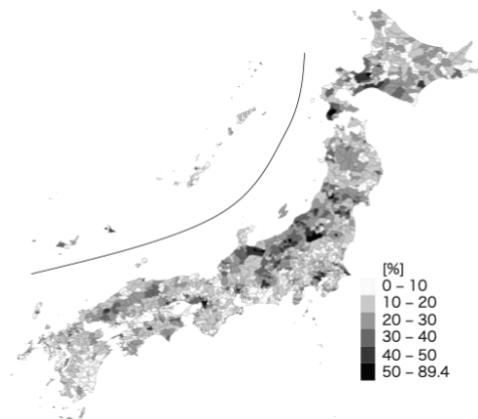


図1 市区町村別劣化橋梁割合分布

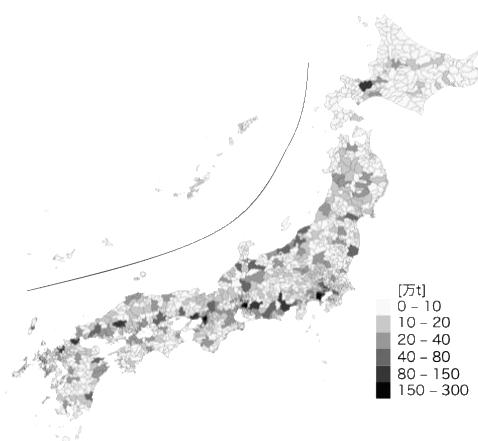


図2 市区町村別橋梁ストック分布

謝辞

本研究は、環境省(独)環境再生保全機構 環境研究総合推進費(JPMEERF20231005)、JSPS 科研費(JP23H00531, JP24K03140, JP25H01206)、文部科学省科学技術試験研究委託事業(JPJ010039)、JST 共創の場形成支援プログラム(JPMJPF2204)から助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 山下奈穂・松代竜毅・蛭田有希・白川博章・谷川寛樹(2023), 下水道管渠を対象とした社会資本ストックの退蔵化リスク評価, 環境情報科学 学術研究論文集, Vol.37, pp.70-73
- 2) 坂本辰徳・谷川寛樹・橋本征二・森口祐一(2004), 地域マテリアルフロー推計に用いる都市構造物の資材投入原単位と耐久年数の推計, 環境情報科学論文集, Vol.18, pp.271-276
- 3) 国土交通省(2014) 道路局, 道路橋定期点検要領, pp. 3

キーワード マテリアルストック, 橋梁, 老朽化

航空写真を利用した都市未利用バイオマス資源の空間分布の把握と その有効活用可能性について

Understanding the Spatial Distribution of Unutilized Urban Biomass Resources Using Aerial Photography and Exploring Their Potential for Effective Utilization

名古屋大学工学部環境土木・建築学科 ○片岡俊哉

名古屋大学大学院環境学研究科 中村勇斗, 長谷川正利, 長尾征洋, 白川博章, 谷川寛樹

1. はじめに

温室効果ガス排出削減に向けて、都市未利用バイオマス資源の活用が注目されている。特に、街路樹の剪定枝や更新・廃棄の際の不要な樹木は代表的な都市未利用資源の一つであり、CO₂削減効果に関する研究も行われてきた¹⁾。都市の植物廃材は山間部の間伐材と異なり、エネルギー消費地に近いため輸送コストが低い利点がある²⁾。しかし、正確な空間分布と総量を把握している自治体は多くない。本研究では、航空写真から街路樹の空間分布を推計する機械学習モデルを開発し、まずは名古屋市を対象に分析を行う。最終的には、日本の人口集中地区全体に適用可能な推計手法を確立し、効率的に空間分布やバイオマス総量を把握可能なシステムの構築を目指す。

2. 推計手法

本研究では、航空写真から緑地領域を抽出し、その上で道路近傍に位置する緑地を街路樹帯として分類する手法を検討した。機械学習モデルを用いて、土地被覆を分類した。解析には、国土地理院が提供するタイル地図「全国最新写真（シームレス）」のZoom17（地上画素寸法 1m）を使用し、名古屋市をカバーする 5,622 枚のタイルを対象とした。機械学習に必要な教師データは、名古屋市の緑被地 GIS データと航空写真を用いて作成し、200 サンプルのうち 80%を学習、20%を検証に用いた。緑地と街路樹帯の判別には、道路の幅員別に距離を設定し、道路中心線から一定幅内の緑地を街路樹帯とみなすこととした。上記の道路中心線からの街路樹帯の範囲設定については、道路幅員別（①幅員 13.0m以上、②幅員 5.5m以上～13.0m未満、③幅員 3.0m以上～5.5m未満、④幅員 3.0m未満）に設定することとし、①は片側 7.5m、②は片側 6.0m、③は片側 5.2m、④は街路樹が存在しないため 0mとした。

3. 分析結果

検証用データを対象とした緑地の判定結果を表 1 に

示す。F1-score は、緑地以外で 90%、緑地で 82%、全体精度は 87%であった。また、緑地データから街路樹面積を算出した結果を表 2 に示す。「①全道路一定幅内の緑地を街路樹帯とみなす場合」と「②道路の幅員ごとに幅を設定し、その範囲内を街路樹帯とみなす場合」では、後者の方が正解データに近い値を示していた。街路樹は道路の幅員ごとに、植えられる範囲がある程度決まっているため、元の緑地判別データから街路樹を抽出する場合には、道路情報を反映できる GIS データの活用が有効と考えられる。

表 1 機械学習による緑地の判定結果

	適合率(%)	再現率(%)	F1-score(%)	サンプル数(個)
緑地以外	87	93	90	1,620,871
緑地	87	77	82	1,000,569
全体精度			87	2,621,440

表 2 街路樹面積の算出結果

	街路樹算出面積(ha)
①全道路一定幅(片側7.5m)の場合	5,571
②幅員別に幅を設定した場合	637
名古屋市の調査結果(正解データ)	179

4. 終わりに

本研究で示した手法を全国に展開すれば、都市のストックとしての街路樹を人工衛星や航空写真を用いて効率的に維持管理することが可能となる。

謝辞：本研究は、環境省(独)環境再生保全機構環境研究総合推進費(JPMEERF20231005)、JSPS 科研費(JP23H00531,JP24K03140)、文部科学省科学技術試験研究委託事業(JPJ010039)、JST 共創の場形成支援プログラム(JPMJPF2204)から助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 藤原宣夫・山岸 裕・田中 隆・新島啓司・中居恵子(2003)剪定管理が都市緑化樹木の CO₂ 固定に与える影響に関する考察。日本緑化工学会誌, 29(1), 45～50。
- 2) 山岸裕・栗原正夫、街路樹剪定枝の有効利用を想定した処理・処分方法別の CO₂ 削減効果の推計、環境情報科学学術論文集, pp.237-242, 26, (2012)

キーワード 未利用資源, バイオマス, リモートセンシング, 航空写真, 機械学習

桜島や指宿での自作装置を用いた火山ガスや温泉水の組成変動観測

Observation of volcanic gases and hot spring waters using homemade equipment at Sakurajima and Ibusuki Volcanoes

池田学園池田高等学校 ○茶屋道 玲

1. 要旨

池田高校 SS 部は、将来の火山活動を予測するために、指宿と桜島で火山ガスを調べる方法や装置を自分たちで作り、ガス中の成分を分析してきた。

昨年度クリタ活動賞をいただき、その副賞を活用して、温泉水に溶けている全炭酸濃度測定法の開発や、高濃度塩化物イオンセンサーの作成を低コストで行った。ここでは簡易全炭酸濃度測定法を報告する。

2. 温泉水観測のための簡易全炭酸濃度測定法

火山噴火は、マグマ中に溶け込んだ揮発性成分（火山ガス）が発泡し、圧力が高まることで引き起こされる。火山ガスの主成分は H_2O ・ CO_2 ・ SO_2 ・ HCl ・ HF などであり、温泉水中の炭酸濃度は、火山体内部の間隙流体圧の変動に対応して増減していると考えられ、火山活動との相関が報告¹⁾されている。一方、表 1 のように CO_2 には pH によって様々な溶解形態があり、測定には高価な装置が必要である。そこで、Fig. 1 のように廉価な屋内用 CO_2 センサ

表 1 二酸化炭素の水溶液中の溶解形態

化学種	化学式	説明	存在比率 (pH 依存)
溶存二酸化炭素	$\text{CO}_2(\text{aq})$	水に物理的に溶けた状態の CO_2	酸性条件で多い
炭酸	H_2CO_3	CO_2 と水が反応してできるが、非常に不安定	ごく微量 (CO_2 : $\text{H}_2\text{CO}_3 \approx 1000:1$)
炭酸水素イオン	HCO_3^-	H_2CO_3 が一段階電離した形	中性～弱アルカリ性で優勢 (pH 6.3～10.3)
炭酸イオン	CO_3^{2-}	HCO_3^- がさらに電離した形	アルカリ性条件で多い (pH > 10.3)

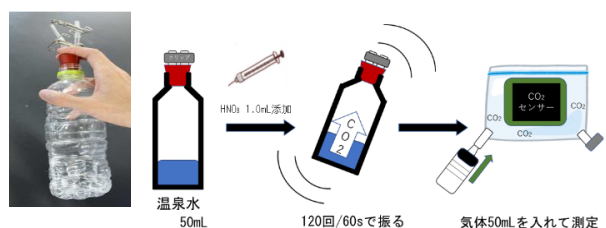


Fig. 1 簡易全炭酸測定法の操作手順

を活用し、低コストな簡易測定法を考案した。その実現のために温泉水中の多様な炭酸成分を、硝酸で pH2 に調整し、溶存 CO_2 として遊離させ、さらに、一定回数の攪拌により、遊離した CO_2 を効率よく気相中に放出させる操作を考えた。

次に温泉水中の全炭酸濃度は、桜島の古里温泉と白浜温泉の成分表から 600～300ppm が想定されるた

め、その濃度に対応する標準 NaHCO_3 溶液を 0.39 ～ 1.90 g/L で用意し Fig. 1 の方法で校正実験を行った。その結果、Fig. 2 に示すように、得られたデータの決定係数は 1 に近く、実用に耐えることを確認できた。(CO_2 センサーとして、INKBIRD 社製 NDIR 方式 INK- CO_2W を使用した。)

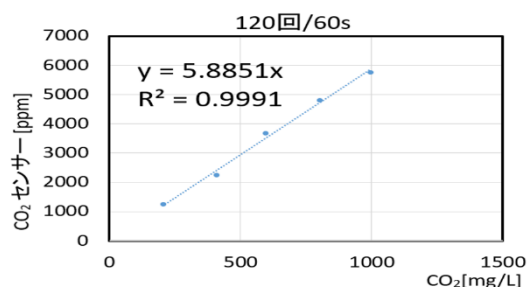


Fig. 2 NaHCO_3 を用いた校正実験の結果

3. 桜島の温泉での簡易全炭酸濃度測定法の実証観測

2024 年 5 月から桜島の古里温泉と白浜温泉で定期観測を行った。その結果が Fig. 3 である³⁾⁴⁾。図中の数字のついた折線が月毎の噴火数を示す。棒グラフは火口から 20 km 以内の 33 カ所の降灰量の合計である。2025 年 5 月の 150 回を超える噴火の前の 3 月から濃度上昇が見られる。これは 5 月の噴火活動の活発化の予兆とみられる。

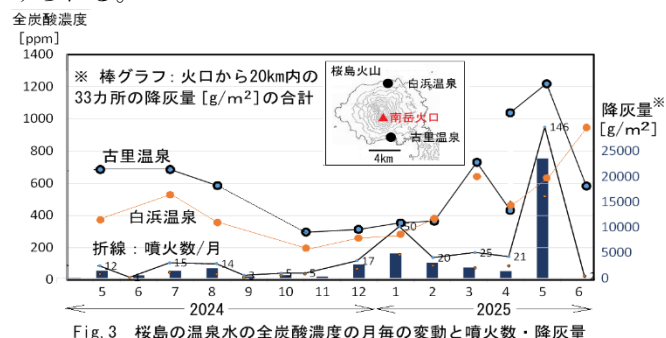


Fig. 3 桜島の温泉水の全炭酸濃度の月毎の変動と噴火数・降灰量

参考文献

- 1) 九州大学理学部島原火山観測所, 桜島火山における温泉の地球化学的観測, 九州学会報 61-63, 1984.4
- 2) 気象技術研究所報告, 2000, 第 41 号, 5-7
- 3) 鹿児島地方気象台 Web, 桜島噴火観測表
- 4) 鹿児島県公式 Web, 桜島降灰量観測結果

キーワード 火山ガス, 全炭酸濃度, 火山活動

環境行政における女性管理職のキャリア形成

Career development of female managers in environmental public administration

東京都市大学環境学部 ○児島未来, 兵法彩, 立教大学環境学部開設準備室 森朋子

1. はじめに

2021 年 5 月、OECD はジェンダー平等と環境問題が相互に強く影響しあうことを示す報告書を公表し、女性が環境問題の影響を不均衡に強く受けている実態を明らかにした¹⁾。土地・水・エネルギー・交通の分野において、ジェンダーに配慮したアプローチを採用することで、持続可能で包摂的な経済発展と福祉の向上が促進されると提言している。また、社会的・文化的規範に基づく構造が、女性の環境分野における活動やリーダーシップ参画を制約している点も指摘された。世界経済フォーラムによる 2024 年ジェンダーギャップ指数では、日本は 146 か国中 118 位にとどまり、特に政治経済分野での遅れが課題とされている²⁾。国内では、都道府県別や地方公務員管理職といった枠組みでの女性の政治参画に関するデータは公開されているが、環境行政分野における女性の参画状況については、依然として情報が不足している³⁾。

学術的背景に着目すると、意思決定の場におけるジェンダー平等達成に関する企業の取り組みについては多くの研究が蓄積されている。一方で、行政については昇任や地方自治体職員のキャリアパスに着目した研究は存在する⁴⁾⁶⁾が、ジェンダー平等の観点での知見は少ない。また、行政と関連する政治分野においては、男女共同参画推進法をベースにした研究から諸外国との比較まで、多様な切り口から研究が行われている。

このような背景を踏まえ、本研究の目的は、日本の環境行政におけるジェンダーバランスを明らかにすること、そして環境行政に従事する女性がどのようにキャリアを形成しているのか、またどのような課題を抱えているかを明らかにすることである。

2. 研究方法

環境行政に従事している女性職員に対して、30 分から 1 時間程度の半構造化インタビューによる質的調査を 2025 年 5 月～6 月にかけて 7 件実施した。インタビューの属性は表 1 の通りである。インタビュー内容は、①環境部局の基本情報、②これまでと今後のキャリア、③キャリアパスにおける男女差、④ロールモデル、⑤女性管理職の現状の 5 項目とした。

表 1 インタビュー어의属性

	課長級	職種	休職経験	中途採用	民間企業経験
中央省庁 A	✓	技術	✓		
関東圏都県 B		事務			
関東圏政令指定都市 C		技術			
関東圏政令指定都市 D	✓	技術	✓		
関東圏政令指定都市 E		事務	✓	✓	
関西地方県 F		技術			
関西地方県 G		事務		✓	✓

3. インタビュー結果

インタビューが所属している環境部局における、正規職員に占める女性の割合は平均して 21.5%であり、そのうち管理職に占める女性の割合は平均して 11.5%であった。男女共同参画を打ち出している自治体もあるが、環境行政における女性の参画度は依然として低い。

4. おわりに

環境行政に従事する女性のキャリア形成の現状を明らかにするために、質的調査を実施した。今後、さらにインタビューを重ねたのちにキャリア形成のパターン分けとテキストマイニングを用いた分析を行う。

参考文献

- 1) OECD, 2021, Gender and the Environment: Building Evidence and Policies to Achieve the SDGs
- 2) World Economic Forum, 2024, Global Gender Gap Report 2024
- 3) 澤田千秋 (2017) 自治体職員における昇任意欲に関する男女差の検討, 自治体学, 31 巻 1 号, p.62-67
- 4) 深田仁美 (2018) 自治体職員の昇進意識とその影響要因, 産業・組織心理学研究, 31 巻 2 号, p.111-122
- 5) 佐藤直子 (2022) 地方自治体幹部職員のキャリアパスにおける男女格差, 社会政策, 14 巻 2 号, p.93-105

キーワード ジェンダー平等、ダイバーシティ、社会的
不平等、構造的差別、インタビュー調査

シンポジウム

シンポジウムー1

「水インフラに見る人々の暮らしと価値観」

9月4日（木） A会場（503） 9：30～12：00

シンポジウムー2

「脱炭素実現に向けた CCS 普及策の学際的研究」

9月4日（木） B会場（602/603） 9：30～12：00

シンポジウムー3

「『社会的質』の高いサステナビリティの実現～安全保障、包摂、結束、エンパワーメントの観点から」

9月4日（木） C会場（703） 9：30～12：00

シンポジウムー4

「営農型太陽光発電による食糧生産の持続可能性の確保」

9月4日（木） A会場（503） 14：00～16：30

シンポジウムー5

「どうすれば環境ボランティアを増やせるのか？」

9月4日（木） B会場（602/603） 14：00～16：30

シンポジウムー6

「再生プラスチックに関する循環経済システムの構築に向けた課題とその研究動向」

9月5日（金） A会場（503） 9：00～11：30

シンポジウムー7

「持続可能な食システムに向けて」

9月5日（金） B会場（602/603） 9：00～11：30

シンポジウムー8

「スクリーニング分析を用いた環境および水質モニタリングの新展開」

9月5日（金） D会場（814） 9：00～11：30

シンポジウムー1

「水インフラに見る人々の暮らしと価値観」

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：健全な水環境の保全に向けたインフラ施設の適切な維持管理は、喫緊の課題である。近年、水インフラの維持管理に向けた地域社会の住民参画が重要視されつつあり、水インフラ施設に対する人々の価値観や考えを明らかにする必要がある。そこで、衛生工学、環境学、リスク学、水文学、土木計画学、文化人類学など様々な分野の観点から、未来の水インフラ施設とコミュニティの関わりのかたを議論する。

水への誇りの要因と水インフラ投資への関心との関連：自由記述と量的分析による探索的検討

Associations between factors regarding pride in water and interest in water infrastructure investment: An exploratory study using open-ended statements and quantitative analysis

大阪大学感染症総合教育研究拠点 ○村上道夫，名古屋大学 中村晋一郎，雨水市民の会 笹川みちる，武蔵野大学 橋本淳司，東京大学 沖大幹

1. はじめに

財源縮小と水インフラの老朽化が進む中，水インフラへの投資に対する人々の認知を理解することは重要である。著者らは，日本全国の市民を対象に気候変動対策や水道老朽化対策に関する支払い意思額との関連要因を探索的に調査し，年齢や世帯年収以上に，日本全国の水に対して誇り（以下，水への誇り）があるかどうか強い関連を示すことを報告した¹⁾。さらに，水への誇りに関する自由記述を用いて分類すると，特に，美しさ・自然や豊かさを挙げた人ほど，水道老朽化対策への支払い意思額が高かった。そこで，本研究では，同じ対象者の中で，水への誇りと関連が強い要因を探索的に調査した。

2. 方法

本研究は，名古屋大学の倫理委員会の承認を得て行われた（承認番号 23-25）。アンケートの詳細は既報¹⁾にて報告した。オンラインアンケート調査を 2022 年 2 月 16～18 日に行い，日本全国の 15 歳以上の計 5573 人から回答を得た。本研究では，①人口統計学的属性（年齢，性別，世帯年収など），②洪水や断水に関する経験，③水に対する社会心理的特性（水道水の満足度や水環境の変化に関する認知（「川の生き物や植物にとっての住みやすさ」などの環境要因と「水道供給の安定性」などの社会的要因の 2 因子）），④洪水や水道水に関する日常的な様々な取り組みを取り上げ，水への誇りや自由記述における美しさ・自然，豊かさの回答の有無との関連をカイ二乗検定や U 検定を用いて調査した。効果量 $|\phi|$ ， $|V|$ ， $|r|=0.10$ を小として判定した²⁾。

3. 結果と考察

水への誇りとの関連において効果量小を超えたのは，年齢（ $|V|=0.16$ ），世帯年収（ $|V|=0.11$ ），水環境の社会的変化に関する認知（ $|r|=0.18$ ），水道水の満足度（ $|r|=0.17$ ），洪水に関する日常的取り組みに関する諸項目（例：懐中電灯などの準備 $|\phi|=0.20$ ），水道水に関する日常的行為に関する取り組み（例：歯磨き時の節水 $|\phi|=0.20$ ）であった。

年齢，世帯年収，水道水の満足度が高く，水環境の社会的変化に関する認知が改善していると回答し，洪水や水道水に関する日常的取り組みを実施している人のほうが，水への誇りがあった。一方，美しさ・自然，豊かさについては効果量小を超えた変数はなかった。

また，水道水の高い満足度や水環境の社会的変化に関する改善認知，水に関する日常的取り組みの実施は，水への誇りとは独立して気候変動対策や水道老朽化対策への支払い意思と正の関連があった¹⁾。したがって，水道水への満足度や水環境の社会的変化に対するポジティブな認知の形成や水に関する日常的な取り組みの推奨といった取り組みは，水への誇りの形成と水インフラ投資への関心を高める戦略として資する可能性がある。とくに，若者ほど水への誇りがないため，ターゲットに応じた取り組みが重要である。

本研究は横断研究のデザインで行われており，因果を証明するものではないため，今後は無作為化比較試験を用いた検証などが必要である。本研究は，水への誇りの形成や水インフラ投資への関心の増加に向け，重要性の高い要因を特定できた点に意義がある。

謝辞

本研究の一部はクリタ水・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。また，アンケート調査は東京財団の支援を受けて行われた。

参考文献

- 1) S. Nakamura, M. Murakami, J. Hashimoto, M. Sasagawa, T. Oki, SSRN, Posted November 13, 2024.
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5019156
- 2) J. Cohen, Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences, second ed., Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 1988.

キーワード 水，誇り，インフラ

ポストヒューマンの人類学から考える水インフラ：技術・自然・社会の交差

Rethinking Water Infrastructures through Posthuman Anthropology: Entanglements of Technology, Nature, and Society

鹿児島大学グローバルセンター ○難波美芸

1. はじめに

本発表では、人類学におけるポストヒューマン的転回を含む脱人間中心主義的な理論的動向を踏まえ、インフラ研究の変遷を整理し、インフラに伴うポリティクスやケアの実践に注目する。その上で、ラオス・メコン川沿いにおける護岸設備や水辺利用の事例を通じて、インフラを単なる技術的構造物ではなく、人間や非人間の多様なアクターが絡まり合う関係的・存在論的な現れとして描き、技術・自然・社会が交叉する一つの視座を提示する。

2. ポストヒューマン的転回以降の「インフラ」

人類学におけるインフラへの関心は古く、初期の開発の人類学では、電気、水道、道路、ダムなどの設置が村落社会に及ぼす影響を多角的に論じてきたが、社会・技術・自然を独立した次元として捉え、一方から他方への影響として捉える傾向があった。この状況を変えたのが人類学や科学技術社会論（STS）で展開したポストヒューマン的転回である。そのなかの具体的な動きとして、人間と非人間のアクターを対称的に描くアクターネットワーク理論や、人間と動植物、無機物などの相互作用と共生関係を捉えるマルチスピーシーズ人類学は共に、「主体-主題＝人間」／「客体-対象＝非人間」という二元論を切り崩してきたし、存在論的転回では「一つの自然に複数の文化」という多文化主義的枠組みを批判し、自然-世界そのものの複数性を論じてきた。

いずれの動きも、具体的な事例によって、自然／人間、科学／文化といった二元論を解体し、このことが、人類学におけるインフラ理解に新たな視座を与えることとなった。インフラは人間、技術、自然の絡まり合い（entanglement）の中で生きられ、知覚され、再構成されるハイブリッドな存在として捉えられ、その過程で、世界を形作る多様なアクターによる関与（engagement）や実行（enactment）¹⁾に注目が集まっている。

3. インフラのポリティクス、ケア、存在論

インフラはパイプ、壁などの技術単体ではインフラにならず、場所、人、モノをつなぐ関係性の中でのみ成立

し、その点で単なる技術論では捉えきれない存在論を有する。さらに、誰／何をどのように繋ぎ、除外するかというポリティクスが常に働くことから²⁾インフラは包摂と排除を同時に生む存在である。³⁾インフラの範囲もまた明確ではない。例えば雪を融かす下水熱融雪システムでは雪を運ぶ人間の労働もシステムの一部であり、ここでは「インフラとしての人間」⁴⁾が立ち上がっている。

こうした関係性で重要なのが「ケア」である。近年の人類学はケアを普遍的倫理、あるいは形而上学的な産物ではなく、非人間を含む具体的相互作用の中で「善いとされること」が生成する実践として捉えている。⁵⁾ケアの視点からインフラを捉え直すと、インフラは時に排除的で暴力的である一方、ケアを通じて多様な存在が共に生きる可能性を生む装置としても機能する——また、だからこそ誰／何が、いつケアするのかというポリティクスと切り離せないものでもある。インフラを通じたケアの実践は未来を想像し、新たな関係を築いたり、断じたりする契機となる。

4. ラオス・メコン川をめぐるインフラと人と自然の交叉

以上の理論的視点を踏まえ、本発表ではインフラをめぐる人間-非人間の絡まり合いを示す具体例としてラオス・メコン川流域の実践を紹介する。ヴィエンチャンでは堤防建設により氾濫原が縮小し、川が物理的・心理的に遠くなった部分もあるが、⁶⁾堤外地利用や水辺への価値観は持続している。堤防の表小段部分に建設された商業施設や移動遊園地は毎年浸水し外部からは奇妙なインフラに映るが、改修を重ねながら利用されている。法面や堆積土では住民が花や野菜を植え、増水期には流木集めや漁労、大雨後は昆虫採取など、川、堤防、植物、魚、昆虫との絡まり合いの中で生活している。水辺はラオス正月の宴会、出安居のボートレースなど文化的実践の場でもある。

人々は気候変動や開発による不確定性の中でも、堤防建築後も水辺への愛着を保ちながらケアを実践し、川に関与し続けている。先進国でくらす私たちにとっても「標準的なインフラ」観が揺らぐ時代に、こうした「奇妙なインフラ」は、不確実性と共に生きる未来を先取り

し、映し出しているのかもしれない。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP15J02953, JP18J30002 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) アネマリー・モル (2016) 『多としての身体—医療実践における存在論』 水声社.
- 2) S. Graham and S. Marvin. (2001) *Splintering Urbanism: Networked Infrastructures, Technological Mobilities and the Urban Condition*. Routledge.
- 3) A. Ballesteros (2019) The Anthropology of Water. *Annual Review of Anthropology* 48: 405–21.
- 4) A. M. Simone (2004) People as Infrastructure: Intersecting Fragments in Johannesburg. *Public Culture* 16 (3): 407–29.
- 5) M. Puig de la Bellacasa (2017) *Matters of Care: Speculative Ethics in More than Human Worlds*. University of Minnesota Press.
- 6) M. Namba (2017) Infrastructuring the Mekong: Construction of the National Border and Riverbank Development in Vientiane Capital. In J. Monero Tejada and B. Tatar (eds.) *Transnational Frontiers of Asia and Latin America since 1800*. Routledge. pp. 225–238.

キーワード 人類学, インフラ, ラオス, ケア

ステークホルダーの視点から考える水インフラ

Water infrastructure from the stakeholders' perspective

東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 ○飛野智宏

1. はじめに

日本国内で水インフラは当たり前の存在となっている。しかし、人口減少と施設老朽化の進行により、上下水道事業はヒト・モノ・カネの全てで課題に直面しており、事業の持続可能性が問われている。筆者が参加している「社会変化と水インフラ研究会（通称 Water 5.0）」¹⁾では、水インフラに関連する産官学の若手と中堅が集まり、『『いまの生活』を続けられるのか』、『よりよい生活／社会』を実現するための変革とは』、および『『価値の変化』に対応した水インフラの変化』の3つの問いを中心に、今後の水インフラの在り方について議論を行っている。

本発表では、Water 5.0 の活動において様々な立場・視点から進めてきた議論の一部を紹介することで、本シンポジウムの議論のきっかけとすることを目的とする。

2. 経済的視点

上下水道事業は地域経済にどの程度貢献しているのだろうか。平成27年神奈川県産業連関表に基づいてWater 5.0が行った計算では、水道部門（上水道・簡易水道、工業用水、下水道）の県内生産額は全37部門中30位と規模では下位に位置するものの、影響力係数（他産業への波及効果の指標）は全37部門中3位となり、水道部門が産業全体に与える影響はその規模と比べて大きいことが明らかとなった²⁾。また、県内歩留まり率（波及効果が県内で生じる割合）は全37部門中10位であり、経済効果が地域内に留まる割合も比較的高い²⁾。このように、上下水道事業は地域経済を支える重要な位置を占めると考えられる²⁾。

一方で、産業連関分析で得られる経済効果は、上下水道事業実施に伴うサプライチェーン上流側への需要創出効果である。インフラの価値は、むしろサプライチェーン下流側への影響として評価すべきという見方もできる。直接・間接的に上下水道を利用していない産業はゼロであり、水インフラが無ければ経済活動も成り立たない。しかし、下流への影響を評価する上で水道料金をベースとすると、そもそも水道料金が市場原理に依らないところで決まっており、影響の程度は過小評価となるきらいがある。インフラ整備時の経

済効果は、費用便益分析などの枠組みによって評価できるが、既存インフラの“存在そのもの”の経済的価値を、現在のデータから定量的に把握するのは容易ではない。

3. まちづくりの視点

人口減少に伴い縮退する都市において、水インフラはどのように変わっていくのか。米国のラストベルト地帯の都市では、「小さい都市であることを受け入れる」「縮退型」の総合計画の下で、居住の抑制、土地利用転換による経済開発やグリーンインフラの整備・活用が進められた。ヤングスタウン市では、居住者がいない地区を通行止めとし、上下水道の撤去も行われている³⁾。計画の実施においては、行政機能と住民の間を補完する民間の中間組織の役割が大きかった^{3,4)}。一方で、フリント市の総合計画策定では、市民参加プロセスにおいて「縮退 (shrink)」という言葉を使用せず、荒廃除去や経済開発を通して住環境が向上した将来像を住民と検討・共有できたことが実現要因として大きいとされており⁴⁾、単純な縮退は受け入れがたい現実が滲む。今後、日本国内において、水インフラの現在のサービス水準を維持することを前提とした基盤強化を図るのか、サービス水準の低下も受け入れる合理化を図るのか、合意形成プロセスを考える上で、参考となる点も多い。

4. 水インフラに対する市民の意識

ミツカン水の文化センターでは、1995年より毎年、「水に関わる生活意識調査」と題し、東京圏・大阪圏・中京圏の住民を対象としたアンケートを実施し、その集計結果を公開している⁵⁾。調査開始当初から継続されている質問項目の中に、水道水の10点満点評価がある。1995年の5.7点から2009年の7.5点までは概ね右肩上がりであるが、その後は横ばいを基調とした変動が続いている⁵⁾。1995年から2014年にかけては、味、臭いおよびその他の水質に関する不満が大きく減少しており、評価点上昇の要因と考えられる⁵⁾。Water 5.0では、より詳細な構造関係を探ることを目的として、構造方程式モデリングを用いた解析を実施した。公開されている2023年の年

齢（20~60代の5区）×性（男女2区）の合計10区で集計したクロス表データを用いて、水道水の評価点に影響を及ぼす項目を検討した。なお、グループ平均の値を用いた解析であるため、生態学的誤謬のリスクも大きい。論点を探ることが目的であり、結論を導くことが目的ではない点に留意されたい。

解析の結果、最も大きな影響を与えた項目は「飲用水としての評価点」（標準化回帰係数 0.73）であった。これは上述の考察とも整合する。「水に対する関心の程度」も影響が大きかった（標準化回帰係数 0.46）。一方で、水道料金の感じ方（高い／安い）からの有意な影響は見られなかった（標準化回帰係数 0.05）。また、「水に関する経験」からの間接的な影響も明確ではなかった。本解析で得点化する際に、災害経験といった水インフラサービスの停止につながるような直接的な経験に関する項目を含めなかったことが一因として考えられる。今後、モデル構造の妥当性の検討を進めるとともに、異なる時期の間での比較を通した検証が必要である。また、2025年1月に発生した八潮市の道路陥没事故を経験し、水インフラがあって当たり前でなくなる状況をまざまざと目にした経験を経て、水質以外の観点の重みが増していくことが推察される。続く調査結果を踏まえて考察したい。

参考文献

- 1) 社会変化と水インフラ研究会（Water 5.0）：
<https://water5.main.jp/>（2025年7月8日閲覧）
- 2) 『私たちは水インフラに支えられた快適な生活を続けられるのか？』 土木学会誌, pp.12-17, Vol.108, No.12, 2023
- 3) 矢吹ら（2017）都市計画報告集, 16巻, 1号, pp.72-77
- 4) 矢吹ら（2017）日本建築学会計画系論文集, 82巻, 739号, pp.2313-2323
- 5) 水にかかわる生活意識調査 2024年 第30回調査：
<https://www.mizu.gr.jp/chousa/ishiki/2024.html>（2025年7月8日閲覧）

キーワード 水インフラ, ステークホルダー, 価値

社会水文学におけるインフラ：固定されたインフラと変化するインフラ

Infrastructure in Sociohydrology: Fixed or Transforming Infrastructure

名古屋大学大学院工学研究科 ○中村晋一郎

1. はじめに

2010年代に社会水文学は水と社会の相互作用を理解することを目的として誕生し、その後世界中の水に関する研究者たちがこの分野での研究を進めている。水と社会の相互作用を考える際、インフラは両者を接続する重要な構成要素であり、それ自体が水と社会の相互作用の過程において変化してきた。しかし、これまでの社会水文学ではインフラは固定的な境界条件として捉えられており、その変化は無視されてきた。本発表では堤防効果に着目した既往研究における日本のインフラの変化過程とそれを社会水文学に位置付ける方法論を紹介し、それをもとに今後の社会水文学におけるインフラの位置付けについて議論する。

2. 社会水文学におけるインフラ

水と社会の相互作用を伴う代表的な現象に「堤防効果」がある。堤防効果とは、洪水被害を防ぐために堤防を整備して氾濫原の浸水頻度が減少すると、人々の水害リスクに対する認知や記憶が低下し、氾濫原での住宅建設や開発が進み、結果として社会の脆弱性を高めてしまう現象である。既往研究では、堤防整備→被害軽減→記憶の風化→開発の拡大→被害の再拡大という堤防効果の過程を、洪水、技術、人口、社会の災害への記憶という4要素の因果関係として整理し、堤防整備がもたらす長期的な帰結を数値モデルとして表現した。このモデルにおいて、インフラは技術の要素として考慮されている。彼らはこのモデルをもとに、堤防がない「緑の社会」と、堤防がある「技術の社会」という2つの仮想的な社会における長期的な変化過程をシミュレートし、同じ条件下の洪水であっても、技術の社会では浸水の頻度が下がり、人々の洪水への記憶が薄まり誤った安心感を覚えることで、氾濫原の開発を招き、次の水害の時に甚大な被害が生じると結論づけている。その後、このモデルはイタリアやバングラデシュ、日本といった実社会にも適用され、一定以上の再現性があることが確認されている。

3. 変化するインフラを捉える

近代以前の日本では、地域によっては霞堤や輪中堤といった伝統的な不連続堤防による治水が行われてい

た。しかし、開国とともに近代技術と科学の導入とそれらに支えられた近代的な連続堤防の整備が全国で開始され、日本の社会は「緑の社会」から「技術の社会」へと急激に変化していった。つまり、日本の歴史において、堤防というインフラは変化する要素として存在している。しかし、これまでの社会水文学では、堤防は固定的あるいは不変的な境界条件として捉えられていた。

Nakamura et al. (2024)では、日本の木曽川の伝統的な不連続堤防である輪中堤を対象に、その過去1世紀にわたる輪中堤から連続堤防への堤防システムの変化過程を地図から復元し、それが人間と水の相互作用に与える影響を分析した。その結果、両者の間には明確なトレードオフの関係が見られ、その変化の過程で輪中堤と伝統的コミュニティが消失していくプロセスが示された。これは堤防というインフラの変化が様々なスケールの人間と水の相互作用に影響を与えることを示唆している。

4. まとめ

社会水文学の誕生以降、堤防効果をはじめ人間と水の相互作用の現象やそのメカニズムの解明が急速に進んできた。社会水文学は、現象の理解とそのための方法論の構築を力強く後押ししたものの、それらは極めて実証主義的立場をとっており、現象を過度に概念化しすぎる傾向がある。これは多くの人文・社会学者の批判の対象になっている。今後、インフラの変化やその影響を適切に社会水文学の中に位置付けるためには、人文・社会学者との更なる協働と方法論の構築が不可欠である。

謝辞

本研究は、JST 未来社会創造事業(JPMJMI24I1)および科研費(24H00925; 24H00925; 25K03414)の支援を受けた。

参考文献

Nakamura, S. et al. (2024) Levee system transformation in coevolution between humans and water systems along the Kiso River, Japan. *Hydrology and Earth System Sciences* 28.10: 2329-2342.

キーワード 社会水文学, インフラ, 堤防

水のブリコラージュ～時・場・人の間と揺らぎ

Bricoler water: becoming perspectives in between time, space, and people

山梨大学国際流域環境研究センター ○西田継, 中村高志, 山本有彩, KS Mususu, 朝隈慎悟

1. はじめに

世界各地で、高度経済成長とともに急速に公的な上下水インフラの整備が進んでいる。私たちは着実に、水というコモンスの大量消費を定着させてきたと同時に、その発生源と流出先への意識と関与を手放してきたという見方もできる。国内では、14年前の東日本大震災、その後いくつかの災害を経て、昨年の能登半島地震と豪雨など、社会構造を見直す機会の頻度が増しているように思われる。次第に、都市域の公共上下水道に代表される大きな水システムと、地方にふさわしい自営の小さな水システムが共存する世の中とはどのようなものかについて、関心を寄せ意見を交わす人が増えてはいないだろうか。この問いを動機として、本研究チームは、地域の給排水システムが変化したり多様化する姿を、地誌、生活様式、組合運営などの視点を交えて調査してきた。

2. 方法

本発表では、国内での縦断研究を中心に紹介する。行政による運営実態の把握が届いていない山梨県甲州市中央地域の中山間部にある9つの自営水道組合を対象に、最も古いところでは2021年から中長期の現地調査を継続している。調査項目は気候、地形、水文水質、土地利用、人口動態、組合構成・運営等であり、後半に挙げた社会的要因については、訪問と聞き取りを基本とし、集落の行事等の機会には半参与観察的（場合によっては当事者研究的）な手法も取り入れて情報を収集している。特に社会実装が求められる地域で活動する場合は、可能な限りで地域（住民）との共同研究の形をつくるよう配慮している。同様な調査活動は、震災後の石川県やアジア・アフリカ地域でも展開している。

3. 結果と考察

9つの組合は花崗岩質基岩と針葉樹二次林が広がる水源流域を有し、基本的には地下水資源に恵まれた標高650～950mの地域に位置しているが、水量と水質には地区間の差異が認められた。水質面では、基底流出時にも含まれる鉄分と、降雨流出時の濁度増加が、典型的に利用の自由度を制限していた。水量については、多くの水源が浸出水または伏流水を探索しているため、取水施設

の施工方法が影響している事例が複数観察された。

各組合の加入世帯数は10～50で、20世帯前後が最も多かった。本地域には戦前からの在来住民、戦後の開拓時代に入植した住民、近年の移住者が混在しており、上述の社会的要因の比較研究が可能な場面が現れることも、調査により判明した。一定の回数と時間が重ねられた段階では、防災意識や移住・オフグリッド等の居住志向と変遷、自助・公助・共助に対する関心と実践といった内容についても話が及ぶ組合（代表）が現れた。

対象となった組合の半数以上では、市営水道の延伸計画が10数年前に決定していたが、これらの組合はいずれも、水道が公営化された後も現在の自営水道を何らかの形で利用し続けたい意思を表明していた。公営化の合意形成プロセスにおいて、すべての組合が高齢化と過疎化による管理と運営の困難を理由に挙げていたことと対照的である。また、自営水道の存続を表明している組合においては、最近の移住者増加と漏水発生をきっかけに新規に水源探索と取水施設の設置がなされたこと、同時期に新規移住者への組合長の引き継ぎ（世代交代）が行われたこと、上記の漏水対応で異なる見解を表明する組合員が現れていること、などこの数年で状況は変化していた。多元給排水の持続性を握る鍵は何か。地区、経緯、制度、住民の構造と間隙にその手がかりを期待しつつ、さらに他の事例にも広げて分析を続けている。

謝辞

本研究の一部は科学技術振興機構社会技術研究開発センター（JST-RISTEX。SDGsの達成に向けた共創的研究開発プログラム：SOLVE for SDGs）を受けて行われた。また、本発表に関わる調査は、甲州市、輪島市、珠洲市の住民及び関係者との協働で行われた。

参考文献

- 1) 西田, 中村, 水道(全国簡易水道協議会機関誌), 5月号, 2025.
- 2) 例 え ば , <https://newsdig.tbs.co.jp/articles/-/1750983?display=1>, 2025.2.25

キーワード 分散社会, コモンス, 相互扶助, 日曜大工

まちづくりの拠り所としての水インフラ

Study on water infrastructure as cultural assets for sustainable community development

熊本大学大学院 先端科学研究部 ○田中尚人

1. はじめに

まちづくりは、一人でも始められる。しかし、それが「自分ごと」にならないと、まちづくりの持続可能性は乏しい。誰かとともにまちづくりをすると楽しい。煩わしいこともあるが、一人ではできなかったことを達成することができ、さらに喜びも分かち合える。誰かとともに、まちづくりに自分ごととして関わると、喜びは2倍に、苦しみは1/2になる。

あって当たり前のインフラは、人が人らしく生きるための基盤であり、喜びを2倍に苦しさを1/2にしてくれる地域らしさの拠り所だ。インフラの立地や規模、機能は文明的でも、そのマネジメントは文化的なローカルルールによる部分が多い。このような作り手と使い手とともに関わるインフラ・メンテナンスという立場から維持・管理に寄与するローカルルールは学校では教えてくれない。地域社会によって継承されてきた、このローカルルールこそが、水インフラマネジメントの肝である。

本論考では、ユース水フォーラムくまもと（Youth Water Forum Kumamoto：YWFK と略）が取り組む「熊本の水文化ゼミ」の活動を事例に、まちづくりの担い手となる高校生たちが熊本の水文化を学び、それを題材とした動画を作成することで、シビックプライドを涵養していく過程について分析した。

2. YWFK「熊本の水文化ゼミ」

(1) 熊本地震と水インフラ

2022年4月、熊本の地で第4回アジア太平洋水サミット（4APWS）が開催された。遡ること6年、2016年4月14日、16日熊本は震度7の地震に2度襲われた。ここでは、この二つの事象をつなぐ熊本の高校生たちの学びを通じて、まちづくりの拠り所としての水インフラについて考えたい。

小学生だった彼ら彼女らは、『熊本地震』という共通の物語を体験した。1953（昭和28）年に起きた6.26水害に代表されるように、水害常襲地域である熊本にて大地震が起きた際に、多くの人々が意識したのが「当たり前にある水がない」という深刻さだったと思う。

熊本市民が「清正公さん」と愛情を込めて呼ぶ加藤清正は「土木の神様」として広く知られている。熊本市中

心部を流れる白川は昔から暴れ川として有名で阿蘇の火山灰土（ヨナ）を含んだ重い水流が洪水のたびに熊本の市街地を襲った。蛇行する白川の流路は城下町建設には厄介者であり、清正はこうした熊本特有の「水」の課題を、治水・利水・親水のすべてにおいて卓越した土木技術を用いて解決していった。

2021年4APWSの一年前イベントの際に、シンポジウムにて当時国連大学副学長／東京大学教授の沖大幹先生が「水の問題は文化の問題」であり、加藤清正を引き合いに出され「400年かかっても未解決な課題は、解決にも長い年月を有する」とsustainabilityの重要性を説かれたことがYWFKの活動理念となっている。

YWFKは認定NPO法人日本水フォーラムと連携しながら、熊本の水文化を世界に発信する高校生をサポートするために、2021年3月に結成された組織である。具体的な活動としては、熊本の高校生たちが「熊本の水文化を世界に発信する」ための動画づくりなど水文化の学習、創造、継承について、さらにこの学びの活動を次世代に継承していくために、sustainableを活動理念としている。

(2) 熊本の水文化ゼミ

熊本の水文化ゼミでは、身近な水を題材にグループで3分間の動画を作成することで、水インフラの使い手として自分たちの生活文化を見直し、能動的で対話的な深い学びと言われるアクティブラーニングを実践することを目的としている。2021年度から4回開催し、プログラムは初年度のみコロナ禍の影響でオンライン開催であったが、内容は変わっていない。各WSは2時間。

①第1回WS：『伝えたい水の物語を編む』では、ガイダンスを行った後、参加者全員でワールドカフェWSを行い、「あなたが伝えたい熊本の水文化」を共有する。後半は、田中尚人・馬頭亮太氏（崇城大学芸術学部デザイン学科助教）から、伝えたいストーリーづくりに関するミニ講義を行い、宿題として①伝えたい主題、②キャッチフレーズ、③4コマ漫画の絵コンテ、を作成する。【対話：50%、学習：50%、宿題は制作：100%】

②第2回WS：『物語を膨らませて、かたちにする』の前半では、宿題の4コマ漫画を発表し、エスキスする。後半は、田中・馬頭より動画づくりのためのロケハンや遊びの要素を入れる工夫、ストーリーの膨らませ方や展開

のつくり方に関するミニ講義を行う。【対話：50%，学習：50%，宿題は制作：100%】

③第3回WS：『物語を楽しむ，伝える』では，プロトタイプを試写会を行い，参加者全員で講評を行いフィードバックする。【対話：50%，制作：50%】

④第4回WS：『修了式』では，参加者全員で動画を上映し相互評価を行ったのち，修了証の授与，ふりかえりのディスカッションを行う。【対話：100%】

(3) 熊本の水文化ゼミの成果物¹⁾

これまでの4回の受講生，成果物は下記の通りである。

2021年 参加校：9校 受講者：39名 動画本数：9本

2022年 参加校：5校 受講者：34名 動画本数：8本

2023年 参加校：7校 受講者：46名 動画本数：12本

2024年 参加校：6校 受講者：28名 動画本数：10本

3. シビックプライドの涵養に関する分析

(1) シビックプライドの涵養

筆者らはシビックプライドを，伊藤ら¹⁾の定義に基づき「市民が地域社会や環境に対して持つ愛着や誇り，自負」と定義している。これらをアクティブラーニングの考え方を参考に，「知る」ことで愛着が芽生え，「(他者との対話を通じて) 考える」ことで誇りが育ち，「関わる／伝える」ことで自負が培われるとモデル化する。つまり，WSにおける【学習】は「知る」ことにつながり，【対話】は「(他者との違いを認め合い) 考える」，【制作】は「関わる／伝える」につながっていると分析する。

(2) 動画制作にみる学びの分析

4年間で39本の3分動画が制作され，このうち4編が規格外であったため35編の動画について，タイトル，概要，伝えたい内容，形式，構成，登場人物，場面展開などについて分析した。

分析の結果，下記のような質的データが得られた。

- ・「伝えたい内容」について大別すると，①熊本の水の豊かさを伝えたい：14編，②水を大切にしよう：11編，③熊本の水を知ろう：10編と分類された。
- ・「形式」について大別すると，①実写(ドラマ)：19編，②実写とアニメ(または紙芝居)：9編，③フルアニメーション：7編と分類された。

(3) インタビュー，アンケートにみる学びの分析

1) 2022年度のグループインタビュー

2022年11月18日，二回目のYWFK「熊本の水文化ゼミ」終了後，熊本商業高校にて受講生に対してグループインタビュー調査を行った。「熊本の水文化に学ぶ意義」について質問したところ，「身近な水について探究し

たことで，自分たちで能動的に学べた」，「他校の生徒とともに学ぶことで，違いを知ることができた」，「世界を意識して水について考えられた」などの声が聞かれた。

2) 2024年度の事前／事後評価

毎年，事前／事後で行っている熊本の水文化に関するアンケートの中で，「あなたが世界に伝えたい熊本の水文化は？」という問いに対して，2024年度は事前：25名，事後：26名の高校生が回答している。事前の回答は「・熊本の水がおいしい仕組み，理由」や「20年前の水が地下水になるということ」など一般的であったのに対して，事後の回答では「熊本の水には，いい所や誇れるところも多いものの，課題点もあるということ」や「水は当たり前じゃないということ」など，相対的ではあるが深まっていると推察された。

4. おわりに

本稿では，誰もが参加しやすい持続可能なまちづくりの拠り所としての水インフラについて考えるために，未来のまちづくりの主体である高校生たちのシビックプライド涵養プロセスについて，YWFKが実施する「熊本の水文化ゼミ」をケーススタディとして分析した。

水インフラを自分ごと，使い手の一人として考えるために，①主題の設定，②対話，③チームでの動画制作，が重要であることが分かった。

謝辞

ユース水フォーラムくまもとは一般社団法人九州地域づくり協会をはじめ，一般社団法人北部九州河川利用協会，認定NPO法人日本水フォーラム，公益財団法人くまもと地下水財団，熊本大学，熊本市，等の支援を受けて活動しており，期して感謝の意を表します。

参考文献：

- 1) YWFK 年次活動報告書(2021年度～2024年度)
- 2) 伊藤香織・紫牟田伸子(監修)・読売広告社都市生活研究局，シビックプライドー都市のコミュニケーションをデザインする，宣伝会議 Business Books，2008.11.

キーワード：シビックプライド，流域治水，記憶の継承，市民参加，ローカルルール

シンポジウムー2

「脱炭素実現に向けた CCS 普及策の学際的研究」

プロジェクト名：住友財団環境研究助成

「CCS 普及へのカーボンプライシングとサステナブルファイナンスの学際的・国際共同研究」

オーガナイザー 有村俊秀（早稲田大学）教授
鷺津明由（早稲田大学）教授

趣旨説明：2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて、二酸化炭素回収・貯留（CCS）の役割が注目されている。しかし、CCS 自体は経済的価値を生み出さず、かつ費用が膨大なため、様々な政策がなければ導入されない。日本でも CCS 事業法が制定され、その方向性は示されているが、実際にカーボンニュートラル達成に向けて十分な量の CCS 導入が実現するかは明らかではない。そこで、本シンポジウムでは、CCS の技術的課題、経済的、社会的課題に対して、工学、経済学、ファイナンス等を中心に学際的にアプローチする。具体的には、それぞれの分野から研究報告を行い、今後の政策の方向性を議論する。

日豪 JCM の実現に向けた可能性と課題 —豪州における CCS・CCUS プロジェクトを事例として

JCM (Joint Crediting Mechanism) between Japan and Australia: CCS/CCUS Projects in Australia as Case Studies

早稲田大学 有村俊秀, ○森村将平

1. はじめに

気候変動対策として、温室効果ガス（GHG）の排出削減へ向けた国際協力が求められている。特に、鉄鋼といったエネルギー集約型産業の脱炭素化を課題とする日本と、CCS（Carbon Capture and Storage）や CCUS（Carbon Capture, Utilization and Storage）の有望地とされる豪州では、二国間協力の枠組みとしてパリ協定第 6 条の活用が注目されている。また、CCS や CCUS だけでなく、グリーン水素、グリーンスチール等の分野でも連携の可能性もある。本研究では、日豪両国が GHG の排出削減へ向けて、今後どのような制度設計と協力が考えられるか、JCM（二国間クレジット制度）を軸に検討する。

2. パリ協定第 6 条第 2 項と第 6 条第 4 項

パリ協定第 6 条は、排出削減・除去量の国際的な取引を認めるための協定である。同条には、第 2 項と第 4 項の 2 つが存在する（表 1）。

表 1 パリ協定第 6 条に基づくクレジット制度

	第 6 条第 2 項	第 6 条第 4 項
クレジット	ITMO	A6.4ER
発行主体／ 管理主体	協定締結国政府	UNFCCC の監督機関による一元管理
制度の目的	ITMO の国際移転と相当調整	A6.4ER の承認と移転
制度の特徴	締結国の市場でクレジット移転	国連管理によるクレジット移転(CDMの後継)
十全性への 対策	相当調整、透明性のある報告	方法論、MRV、登録条件等

第 6 条第 2 項は、2021 年以降の排出削減によるクレジット（ITMO）を締結国間で移転可能とする制度である。追加性（クレジット化しないとプロジェクトが実施されないこと）が求められる。また、十全性への対策として、相当調整（クレジットの移転分だけ、移転元の排出量を上乗せする調整）を通じた二重計上の回避が求められる。

一方、第 6 条第 4 項は、CDM（クリーン開発メカニズム）を発展させたクレジット制度として、2025 年以降の運用開始が見込まれている。発行されるクレジット

（A6.4ER）は、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）の監督機関で MRV（Monitoring, Reporting and Verification）や方法論等が管理され、十全性への対策が行われる。

3. 日本の JCM（二国間クレジット制度）の概要

JCM¹⁾は、パリ協定 6.2 条で認められた排出削減の 2 国間枠組みである。JCM では、相手国と共同で設置した合同委員会がプロジェクトを承認し、相当調整の方法、レジストリへの記録、クレジットの発行と使用に至るまでの一連のプロセスを規定している。

JCM を通じて締結相手国から移転されたクレジットは、日本の NDC 達成に活用される。日本は 2035 年度に GHG を 60%、2040 年度に 73%削減するという NDC（国が決定する貢献）の目標を掲げている。JCM の効果を定量的分析した研究としては有村編著（2015）²⁾がある。

2025 年 5 月現在、日本は 30 か国と JCM を締結している。締結国は、インドネシアやタイ等の東南アジア、サウジアラビアや UAE 等のアラブ諸国、アフリカ等である。しかし、豪州等の先進国は含まれていない。

4. 豪州国内制度の概要

豪州は、ACCUs（Australian Carbon Credit Unit）³⁾やセーフガード・メカニズム⁴⁾という独自の国内制度を持つ。一方で、パリ協定第 6 条に基づく制度的枠組みはない。

ACCUs は、豪州における温室効果ガスの排出削減や炭素貯留 1 トンに対して発行されるクレジット制度である。ACCUs は、2024 年 1 月時点で 633 のプロジェクトに約 1 億 4,010 万トン分のクレジットが発行されている。売買が可能であり、約 62%を豪州政府が購入している。

セーフガード・メカニズムは、温室効果ガスの直接排出量（Scope 1）が年間 10 万トン以上となる大規模施設を対象に、設定された排出削減（ベースライン）の遵守を法的に義務付ける制度である。ベースライン以上の排出削減に対して SMC（Safeguard Mechanism Credit）が発行される一方、遵守できない場合は ACCUs や SMC の購入でのオフセットが求められる。ACCUs と SMC は、クレジットの取引が内部で完結できる制度となっている。

5. 日豪間の協力における制度連携の可能性と課題

排出削減における日豪間の協力としては、日豪 JCM だけでなく、より包括的な連携も考えられる。そこで、日豪の連携とその実現に対する課題を検討する。

5.1. 日豪 JCM

JCM はこれまで日本と途上国間で締結されてきたが、先進国との締結ができないわけではない。特に、グリーン水素や SAF（持続可能な航空燃料）などの燃料関連が注目される。特に、福島水素エネルギー研究フィールド（FH2R）等での日本の再エネ活用事例と、2030 年までに水素輸出国を目指す豪州の目標が合致している。

JCM の締結には、日豪による合同委員会の設置とクレジット発行・移転の仕組みに関する合意が必要となる。特に、排出削減効果の追加性、MRV、クレジットの発行や登録・移転方法に関する日豪間の調整が課題となる。また、豪州から日本へのクレジット移転が主になる点も豪州側の課題として挙げられる。

5.2. 日豪間の相互認証（MRA）

日豪 JCM 以外にも、日豪の既存クレジット制度を相互承認すること（MRA）が考えられる。日本とインドネシアの MRA のように、制度間の整合性を確認・調整した上で、クレジットを相互利用できるようにする。

具体的には、日本の GX-ETS が豪州の ACCU や SMC を、逆に豪州が日本の JCM や J-クレジットをオフセット手段として相互認証することが想定される。豪州は過去に EU ETS との制度連携を試みた経験があり、類似の仕組みとして検討に値する。

5.3. 日豪における包括的な二国間協定

JCM や MRA 以上に柔軟かつ広範な連携としては、包括的な二国間協定（Framework Agreement）の締結も考えられる。協定は、クレジットの承認・発行・移転のルール、相当調整の方法、MRV の基準、問題解決の手続き、民間主体の関与の枠組み等が広く含まれる。また、日豪両国で ITMO の移転ができるようになる。

二国間協定であれば、JCM や MRA では対象外となる CCS 等の連携も視野に入れることができる。特に CCS では、2024 年に日豪間で CO₂の越境輸送が合意され、INPEX と中部電力によるバリューチェーンの構築が進められている。ITMO として認定するには多くの調整が必要であるが、2009 年のロンドン議定書改正に関連して締結された豪州と EU 加盟国間の MoU（Memorandum of

Understanding）が参考になる。同 MoU はパリ協定 6 条に基づいてはいないものの、国境を越える CCS 活動に必要な許可手続きや GHG 排出量の報告等、日豪間の包括的な二国間協定へ向けた重要な示唆がある。

5.4. 民間部門における協力

日豪間の政府間協定が成立しない場合でも、民間レベルでの連携も考えられる。GX-ETS では、海外の CCUS 等のプロジェクトが一定条件下でオフセット対象となる。条件は、GX 企業がプロジェクトに 20%以上出資するか、主要な技術を提供していることである。

ACCU は原則として国外移転できない。しかし、日本側が 51%以上出資する合弁会社を設立すれば、クレジットを利用できる可能性がある。INPEX と中部電力のプロジェクトは、こうした仕組みの先行事例となりうる。

6. おわりに

パリ協定第 6 条に基づくクレジット制度は、日豪両国における気候変動対策の推進と国際的な脱炭素へ向けた連携強化という点で大きな意義を有する。今後、日豪間で制度設計を調整し、法的・技術的課題を乗り越えることができれば、クレジット取引を通じた持続的な協力が実現する可能性がある。

とりわけ、初期段階では、民間企業による CCS 等のプロジェクトへの参画が、制度の実行可能性と商業性、環境への影響等を慎重に見極める必要がある。長期的には、JCM にとどまらない包括的な二国間協定の締結により、より柔軟な協力関係の構築が期待される。

参考文献

- 1) 環境省 JCM（二国間クレジット制度）について、<https://www.env.go.jp/earth/jcm/>（2025 年 7 月 7 日閲覧）
- 2) 有村俊秀編著（2015）温暖化対策の新しい排出削減メカニズム—二国間クレジット制度を中心とした経済分析と展望、日本評論社
- 3) Austrarian government Clean Energy Regulator Australian Carbon Credit Unit Scheme, <https://cer.gov.au/schemes/safeguard-mechanism> (accessed 2025-7-7)
- 4) Austrarian government Clean Energy Regulator Safeguard Mechanism, <https://cer.gov.au/schemes/safeguard-mechanism> (accessed 2025-7-7)

キーワード パリ協定第 6 条、クレジット、JCM、相互承認（MRA）、二国間協定（Framework Agreement）

火力発電所への CO₂ 分離回収適用における産業連関分析のための資本費推算 Capital cost estimation for input-output analysis of CO₂ capture plant retrofit to a thermal electric power station

早稲田大学大学院創造理工学研究科 ○風間政弥, 磯谷浩孝, 中垣隆雄

1. 緒言

カーボンニュートラルの達成に向け、火力発電所をはじめとする CO₂ 大規模排出源への CO₂ 分離回収貯留 (Carbon capture and storage : CCS) の導入が注目されている。その導入の経済波及効果の評価には、産業連関分析が必要であり、設備導入に伴う費用の内訳における産業部門ごとの詳細な推計が求められる。既往研究において、CCS におけるコスト分析は多数あるが、産業連関分析に適応可能な形で、詳細に資本費が推算された事例はほとんどない。そこで本研究では、Factored Estimation の一種である Bare Module Cost Estimation という方法を用い、CO₂ 分離回収設備の各機器の資本費の詳細な算出を試みた。

2. 化学吸収法

CO₂ 分離回収技術のうち、本研究で検討する化学吸収法は、比較的技术成熟度が高く、既存の火力発電所をはじめとする CO₂ 大規模排出源へのレトロフィットが可能であり、比較的低 CO₂ 濃度かつ低圧な火力発電所排ガスの処理にも適した技術である。

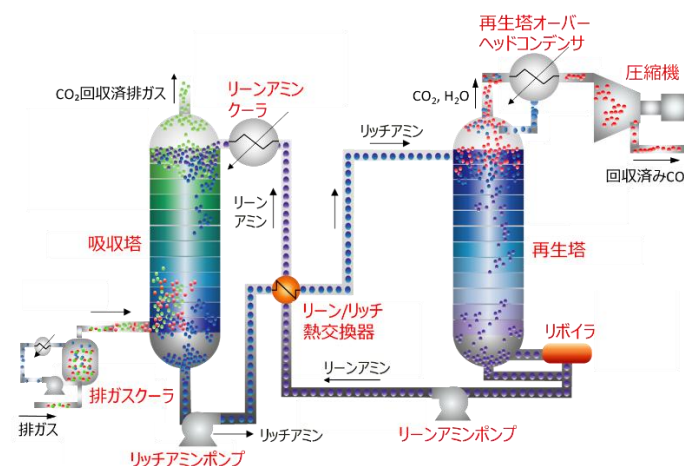


図1 化学吸収法概略図⁽¹⁾

図1に化学吸収法の概略図を示す。CO₂ 大規模排出源から排出された排ガスは冷却後、吸収塔へ運ばれる。吸収塔にて、アミン吸収液は、排ガス中に含まれる CO₂

と選択的に反応する。その後、CO₂ を多く含むアミン吸収液 (リッチアミン) はポンプにより再生塔へ送られ、再生塔下部に設置されたリボイラにより加熱されることで、CO₂ を放散する。放散した CO₂ に随伴した水蒸気は、再生塔出口に設置されたコンデンサにて凝縮水として再生塔に戻される。CO₂ 放散後のアミン吸収液 (リーナミン) はクーラで冷却後、再び吸収塔に送られる。また、本研究では、回収された高純度 CO₂ は圧縮機により超臨界状態まで加圧後、地下貯留層への圧入を想定する。

3. 資本費推算方法

本推算で用いる Bare Module Cost Estimation では、常圧運転を想定し、炭素鋼で作られた場合の装置本体価格 C_p^0 を式(1)により算出する。

$$\log_{10} C_p^0 = K_1 + K_2 \log_{10}(A) + K_3 [\log_{10}(A)]^2 \quad (1)$$

ここで、 A は装置の容量およびサイズのパラメータである。また、装置価格は運転圧力 P の上昇に伴って増加するため、式(2)により、圧力係数 F_P を用いて、運転圧力 P の変化を考慮する必要がある。

$$\log_{10} F_P = C_1 + C_2 \log_{10} P + C_3 (\log_{10} P)^2 \quad (2)$$

熱交換器、プロセス容器、ポンプにおいては式(3)、ファンにおいては式(4)により、装置本体価格に配管、計装といった間接費を加味した Bare Module Cost (C_{BM}) が算出される。その他の装置においては、 C_{BM} を式(5)により算出する。

$$C_{BM} = C_p^0 (B_1 + B_2 F_M F_P) \quad (3)$$

$$C_{BM} = C_p^0 F_{BM} F_P \quad (4)$$

$$C_{BM} = C_p^0 F_{BM} \quad (5)$$

ただし、 $K_1, K_2, K_3, C_1, C_2, C_3, B_1, B_2, F_M, F_{BM}$ は、機器の種類、型式に依存する定数である。⁽²⁾

4. 結果

本研究では、主に図 1 に示す赤字の機器を対象に、Front-End Engineering Design (FEED) Study⁽³⁾により見積もられた資本費と本研究の推算結果を比較し、推算の妥当性を検証した。ただし、プロセス容器に分類される吸収塔および再生塔は、Bare Module Cost Estimation における適応可能サイズを超過しており、コストを過大に評価した。そこで吸収塔および再生塔の資本費推算においては、式(6)に示す通り、化学プラントの建設資本費概算の経験則である 0.6 乗則を用いることとした。⁽⁴⁾

$$C_2 = C_1 \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^n \quad (6)$$

ただし、 C_1 および C_2 はそれぞれ装置のサイズ S_1 および S_2 に対応する装置価格であり、 n は経験的に 0.6~0.7 である。ここで、基準となる C_1 は Bare Module Cost Estimation により、その適応可能サイズの最小値を S_1 として算出した。各機器および各設備の資本費比較を図 2、各設備コストの積算結果を図 3 に示す。

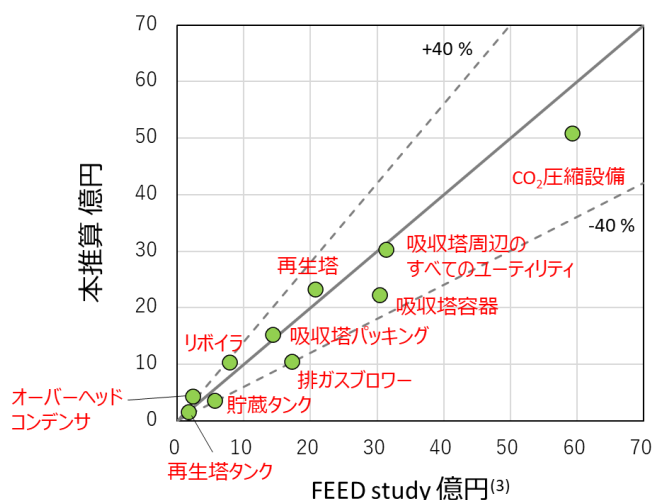


図 2 本推算と文献値⁽³⁾の資本費比較

図 2 に示すように、本推算結果は FEED study⁽³⁾と比較し、熱交換器に分類されるオーバーヘッドコンデンサおよびリボイラの資本費を過大評価した。一方で、圧縮機、ポンプ、ブローワーにおいては、過少評価する傾向であった。熱交換器においては、サイズのパラメータとして重要な伝熱面積が公表されておらず、本検討では熱負荷、両流体間の平均温度差および条件に適した総括伝熱係数を他文献より設定し、伝熱面積を推算した。総括伝熱

係数次第で必要な伝熱面積が求まるが、やや過少な数値を用いたことから、資本費を過大評価した可能性がある。

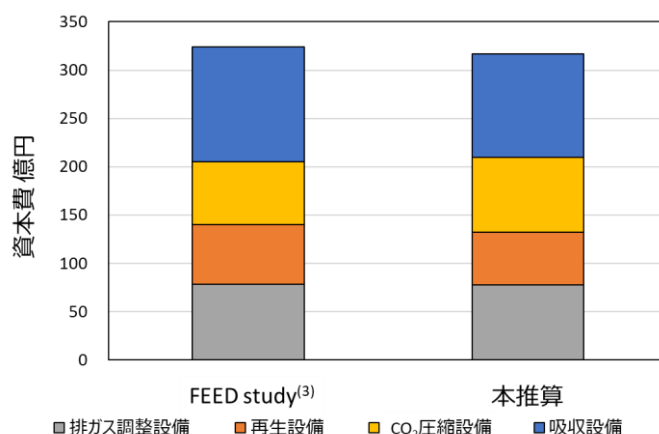


図 3 Bare Module Cost 比較

また、図 3 に示すように、各設備コストの積算結果においても、概ね一致し、その誤差は 2 % となった。

5. 結言

Bare Module Cost Estimation に基づいた資本費推算法の妥当性を確認し、設備ごとの内訳も一致した。ただし、適応可能サイズを超えた大規模な設備など、適用外の場合には、0.6 乗則による推算方法で代用可能であった。構成機器の種類に応じて、それぞれ異なる産業部門に分類されるため、本推算法によれば、産業連関分析における部門別投入構造に反映可能な結果を得ることが可能と結論付けられる。

参考文献

- 1) 石川秀 (2012) 実効 CO₂ ローディングの拡張を目的とした 2 成分系混合吸収液の特性評価, 早稲田大学卒業論文
- 2) Richard Turton (2018) Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes, 5th edition, Prentice Hall, 1283-1310
- 3) W. R. Elliott (2022) Front-End Engineering Design FEED Study for a Carbon Capture Plant Retrofit to a Natural Gas-Fired Gas Turbine Combined Cycle Power Plant
- 4) M.A. Tribe et al. (1986) SCALE ECONOMIES AND THE "0.6 RULE", Engineering Costs and Production Economics, 10, 271-278

キーワード カーボンニュートラル, CO₂ 分離回収, 化学吸収法

火力発電所における CCS 導入効果の産業連関分析に向けて：地域間次世代エネルギーシステム 分析用産業連関表の応用

Towards an Input-output Analysis of the Introduction of CCS in Thermal Power Plants: An Analysis Using the Inter-regional Input-output Table

早稲田大学 ○鷺津明由，東北学院大学 板明果

1. はじめに

カーボンニュートラル社会の実現と地域の環境・社会・経済の統合的發展に向けて，地域と共生する方法で再生可能エネルギーを使用することが求められるようになっている。その中で 2015 年地域間次世代エネルギーシステム分析用産業連関表(地域間 IONGES)を開発したり。本報告では，再エネの地域との共生を評価するための効果分析を行うとともに，将来的に CO₂ 分離回収技術(CCS)の普及がもたらす CO₂ 削減効果分析を試みる。

2. 2015 年地域間次世代エネルギーシステム分析用産業連関表(地域間 IONGES)

2015 年地域間 IONGES はまず，2015 年の都道府県表を積み上げることで 9 地域間産業連関表の作成を行い，次に 2015 年版 IONGES(想定表)²⁾の再エネ関連部門を 9 地域分割してそれに組み込むことで作成した。

9 地域間表の作成手順の概略は次のとおりである¹⁾。まず，各都道府県表の部門概念を統一して競争輸入型非競争移入型表に変更後，各都道府県の域内取引関係はそれぞれを尊重するが，輸出入の都道府県合計が 2011 年の総務省表の値と一致するように，また移出合計と移入合計が一致するように数値を調整する。次に各都道府県の域内取引表，輸出入額，移出入額を 9 地域に集計後，各地域の移出額を，相手先別に分割することで 9 地域間表を得る。移出額の相手先分割比率は，財部門は 2011 年商品流通調査(財部門)または貨物流動調査、サービス部門は旅客地域流動調査や各地域の需要構成比(サービス部門)に基づく。

IONGES(想定表)の再エネ部門の地域間分割 および地域間送電の在り方については文献³⁾の研究結果に基づく。そこでは電気事業者が提出する供給計画に基づく火力機や原子力機と，第 6 次エネルギー基本計画で野心的水準とされた発電電力量を達成可能な再エネの設備容量を想定し，より詳細な調整力必要量の想定のもとで LNGCC の運転を最適化した場合の，地域別の各種発電量や地域間送電量が計算されている。

3. 再エネの地域共生効果の分析

3.1. 再エネの地域共生効果の多角的分析視点の必要性

再エネ導入は，カーボンニュートラルの実現という国全体の目的のために不可欠である一方，近年，再エネ導入をめぐる地域トラブルが多くなった⁴⁾。それに対し，地方自治体では再エネの調和・規制条例を制定するようになったが，その真の狙いは社会的合意形成を促進することにある⁵⁾。例えば，宮城県では令和 6 年より，再エネ地域共生促進税が施行されたが，県庁へのヒアリングによれば，地域脱炭素化促進事業計画が地方公共団体の人材・財源不足により策定が遅れる⁶⁾中，規定に準ずる設備を個別に審査することにより，再エネ導入を加速させようとするのがこの制度の真の狙いである。

地域との共生に注目するとき，再エネの地産地消はわかりやすい共生方法である一方，再エネ大量導入下の系統運用は地域を超えて広域的に検討する必要がある³⁾。地域間 IONGES はそのような広域運用の状況を記述している。再エネの地域共生が注目される背景の下，この状況のもとで，各地域の再エネへの投資努力が，自地域に還元する成果の大きさを，多角的な視野から確認することがいま求められている。

3.2. 分析方法

2015 年版地域間 IONGES の輸入を考慮したレオンチェフ逆行列は(1)式の通りである。

$$\mathbf{B} = \{\mathbf{I} - (\mathbf{A} - \hat{\mathbf{M}}\mathbf{A}^*)\}^{-1} \quad (1)$$

ただし $\mathbf{A}^* = [a_{ij}^{*gh}]$ は地域内投入係数行列 ($a_{ij}^{*gh} = a_{ij}^{gh}$ when $g=h$ and $a_{ij}^{*gh} = 0$ when $g \neq h$)， $\mathbf{B} = [b_{ij}^{gh}]$ は輸入を考慮したレオンチェフ逆行列 ($g = 1, \dots, 9, h = 1, \dots, 9, j = 1, \dots, 100, i = 1, \dots, 100$) であり， $\mathbf{I}$ は単位行列， $\mathbf{A}$ は地域間 IONGES の投入係数行列， $\hat{\mathbf{M}}$ は輸入係数行列を示す。

いま， g 地域産の財に対する最終需要のみを要素とし，他地域産の財に対する最終需要をゼロとしたベクトルを $\mathbf{F}g$ とおき，その誘発効果を次式で計算する。

$$\mathbf{X}g = \{\mathbf{I} - (\mathbf{A} - \hat{\mathbf{M}}\mathbf{A}^*)\}^{-1} \{(\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{F}g\} \quad (2)$$

(2)式の結果は、次のように直接効果と間接効果に分割することができる。

$$\text{Direct}Xg = (I + (A - \hat{M}A^*))\{(I - \hat{M})Fg\} \quad (3)$$

$$\text{Indirect}Xg = \left[\{I - (A - \hat{M}A^*)\}^{-1} - (I + (A - \hat{M}A^*))\right]\{(I - \hat{M})Fg\} \quad (4)$$

(2)～(4)式の再エネに対する誘発に注目すると、各地域の生産活動に対し、各地域の再エネが直接的な生産プロセスに貢献する効果と、再エネ以外の財の地域間取引を通じて間接的に貢献する効果を区別して分析することができる。

4. CCS 導入効果の分析

4.1. アミン吸収法

現在、商用化が進みつつあるのが、化学吸収法による石炭火力排ガスに対する CCS である。石炭火力排ガスには、低圧状態ではあるが 12～14%程度の CO₂ 濃度がある。化学吸収法とは、化学反応を利用して CO₂ を分離する方法で、アミンという化合物の水溶液を用いることから、アミン吸収法とも言う。1980 年代から実績のある手法である。ただし、アミン水溶液から CO₂ を回収する場合には、アミン水溶液を加熱する必要がある。その際のエネルギー使用に課題がある⁷⁾。石炭火力発電は最も手ごろな価格の電力供給に資することから、それへの CCS 適用の効果は、社会的に検討すべき課題である。

4.2. 分析方法

以下の 2 つの計算式により、石炭火力発電所への CCS 導入による CO₂ 誘発の削減効果を計算する。

$$CO2g = E \cdot \{I - (A - \hat{M}A^*)\}^{-1}\{(I - \hat{M})Fg\} \quad (5)$$

ただし、**E**は CO₂ 排出係数ベクトルである。ここで**E**のうち、各地域の石炭火力発電に関する CO₂ 排出係数をゼロに置き換えた CO₂ 排出係数ベクトル**Eccs**を作成して以下の計算を行い、石炭火力発電所における CCS 導入効果を計算する。

$$CCSCO2g = Eccs \cdot \{I - (A - \hat{M}A^*)\}^{-1}\{(I - \hat{M})Fg\} \quad (6)$$

(5)式と(6)式の差分を取ることで、石炭火力発電所への CCS 導入による CO₂ 誘発の削減効果とする。

5. 分析結果

表 1 に、(2)式に基づく計算結果を要約し、表頭を最終需要財の生産活動地域、表側を再エネ供給地域とする再エネ誘発マトリックスを示す。

表 1 再エネ誘発マトリックス

電力供給地域	生産活動地域									
	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄	Total
北海道	217,959	13,389	23,350	5,895	5,771	1,723	968	3,713	357	273,125
東北	8,985	734,199	295,049	38,030	37,347	12,992	5,700	22,335	1,661	1,156,298
関東	11,625	30,436	1,122,233	63,548	59,626	19,710	9,199	36,234	2,749	1,355,360
中部	3,650	11,036	112,906	799,643	42,625	9,807	4,663	19,395	1,479	1,005,203
近畿	2,332	6,226	59,506	44,044	452,987	9,486	9,808	12,928	1,032	598,349
中国	2,356	5,748	56,341	29,982	94,443	304,367	7,459	16,438	1,354	518,491
四国	1,331	3,395	33,297	10,271	44,233	15,858	190,835	8,535	671	308,427
九州	2,714	7,561	77,653	23,209	27,069	54,346	6,724	776,441	2,764	978,481
沖縄	4	12	135	27	33	9	4	31	10,270	10,526
Total	250,955	812,002	1,780,472	1,014,649	764,133	428,299	235,360	896,051	22,338	6,204,260

参考文献

- 1) 新井園枝・鷺津明由 (2024) 2015 年再生可能エネルギー分析用非競争移入競争輸入型地域間産業連関表作成方法について、経済産業統計協会 経済統計研究, 第 51 巻IV号, pp.24-59
- 2) 次世代科学技術経済分析研究所ウェブページ：
<https://washizu.w.waseda.jp/table.html>(アクセス日 2025.5.31)
- 3) 矢部邦明・林泰弘 (2024) 調整力確保を考慮した需給シミュレーションによる蓄電池導入と連系線強化の影響評価, 電気学会論文誌 B, Vol.144 No.1, pp.5-16
- 4) 大塚直・錦澤雄・柳憲一郎・竹内彩乃 (2023) 再生可能エネルギーの適正な導入に向けて一環境アセスメント及びゾーニングとの関係を中心として, 環境情報科学, 2022 年環境情報科学研究発表大会企画セッション報告, 52(2), pp.102-103
- 5) 長澤康弘・錦澤雄 (2024) 社会的合意形成のための再生可能エネルギーに関する条例による地域共生型課税の設定, 環境情報科学論文集, 38, pp. 233-238
- 6) 環境省 (2023) 「地域脱炭素を推進するための地方公共団体実行計画制度等に関する検討会」とりまとめ, <https://www.env.go.jp/content/000156415.pdf> (アクセス日 2025.5.31)
- 7) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO グリーンイノベーション基金 (2023) CO₂ 分離回収技術の進化で、カーボンニュートラル実現を目指す！
<https://green-innovation.nedo.go.jp/article/co2-separate/> (アクセス日 2025.5.31)

キーワード 再エネ, CCS, 地域間産業連関分析

CCS 及び CCUS を推進する財務的意思決定基準及びサステナブルファイナンスの一考察

On the Capital Budgeting and Sustainable Finance to Promote CCS and CCUS

青山学院大学 ○伊藤晴祥

1. はじめに

本研究では、Carbon Capture Storage (CCS)、Carbon Capture Utilization and Storage (CCUS) 等の温暖化効果ガス (GHG) 削減策の実行を促進するような財務的意思決定基準及びサステナブルファイナンスのスキームについて考察する。

2. 財務的意思決定基準の整理

将来キャッシュフローの現在価値と投資額の比較により意思決定を行う、正味現在価値法 (NPV 法)、投資家の平均的なリターンを計算する内部収益率法 (IRR 法)、投資金額の回収期間を計算する回収期間法等がある。

CCS の投資促進の観点からは、NPV 法を利用した場合、リスクの高いプロジェクトであれば、高い割引率を利用して評価する必要があり、GHG 排出量削減の社会的インパクトが長期にわたる場合、長期の将来キャッシュフローはほぼ 0 になってしまい、CCS や CCUS の促進につながらなくなる可能性が高い。IRR においても同様に初期投資がかさみ、長期にわたりリターンが得られるため、平均的には、資本コスト以下の小さい IRR となる可能性が高い。また、回収期間法も同様であり、回収期間が長くなることが予想され、CCS や CCUS の促進につながらない可能性が高い。

3. 本研究で提唱する財務的意思決定基準

2. 節で説明した問題を克服するために 2 つの方法を提唱する。

1 つは、リアルオプションアプローチ、もう 1 つは、測度変換を利用したリスク中立確率評価法である。

3.1. リアルオプションアプローチ

2. 節で紹介した方法はいずれもリスクが高ければ高い程、投資価値が減少するというデメリットがある。CCS や CCUS に関しては、投資額に見合ったリターンが現状では得られがたいというデメリットがあるが、今後の技術革新やコスト削減などの努力などにより、収益化が見込めるようになる可能性があるが、不確実性も多い。また、このような CCS や CCUS のメリットには、人々の気候変動対策への関心、GHG 排出に対するカーボン

プライシング等の規制や新しい技術への補助金、税控除など政策面での不確実性も存在する。

リアルオプション法を利用した場合、不確実性が高い程、その価値を見出すことができるため、CCS や CCUS のような不確実性が高いプロジェクトの価値評価においては、その他の財務的意思決定手法によって投資判断をしていた場合には却下されていても、リアルオプション法を利用することにより、採択される可能性があり、CCS や CCUS への投資が促進させる可能性がある。

3.2. リスク中立確率評価法

2. 節で説明した通り、NPV 法による方法の場合、リスクが高い場合、高い割引率を利用することになり、遠い将来の影響は殆ど 0 になる。そのため、気候変動に対する影響など、長期的な影響をみる場合には、できる限り低い割引率を適用して評価することが望ましい。

リスク中立確率評価法を利用することにより、安全利子率を利用して将来キャッシュフローを割り引くため、より低い割引率を適用することができる。

4. サステナブルファイナンススキームの整理

グリーンボンド、サステナビリティボンド、サステナビリティリンクボンド等、多くのサステナブルファイナンスに関する金融商品が存在する。一方でこれらの金融商品はいずれも債券であるため、CCS や CCUS のようなリスクの高いプロジェクトとしては、これらの負債のみで資金調達を行うのは難しく、余裕のある企業の内部留保など、リスクのとれる小規模の金額で投資が行われているのが現状である。

そのため、サステナビリティに配慮した VC 等、リスクを取ることで資金調達手法と債券などと組み合わせることにより、効果的に CCS 及び CCUS の推進が可能となるか検証する。

5. 先行研究

サステナブルファイナンスを利用することの 1 つのメリットは資本コストを低減することができる点にある。

Preclaw and Bakshi (2015)、Zerbib (2019)、Gianfrate and Peri (2019) 等の論文は、グリーンボンドの金利が通常

の債券よりも低いことを報告している。一方で、有意なグリーンプレミアムは無い (Tang and Zhang 2020、Flammer 2021)、負のグリーンプレミアムがある (Karpf and Mandel 2018、Bachelet et al. 2019 (第三者認証が無い場合)) ことを、報告をしている論文もあるため、CCS 及び CCUS への投資に利用する場合、グリーンボンドを利用することによって資本コストが減少するか検証する必要がある。

また、投資後のパフォーマンスに従ってクーポン率が変動するサステナビリティリンクボンドも広く利用されている。サステナビリティリンクボンドは、調達資金の使途に制限が設けられているグリーンボンドとは異なり、企業の一般的な目的 (general corporate purpose) のために発行されるため、企業が調達資金を何に投資をしようとしても自由である。

従って、サステナビリティリンクボンドを利用して企業が資金調達を行った場合、企業はリアルオプションを有しており、有利な条件で発行できているため、金利がその分高くなるはずである (伊藤 2025)。しかし、現状では、サステナビリティリンクボンドは、発行金利も市場金利も通常の金利よりも低い状態が継続している。必ずしも理論と整合的な市場状況ではないものの、このような債券を利用することによって資本コストを低減できる可能性があるため本研究にて分析を行う。

また、VC による投資においては、金融機関によっては、また、サステナビリティのテーマによっては、インパクト投資を行う場合に、リターンが低くても許容されることが言われている (Barber et al. 2021)。具体的にはテーマが環境関連や少数民族に関するものである場合や、投資家が開発機関 (世界銀行等) や金融機関 (銀行や保険会社)、公的年金基金の運用の場合には、それらの社会的使命や規制の影響によりインパクト投資において、2.5%-3.7%のリターンを犠牲にして行っているため、CCS や CCUS への投資においても、資本コストを低く抑えられる可能性があり、投資の促進につながる可能性があるため、本研究において分析する。

6. 期待される成果

本研究では、上述の前提のもとに、CCS 及び CCUS の投資がどのような場合に合理的に採択されるかの条件を、リアルオプションアプローチ及びリスク中立確率法を利用して評価する。その際に、サステナブルファイナンススキームを利用することにより資本コストが低減できる可能性も踏まえて行う。

以上のような市場の取り組みだけでは不十分な場合、カーボンプライシング等の法制度がどのように CCS や CCUS の促進に寄与するかについても検証する。

また、排出権取引が存在する場合、CCS 及び CCUS 投資企業に対する投資において、GHG 排出に関するリスクをヘッジすることができるため、このような投資がさらに促進される可能性もある。このような観点からも、CCS 及び CCUS に対する投資が促進される条件について整理を行い、企業の意思決定や市場価格等、市場原理によって推進可能な気候変動対策と、それ以上の気候変動対策が必要な場合においてどのような政策が効果的であるかについて検証する。

参考文献

- 1) 伊藤晴祥 (2025) サステナビリティリンクボンドの価値評価 —リターンおよびインパクトとリアルオプション—, オペレーションズ・リサーチ, 70(4), 225-234
- 2) Bachelet, M. J., Becchetti, L., & Manfredonia, S. (2019) The Green Bonds Premium Puzzle: The Role of Issuer Characteristics and Third-Party Verification. *Sustainability*, 11(4).
- 3) Barber, B. M., Morse, A., & Yasuda, A. (2021) Impact investing. ” *Journal of Financial Economics*, 139(1), 162-185.
- 4) Flammer, C. (2021) Corporate green bonds. *Journal of Financial Economics*, 142(2), 499-516.
- 5) Gianfrate, G., & Peri, M. (2019) The green advantage: Exploring the convenience of issuing green bonds. *Journal of Cleaner Production*, 219, 127-135.
- Karpf, A., & Mandel, A. (2018) The changing value of the ‘green’ label on the US municipal bond market. *Nature Climate Change*, 8(2), 161-165.
- 6) Preclaw, Ryan, & Anthony Bakshi (2015) The Cost of Being Green. *Credit Research*, September 18th, 2015, 1-12.
- Tang, D. Y., & Zhang, Y. (2020) . Do shareholders benefit from green bonds? *Journal of Corporate Finance*, 61, 101876.
- 7) Zerbib, O. D. (2019) The effect of pro-environmental preferences on bond prices: Evidence from green bonds. *Journal of Banking and Finance*, 98, 39-60.

キーワード CCS、CCUS、リアルオプション、サステナブルファイナンス、測度変換

シンポジウムー3

『社会的質』の高いサステナビリティの実現 ～安全保障、包摂、結束、エンパワーメントの観点から～

オーガナイザー 白井信雄（武蔵野大学）教授
水谷香織（名古屋学院大学）准教授

趣旨説明：ゼロカーボンに向けた気候市民会議や子どもの権利の観点からの気候変動政策への子どもの参加等の動きが活発化している。こうした動きは、持続可能な社会の規範に「社会的質」という規範を付与するものとして注目される。欧州の研究では安全保障、包摂、結束、エンパワーメントの観点から社会的質の具体化を行っている。本シンポジウムでは、気候変動等の環境対策の目標に「社会的質」の向上という観点を付与していくことを提案とし、その目標実現に向けた理論と実践手法を共有し、広く意見交換を行う。本シンポジウムが、環境科学会はもとより、日本国内の研究者、行政や企業の担当者、市民活動家における「社会的質」の議論の活性化と実践的な連携のきっかけになることを願う。なお、講演者は2023年に開設した武蔵野大学サステナビリティ学科の教員、非常勤講師、客員研究員、大学院卒業生で構成する。

**『社会的質』の高いサステナビリティの実現
～安全保障、包摂、結束、エンパワーメントの観点から
Achieving Sustainability with High Social Quality:
Perspectives on Security, Inclusion, Cohesion, and Empowerment**

シンポジウムオーガナイザー

武蔵野大学 白井信雄

名古屋学院大学 水谷香織

1. はじめに

ゼロカーボンに向けた気候市民会議や子どもの権利の観点からの気候変動政策への子どもの参加等の動きが活発化している。こうした動きは、持続可能な社会の規範に「社会的質」という規範を付与するものとして注目される。欧州の研究では安全保障、包摂、結束、エンパワーメントの観点から社会的質の具体化を行っている。

本シンポジウムでは、気候変動等の環境対策の目標に「社会的質」の向上という観点を付与していくことを提案とし、その目標実現に向けた理論と実践手法を共有し、広く意見交換を行う。本シンポジウムが、環境科学会はもとより、日本国内の研究者、行政や企業の担当者、市民活動家における「社会的質」の議論の活性化と実践的な連携のきっかけになることを願う。

2. 個別の研究発表

2.1. “社会的なるもの”の質を重視する理由と具体的な条件

白井信雄（武蔵野大学）

歴史をさかのぼると、持続可能な発展（SD）の規範は環境制約への対応、世代間の公平性等の観点の提起から始まり、環境・経済・社会の統合的発展という表現により一般化されてきた。日本では東日本大震災やそれに続く福島原発事故があり、近年の気候非常事態の現実化もあって、リスクへの備え（レジリエンス）という規範もSDの議論に欠かせないものとなってきた。そして、SDGsが社会的包摂をキーコンセプトとして打ち出し、近年ではワンヘルスやワンウエルフェア等の種間の公平性も強調されてきた。こうした経緯の中で、SDは共通言語としての統合力を高めてきたが、一方でマジックワードのように扱われ、グリーンウォッシュの温床にもなっている。

SDの規範の中で重要なことは、環境・経済・社会の規範の中で、社会の側面がブラックボックスになって

いることである。この社会の側面を具体化する概念として、欧州を中心に研究をされてきた「社会的質」の概念の活用が有効である。なお、「社会的質」は社会の質ではなく、社会と人の関わりによって形成された人の側にある「社会的なるもの」として捉える必要がある。

本発表では、SDの規範に「社会的質」を組み込んだ体系を提案し、その規範を用いた既存の取組の評価を試行する。

2.2. ミニ・パブリックスの実践としての気候市民会議

川端圭子（武蔵野大学）

ゼロカーボン社会を実現するためには、移動や衣食住など市民の生活に影響を及ぼす変化が求められる。その対策は地域の地理的特徴や主要な産業等に加えて地域の文化や人々の価値観を考慮して決定されることが必要である。その為、市民はその変革の担い手として重要な主体であり、意思決定に市民が関与することが必要であると考えられる。

気候市民会議は政策決定等への市民参加の方法であるミニ・パブリックスの仕組みを気候変動問題に応用した取り組みである。会議では、無作為に選ばれた市民が熟慮し、参加者同士がじっくりと話し合うことによって共通の評価基準を基に意見の共通点を探るという参加者の主体的な取り組みが行われる。日本では2020年末に国内初の気候市民会議が研究プロジェクトとして札幌市で開催された後、自治体レベルの会議が各地で開催されている。これら会議状況の分析することにより、気候市民会議という仕組みが日本に定着し、さらに発展するために必要な会議の在り方および現在の課題を示す

2.3. シビックアクションと気候変動教育

森朋子（立教大学）

社会的質を向上させる有能なアクターを育成するためには、社会を構成する個々人が社会に関与できる能力

や態度を身に付けることが欠かせない。現在の小中高校に導入されている学習指導要領においても、「社会に開かれた教育課程」という新たな目標が追加されており、学んだことを地域や社会で活かすことの重要性が説かれている。しかし従来の環境教育は、個人が日常生活の中で実践できるアクションの促進に主眼が置かれたプログラムが多く、他者と協働して社会に働きかける市民としてのアクション（ここではシビックアクションと呼ぶ）の促進を目指したものは多くない。

本研究では、社会調査を通して若者がシビックアクションの実践に至るまでのプロセスや影響要因を明らかにしたうえで、その成果を活用してシビックアクションの促進に資する中高生向けの教育プログラムを開発した。実際にこのプログラムを試行した事例のうち、特に気候変動をテーマに取り組んだ学校での事例を挙げ、その効果や生徒の変容を報告する。

2.4. コミュニティ緑化活動によるエンパワーメント

村山佳子（武蔵野大学）

都市の緑地は市民のウェルビーイングの向上や地域の課題解決に重要で、その多機能性が注目されているが、減少傾向が続いている。気候変動に伴う自然災害、生物多様性の損失といった深刻な課題の解決手段として、持続可能な緑のまちづくりを目指す自治体が増える一方、市民活動の継続性が懸念されている。

2024年に横浜市港北区において、都市における地域緑化コミュニティによる持続可能な緑のまちづくりの実践モデルを検討することを目的とし、地域緑化コミュニ

ティ代表のインタビューデータを質的研究法の一つである修正版グラウンデッド・セオリー・アプローチで分析した結果、地域緑化コミュニティのエンパワーメントの形成と発展のプロセスとそれに影響を受けた内発的動機づけによる行動の変化を明らかにすることができた。これからの持続可能な緑のまちづくりに向けての市民主体の取組の可能性を展望する。

2.5. これから100年の国土づくりと合意形成

水谷香織（名古屋学院大学）

2008年に我が国の総人口は12,808万人でピークを迎え、2120年には4,973万人（高齢化率40.4%）へと、今後100年以上にわたり加速度的に減少すると推計されている。このような人口動態を踏まえ、最新の国土形成計画（2023年閣議決定）では、関係人口の増加や地域生活圏の形成などを掲げ、社会的質の向上を目指している。しかしながら、この劇的な社会変動に対応するために最も必要と思われる、既存の社会システムやインフラの抜本的な見直しや再構築に関する記述は見受けられない。

本研究では、我が国の国土形成において「社会的質」の高いサステナビリティをいかに実現するかという観点から、今後の国土形成計画のあり方を検討する。とりわけ、市民・関係団体・関係機関の理解と協力、さらには主体的な参画が必要なため、丁寧な合意形成が求められる。その一例として、消滅都市、安全保障、インフラの再構築などのタブー視されがちな論点にも言及する。

キーワード 持続可能な発展、社会的質

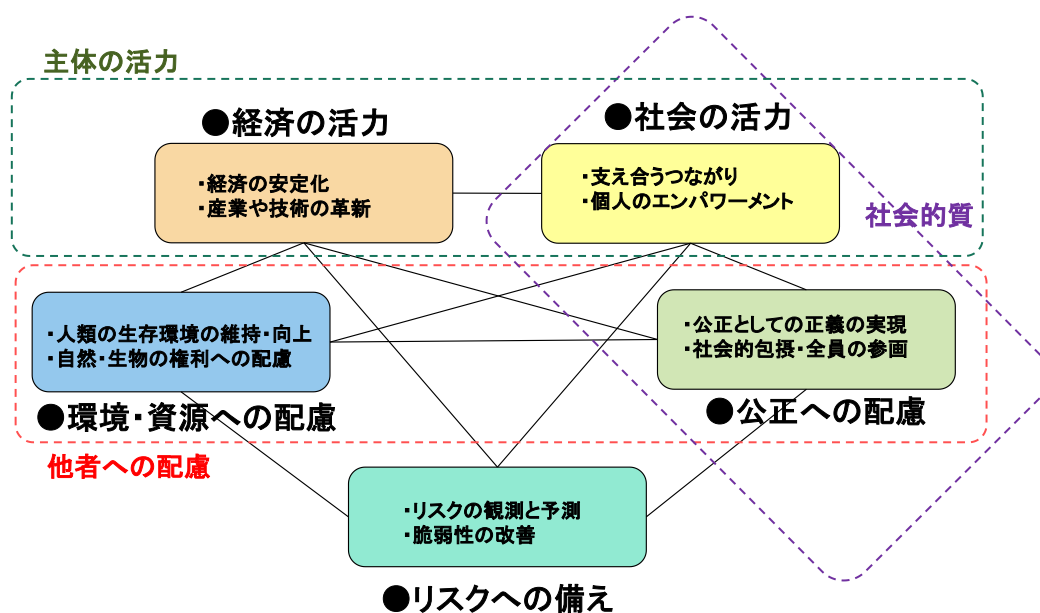


図1 社会的質の概念を組み込んだ持続可能な発展の規範

シンポジウムー4

「営農型太陽光発電による食糧生産の持続可能性の確保」

プロジェクト名：JST/RISTEX Solve for SDGs

「ソーラーシェアリングを活用した自立型脱炭素スマート農地の確立と展開」

オーガナイザー 倉阪秀史（千葉大学）教授

馬上丈司（千葉エコ・エネルギー株式会社）代表取締役社長

趣旨説明：「脱炭素スマート農地」研究は、営農型太陽光発電で得られる電力と、電化された各種スマート農業機器を組み合わせることによって、経営的にもエネルギー的にも自立した持続可能な農業経営を確立することを目的とする。これまで、畑作と稲作の実験サイトにおいて、パネル内外での収穫量比較、パネル下におけるスマート農業の可能性検討、パネル内外での労働環境比較、全国の農業委員会調査、パネルの電力を活用した収量増加策の検討、パネル電力による食料生産の持続可能性の検討、学生による実習プログラムの実施などを進めてきた。本シンポジウムは、その成果と課題について確認し、今後の方向性を議論しようとするものである。

脱炭素スマート農地研究のねらいと到達点

Objectives and Achievements of Decarbonized Smart Farmland Research

千葉大学 ○倉阪秀史

1. 脱炭素スマート農地研究のねらい

科学技術推進機構（JST）社会技術研究開発センター（RISTEX）が実施する「SDGsの達成に向けた共創的研究開発プログラム」（Solve for SDGs）ソリューション創出フェーズにおいて、2022年度に採択された「ソーラーシェアリングを活用した自立型脱炭素スマート農地の確立と展開」（研究代表者：倉阪秀史、協働実施者：千葉エコ・エネルギー株式会社馬上一司）においては、営農型太陽光発電とスマート農業を組み合わせることによって、経営的にもエネルギー的にも自立する農業生産地域を広げていくことを目的としている。

本研究の実証試験は、露地野菜を作付けする大木戸アグリエナジー1号機（1ha）など千葉エコ・エネルギー社が保有するソーラーシェアリング設備と、2024年2月に設置された水稻ソーラーシェアリング設備で行われる。

2. この研究の内容

① 農業生産量の確保の実証

ソーラーシェアリング農地において、同年の地域の平均的な単収と比較しておおむね1割以上減収しないことを目標として、露地野菜（大木戸アグリエナジー1号機等）と飼料米（新規水田ソーラーシェアリング設備）において、農業生産を行う。

② スマート農機の運用可能性の実証

実証施設において、自動操舵システムをつかった農機の運転実証などを行うとともに、学生による農業実習を実証施設で実施し、学生のような習熟度の低い作業者によっても、スマート農機が運用できることを実証する。

③ 全国農業委員会への調査の実施と他地域への展開

全国の農業委員会への調査を実施し、農地転用の課題を把握する。2024年3月に脱炭素スマート農地研究会を立ち上げ、そのネットワークなどを使って国内の他地域への展開を図る。バーチャルPPA〔電力調達契約〕の仕組みなどを活用して、ソーラーシェアリング農地への資金調達を進める。

④ 脱炭素スマート農地経営成立の境界条件の把握と検討シミュレーターの作成

自立型脱炭素スマート農地が経営的にも自立できる条件（スマート農業技術による省力効果、化石燃料価格

の上昇の程度）を把握し、地域による日射量の違いを考慮した、他地域展開のための条件を算出できる自立型脱炭素スマート農地検討シミュレーターを作成する。

3. これまでの研究成果

① パネル下での農業生産の確保

水稻の栽培試験では、パネル外区では平均581kg/10a、パネル下区（遮光率28%）では平均552kg/10aであり、パネル外区とパネル下区で統計的に有意な差はなかった。また千葉県の標準収量（600kg）と比較しても両処理区とも大きな違いは見られなかった。1穂あたりの籾の数、玄米の重さ（玄米千粒重）は、統計的に有意にパネル下の方が多かった。ただし、遮光区では草丈が伸長するなど徒長反応に近いものがみられた。また遮光区では開花が遅れるなどの反応も見られた。

大豆の栽培試験では、パネル外区での平均収量が291kg/10a、パネル下区（遮光率33%）では202kg/10aであり、統計的に有意に減収した。サツマイモに関しては、33%遮光区では、パネル外区と比較してイモの収量は統計的に低下しなかった（ただし中央値では15%低下した）。一方48%遮光区では、イモの収量が80%以上低下した。

従来、米については、耐陰性が低く少しの遮光でも収量が減少するといわれていたが、今回得られた知見は従来の知見を覆すものである。これは、最近の温暖化の進行に伴う高温化が影響したのではないかと考えている。温暖化への適応策としてこの技術を位置づけることができれば、さらにソーラーシェアリングが広がる可能性がある。

② スマート農機の運用可能性の実証

パネル下での自動操舵システムの運用可能性を実証したが、これまでのところ遮光率28%の農地であってもGPS衛星電波を十分に受信することができず、GPS信号を用いた自動操舵システムの運用は難しいことが判明している。このため、ソーラーシェアリング設備下での自動操舵には、衛星受信以外の方法（たとえば、ソーラーシェアリング設備自体に自動操舵の目印をつけることなど）を検討すべきである。また、ソーラーシェアリング架台を、農地を額縁状に取り囲むように配置し中央

部分を開ける方法も有効ではないかと考えられる。

一方、協力事業者のヤンマーアグリ社が開発中の電動トラクターを大木戸アグリエナジー1号機に搬入し、学生が作動させる実証を行った。リモコンで操縦する電源車の後ろにアタッチメントがつけられており、作業に応じてアタッチメントを取り替えるものである。この実証により、学生でも簡単に操縦できること、通常のトラクターと比較して音が静かであることなどが確認できた。昼間のソーラーシェアリング電気を溜めておき、夜間に自動で作業がされるという未来の営農のあり方に期待を抱かせる結果となった。

③ 全国の農業委員会への調査の実施

本研究に先立つ形で、千葉大学倉阪研究室では、2018年10月上旬に、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）を対象としたアンケート調査を実施していた（送付数1465件、返送数1174件、回答率80.1%）。本研究では、2018年度調査対象自治体のうち、能登地震の被災地自治体を除く市町村の農業委員会に対して、2024年1月にアンケートを実施した（送付数1413件、返送数901件、回答率63.8%）。

本調査によって判明した主な事実は以下のとおりである。①「ソーラーシェアリング」という言葉を知っており意味も理解している農業委員会は、80.6%（2018）から、86.1%（2023）に向上した。②太陽光発電のための農地転用申請に占めるソーラーシェアリングの割合が40.5%（2018）から63.4%（2023）に増加している。③2022年度に許可された全案件数628件の中で作付け品目が記入されていた案件559件のうち、33.8%がサカキ、シキミ、センリョウであった。④農業委員会担当者のソーラーシェアリングに関する見方は、否定的な選択肢を選択する割合が低下し、肯定的な選択肢を選ぶ割合が上昇してきているが、依然として、54.9%が「太陽光パネルの下で十分に営農できないと思う」と回答するなど、厳しい見方になっている（表）

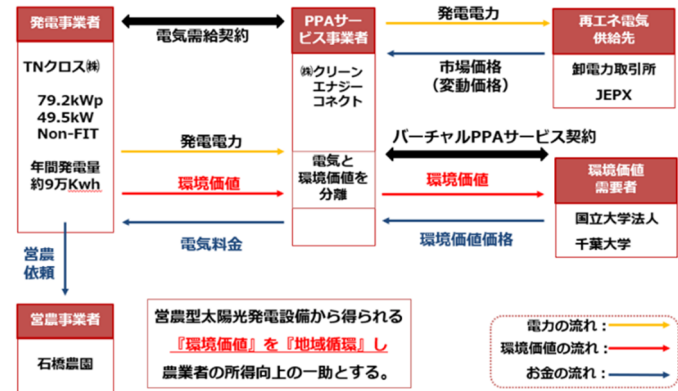
表 農業委員会の「ソーラーシェアリング」の見方

問10	2018	2023
1.耕作放棄地／荒廃農地の解消につながると思う	197 16.8%	217 24.1%
2.農業後継者／担い手の確保につながると思う	34 2.9%	31 3.4%
3.太陽光パネルの下で新しい特産物が生まれると思う	16 1.4%	22 2.4%
4.エネルギーの地域自給につながると思う	111 9.5%	149 16.5%
5.景観の破壊につながると思う	212 18.1%	209 23.2%
6.農作物市場にひずみを生じさせると思う	7 0.6%	13 1.4%
7.太陽光パネルの下で十分に営農ができないと思う	690 58.8%	495 54.9%
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	564 48.0%	394 43.7%
9.その他	124 10.6%	92 10.2%
10.この中には当てはまらない	—	44 4.9%
	1174	901

④ バーチャル PPA サービスを用いた環境価値の販売

今回の実証試験を行っている稲作ソーラーシェアリング設備は、TN クロス社が保有しているが、その施設で発電された電気を株式会社クリーンエナジーコネク（CNC）に販売し、CNC が電力と環境価値に分離し、この環境価値分（2025 年 5 月 30 日～2025 年 8 月 31 日まで）を千葉大学が購入することとした（図）。バーチャル PPA サービスを用いて再生可能エネルギー電力の環境価値のみを購入する事例は国立大学法人として国内初である。

図 今回のスキーム図



4. 今後の展開

2025 年 5 月から農林水産省において「望ましい営農型太陽光発電に関する検討会」が開催されているが、農業委員会における厳しい見方を払拭するためには、よい営農型太陽光発電の要件を明確とすることが不可欠である。今後、本プロジェクトの成果として、良い営農型太陽光発電の運用をつうじて「脱炭素スマート農地」を宣言する農地・農業事業者を広げていくことを目指していきたい。そのためにも、2. ④で記述した自立型脱炭素スマート農地検討シミュレーターを完成させ、あたためて全国の農業委員会にフィードバックしていくこととしたい。

参考文献

- 1) 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
- 2) 倉阪秀史（2025）「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」『公共研究』21（1）398-414

キーワード 営農型太陽光発電、ソーラーシェアリング、農業の持続可能性、スマート農業

営農型太陽光発電に関する政策動向の現状

Policy trends in Japan regarding Farming PV

千葉エコ・エネルギー株式会社 ○馬上丈司

1. 営農型太陽光発電を巡る政策動向の概況

営農型太陽光発電は、2013年3月31日に「支柱を立てて営農を継続する太陽光発電設備等についての農地転用許可制度上の取扱いについて」（24農振第2657号）が農林水産省農村振興局長通知として発出されたことで、農地法上の取扱いについて方向性が示された。しかし、農地転用許可に際しての法的根拠の不十分さが指摘され、営農状況が不適切とされる営農型太陽光発電の増加が「農地法制の在り方に関する研究会」などで指摘されるようになり、2023年6月には自民党の農地政策検討委員会営農型太陽光発電に関するプロジェクトチームが営農型太陽光発電の在り方に関する取りまとめをおこなうといった動きが続き、2024年4月1日には農地法施行規則の一部改正と新たな営農型太陽光発電のガイドラインが策定され、規制強化により営農状況が不適切な事例への対処が進んできた。

一方、これらの規制強化策を踏まえ、2024年度から2025年度にかけて第7次エネルギー基本計画や地球温暖化対策計画、食料・農業・農村基本計画などにおいて営農型太陽光発電の推進が盛り込まれている。そうした「規制と推進」の両輪がこの2年程度で大きく動いてきた状況を踏まえ、営農型太陽光発電に関する政策動向について整理と評価を試みる。

2. 農村振興局長通知から農地法施行規則へ

営農型太陽光発電に関する制度は、2013年の農村振興局長通知以降、2016年4月に同通知の一部改正、2018年5月15日には30農振第78号として一時転用許可期間を最長10年以内とする見直し、そして2022年3月31日に3農振第2887号として一部改正が行われた後、2024年4月に農地法施行規則に営農型太陽光発電への位置づけがなされるという変遷を辿っている。営農型太陽光発電の事例増加にあわせた制度の見直しでは、畦畔における太陽光発電設備設置に対する整理や、垂直設置型のような新形態への対応、また一時転用許可期間を最長10年以内とするといったことが行われてきた。また、営農状況が不適切な事例の増加に対処するための規制強化についても、初回の一時転用許可申請段階での提出書類や記載すべき事項の増加、毎年の営農状況や収支に関す

る報告書提出の誓約など、課題に応じた対策が取られている。それぞれの見直し段階で、何を契機にこういった制度の変更が行われてきたかについてまとめていく。

3. 国会における総理大臣答弁と政府計画への導入

政府の様々な計画において営農型太陽光発電が最初に導入されたのは、2017年6月9日に閣議決定された「未来投資戦略2017」である。この時点で「攻めの農林水産業の展開」とする項の中で「農地の有効活用及び農業者の所得向上に資する営農型太陽光発電の促進策を検討する」という文言が盛り込まれた。その後、2018年に策定された環境省の第五次環境基本計画において重点戦略の中に営農型太陽光発電が盛り込まれるなど、徐々に政府計画における営農型太陽光発電への言及が増えていく。

また、営農型太陽光発電に関する政府の姿勢を明らかにする要素として、国会における総理大臣の答弁の内容も見ていく必要がある。2020年の通常国会において衆議院本会議で安倍総理（当時）が営農型太陽光発電について答弁したことを皮切りに、政府として営農型太陽光発電をどのように捉えているかが時の総理大臣の口から語られる場面が増えており、その内容もまた営農型太陽光発電の政策に関する評価の一助となる。

4. 地方自治体政策と営農型太陽光発電

地方自治体レベルでの営農型太陽光発電に関する施策として、規制面では太陽光発電を含む再生可能エネルギー発電に対する規制条例が2014年以降各地で制定されており、その中で営農型太陽光発電も含まれるような規制が行われている。直近では、茨城県鉾田市や栃木県宇都宮市における太陽光発電関連の規制条例が営農型太陽光発電を明確に規制している点が特徴的である。

一方で、促進策としては環境省が進める脱炭素先行地域事業における営農型太陽光発電の導入が特徴的だと言えよう。2025年5月8日時点までに脱炭素先行地域として採択された88提案のうち、20提案以上で営農型太陽光発電に関する取り組みが盛り込まれている。滋賀県米原市や岩手県陸前高田市のように計画段階から営農型太陽光発電を推している取り組みもあれば、千葉県千

葉市のように地域脱炭素に必要となる取り組み全体の一部として営農型太陽光発電を取り入れている事例まで、様々である。

地域の農業課題の解決まで含めて、営農型太陽光発電が地方自治体政策においてどのように取り上げられているかについて整理していく。

5. まとめ

営農型太陽光発電が農村振興局長通知によって農地法上の取扱いが明示されて 12 年が経過し、国内の導入事例も着実に増加してくる中で、政策面での取扱いがどのように変化しているかを整理してきた。事例の増加と共に段階的な規制の見直しが行われ、一方で不適切な事例の増加に伴う規制強化も農地法施行規則の改正という形で行われている。並行して各種の政府計画の中で営農型太陽光発電に関する記述が増え、直近では複数の政府基本計画等で「営農型太陽光発電を推進する」ことが明示されるに至っている。

その背景には、気候変動対策やエネルギー安全保障のための再生可能エネルギー電源の更なる拡大に向けた導入適地の確保、そして農業生産そのものの脱炭素化に向けた動きなど様々な要素が絡み合っている。営農型太陽光発電は何のために取り組むべきものなのかという議論も途上であり、2025 年 5 月から開始された農林水産省の望ましい営農型太陽光発電に関する検討会においても、それらの方向性を含む形での議論が進行している。

本報告では営農型太陽光発電のこれまでと現在に至るまでの政策動向を整理したが、こうした経緯や現状を踏まえつつ、今後の普及拡大を目指す政策方針が明確になっている現在、営農型太陽光発電はどこで、誰が、何のために取り組んでいくべき事業なのかといった議論を深めていく必要があると言えるだろう。

参考文献

- 1) 馬上丈司（2025）国内における営農型太陽光発電の概況，公共研究，21 巻 1 号，51-58
- 2) 馬上丈司（2023）営農型太陽光発電の普及に向けた現状と課題，環境情報科学，52 巻 3 号，15-21
- 3) 倉阪秀史（2025）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，公共研究，21 巻 1 号，398-414

キーワード 営農型太陽光発電，ソーラーシェアリング，エネルギー政策、農地法、食料安全保障

ソーラーシェアリングのパネル内外での作物の生育状況の比較

Impacts of agrivoltaic systems on yield of staple crops

千葉大学 ○丸山紀子, 倉阪秀史, 深野祐也, 李想, 劉華偉, 千葉エコ・エネルギー株式会社 馬上丈司, 立花浩司

1. はじめに

ソーラーシェアリングでは、パネルの下のある程度遮光された環境で作物を栽培する。日陰への応答は作物によって異なるため、さまざまな品目や遮光率で作物の生産性に関する研究がなされてきた。しかし、事例の多くは野菜と果樹に限られ¹⁾、稲や大豆、サツマイモなどの土地利用型作物はほとんど研究されてこなかった。日本の農地の7割で土地利用型作物が栽培されている²⁾ことや、需要が一定量あることを考えると、ソーラーシェアリングのさらなる普及には土地利用型作物での研究が必要である。そこで本研究は、ソーラーシェアリングで土地利用型作物の水稲、大豆、サツマイモを栽培し、パネル内外で収量と生育を比べることで、パネルの遮光が作物生産に与える影響を定量化することを目的とした。

2. 方法

2024年に千葉市の農家が管理するソーラーシェアリングの圃場と隣接する露地の圃場で、水稲、大豆、サツマイモを栽培した。水田のソーラーシェアリングの遮光率は27%で、品種は「ふさのもち」を用いた。大豆圃場の遮光率は33%で、品種は「フクユタカ」を用いた。サツマイモは、遮光率33%と50%の2カ所の圃場で、品種「べにはるか」を栽培した。稲は収穫期にパネル内6カ所、外4カ所、大豆は収穫期にパネル内外10カ所ずつ、サツマイモは毎月10株ずつサンプリングした。

3. 結果と考察

一般化線型混合モデルによる解析の結果、水稲の収量はパネル下で有意に減少しなかった(図1(a))。一方、大豆とサツマイモの収量は減少した(図1(b, c))。ただし、大豆の収量は3割ほど減少したものの、地域の平均収量を上回り、サツマイモは同等程度だった。

さらに、生育調査の結果、いずれの作物もパネル下では草丈が伸び、茎が伸長することが分かった。このような反応は避陰反応と呼ばれ、一般的に穀物や塊茎の収量を低下させる。そのため、避陰反応を抑えられる品種を選んだり育種したりすることが、ソーラーシェアリングにおける土地利用型作物の生産性を向上させる可能性がある。土地利用型作物でソーラーシェアリングを普及させるには、品種や栽培方法をさらに検討していくことが求められる。

参考文献

- 1) J. Widmer, B. Christ, J. Grenz and L. Norgrove (2024) Agrivoltaics, a promising new tool for electricity and food production: A systematic review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol 192, 114277.
- 2) 農林水産省 作況調査

キーワード 営農型太陽光発電, 収量, 作物

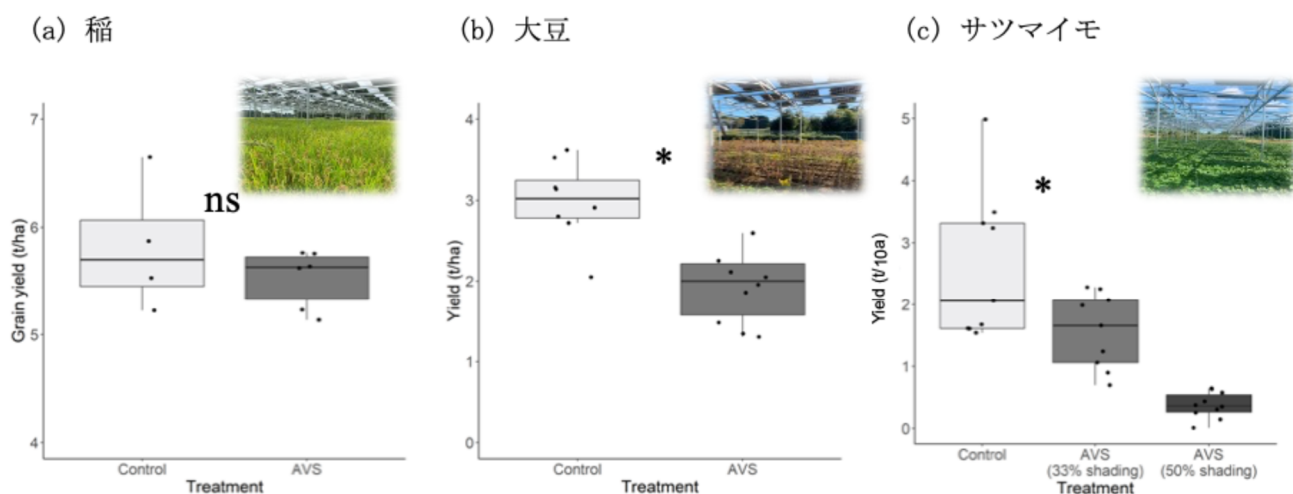


図1 ソーラーシェアリング(agrivoltaics systems: AVS)と露地区(Control)の収量の比較
nsは有意差なし、*は有意差ありを示す

市町村別の食料生産にかかるエネルギー消費量の推計とソーラーシェアリングによる自給可能性

Estimation of Municipal-Level Energy Consumption for Food Production and the Feasibility of Energy Self-Sufficiency through Agrivoltaics Systems

千葉大学社会科学研究院 ○李想, 倉阪秀史, 劉華偉, 園芸学研究院 深野祐也, 丸山紀子 千葉エコ・エネルギー株式会社 馬上丈司, 立花浩司, 富岡弘典

1. はじめに

農業はエネルギー多消費型の産業であり、燃料や電力の価格変動は農業経営に大きな影響を及ぼす。特に施設園芸では、露地栽培の約 3～5 倍ものエネルギーが消費されるとされており、エネルギー需要の構造的把握が地域農業の持続可能性にとって重要である。本研究では、農業分野におけるエネルギー消費構造を可視化し、特に施設園芸に着目して、地域気候差を反映した市町村別のエネルギー需要推計モデルの構築を試みた。また、得られた推計結果をもとに、再生可能エネルギー導入（例：ソーラーシェアリング）の可能性についても検討する。

2. 分析方法

本研究では、農業分野におけるエネルギー消費構造の把握および地域別のエネルギー需要推定を目的として、以下の四段階の手法により分析を行った。

2.1 全国レベルにおける基礎的分析（総合エネルギー統計を用いた手法）

経済産業省「総合エネルギー統計」を用い、農林水産業全体のエネルギー消費量に対する農業分野の占有割合（農業エネルギー消費割合）および各エネルギー種別における農業の消費割合を算出した。

$$\text{農業エネルギー消費割合} = \frac{\text{農業エネルギー消費量}}{\text{農林水産業エネルギー消費量}}$$

各エネルギー種別における農業の割合
各種エネルギー割合 =

$$\frac{\text{農業における各種エネルギーの割合}}{\text{農林水産業における各種エネルギーの割合}}$$

2.2 都道府県別の農業エネルギー消費量の推計

都道府県レベルの農業エネルギー消費統計が未公開であることを補完するため、「都道府県別エネルギー消費統計」に基づき、前節で得られた全国平均の農業エネルギー消費割合を用いて都道府県別の推計値を算出した。

都道府県別農業エネルギー消費量

= 農業エネルギー消費割合

× 都道府県の農林水産業エネルギー消費量

2.3 市町村別の施設園芸エネルギー消費量の推計（耕地ベース）

農林水産省の統計データを活用し、市町村別における施設園芸のエネルギー消費量を、以下の三段階で推計した。

2.3.1 単位耕地あたりの農業エネルギー消費量の算出

都道府県ごとの農業エネルギー消費量（手法 2.2 の推計値）を、耕地面積で除することで、単位面積（ha）あたりの消費量を求めた。

$$\text{単位耕地エネルギー消費量} = \frac{\text{県の農業エネルギー消費量}}{\text{県の耕地面積}}$$

2.3.2 県単位での施設園芸エネルギー消費量の推定

県の施設園芸エネルギー消費量 = 県の農業エネルギー消費量 - 県の露地栽培エネルギー消費量

2.3.3 市町村への按分

市町村ごとの耕地面積比率を用いて、県の施設園芸エネルギー消費量を市町村単位に配分した。

$$\begin{aligned} & \text{市町村の施設園芸エネルギー消費量} \\ &= \left(\frac{\text{市町村の耕地面積}}{\text{県の耕地面積}} \right) \\ & \times \text{県の施設園芸エネルギー消費量} \end{aligned}$$

2.4 温度差を基にした施設園芸エネルギー消費推計モデルの構築と市町村別展開

千葉県における施設園芸農家の実測データをもとに、外気温とハウス内設定温度（25℃）との差を基軸とする回帰モデルを構築し、これを全国の市町村に適用することで、より気候特性に即したエネルギー需要推定を実現した。

2.4.1 千葉県データによる回帰モデル構築

千葉県の月別エネルギー消費量 (KJ/m^2) を目的変数とし、外気温との差 (温度差 T_i) を説明変数とした以下の対数線形回帰式を用いた。

$$\ln(E_{Chiba,i}) = \beta_0 + \beta_1 T_i + \beta_2 T_i^2 + M$$

$\ln(E_{Chiba,i})$: 月別エネルギー消費量 (KJ/m^2) ; T_i : 外気温との差 ($^{\circ}\text{C}$) ; $\beta_0, \beta_1, \beta_2$: 回帰係数 (千葉県データから推定) ; M : 月

2.4.2 市町村別推計フレームワーク

ステップ①: 月別気温からの単位面積あたり消費量の推定

各市町村 i の月別平均気温 $T_{i,m}$ ($m=1\sim12$) と M をモデル式に代入し、月別のエネルギー消費量 $E_{Chiba,m}$ を算出。

ステップ②: 年間エネルギー消費量の積算

$$E_{i,annual} = \sum_{m=1}^{12} E_{i,m}$$

ステップ③: 面積との積による市町村全体の推計

施設園芸面積および地域補正係数を乗じて、総消費量を推定。

$$TE_i = E_{i,annual} \times A_i \times \gamma$$

TE_i : 市町村 i の年間施設園芸エネルギー消費量 (KJ) ;

A_i : 市町村の施設園芸面積 (m^2) ;

γ : 地域特性補正係数

この手法により、外気温の影響を直接反映した形で、より精緻な地域別の施設園芸エネルギー需要の推計が可能となる。特に冬季の温度差が大きい地域では、相対的に高いエネルギー需要が予測される。

3. 結果と考察

本研究では、外気温と施設内設定温度 (25°C) との差 (ΔT) が大きくなるほど、 1 m^2 あたりのエネルギー消費量が増加する傾向が確認された (図1)。

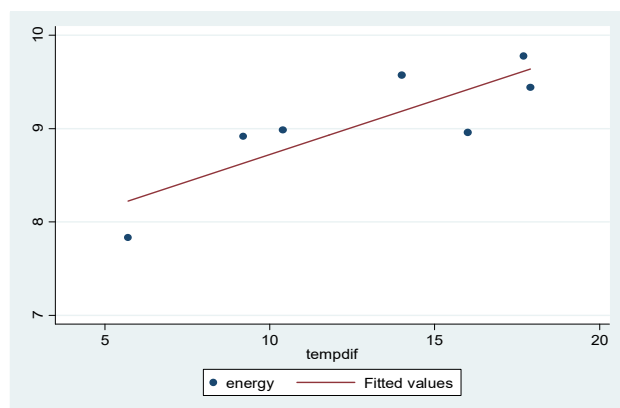


図1. トマト回帰モデル (X=温度差 $^{\circ}\text{C}$ 、Y=月別エネルギー消費量 KJ/m^2)

消費量 KJ/m^2)

特に冬季の寒冷地では ΔT が顕著に大きくなることから、市町村間あるいは地域間における施設園芸のエネルギー需要格差が明確となった。このことは、地域単位での農業エネルギー需給計画を策定する際に、単純な作付面積や作目だけでなく、「作型 (施設・露地)」および「地域の気候要因」を組み合わせた視点によるエネルギー需要の理解が不可欠であることを示している。

4. 結論

本モデルは、地域ごとの気候的・構造的特性を反映した空間解像度の高い農業エネルギー消費量の定量的推計を可能にする分析ツールであり、今後の農業政策やエネルギー政策の統合的・戦略的立案に資する基礎情報として活用できる可能性が高い。特に、持続可能な地域農業の実現に向けたエネルギー需給構造の可視化と、政策的対応の優先順位付けにおいて、本研究の意義は大きいといえる。

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁 (2022) 総合エネルギー統計, 資源エネルギー, https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/ (参照日: 2025年6月17日)
- 2) 農林水産省 (2023) 園芸用施設の設置等の状況, 農林水産省ウェブサイト, https://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/engei/sisetsu/setti_mato.html (参照日: 2025年6月17日)
- 3) Mochizuki, K. (2016). Current status of energy issues in Japanese agriculture and plant factories. *The Journal of the Institute of Electrical Engineers of Japan*, Vol. 136, No. 6, pp. 344–347.

謝辞

本研究を進めるにあたり、合同会社 The Tatsuko Farm の達子侑希氏には、多方面にわたりご協力を賜りました。ここに深く感謝申し上げます。

キーワード エネルギー消費量の推計, 分析ツール, ソーラーシェアリング

ソーラーシェアリングに関する科学技術社会論からのアプローチ An approach to agrivoltaics from the perspective of STS

所属 ○立花浩司, 千葉エコ・エネルギー株式会社

研究開発プロジェクト『ソーラーシェアリングを活用した自立型脱炭素スマート農地の確立と展開』（2022 年 10 月～2026 年 3 月）は、RISTEX が主導している共創的研究開発プログラムのうちのひとつです。地域における社会課題について解決策の実証試験をするだけにとどまらず、プロジェクト終了後に解決策を社会実装するための事業計画を策定し、解決策と事業計画とを重ね合わせた「ソリューション」を創出し、さらに多地域展開を目指すことが強く求められるところが特徴と言えます。

私は本プロジェクトに途中から参加しましたが、RISTEX のバックボーンとなっている科学技術社会論的な視点から、改めて本プロジェクトを捉え直す必要性があると感じました。そこで、昨年 12 月に行われた科学技術社会論学会年次研究大会において、「営農型太陽光発電の現状と課題」というタイトルで 90 分のオーガナイズドセッションを実施しました。このオーガナイズドセッションは、本プロジェクトの主題である、営農型太陽光発電の現状と課題について、頭出しのための話題提供を行った上で、参加者を交えてブレインストーミングを行い、関連分野における社会課題解決に資する分野横断的な研究開発および新価値創造に向けた播種となることを念頭に企画しました。発表内容については、千葉大学公共学会の研究機関誌『公共研究』に特集としてすべて文字に起こしましたので、ぜひ参照いただければと思います。

5 名の話者提供者からの発表の後で行われたパネル・ディスカッションでは、会場から、神奈川県のある町で行われた気候市民会議の中で、ソーラーシェアリングを実践されている市民団体の方が、地域の中に再生可能エネルギーを広げる活動が広がっていかないことを課題としてとらえていらっしゃるという話が提示されました。あるいは、営農者の中で、地域の共有的な課題解決のために営農型太陽光発電をやろうというファーストペンギン的な方がなかなかいなかったり、営農者間の利害関係の調整が難しかったりといった話も出されました。一方で、静岡県のある町の例のように、営農者が IT やテクノロジーに対して造詣が深い元 IT エンジニアで、近隣の農家が高齢化して畑の管理を任せたいという、ある意味恵まれた環境にあって、かつ営農型太陽光

発電をしたほうが、太陽光発電によるエネルギー収入を差し引いても施設下で高付加価値の農作物が生産でき、結果的に点から面に拡大していくケースもありますが、積極的に情報公開していない／できないために、業界内でも意外と存在自体が知られていないようです。

Michigan Solar Partners が、ソーラーシェアリングが地域社会と農業者にもたらす広範な社会的経済的影響について詳述しています。ソーラーシェアリングの導入によって、太陽光設備の設備、保守作業に加え、設備下および隣接の農地での農業活動が継続されるためにより多様でスキルを持った労働力が必要となり、建設、農業、保守といった多岐にわたる分野で新たな雇用が創出されることが期待されます。さらに地域住民がこれらの職に就くことによって地域経済の循環が促進されます。ソーラーシェアリングは、低所得者層や十分な公共サービスが行き渡っていないコミュニティに対して手頃な価格でエネルギーを提供することが可能になるため、光熱費の削減、地域の太陽光発電プロジェクトへの統合、手頃な土地リースなどを通じて経済的な負担を軽減し、エネルギーへの平等なアクセスを確保し、エネルギー貧困の問題に対し、すべての市民がクリーンかつ持続可能なエネルギーの恩恵を受けられるよう支援します。

ソーラーシェアリングは、気候変動に対する農業のレジリエンスを高めることにも寄与します。太陽光パネルと架台が日除けや風除けとなり、作物にとって最適な微気候を作り出すことによって、過酷な気候条件下においても安定した収穫が期待されます。食料生産の地産地消を促進し、食料の安定供給、食料安全保障の強化にも貢献します。さらに地域のエネルギー自立を促進し、災害への備えを強化することによって、地域社会全体のレジリエンスを高めます。自然災害や国際情勢の変動などによる大規模停電時においても、地域社会が自立的に機能するための重要な基盤となります。

当の農業者にとっては、作物収入に加え、太陽光発電による安定的な追加収入を得ることができます。これにより、農業経営の収益性が高まり、経済的な安定をもたらします。また農業者がソーラーシェアリングの設備の所有者になることによって、自らの土地と農業経営の未来をより主体的にコントロールできるようになります。

農業者自身が再生可能エネルギー技術や持続可能な農業実践に関する新たな知識やスキルを習得することにより、農業者や地域の他のステークホルダーと共有するプラットフォームが生まれます。これにより農業コミュニティ全体のイノベーションが促進され、持続可能な農業への移行が加速します。

ここで科学技術社会論からのアプローチで重要とされるのは、技術の効率性や経済性のみにとどまらず、技術が社会に与える影響、人々の価値観、規範、制度との相互作用、受容と拒絶のプロセス等を多角的に分析するところにあります。特にソーラーシェアリングにおいては、食料生産とエネルギー生産という、2つの重要な社会システムが複雑に絡み合うため、RISTEX が強く求めている社会実装のためには科学技術社会論の観点を軽視することはできません。社会的受容者と利害関係者との認識のずれを検討していくためには、直接の当事者である農業者の意見のみにフォーカスを当てすぎると本質を大きく見誤る可能性があります。地域社会の視点、政策立案者の視点、消費者の視点、企業・開発者の視点等、当事者自身がなかなか表立って語られない視点についても仔細に掘り下げていく必要があると考えます。

Torma らは、ソーラーシェアリングの普及を阻む要因と障壁に関するステークホルダーの認識に関して、イノベーションの普及理論と社会的受容に関する2つの理論的アプローチをもとに、ドイツ、ベルギーおよびデンマークの3か国で研究者、農業者およびその他関係者に対して、ソーラーシェアリングをどのように認識しているかを掘り下げ、その普及における推進要因と障壁を明らかにしています。参加者の認識として、総じてソーラーシェアリングに対して非常に高い不確実性を示しました。ソーラーシェアリングが従来の農業慣行、インフラ、景観の視覚的变化として歓迎されるか、抵抗されるかを理解することは複雑です。全体的にソーラーシェアリングは高い柔軟性をもつ有望な取り組みであり、土地利用紛争を解決し、グリーン移行に貢献するための良い折衷案として肯定的に見られました。その一方で、仕組みが複雑すぎ、実際に恩恵を受けるまでには時間と費用がかかりすぎ、視覚的に受け入れられない、潜在的な利害衝突を招くといった否定的な側面も指摘されました。

特に注目すべきなのは、土地利用紛争、炭素排出量の削減、持続可能な農業慣行、生物多様性の確保、地域社会との参加プロセス、農業者の追加収入といった複数の社会課題に対処しうるオールインワンのビジョンを持つ総合的なアプローチであると強く期待する意見と、単

なる再生可能エネルギーイノベーションの言い換えにすぎず、人類全体が抱える課題を解決できるものではない、と懐疑的な意見とが明確に対立していた点が挙げられました。なお、本邦でのソーラーシェアリングに関する科学技術社会論からのアプローチでの学術研究に関しては、まだ緒に着いたばかりという認識です。

今回のシンポジウムでは、単に地域の農業委員会が賛同しないから営農型太陽光発電が普及していかないであつたりとか、営農型太陽光発電は電力会社主導に見えるから営農者は一歩引いて身構えてしまつたりといった話とは一線を画した、先行研究をふまえたコーディネーターの視点から話題提供できればと考えています。

参考文献

- 1) 馬上文司 (2025) [特集3 営農型太陽光発電の現状と課題] 国内における営農型太陽光発電の概況, 公共研究, 第21巻第1号, 51-58
- 2) 堀口健治 (2025) [特集3 営農型太陽光発電の現状と課題] 営農型太陽光発電の新展開, 公共研究, 第21巻第1号, 59-68
- 3) 丸山康司 (2025) [特集3 営農型太陽光発電の現状と課題] 営農型再生可能エネルギーの可能性: サステナビリティ・トランジションの手段として, 公共研究, 第21巻第1号, 69-75
- 4) 平野勇二郎 (2025) [特集3 営農型太陽光発電の現状と課題] 再生可能エネルギーを取り巻く近年の状況と営農型太陽光発電, 公共研究, 第21巻第1号, 76-80
- 5) 岩崎茜 (2025) [特集3 営農型太陽光発電の現状と課題] “地域の未来”という視点から、誰と、何を考えるのか, 公共研究, 第21巻第1号, 81-84
- 6) 立花浩司 (2025) [特集3 営農型太陽光発電の現状と課題] パネル・ディスカッション, 公共研究, 第21巻第1号, 85-91
- 7) Michigan Solar Partners (2025) The Socioeconomic Impact of Agrivoltaics
- 8) G.Torma and J. Aschemann-Witzel (2023) Social acceptance of dual land use approaches: Stakeholders' perceptions of the drivers and barriers confronting agrivoltaics diffusion, Journal of Rural Studies, Vol.97, 610-625

キーワード ソーラーシェアリング, 営農型太陽光発電, 科学技術社会論

シンポジウムー5

学術賞受賞記念シンポジウム

「どうすれば環境ボランティアを増やせるのか？」

オーガナイザー 森保文（国立環境研究所）シニア研究員
前田恭伸（静岡大学）教授

趣旨説明：環境問題の解決におけるボランティアの重要性は、今や議論の余地がない。しかし、多くの非営利活動団体などがボランティア獲得に努めているにもかかわらず、ボランティア不足は依然として課題となっている。そこで本シンポジウムでは、ボランティアと団体をマッチングする情報システム、中間支援組織からみた課題、および広島での具体的事例（里山保全活動・環境ボランティア活動のネットワーク化と動員）を踏まえて、ボランティア活動参加の促進に関する研究の方向性を探る。

ボランティア活動参加の機構に基づく募集のあり方

Recruitment based on the mechanism for volunteer participation

国立環境研究所 ○森 保文

1. はじめに

従来、ボランティア活動参加は合理的選択理論に基づきコストベネフィットから意思決定されるとされてきた。そのためボランティア募集の際には、活動の意義の広報や参加のしやすさの工夫が重要視されてきたが、果たしてこの仮定は正しいのだろうか。

2. ボランティア活動のコストベネフィット

近年、ボランティア活動参加のコスト感はかなりの上重労働であっても極めて低いことやコストベネフィット感と活動参加に関係がみられないこと、そもそも参加意図と実際の参加に乖離があることが明らかとなってきた¹⁾。また知り合いや友達からの依頼やチラシを手渡しすることが比較的強くボランティア活動参加をもたらすことが指摘されている²⁾。これらの結果は、コストベネフィットの考えがボランティア活動には当てはまらないことを示している。

3. ボランティア活動と SNS

ITC の発達によって SNS を用いて容易に多くの人に情報を届けることが可能となり、募集の効果が期待されている。しかしボランティア募集においては、SNS は参加者間の連絡には有用であるものの新規参加者獲得にはあまり役立たないことが指摘されている。

4. インフォーマルやオンラインのボランティア活動

コロナ禍の際には、マスク製作や動画配信など従来とは異なるボランティア活動が見られた。これらの多くは、組織に所属する必要がなく、またどこかに集まる必要もなく、時間も自由に選べ、心理的、経済的コストが低い活動であった。さらに非常時であるから新たなボランティア志願者が多かったと考えられ、新規にボランティア活動に参加する人がこれらの活動に多く参加する可能性があった。しかし実際には、これらの活動の大部分は既にボランティア活動に参加していた人によって担われており、新しい参加者の入口とはなっていなかった。

5. ボランティア募集の実践例

5.1. 実施の考え方

以上から、ボランティア活動のコストベネフィットを高めて、それを多くの人に伝達することは、必ずしも効果的なボランティア募集方法ではないことが明らかであった。このことはマーケティングの発想がボランティア募集に適合しないことを意味している。むしろ顔を合わせての口コミによって機会を提供することが重要であり、これを多数に対して実施することは本質的に矛盾するものを両立させることになり、極めて挑戦的な試みである。以下はその事例である。

5.2. ファンクラブの活用

廃食油の回収において、プロリーグのサッカーチームの選手からサポーターに対して簡潔に呼びかけることが、詳細な情報を広報することに比べ多くの協力者を獲得することが実証された。疑似的な友人関係がボランティア募集に効果を発揮することが認められた。

5.3. 他の要素の取り込み

ゴミの清掃活動において、チーム戦のスポーツ形式を適用することによって、通常の募集とは異なる層の参加が得られた。

6. 結論

ボランティア活動参加は、コストベネフィット的な判断ではなく、機会の提供に反射的に反応する行動なので、広報のテクニックとは異なる募集方法をボランティア活動においては追及すべきである。

参考文献

- 1) Mori Y., Asano, T., and Maeda, Y. (2024) Effects of intention, attitude, social pressure, moral norm, and perceived cost on volunteering; Applying the theory of planned behavior. *Environmental Science*, 37 (3), 80-91.
- 2) Mori, Y., Asano, T., and Maeda, Y. (2023) Which is the Key for Participation in Volunteer Activities, Factors of Demographic, Psychology, or Related to Being Asked? *Journal of Human and Environmental Symbiosis*, 39 (1), 55-65.

キーワード NGO, NPO, ボランティア機会理論, 予定行動理論

Mobilizing and networking participants in Satoyama conservation activities in Higashihiroshima City

広島大学 ○浅野敏久

1. はじめに

本報告では、「どうすれば環境ボランティアを増やせるのか」というシンポジウムのテーマへの話題提供の1つとして、酒造会社が主導して水源地の里山保全を行う市民活動を取り上げ、当該活動における運営側、ボランティア側のそれぞれにおいて担い手・参加者がどのように動員されているかを紹介する。環境活動への参加者の動員に関する議論の一助としたい。

酒や米の消費者は、山のグラウンドワークに参加しているという意識はないと思われる。

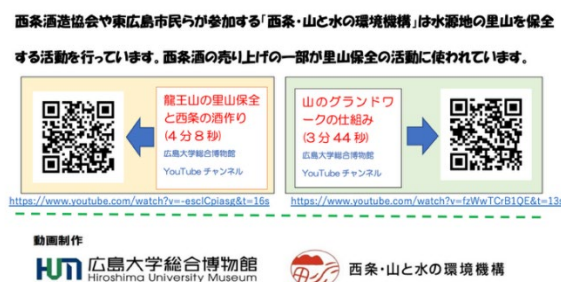


図1 山水機構の活動紹介動画

2. 西条・山と水の環境機構と山のグラウンドワーク

対象とするのは、広島県東広島市を活動地とする西条・山と水の環境機構（以下、山水機構）とこの団体が行っている山のグラウンドワークである。

酒のまちとして知られる東広島市西条の酒づくりは、龍王山系を水源とする地下水に支えられている。その水源地を守るために、酒造会社が音頭を取り、大学や行政、市民、企業が協力して活動を行っている。活動の特徴として、日本酒の売り上げの一部や「賀茂八十八」という米の売り上げの一部を使い、市民が里山整備を行っていることがあげられる。活動紹介の動画に図1の二次元バーコードからアクセスでき、また、山のグラウンドワークの仕組みを図2に示した。

酒づくりの水源地である龍王山の一部は東広島市憩いの森公園となっており、活動はここで行われる。活動は2000年より始まり（機構の正式発足は2001年）、年に4回程度の頻度で行われている。

3. 山のグラウンドワークに関わる人

山のグラウンドワークを支える人には、次のような人がいる。第1に、活動の企画・運営を行う山水機構の運営委員や協力者である。第2に、技術を伴う活動であるため山の作業を指導する現場の指導者もいる。第3に、当日の作業に参加する参加者が想定され、狭義のボランティア参加者である。実際には、企業の従業員とその家族や、里山に関心のある市民、大学生、留学生、高校生などである。第4に、山のグラウンドワークを資金的に支えることになる西条酒や米の購入者も活動に関わる人としてとらえられる。ただし、第4の

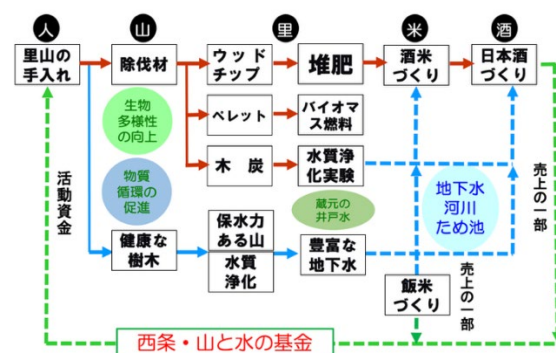


図2 山のグラウンドワークの仕組み
出所：山水機構の広報用資料による。

4. おわりに

報告では、以上のそれぞれについての現状とこれまでについて情報を提供する。その上で、人材の確保や参加者・支持者の拡大を図る上での課題を論じる。特に運営・指導スタッフ、一般参加者、支持者を確保するための ICT 活用を意識した検討を加える。

なお、現状では人員の動員の中心は、クチコミや地縁・職場縁となっており、ICT 活用の効果はごくわずかである。しかし、活動が四半世紀を超え、従来型の動員に頼るだけではじり貧（特に運営・指導者側人材）となることが懸念されている。

キーワード 里山保全活動，動員，西条・山と水の環境
機構，広島県東広島市，酒造会社

環境ボランティア活動のネットワーク化の効果

The effects of networking environmental volunteer activities

呉工業高等専門学校 ○小倉亜紗美

1. はじめに

ボランティアとは、「自主的に社会事業などに参加し、無償の奉仕活動をする人」のことである（デジタル大辞泉）。本稿のタイトルである「環境ボランティア」は、環境問題の解決に関わるボランティアのことを指すが、環境問題は、「誰もが被害者であり、加害者である」という特徴があり、全ての人に関わる問題でありながら、その解決のためにはお金を払う仕組みがあまりないという問題を抱えている。そのため、ボランティアに頼らざるを得ないことが多く、需要に対してボランティアが足りていないというのが現状である。本稿では、環境ボランティア活動をネットワーク化することによる効果について、筆者が関わってきた3つの環境団体を例に紹介する。

2. ネットワーク団体とのその効果

1つ目は、広島県内の環境保全に関わっている大学生のネットワーク組織「UE-net（結いネット）；University Environmental Network」である。広島県大学間ネットワーク活用事業として県の主導で2006年6月に設立され、NPO法人ちゅうごく環境ネット（EPO ちゅうごく）に事務局を置いた。設立時に10大学が参加し、教員と学生の代表者を決め、各大学で環境サークルが無い、もしくはメンバーが少なくとも参加できること、そして、各大学の学生同士の情報交換や共同でのイベント実施などを目指した。県の事業ということもあり県の主催する環境イベントに共同で参加し、EPO 中国のサポートも受けながら一緒に環境紙芝居を作ったりするなど、それまで各大学単位でのみでしか活動していなかった学生たちが共同で環境保全活動を行うようになり、環境問題に対する知識が増え、共同で活動することになったことはネットワーク化の効果であったのではないかと考える。コロナ禍で顔を合わせる事がなくなり、世話人と学生がうまく情報共有が出来なくなったことで、2023年に活動がなくなったことを確認したが、SNS（Social Networking Service）がまだ発達しておらず、学生が社会活動を行っていない時期に、ネットワーク化をしたことで、他大学とのコラボレーションや学生の社会活動の活性化に一定の役割を果た

したと考えられる。SNSが発達した現在では、ネットワーク化が行いやすくなっているため、行政が主導しなくともこのような協働の活動が増加していると考えられる。

2つ目は、地球温暖化対策の推進に関する法律第40条第1項の規定に基づき設置された地球温暖化対策地域協議会の一つである、「エコネットひがしひろしま」（2010年7月設立）と「くれ環境市民の会」（2003年11月設立）である。両団体共に市役所に事務局を置いており、市民・事業者・団体と市が連携・協力して、環境問題の改善に向けた実践・啓発活動に取り組むネットワーク組織である。両団体とも、ネットワーク化により、他団体や企業との取組みを知ることにつながり、共同でイベントを実施するなどの効果があったが、市の予算の減少、メンバーの高齢化により、これまでの活動の継続が困難になるという状況に瀕し、会員企業などの紹介をする機会（講演会・イベント出展）と、広報の充実を図ろうとしているところである。

3. おわりに

ボランティアを行う際に、学生は自分の成長に繋がるからやっている人が多い印象である。就職活動の際に有利なガクチカ（学生の時に力を入れたこと）を作ることが目的だと明言する学生もいる。一方、社会人はプロボノ（Pro Bono Publico（公共善のために））や自分の第3の居場所づくりのために行っている人が多いという印象である。参加したくても、子育てや仕事の都合で参加できない状況にある人もいるため、余裕が出来たら参加したいと思えるよう、「無理をせずに参加でき」、「学びや楽しさ、充実感を得られる」、「社会貢献をしていると感じられること」がボランティアを増やすためには重要だと筆者は考えている。ネットワーク化をすることは、潜在的に関わっている人を増やし、協働で活動することで個人でも大きなイベントに参加をし、学びや楽しさを増やすことに繋がり、ボランティアを増やすことになるのではないだろうか。

キーワード ネットワーク化、環境ボランティア、コラボレーション、学生の社会活動、協働

ボランティアと団体をマッチングする情報システムの可能性

The potential of information systems that match volunteers with organizations

静岡大学 ○前田恭伸

1. はじめに

地域的な環境活動においては、ボランティアの協力が活動成功の鍵となる。特に地域で環境活動を実践する団体はボランティアの協力を得ることが重要である。このような観点からボランティアと団体をマッチングするための情報システムについて研究を進めてきた。ここではそれらの結果を総括するとともに、残された課題を示す。

2. 環境ボランティア獲得のための情報システム研究

前田らは2009年から2022年にかけて、3件の科研費(19651015, 25350440, 18H01657)のもとで研究を継続してきた。Mori et al.²⁾等の知見を踏まえ、ボランティアになりたい人とボランティアを求める環境団体のマッチングサイト「ボラいち」を開発した。このシステムは図1のように団体とボランティアのマッチングの機能を提供するものとして作られた。そしてこのシステムを用いて様々な研究を継続してきた。その結果として様々なことが明らかになった。

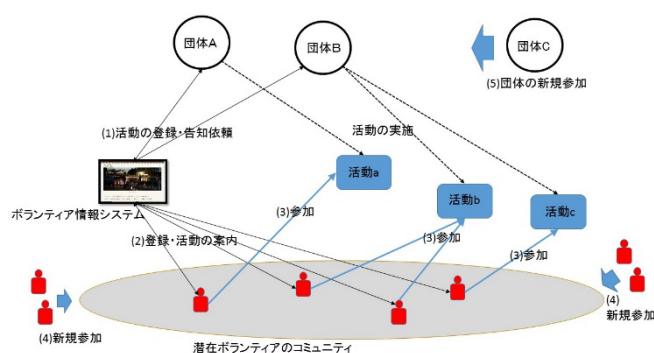


図1 ボラいちの機能

3. 結果

- (1) 多趣味な人ほど環境ボランティアに参加する傾向があり、かつ人々の趣味・興味および動機によって、参加したい活動は異なる。活動の種類ごとに異なる趣味などを通じた参加呼びかけが有効であることが示唆された^{3,4)}。
- (2) プル型のメディアより、プッシュ型のメディアが有効に機能する⁴⁾。
- (3) ICTには期待はある。ただし若年層⁵⁾。
- (4) 東京と地方の格差、年齢による格差がある⁵⁾。

(5) ロコミ、チラシはやはり有効⁵⁾。

(6) 団体は比較的高齢の古い団体とSNSなどICTを活用する若い団体に分化する傾向がある⁵⁾。

(7) SNSを活用している若い団体は、新規会員の獲得よりも会員間の連絡等にSNSを活用している⁶⁾。

(8) 「ボラいち」の機能は肯定的な評価が得られた⁷⁾。

(9) NGO・NPOの活動はコロナ禍によって大きな打撃を受けた⁷⁾。

4. 残された課題

ただ、残念ながら「ボラいち」自体はそれほど多くの利用を得ることができなかった。それはなぜか？

理由はいくつか考えられる。一つ目は環境団体の高齢化である。高齢者の団体は情報システムをあまり使わない傾向がある。二つ目は、ボランティア獲得には情報システムよりロコミが有効という傾向である。三つ目は古いGUIの限界である。ボラいちのGUIはWordPressとそのプラグインに依存し、その基本設計は10年前のものである。これを改善する必要があった。

参考文献

- 1) 前田ら (2021) 市民活動のためのボランティア募集とICT利用についての実態調査, エコミュージアム研究, 25, 80-86
- 2) Y. Mori et al. (2008) Determinants of Volunteering based on a Theory of Volunteer Opportunity, 環境科学会誌, 21(5), 391-402
- 3) 前田ら (2009) 環境ボランティア獲得のための情報提供システム, 環境科学会 2009 年会
- 4) 前田ら (2010) 環境ボランティア獲得のための情報提供戦略, 環境科学会 2010 年会,
- 5) 前田ら (2014) 環境ボランティア獲得のための ICT 活用についての研究, 環境科学会 2014 年会
- 6) 前田ら (2016) 環境ボランティア獲得における SNS 利用に関する調査, 環境科学会 2016 年会
- 7) 前田ら (2022) 市民の社会参加へのコロナ禍の影響, リスク学研究, 31(3), 161-167

キーワード 環境活動, ボランティア, ICT

中間支援組織から見たボランティアと団体の現状

Current situation of volunteers and Civic Action Groups

from the perspective of intermediary support organisations

一般社団法人 CAT ○犬塚裕雅

1. はじめに

筆者が関わった2つのアンケート調査(松戸市と小平市)の結果を用いて、ボランティアする人とそれを求めている活動団体の状況を見る。

2. 松戸市のアンケート結果

この調査は、松戸市が協働のまちづくりについて市民3000人(18歳以上)を対象に2024年11月12月に実施したもので、有効回収1281件であった。調査項目には、市民活動に関する設問が多くある。

市民活動への参加意向を見ると、参加意向がある市民、参加意向のない市民がそれぞれ4分の1ずつとなり、どちらともいえない市民が5割近い。実際の市民活動の参加経験を見ると、現在と過去を含めた参加経験率が32.8%である。一方、まったくの未経験率は66.3%で、3分の2の市民が未経験者である。

未経験の理由を見ると、もともと参加意向のある市民では「きっかけや機会がない」「活動に関する情報が得られない」の理由が多い。一方、参加意向のない市民は「興味や関心がない」理由が最も多い。どちらともいえない市民で最も多いのは「きっかけや機会がない」理由である。

参加経験者について参加に至ったルートを見ると、「町会・自治会で」(62.9%)、「学校の保護者会・PTAで」(37.6%)、「子ども会・シニアクラブ・商店会などの地域の組織で」(23.6%)となり、「NPOやボランティア団体で」は11%となる。

3. 小平市のアンケート結果

この調査は、小平市民活動支援センターが2025年2月にインターネットで実施したもので、メールアドレスが判る小平市内で活動している183団体を対象とし、有効回収40団体であった。

回答した団体は、この20年の間で発足したところが多く、年間予算50万円未満で実働者10人未満の小規模団体が大半である。

活動の実働者である担い手の変化を見ると、団体の発足時と比べると「高齢化している」が23団体と半数を

超える。その状況について、「活動が先細り、今後会の存続が危ういと感じ、打開策を考えていると思うようにならない」「なかなか新しい担い手が増えることは望めず、ご縁があって参加してくださる方がいたらいいと思っている」「できることをできる範囲で行おうと思っている」などの意見がある。

求める担い手像(複数回答)は、「団体の運営に関心を持ってくれる人」27団体、「団体の活動分野に関する知識やスキルがある人」15団体、「ICT能力のある人」11団体、「これまでにない発想をしてくれる人」11団体となり、高い期待値が伺える。一方、「単発のボランティアをしてくれる人」は6団体に留まる。

担い手確保の方法は、「ホームページ、チラシ、イベントで活動を紹介して、会員を募集している」「公共施設などへ会員募集のチラシ配布」「イベントでの勧誘・ロコミや講座やイベントなどでの募集」「有望な候補者を個別に説得する」など

4. おわりに

市民対象の調査では、市民活動へ参加意向を持つ市民が実際の参加に至らないのは、きっかけと情報の不足であること、参加経験者の大半が町会・自治会、PTAなどNPOやボランティア団体以外のルートから活動へ参加していることが判った。

団体対象の調査では、活動の担い手の高齢化が確認でき、新たな担い手を確保するためチラシ配布、ロコミ、活動現場での勧誘など積極的に策を講じる団体はあるが、必ずしも功を奏していない様子が判った。

異なる調査で得た知見をもとに、団体が担い手の確保に苦労している理由を推測すると、市民活動へ参加する主なルートを団体は活用している様子が認められない。結果、市民活動に参加意欲ある市民からすれば、活動参加の機会が少なくなる。担い手不足に悩む団体は、市民が市民活動へ参加する主なルートを有効に攻める姿勢が大切になると考える。

キーワード 未経験の理由、参加ルート、活動の担い手像、担い手の確保

シンポジウムー6

「再生プラスチックに関する循環経済システムの構築に向けた課題とその研究動向」

プロジェクト名：第3期戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）課題
「サーキュラーエコノミーシステムの構築」

オーガナイザー 小島直也（産業技術総合研究所）主任研究員
田畑智博（神戸大学）准教授

趣旨説明：従来型の線型経済から、持続可能な形で資源を利用する循環経済（サーキュラーエコノミー）への移行を通じて、低炭素化、資源の有効活用・安定供給、廃棄物の適正処理、関連分野における投資・イノベーションの促進など様々な成果が期待される。一方、その実現には GHG 削減効果の評価や可視化、安全性の確保、産官学民が協力したプラスチック収集システムの構築、消費者行動変容、などの課題を乗り越える必要がある。本シンポジウムでは、再生プラスチックに着目し、循環経済システムの構築にかかる多様な課題とその課題解決のための研究事例を紹介する。総合討論では、各研究事例にとどまらず、目指すべき循環経済像や必要な科学的アプローチについて議論する。

神戸市における産官学民連携の取り組み

Efforts of Industry-Academia-Government-Citizen Collaboration in Kobe City

アマタホールディングス株式会社 ○高瀬晴太

1. 会社事業紹介

アマタグループは 1977 年創立。社会の発展とともに自然資本と人間関係資本が増加する持続可能社会の実現を使命とし、「経済大国」から「循環大国」への転換を目指す「エコシステム社会構想 2030」を掲げている。主な事業は、企業のサステナビリティ経営を支援する Cyano Project、循環資源製造、環境認証審査などである。事業開発においては、MEGURU STATION®（以下、MST）を中核とした「サーキュラープラットフォーム」の構築を進めている。MST は、日常の資源回収を契機に住民間の互助・共助を促進し、資源循環と豊かな人間関係を同時に実現する地域拠点である。奈良県生駒市における千葉大学との共同研究では、非利用群と比べ利用群の要介護リスク得点が設置 1 年後に有意に低下したことが示された。このように、MST での資源出しという普遍的行動が地域課題の統合的解決に資する可能性がある。

2. SIP における研究開発内容

本研究開発の目的は、地方自治体と連携し、プラスチックの分別・供給システムを構築することで、自動車向け高品質再生材の供給を実現する X to Car モデルを確立することである（図 2）。特に、MST や店頭回収ボックスを活用した拠点回収を、自治体と協働で実施し、回収資源の集約・情報化を担うソーティングセンターの仕組み構築に注力している。

本研究開発のための資源を回収している自治体は複数あるが、中でも神戸市の協力は大きい。神戸市が取り組む、資源出しをきっかけに交流を生むプラスチック特化の資源回収ステーション「エコノバ」の一部にて、自動車部品向けへの供給を目指してターゲット素材を回収している。なお、エコノバは 1 拠点目と 2 拠点目の立ち上げをアマタが MST のノウハウを用いて支援したが、神戸市の事業であるため厳密には MST ではない。エコノバ≠MST であることに留意されたい。

一般に、家庭由来の廃プラスチックは多種の樹脂が混在し、複合素材も多いため、機械選別によって自動車部品向けに適した樹脂を得ることは困難だ。しかし、生活者の協力を得た拠点回収であれば、使用可能な素材に限定した選択的回収が可能となる。実際に、豆腐・ゼリー

容器など、認識しやすく対象用途に適した素材の回収を進めている。

これらの取り組みには、SIP 参画企業に限らず、自治体や多様な企業との連携が不可欠であり、2024 年 4 月に設立された一般社団法人エコシステム社会機構（ESA）や、クリーン・オーシャン・マテリアル・アライアンス（CLOMA）との連携も行っている。

3. SIP×神戸市の取り組み

2024 年度時点での神戸市における産官学民連携による SIP の取り組みは以下の通りである。

- ① 神戸市の資源回収ステーション（エコノバ）既存 2 拠点での回収実証継続、新たに 1 拠点で回収開始
 - エコノバふたば及びあづまに加えて、たかくらだいで PP 単一素材資源の回収を開始
 - 2025 年度に実施予定の回収量をオンラインで把握するための実証を進める調整を開始。
- ② 神戸市における店頭回収モデルの標準化
 - 回収したつめかえパックを原材料として、傘のシェアリングサービスで用いる傘と、つめかえパックの回収ボックスへのリサイクルを実現し、回収量の拡大や SIP の認知拡大を狙い実地での運用を開始した（図 2）
- ③ 回収プラスチックのソーティング及びプラスチック原料化に関する検証
 - 回収したペットボトルキャップ由来の PP を車部品向けに使用することを想定した物性評価を実施
 - 回収した豆腐容器のソーティングおよびフレーク化を実施
 - 上記の再生材について SIP 参画機関である東北大学にて物性評価を、産業技術総合研究所にて使用規制物質の含有分析をそれぞれ実施
- ④ 高度選別/データ取得のためのデータキャリア研究
 - 神戸市で回収されたつめかえパックをサンプルとして、画像認識によるデータ取得×AI による素材判別の技術検証を実施
- ⑤ 利用者向けアプリケーション要件定義・開発
 - 資源出しによる環境効果を利用者にフィード

バックしつつ、回収資源の重量や品質の情報を蓄積するためのアプリケーションを、AIを活用しながら開発することを検討中

⑥ 社会的インパクト評価の調査実施

- 神戸市のエコノバふたばにて、ビーコンを用いた位置情報からの会話発生の解析可能性の調査と、目視による会話発生の実態調査のための実証実験を実施
- 神戸市で実施したアンケート結果や実証実験の結果を元に、コミュニティ型回収拠点が生む社会的なインパクトについてレポート形式でまとめた「MEGURU STATION®インパクトレポート 2024」を作成（2025 年 4 月発行）（図 3）

⑦ 対象とする自治体の追加 ※神戸市外での取り組み

- 神戸市内以外他エリアの展開への研究範囲の追加を検討実施
- 福岡県大刀洗町、奈良県奈良市月ヶ瀬地区、福岡県豊前市、愛知県長久手市等へ展開

4. 今後の展望

将来の日本における人口動態や地理的特性を踏まえ、生活者協力型の資源回収スキームを類型化し、少子高齢化を背景とした都市・地方各地域において、高度に選別されたプラスチック資源の最適な回収配置、対象資源の選定、社会的コストの最小化を図る手法の整理を進める。また、企業・自治体・市民が自立的かつ持続的に資源循環を担えるビジネスモデルの検討も行う。生活者由来の資源循環には高い回収・資源化コストが伴い、特に回収段階の付加価値向上が課題である。プラスチックは軽量でそれ単体では体積当たりの価値が低いため、回収過程で得られる多様な情報により、素材を超える価値を付与する必要がある。このため、AIを活用したセンシング技術の導入を進めている。こうした情報にビジネス価値を持たせるには、エリアを面的にカバーする情報取得が重要であり、アミタは関西および北部九州において、ドミナント展開による MST の情報取得基盤の整備を進めている。

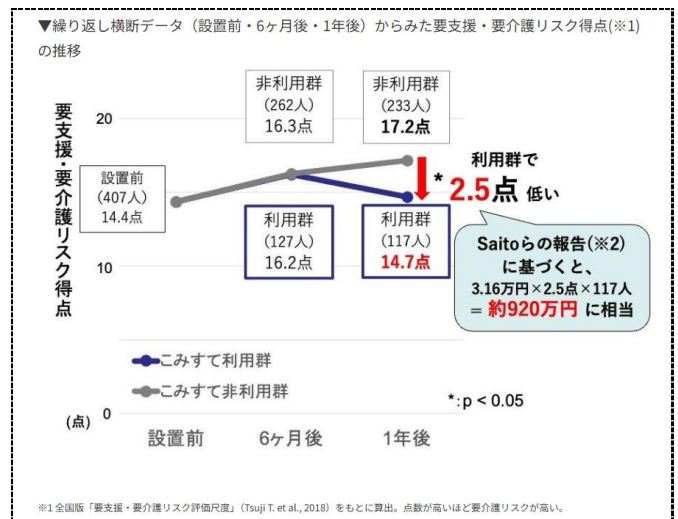


図1 千葉大学予防医学センターとの共同研究の結果（抜粋）

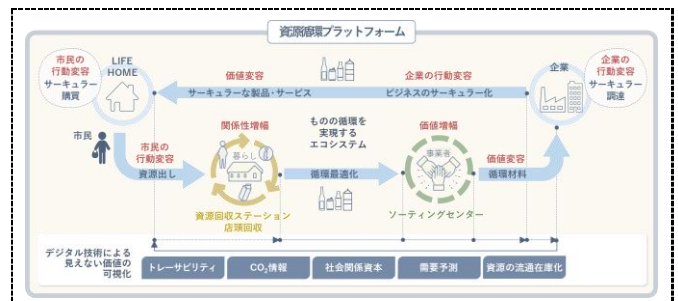


図2 自治体協力プラスチックの分別・供給システム

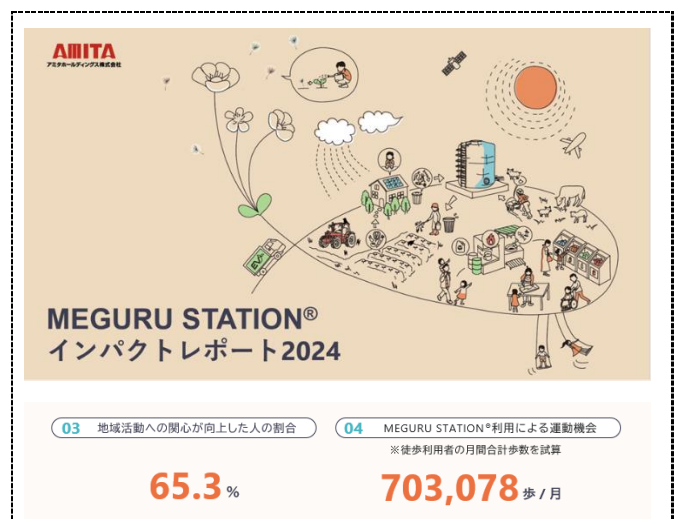


図3 MEGURU STATION®インパクトレポート 2024（抜粋）

参考文献

なし

キーワード 拠点回収，神戸市，産官学民連携

再生プラスチック製品に対する消費者の抵抗感把握のための調査 Do People Prefer for Recycled Plastic Products?

神戸大学 ○田畑智博

1. サーキュラー・エコノミーにおける消費者の役割

サーキュラー・エコノミー(CE)の構築における論点の一つは、付加価値の高いリサイクルを実現しながら質の高い資源循環を目指すことである。これには、動脈側・静脈側の各プレイヤーの連携、リサイクルを促す技術開発、データ連携基盤の開発・整備や制度設計が必要となる。加えて、分別や再生品の購入等、動脈と静脈を繋ぐ重要な役割を果たす消費者の協力も必要不可欠である。本稿では再生プラスチック製品(再生プラ製品)に焦点を絞って、筆者が再生プラ製品の購入に対して消費者が持つ抵抗感について調査した結果を概説する。

2. 消費者の再生プラ製品に対する抵抗感

神戸市在住の20歳以上の男女1,652人を対象とした計2回のWebアンケート調査を行った。調査期間は、1回目が2024年1月29～31日、2回目が2024年9月26～28日である。抵抗感に関わる質問として、「①特定の7品目別に、容器包装プラスチック(容リプラ)が一部あるいは全てを原材料とする再生プラ製品を購入したいかどうか」、「②再生プラ製品を用いた製品の購入に抵抗感があるかどうか」を尋ねた。

①の結果を図1に示す。概ね肯定的な回答が多かった一方、「衛生用品」、「玩具」、「飲食料品に直に触れるもの」は否定的な回答が多くなった。次に、「飲食料品に直に触れるもの」としてペットボトル飲料を対象とした②の結果を図2に示す。61.1%の回答者は抵抗感がなく購入できる一方、16.2%の回答者は抵抗感があることが分かった。抵抗感がある回答者に対してその理由を尋ねたところ、価格、衛生面での不安、リサイクルに対する不信感、安全性のほか、「何となく」という回答も一定数を占めていた。

3. 消費者の再生プラ製品の購入を促進するために何を検討すべきか

再生プラ製品の購入に対する消費者の抵抗感が低いことは、プラスチックの資源循環を実現するうえで良いインセンティブとなりうる。一方、動脈側のメーカーからすると、抵抗感を持つ消費者が少しでも存在することで再生プラ製品の使用を躊躇する恐れがある。CE やリ

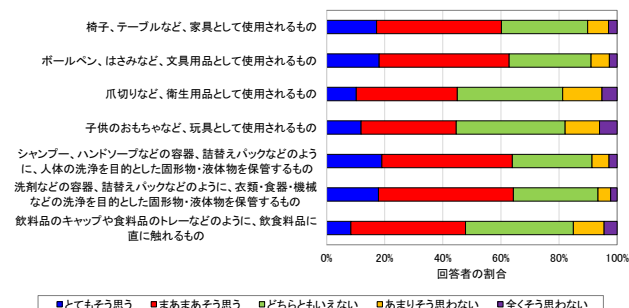


図1 質問の結果「容リプラを原材料とする再生プラ製品を購入したいかどうか(N=1,652)」¹⁾

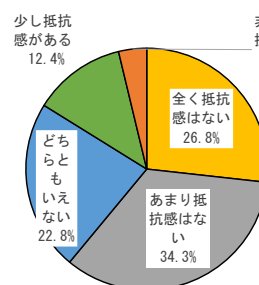


図2 質問の結果「ペットボトルの原材料として再生プラ製品を用いた製品の購入に抵抗感があるかどうか(N=1,652)」¹⁾

サイクルの重要性、安全性等をアピールしながら消費者の行動変容を促すことが必要であり、環境科学分野における重要な研究課題である。しかし、どのような対応をしても抵抗感を持つ消費者は存在する。再生プラの原材料使用を義務化することも、検討の余地があろう。

謝辞

本研究は、内閣府 SIP(課題番号 S323A302)および日本学術振興会科学研究費補助金(課題番号 JP23K11546)により実施した。ここに記して謝意を表す。

参考文献

1) Mukoyama, T., Tsai, P., Tabata, T. (Scheduled for 2025) People are favorable towards the use of recycled plastic products?, Proc. 20th Conf. SDEWES

キーワード サーキュラー・エコノミー, プラスチック, 受容性

プラスチック利用に関する消費者行動の類型化と普及要因 Plastic-related consumer behaviors: What encourages reduction in which behavior?

筑波大学 糸井風音, ○甲斐田直子, 北海道大学 大沼進, 総合地球環境学研究所 浅利美鈴

1. 背景・目的

プラスチック（プラ）素材は様々な場面で大量に使用されている。プラは消費者の生活を便利にする一方で、資源循環不全や海洋プラ汚染などの環境問題が指摘される。プラ利用抑制や再生プラ・代替品の利用促進が望まれるが、十分に進んでいない。この動きを加速させるためには、プラ生産・供給における転換のほかに、プラを利用する消費者の行動変容を促すことが重要である。

プラ関連消費者行動には、主観的規範¹⁾、利便性・必要性²⁾、行動受容（意図せず従前通りに行動する）³⁾、時間・経済負荷⁴⁾などの心理的要因が関係することが示されている。これらの要因は、プラが日常生活に根付いている状況をよく反映している。一方で、プラ関連行動は多岐に渡る。技術・製品普及や行動場面の特徴によって影響要因は異なると考えられるが、この点を網羅的に検証した研究は見受けられない。

本研究は、プラ利用に関する消費者行動の傾向を把握し、プラ利用抑制などの環境配慮的行動変容を促すための普及要因を明らかにすることを目的とした。これにより、プラ循環経済の実現にむけた消費者行動モデル構築と行動変容メカニズム解明を目指す。

2. 方法

本研究は、日本国内 18 歳以上 4,000 名を対象にオンライン質問紙調査を実施しデータを取得した（2024 年 2 月）。調査では、予備調査をもとに選定したプラ関連 20 行動それぞれの実践頻度と費用・時間・手間の総合的負担を尋ねた。その他に、心理的要因としてプラ環境問題に対する深刻さ・責任・有効性認知、プラ関連行動に関する態度、命令的・記述的・主観的規範、費用・便益評価、行動統制感、行動受容、行動意図を、回答者属性として性別、世帯人数、子の有無、教育歴などを尋ねた。1 つ以上の行動実践に「当てはまらない」を選択した回答者を除外し、分析には 2,016 件の回答データを用いた。

本研究の分析は次の手順により行った。まず、プラ関連消費者行動の傾向を捉えるために、因子分析により類型化を行った。類型化にあたって、行動と総合的負担の間に想定されるトレードオフ関係を考慮するため、負担を行動頻度で除した数値を分析に用いた。次に、各行動

種類の行動頻度と負担の特徴を反復測定一元配置分散分析により検証した。最後に、行動変容を促すための普及要因の特徴を各行動類型で調べるために、各種類の行動頻度を従属変数とする重回帰分析を行った。

3. 結果

3.1. 行動の類型化と傾向

因子分析結果を表 1 に示す。因子負荷量が低い(<0.4) 5 項目を除外した結果、15 項目・5 因子構成となった。各因子は、選択的購入（PCH）、代替用品利用（ALT）、食料品購入時使い捨てプラ不使用（NSUP）、包装容器回避（AVD）、習慣的プラ削減（HBT）と類型化した。

行動類型別の行動頻度と負担の各平均値を図 1 に示す。頻度は習慣的プラ削減が最も高く、図内右から左にかけて低くなる傾向が見て取れる。分散分析の結果、類型による主効果が確認され（ $F(3.94, 7948.76) = 899.749, p < .001, \eta^2G = 0.266$ ）、各類型間に有意差が認められた（ p

表 1 プラ関連消費者行動の類型化因子分析

	F1 PCH	F2 ALT	F3 NSUP	F4 AVD	F5 HBT
Choose non-plastic stationery and tableware	.923	-.051	.011	-.032	.048
Choose non-plastic clothes and towels	.869	.031	-.049	-.009	.020
Choose non-plastic storage cases and furniture	.881	-.084	.021	.027	.001
Choose products by companies trying for plastic reduction	.782	.026	-.041	.060	-.030
Choose plant-based sponges	.645	.290	.094	-.055	-.076
Bring own daily necessities to avoid using amenities at hotel	.157	.641	-.036	.006	.049
Carry own chopsticks, spoon, and fork	.193	.470	.203	-.095	-.091
Not accept plastic hangers or return them at the cleaner	.087	.445	.054	.099	.134
Use own bottle or cup	.006	.238	.516	-.044	.082
Avoid using plastic wrap	.079	.164	.491	.067	.070
Choose simple packaging when shopping	-.001	.014	.136	.434	.297
Avoid using plastic bags and packaging	.053	.073	.209	.414	.122
Avoid receiving or buying plastic bags	-.014	.002	.036	-.051	.724
Recycle plastic waste according to local rules	.008	.073	-.065	.016	.654
Choose refillable soaps and detergents	-.024	-.125	.230	.026	.634
Eigenvalue	6.47	1.62	0.32	0.12	0.10
Proportions	83.1%	20.8%	4.1%	1.6%	1.3%

注：プロマックス回転による主因子法。太字は因子を構成する項目を示す（因子負荷量 0.4 以上）。略称は本文参照。

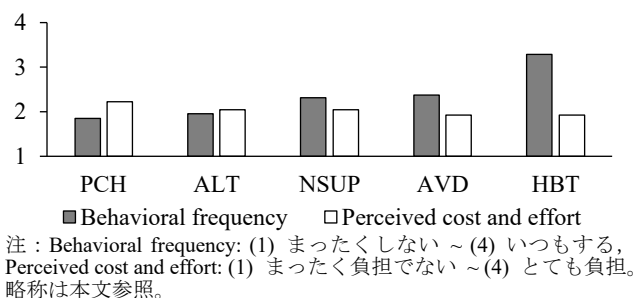


図1 行動類型別の行動頻度と行動負担

< .001)。負担は頻度と逆の傾向の主効果が確認され ($F(3.99, 8029.96) 382 = 59.24, p < .001, \eta^2 G = 0.023$)、HBT-AVD, ALT-NSUP 間を除く全ての類型間に有意差が認められた ($p < .001$)。

3.2. プラ利用抑制行動の普及要因

各行動タイプの頻度を従属変数とした重回帰分析の結果を表2に示す。習慣的プラ削減において主観的規範および負担が負、記述的規範が正の関係にあり、行動意図は関係性が認められなかった。習慣以外の類型では主観的規範と行動意図は正であった。また、行動受容は全ての類型において負であった。

4. 考察

レジ袋を受け取らない、詰め替え商品を買うなどの行動は消費者に定着している一方で、非プラ製商品の選択や代替用品の持参・利用などは未だ十分浸透していないことが明らかになった。この傾向は行動するための総合的負担と相反する関係にあることから、所要費用・時間の軽減、情報提供、市場普及などの方策を通じて行動が促進されることが示唆される。また、行動受容的であると変化が起きにくいことから、「思わずしてしまう」行動を転換させる構造的仕掛けも効果的である。重回帰分析において習慣的プラ削減と他類型が異なる傾向を示したのは、前者がすでに高度に習慣化されたためと考えられる。一般的に社会規範は環境配慮行動を促進する要因とされるが、介入方策を検討する際には行動普及程度によって使い分けることが肝要だろう。

5. まとめ

本研究は、国内消費者のプラ関連行動が5類型化されること、環境配慮的転換の普及要因に類型間の相違があることを明らかにした。今後の研究方向性として、異なる特徴のプラ関連行動における爆発的普及の契機となる要因や消費者層を明らかにすることが期待される。

表2 行動類型別の規定重回帰分析

	PCH	ALT	NSUP	AVD	HBT
Gender (F = 1)	0.027	0.094***	0.104***	0.095***	0.092***
Age	0.025	0.001	0.031	-0.013	-0.036
Full-time worker (= 1)	0.044	0.090***	0.086***	0.015	0.005
Housekeeper (= 1)	0.016	-0.008	-0.015	-0.025	0.023
Student (= 1)	0.040	0.020	0.020	0.040	-0.054*
Multi-dwelling unit (= 1)	-0.053*	-0.035	-0.042	-0.033	-0.039
Married (=1)	0.001	0.021	0.057	0.061*	0.048
Household size	-0.025	-0.048*	-0.077**	-0.072**	-0.086***
With child (= 1)	0.022	0.017	0.037	0.055	0.098***
Education (university = 1)	0.039	0.032	0.017	0.016	0.049
Perceived costs and efforts	0.011	-0.012	-0.037	-0.023	-0.052*
Perceived seriousness	-0.117**	-0.114**	-0.019	-0.048	0.074
Perceived responsibility	-0.026	0.006	0.012	0.009	0.097*
Perceived effectiveness	0.011	0.056*	0.011	0.005	0.020
Attitudes	0.081	0.103*	0.113**	0.084*	0.134**
Injunctive norms	-0.081*	-0.039	-0.043	-0.041	-0.016
Descriptive norms	-0.055	-0.013	-0.003	-0.028	0.092**
Subjective norms	0.218***	0.104**	0.091**	0.103**	-0.065*
Cost evaluation	-0.065	-0.087	-0.016	-0.045	0.033
Benefit evaluation	0.039	0.098**	0.012	0.052	0.096*
Perceived behavioral control	0.044	0.023	0.034	0.017	0.009
Behavioral willingness	-0.106***	-0.162***	-0.089**	-0.081**	-0.104***
Behavioral intention	0.231***	0.202***	.132**	0.233***	0.039
Adj R ²	.179	.138	.116	.153	.204
p	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001

注：目的変数には各行動タイプの行動頻度を用いた。VIFs < 6.0. *** $p < .001$, ** $p < .01$, and * $p < .05$ で有意。略称は本文参照。

謝辞

本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)「サーキュラーエコノミーシステムの構築」(環境再生保全機構, JPJ012290)により実施した。本要旨は Itoi, K., Kaida, K., Imai, R., & Ohnuma, S., Social norms and perceived as drivers of plastic reduction behavior among Japanese consumers (in submission)をまとめたものである。

参考文献

- 1) Khan, F. et al. (2019). Understanding consumers' behavior intentions toward dealing with the plastic waste: Perspective of a developing country. *Resour Conserv Recy*, 142, 49-58.
- 2) 浅利他(2021). プラスチック製品に対する消費者意識・行動の可視化ツール—プラ・イド チャートの提案と意義について—*環境と安全*, 12(1), 1-10.
- 3) Ohtomo, S., & Ohnuma, S. (2014). Psychological interventional approach for reduce resource consumption: Reducing plastic bag usage at supermarkets. *Resour Conserv Recy*, 84, 57-65.
- 4) Wang, B. et al. (2024). Explaining citizens' plastic reduction behavior with an extended theory of planned behavior model: An empirical study in Switzerland. *J Environ Manage*, 358, 120869.

キーワード 消費者行動, プラスチック消費, 行動負担, 社会規範, 環境心理学

循環意識・行動変容のトリガーとなる展示とワークショップデザイン —京都里山 SDGs ことすプラ・スクールを事例に—

Designing Exhibitions and Workshops as Triggers for Awareness and Behavioral Change Toward a Circular Economy: Kyoto Satoyama SDGs Lab "KOTOSU" as a case study

京都大学 ○塩瀬隆之, 立命館大学 安藤悠太, 地球研 とだまきこ, 張馨キ, 浅利美鈴

1. はじめに

プラ・スクールは、持続可能なプラ資源循環について学ぶ体験型学習施設であり、京都市京北地域の自然に囲まれた廃校内に 2025 年 2 月に開設された。本事業は、内閣府の SIP 事業「サーキュラーエコノミーシステムの構築」の一環であり、消費者分析から環境・SDGs 関連情報の整備、各プラ製品群に最適な対策同定手法の開発など、プラ資源循環の包括的なシステム構築を目指す研究グループの知見を活かし、プラスチックと“うまくつきあう未来”を考える教育プログラムの確立を目指す。

廃校をリノベーションした環境学習施設「ことす」（2021 年 6 月創立）の一区画に設置され、自治体や企業の職員研修、児童生徒の修学旅行など、環境・SDGs に関心ある来訪者が多数訪れている。本稿では、プラ循環に関わる技術だけでなく、制度や歴史も含めた包括的な学習機会を提供するプラ・スクールについて概説する。

2. 学校フォーマットの有効活用

2.1. 時間割に見立てた研修プログラム

プラ・スクールはおよそ 250 m²、5 部屋からなる施設であるが、元々が学校の教室をリノベーションしているため、当然ながら各部屋は 40 名程度の学習に適した空間である。そのため想定する環境・SDGs に関心ある来訪者の集団サイズとも相性がよく、適正規模のプログラムが作りやすい。学習プログラムのデザインにおいては、学習内容以前に、学習方法そのものの習得にかかる時間や負担にも配慮が必要となる。そこで本施設においては、初等中等教育などで万人に馴染みある[時間割]や[教科名]を採用することで、学習方法の習得に関わる説明を省き、参加者の意識が優先的に学習内容に向けられるよう注力した。当該施設の初期プログラムとしては、4 教科（体育・社会・音楽・国語）の時間割に見立てた教育カリキュラムとしており、それぞれの教科ごとの内容は表 1 にまとめてある。また、各々の教科に直結した内装デザインで各教室が構成されている。

所要時間は 1.5 時間位で、終日のプログラムなど、要請にあわせてアレンジ可能である。

表 1 学習プログラムの時間割例

導入： ホーム ルーム		まずプラ・スクール専用ノートを受け取り、アイスブレイク後に時間割や学習の全体像について説明を受ける。
1	体育	VR ゴーグルによる海中コンテンツ体験を水泳に見立てた。海中のプラごみと海洋生物の関係を仮想体験で学ぶ。
2	社会	素材としてのプラの歴史から、最先端のプラ製品までを年表で紹介。参加者自らがプラになった想定「プラのきもち」すごろくゲームなどで学ぶ。
3	音楽	百鬼夜行をモチーフにしたプラお化けが暗い部屋に居並ぶ。プラが粗雑な扱いで成仏できない想定の恨み節が歌唱されたブルース音楽で学ぶ。
4	国語	ここまでの包括的なプラ循環の学びを言語化する。“未来宣言のプラ・ノート”作成で、帰宅後にプラ循環を語るための語彙を増やしておく。
課外活動		ごみゼロアプリを活用した掃除の時間や、バイオガス化施設など関連施設の訪問を課外活動として位置づけ。

2.2. 時間割に対応した教室デザイン

冒頭のホームルームは、黒板に描かれた時間割の掲示からはじまる（図 1）。ここで参加者は、プラ・スクールでの時間割の概略、各教室での過ごし方について全体像の説明を受ける。現在は申込制での利用を想定しているため、修学旅行や研修など参加者のほとんどはお互いに知り合い同士であることが多いため、自己紹介などに時間を割く必要はない。しかし、当該施設への直接の研修申し込みが増えてくると、このホームルーム時間を通じて、お互いにうちとけてもらうアイスブレイクなどを経たのち、カリキュラムに移行するような配慮も必要となる。

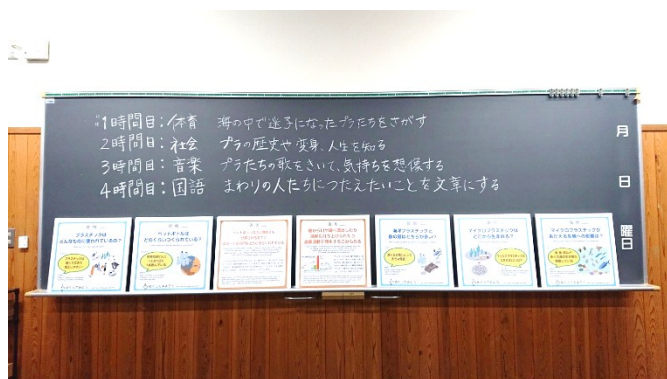


図1 ホームルームで時間割を掲示

1 時間目は、参加者が VR ゴーグルを通じて海中のプラスチックと海洋生物の関係を学ぶ。VR ゴーグルの台数に限りがあり、一度に体験できる人数は制限されるが、視聴している映像と同じ内容をモニターで閲覧できる。

2 時間目は、プラスチックやプラスチック関連技術の歴史を年表形式で学習する(図2)。教室後方の棚には多様なプラスチック製品が収納され、ハンディスキャナでプラスチック素材の構成比を分析したり、参加者自らがプラスチックになった想定「プラスチックもち」すごろくゲームで、素材から製品、リサイクルに至るまでのプラスチック循環全体を疑似的に学んだりできる。



図2 社会に見立てたプラスチック技術の歴史

3 時間目の教室には、ビニール傘や食品トレーなど、様々なプラスチック製品や梱包材が、粗雑に扱われた廃棄物を恨んだプラスチックお化けが居並ぶ。ブルース音楽にあわせて、「まだ使えるのにもう捨てるのか?」「あと何度生まれ変わればいいのか」といった多様なフレーズを視聴することで、プラスチック循環の多様な視点を参加者が学習できる。

4 時間目の国語は、ここまでの学習を言語化することで、参加者自らがプラスチック循環を語る語彙を増やすことをめざす。循環意識や行動変容の効果を持続させるには、自らが思考し、説明を繰り返す語彙の獲得が必須である。



図3 プラスチックお化けの恨み節をブルース音楽にのせて視聴

3. プラスチック循環の自覚的な行動変容を目指す

3Rのうち、リデュースやリユースはマイバックによるビニール袋の削減や詰め替え容器、フリーマーケット利用など、家庭で消費者が選択可能な候補も浮かびやすい。他方のリサイクルについては、資源ごみの分別回収以外に選択肢が浮かびにくく、意識づけや行動変容の機会が得にくい。消費者は選択肢が少ないと考え、事業者は消費者がリサイクル製品を選んでもくれないと嘆く。

行動変容への取り組みとしてはナッジや仕掛学などの取り組みが盛んに研究されている[1][2]。しかし、高齢者医療などではナッジによって無自覚でも健康に資する行動変容を促せば一定の効果があるが、プラスチック循環のような中長期的な環境行動変容については、自覚的に選択行動を変容させる仕掛学的方法論も必要となる。

消費者と事業者双方の目線合わせと理解には、消費者自らの言葉でプラスチック循環を説明し、循環を前提とした製品設計やリサイクル素材を事業者に積極的に求める関係形成が急務であり、プラスチック・スクールはこのようなプラスチック循環の基盤的な学習機会の提供に貢献できると考える。

謝辞

教育プログラム「プラスチック・スクール」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(SIP)「サーキュラーエコノミーシステムの構築」(研究推進法人:独立行政法人環境再生保全機構)(JPJ012290)の一環として開発しました。

参考文献

- 1) 山田ゆかり・福岡真悟(2025)高齢者の行動変容をナッジする, 医療と社会, 35 巻 1 号, 81-92
- 2) 松村真宏(2016)仕掛学, 東洋経済新報社

キーワード プラスチック循環, 廃校利用, 仕掛学

廃棄プラスチックのリサイクル工程の評価 Assessment of Waste Plastic Recycling Processes

(国研) 産業技術総合研究所 ○片岡祥, Nguyen T.H. Thuy, Caudle Benjamin

1. 緒言

容器包装リサイクル法（容リ法）に基づき、各自治体が廃棄プラスチックの分別収集を行い、さらに様々な工程を経て再資源化されている（容リプラ）。一般的なリサイクル法は図1のように大きく分類される。プラスチックを化学的に分解しないマテリアルリサイクルでは、洗浄・粉砕工程を経て、溶解してペレット化して、再生材として利用する（メカニカル法）。その中には、廃棄プラスチックを一度溶媒に溶かしてから、再析出する方法も含まれる（ソルベント法）。次に、ケミカルリサイクル法では、化学的にポリマーを分解してモノマーに戻す方法（ケミカル法）と、高温でガス化や熱分解により合成ガスやメタノールなどの化学品原料に戻して、再利用する方法に分類される（ガス化）。最後に、サーマル法は、廃プラスチックを燃焼させて、その際に発生する熱エネルギーにより発電などで回収する方法である。ただし、この方法では再生プラスチックは得られないため、厳密にはリサイクルと認められない場合が多い。本発表では、溶リプラの各リサイクル工程でのカーボンフットプリント（CFP）を算出し、リサイクル工程について評価を行った。

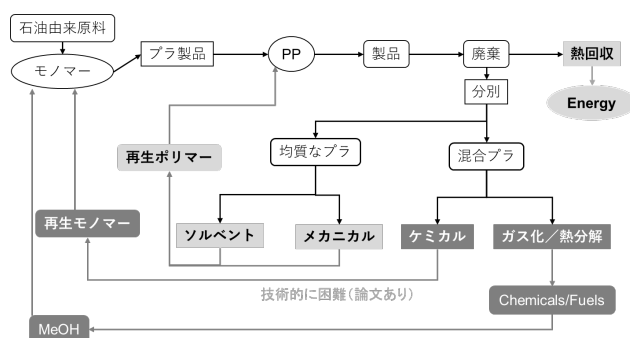


図1 廃棄プラスチックのリサイクル工程

2. 評価方法

現在の日本国内で回収される容リプラには、ポリエチレン(PE)が約35%、ポリプロピレン(PP)が約24%含まれており¹⁾、主にPEとPPがメカニカル法で再生されている。本研究では、上記組成の容リプラからメカニカル法、ソルベント法、ガス化によって再生PPを回収するとした。メカニカル法では、聞き取り調査によ

る所要エネルギーおよび物質収支からCFPを算出した。また、ソルベント法²⁾とガス化においては、リサイクル工程の簡易設計を行い、ASPEN Plusによるプロセスシミュレーションを実施して、物質収支、熱収支を算出したうえで、CFPを算出した。

3. 結果・考察

容リプラの各リサイクル工程でのCFPを図2に示す。メカニカル法でのCFPは小さいが、再生プラには不純物が含まれ、品質は低い。ソルベント法では、CFPが小さく、品質も高い。ガス化では高品質な再生プラが得られる一方で、収率が低く、さらにエネルギー消費量も多いため、CFPはサーマル法よりも高いことが分かった。

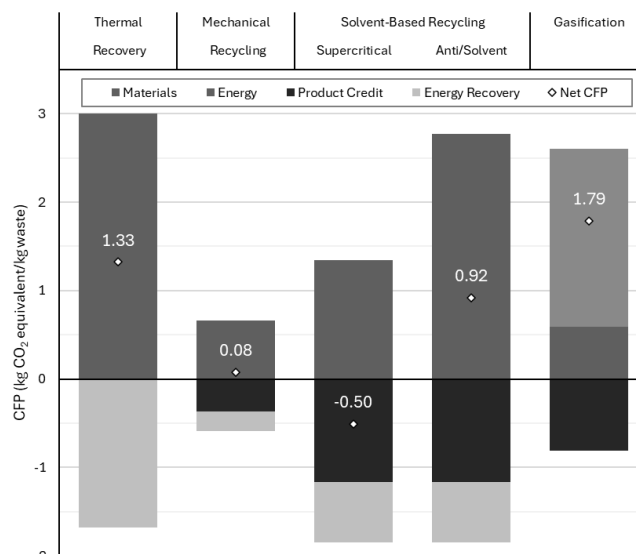


図2 各リサイクル工程のCFP

参考文献

- 1) 一般社団法人プラスチック循環利用協会. (2023)、プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況マテリアルフロー図.
- 2) Caudle, B, Nguyen T.T.H., Kataoka, S. (2025) Evaluation of three solvent-based recycling pathways for circular polypropylene. *Green Chem.* **27**, 1667-1678.

キーワード プラスチックリサイクル、カーボンフットプリント、品質

再生プラスチックに含まれる化学物質の安全性評価および評価手法の事業者への展開

Risk Assessment of Hazardous Substances Potentially Present in Recycled Plastics and its Promoting to Industrial Sector

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. 背景と目的

循環経済の文脈において、プラスチックリサイクルへの関心が高まっている。関連する課題の一つとして、再生プラスチックに含まれる添加物や非意図的生成物等

に由来する健康リスク評価が不十分な点が挙げられる。本発表ではケーススタディとして、再生プラスチック（ポリプロピレン、PP）に含有される可能性のある RoHS 指令対象物質を取り上げ、再生 PP 製品の暴露シナリオを構築し、ハザード比を指標として用いたリスク評価について述べる。また、本ケーススタディおよび筆者らがこれまで実施した化学分析事例についてとりまとめた「ハンドブック」についても述べる。

2. 方法

評価対象製品として、再生 PP 製の乗用車内装材 3 点（ボタンパネル、ドアトリムローア、グローブボックス）を取り上げた。暴露シナリオとして、女性が 1 日あたり 2.0 時間運転し、内装材中の化学物質に吸入・経口・経皮経路で暴露すると仮定した。経皮経路では、ボタンパネルへの接触（6 分/日）による片手の手のひらからの暴露し、吸入経路では内装材から車内気中に移行した物質への暴露、経口経路では車内ダストに吸着した物質の経口暴露を想定した。

再生プラスチック製品である内装材中の化学物質（本発表では RoHS 指令対象物質）の含有量は、文献レビューを通じて得られた再生 PP ペレットに関する含有量のうち、安全側の評価のため、その最大値を取り上げ、暴露評価に用いた。なお、一般にバージン PP に上記の物質は添加されないが、再生 PP には含有される可能性があることが、先行研究、また筆者らの分析^{1,2)}により明らかになっている。

以上の暴露シナリオや製品中の物質含有量についてのパラメータを産総研－室内製品暴露評価ツール

（AIST-ICET）³⁾に入力し、暴露量を推計した。暴露量の推計に必要な、製品からダスト・皮膚への移行量、移行した物質の吸収率などのパラメータについては、物性値にもとづき AIST-ICET 内蔵モデルで推計した値を使用

した。

リスク評価にはハザード比（＝推計暴露量／許容一日摂取量）を用い、ハザード比が 1 を下回る場合に健康影響の懸念がないと評価した。評価に用いる許容一日摂取量については、日米欧の主要なリスク評価に用いられる数値のうち、安全側評価のため、最も小さい値を用いた。

3. リスク評価結果と考察

評価対象物質のうち、フタル酸系可塑剤のリスク評価結果を表 1 に示す。例えば、DEHP*についてみると、ハザード比は全経路を合計しても、1 より十分に小さく、健康影響の懸念がないと言える。他の物質についても同様にハザード比は 1 を下回った。また、フタル酸系可塑剤 4 物質のハザードの比の合計も 1 を下回っており、これらの物質の暴露による健康影響の懸念がないと言える。

表 1 リスク評価結果（フタル酸系可塑剤の例）

物質	暴露経路	許容一日摂取量 ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$)	推計暴露量 ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$)	ハザード比 (-)
BBP	吸入	1.4E-04	2.1E+02	6.8E-07
	経口	7.0E-05	5.0E+02	1.4E-07
	経皮	4.9E-04	4.5E+03	1.1E-07
DBP	吸入	3.4E-04	6.0E+00	5.6E-05
	経口	5.2E-04	7.0E+00	7.5E-05
	経皮	1.6E-03	7.0E+01	2.2E-05
DEHP	吸入	3.7E-03	5.0E+01	7.3E-05
	経口	1.7E-05	3.6E+01	4.6E-07
	経皮	5.6E-03	7.2E+02	7.8E-06
DIBP	吸入	3.4E-04	2.0E+02	1.7E-06
	経口	1.6E-04	2.1E+02	7.5E-07
	経皮	1.0E-03	(評価値なし)	-

(* BBP: フタル酸ブチルベンジル、DBP: フタル酸ジブチル、DEHP: フタル酸ビス (2 - エチルヘキシル)、DIBP: フタル酸ジイソブチル)

4. 「ハンドブック」による事業者への展開

再生プラスチック製造事業者自身による製品リスク管理を支援するために、本稿のリスク評価や参照した分析事例^{1,2)}などを取りまとめた「再生プラスチック含有化学物質の分析および健康リスク評価のためのハンドブック」⁴⁾を公開した。ハンドブックは、主に再生プラスチックの利用およびその含有物質に関する現状と動向、分析事例、リスク評価事例で構成される。

参考文献

- 1) 羽成修康, 中村圭介, 山崎絵理子, 小栗朋子, 小島直也, 篠原直秀, 小倉勇, 梶原秀夫, 蒲生昌志, 2024. 熱脱着 GC-MS による再生プラスチック中含有化学物質のスクリーニング分析. 分析化学 73, 649 - 655.
<https://doi.org/10.2116/bunsekikagaku.73.649>
- 2) 山崎絵理子, 羽成修康, 中村圭介, 小栗朋子, 小島直也, 篠原直秀, 小倉勇, 小野恭子, 梶原秀夫, 蒲生昌志, 2025. ガスクロマトグラムデータを用いた多変量解析による再生プラスチックペレットの由来の分類・判別手法の検討. 分析化学 74, 1-5.
<https://doi.org/10.2116/bunsekikagaku.74.1>
- 3) 産業技術総合研究所 HP, 産総研一室内製品暴露評価ツール AIST-ICET, <https://riss.aist.go.jp/icet/>
- 4) 産業技術総合研究所安全科学研究部門, 物質計測標準部門, 2025. 再生プラスチック含有化学物質の分析および健康リスク評価のためのハンドブック (第1版), <https://riss.aist.go.jp/results-and-dissemin/830/#gsc.tab=0>

キーワード 再生プラスチック, 健康リスク, 循環経済

シンポジウムー7

「持続可能な食システムに向けて」

プロジェクト名：JST SICORP e-Asia 共同研究プログラム

「脱炭素型食システムのための AI による支援ツール開発」

オーガナイザー 天沢逸里（早稲田大学）准教授
栗栖聖（東京大学）准教授

趣旨説明：人が食べたい時に、食べたいものを食べることができる現状の食システムは、地球環境や社会経済格差を犠牲にして成り立っている。持続可能な食システムの実現に向けて多様な対策が講じられているが、食システム起因の環境負荷は増加の傾向を辿り、社会経済格差が是正される兆しはなかなか見えない。本シンポジウムでは、現代の持続可能な食システムに向けた課題と機会を議論することを目的に、異なる分野とライフサイクル段階における持続可能性をテーマとした研究事例をご講演いただく。講演から、食材の生産から流通、飲食店や小売、そして消費者の選択における課題を理解した上で、課題解決に向けた連携とその機会を討論する。

都市と離島の環境負荷分析から見てきた食のサステナビリティ Life cycle inventory analysis of urban and remote island for food sustainability

東京都市大学 ○兵法彩, 古川柳蔵, 東北大学 石田秀輝

1. はじめに

日本のエコロジカル・フットプリントは地球 2.8 個分と言われており、地球と共に持続可能な生活を築いていくためには、現状の環境負荷を 6 割削減することで地球 1 個分の暮らしを実現することが重要となる。著者らは、一つの地球で暮らせる社会を描くことを目的として、One Planet Research Lab : OPaRL 研究会（代表：石田秀輝（東北大学名誉教授））で、オントロジー工学に基づく行為分解と暮らしの環境負荷定量化を展開している¹⁾。持続可能なライフスタイルの探索に向けた初期的な作業として、全国平均値と東京都および離島（沖永良部島）の環境負荷分析を行った結果、すでに沖永良部では地球 1 個の暮らしを実現している世帯が複数あることが明らかとなった²⁾。この結果に基づき、環境負荷 4 割の暮らしを実現する方法を探索する。講演では、「食」の環境負荷に着目し、これまでの研究の成果の一部を報告する。

2. 研究方法

1 世帯あたりの家計消費の環境負荷は温室効果ガス（Greenhouse gas: GHG）排出量を指標として推計し、環境負荷低減に向けた要素の特定を行った。全国平均および東京の家計消費は、令和 4 年度の東京都「都民の暮らし」の数値を用いた。沖永良部の家計消費は 14 世帯の協力を得て、2023 年 2 月の実績値を調査した。環境負荷の推計は、家計消費に基づき金額ベースで行った。ガソリン等石油化学製品の直接燃焼分と電力の GHG 排出量は個別に物量ベースで推計し、加算した。単位量あたりの GHG 排出係数は、3EID³⁾と IDEAv3.4.1⁴⁾を用いた。

なお、研究対象地域とした沖永良部は、鹿児島県の奄美群島に位置し、年間の平均気温が 22 度と温暖であることが特徴として挙げられる。沖永良部では年間を通してエアコンの使用が少ない。また、島内の移動は自動車が主流であるが、1 回あたりの移動距離はそれほど大きくない。ただし、島外への用事がある場合には、飛行機または船での移動が必須となる。農業従事者の割合が高いのに加えて、畑を有している住民が一定数いるため、日々の暮らしに必要な食材は自給自足あるいはおすそ分けが多い譲与経済（ギフトエコノミー）の文化が根付いていることも特徴といえる。

3. 結果・考察

図 1 は東京都（夫婦 2 人世帯）推計結果から環境負荷 4 割の暮らし（Basic Model）を描くために、沖永良部の暮らしを参考に特定した要素を削減した時の変化を示している。特定した要素は①外食、②エアコン、③ガソリン、④教養娯楽、⑤こづかい、⑥交際費、⑦仕送りの 7 項目であるが、すべての環境負荷を最小限に抑えた場合でも 3 割削減（環境負荷 7 割の暮らし）程度にとどまっていることが明らかとなった。環境負荷の大きい要素は、交通（主にガソリン）、光熱・水道（主に電気）、食となった。現段階の分析で 4 割の暮らしには到達していないため、特に電力消費と食の環境負荷についての分析を進めて、新たなビジネスモデルの創出等に向けた基礎的情報を今後目指していく。

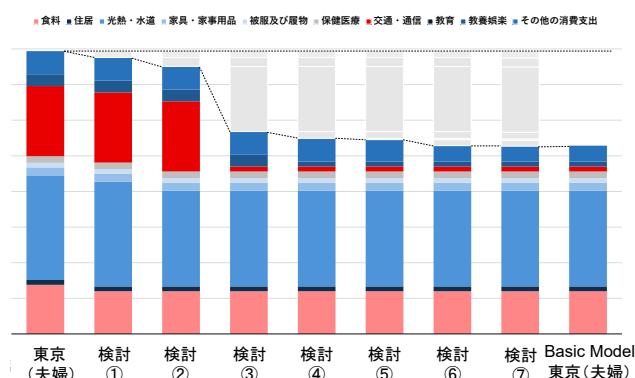


図 1 環境負荷削減要素の検討とその変化量

参考文献

- 1) ESA, OPaRL 第 1 回公開シンポジウムを開催, <https://esa.or.jp/activity/report/oparlsymposium1/>
- 2) 横山真菜, 古川柳蔵, 石田秀輝, 兵法彩 (2025) 「地域・世帯の違いに着目した GHG 排出量の分析」, 第 20 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集
- 3) 国立環境研究所「産業連関表による環境負荷原単位データブック (3EID)」(2015 年)
- 4) IDEAv3.4.1 (2024/09/02) 国立研究開発法人 産業技術総合研究所安全科学研究部門 IDEA ラボ

キーワード 暮らしの個性化, 環境ホットスポット分析, クライマテリアン

藻場回復に向けた藻食性未利用魚の有効利用

Valorization of unused herbivorous fishes to protect seaweed beds

立命館大学 光斎翔貴

1. 緒言

過去数十年において、浅海の岩礁の藻場が著しく衰退・消失し貧植生状態となる現象（以下、磯焼け）が報告されている。日本では藻場は別名「海のゆりかご」と呼ばれ、様々な魚介類の産卵・育成にとって必須な場所であり、また炭素を吸収するブルーカーボン生態系としても知られている。生物多様性・地球温暖化対策の観点から磯焼け対策が喫緊の課題となっている。水産庁によると藻場消失の主な要因の一つとして考えられるのが、藻食性魚類（イスズミ、アイゴなど）による藻類への食害である¹⁾。

一方で、藻食性魚類による藻類への食圧を低減できていない理由として、これらの魚が多く地域において未利用魚であるという点にある。これまで食害魚であるイスズミ・アイゴのヒト用食材としての利用が模索されてきたものの、独特の臭いを取り去ることが困難であり²⁾、経済価値が付けづらいことから漁獲が行われてこなかった。漁業現場では偶然網にイスズミ・アイゴが混入したとしても放流するのが現状であり、管理が難しく現状野放し状態となっている。

そこで、本研究では藻食性未利用魚対策として、未利用魚をペットフードとして利用することによる、温室効果ガス排出量と経済性の比較評価を行い、社会実装における長所短所をライフサイクルの観点から議論することを目的とする。

2. 研究方法

本研究では、藻食性未利用魚の取り組みのプロセスによる温室効果ガス排出量と経済性評価を行う。温室効果ガス排出量の推定には IDEA ver3 を用いる。ここでは、藻食魚を駆除/漁獲することにより回復が見込まれるブルーカーボン生態系によって吸収される炭素分も LCA の枠組み内とする。

そこで、2022~2023 年に筆者らは人の食利用以外の藻食性未利用魚の利用先として、ドッグフードの開発を行った。また、業界大手メーカーの多くは薄利多売のビジネスモデルのために本製品の高価格帯性から社会実装が難しく、著者らが自ら 2024 年 2 月に起業、2024 年 9 月より商品販売することにより、民間事業としてのアプロ

ーチを確立することとした。

ドッグフードの製造にかかる温室効果ガス排出量は比較のために広く流通しているチキンベースのフード³⁾と比較する。機能単位としては、10kg の犬が 1 日に必要とするカロリー摂取量あたりで比較する。ここで、この民間事業による取り組みは 2024 年度の 9 月であることから、現段階における藻場回復量の推計が難しい。そこで、長崎県壱岐市の取り組みにおける藻場回復量を民間による取り組みでも利用する。

3. 結果と考察

藻食性未利用魚をドッグフードとした際の二酸化炭素排出量を分析した。鶏肉に対して藻食性未利用魚の 1kg あたりのカロリーが低いこと、また原単位あたりの二酸化炭素排出量の違いから、製造における二酸化炭素排出量はチキンベースのドッグフードの方が低いことがわかる。一方で、期待できるブルーカーボン創出を加味すると、製造以上の吸収が期待でき、1 日あたり 1.1 kg-CO₂ の二酸化炭素が吸収されることがわかる。つまり、藻食性未利用魚をドッグフードとして利用することにより使用されればされるほど炭素固定がなされることがわかった。

一方で、ここでの問題点として、行政による取り組みにより得られたブルーカーボン量を民間の結果にあてがっている点にある。行政による駆除された量と同程度の売上が見込めないとこの結果にはならないと考えられる。民間事業としての持続性が結果に大きく影響を与える点に不確実性が存在する。

参考文献

- 1) 水産庁、磯焼け対策ガイドライン（第 3 版）(2021)
- 2) Fusae Morinaka, Wataru Ando, Study on Making Food on Kyphosus Vaigiensis, Fisheries Engineering, vol.48, No.1, pp.73-75 (2011)

キーワード 磯焼け, 未利用魚, LCA

畜産システムを対象とした環境側面の評価事例

Life cycle Assessment of environmental aspects for livestock production systems

宇都宮大学 ○菱沼竜男

1. はじめに

世界の食料システム（生産から加工，流通，調理，消費を含む）に関係した温室効果ガス（GHG）排出量（年間排出量）は，人為起源の GHG 排出量の 21–37%であり，その 16–27%が農地及び農地の拡大に起因し，農地以外の資材生産や食品加工などの影響が 5–10%を占めると推定されている¹⁾。飼料を含めた動物由来の食品（畜産物）の影響が食料システムの GHG 排出量の 57%を占める²⁾ことが報告されている。畜産物は，その生産システムに家畜飼養や飼料生産，家畜排せつ物処理があるため，システムを構成するプロセスは複雑である。さらに，消化管内発酵やふん尿処理のように特異的に環境負荷物質を排出する要因が含まれるため，畜産物の環境影響は植物由来の食品に比べて大きくなる。また，食料システムの多様性や各要因に地域性や生産者による違いがある^{1,2)}ことが指摘されており，生産システムの評価から環境影響を明らかにして，低減策を検討していくことが重要である。本講演では，筆者らが実施した畜産システムを対象とした LCA の事例評価の一部を報告する。

2. 豚肉の生産に伴う GHG 排出量の推計³⁾

食肉として身近な豚肉を取り上げて，その生産から食肉加工，販売までを調査範囲として，飼料生産，養豚の生産段階に加えて，と畜・加工および小売の各プロセスを調査対象として LCA を実施した。分析では，各プロセスモデルを作成するために，統計値や既存研究からの報告値，聞き取り調査で得たデータ，各種排出原単位を利用した。特に，養豚プロセスは養豚経営に占める割合が大きい繁殖・肥育一貫経営とした。機能単位は精肉（部分肉）1kg とした。結果として，精肉 1kg 当たりの豚肉の GHG 排出量は 11.12kgCO₂e であった。また，GHG 排出量に係る各プロセスの影響は，飼料生産が 21%，飼養管理が 12%，ふん尿処理で 35%，と畜・加工で 2%，小売で 30%であった。本推計値は，米国中西部の養豚を対象とした GHG 排出量の推計事例に比較して，飼料生産とふん尿処理での排出量が大きかった。これは，飼養生産基盤であり，ふん尿資材の還元先でもある農地の有無が，米国と日本での飼料調達先やふん尿処理システムなどの違いに表れて，影響度合いが異なると考えられた。

3. 食品循環資源の飼料化に伴う GHG 排出量の推計⁴⁾

国産飼料に基づいた畜産に向けて，食品関連事業所からの食品製造副産物や余剰食品，調理残さおよび農場からの作物残さなどを飼料化の取り組みが行われている。その先進的な取り組み事例（リキッド飼料化）を取り上げて LCA による環境影響評価を行った。リキッド飼料化に取り組む事業所への聞き取り調査から，飼料化原料，飼料化施設の運転状況，生産飼料の栄養価などのデータを整理し，各種排出原単位を利用して分析を実施した。調査対象は食品循環資源の処理段階として，飼料化のほかに堆肥化，焼却の各シナリオを設定して処理原料 1t を基準として比較評価した。GHG 排出量は，飼料化シナリオが 21.3kgCO₂e，堆肥化，焼却シナリオでそれぞれ 491.0，401.7 kgCO₂e であった。リキッド飼料化は，飼料化技術の中でもエネルギー消費量の少ない方式であり，堆肥化や焼却に比べて大きな削減効果が期待できると考えられた。ただし，GHG 排出量の推計範囲として，飼料化原料の収集，配送にかかる輸送負荷，堆肥利用による炭素固定能など，現実的なシステム運用に伴う影響は考慮していないことから，評価範囲を広げた評価の実施が求められる。

参考文献

- 1) IPCC (2022) Summary for Policymakers. In: Climate Change and Land: IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems. Cambridge University Press, 1–36.
- 2) J. Poore, T. Nemecek (2018) Reducing food's environmental impacts through producers and consumers, *Science*, 360, 987–992
- 3) 菱沼竜男 (2015) LCA 手法を用いた豚肉生産システムに伴う温室効果ガス排出量の推計，*環境情報科学学術研究論文集*, 29, 159–164
- 4) 菱沼竜男，ほか (2008) 豚用飼料を対象とした食品残さの飼料化に関するライフサイクルインベントリ分析，第 4 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集, 12–13

キーワード 食品，家畜生産，LCA

飲食店の食材調達とメニュー開発における意思決定から探索する脱炭素への機会

Exploring decarbonization opportunities through understanding decision making for food ingredients procurement and menu development in restaurants

早稲田大学 ○鈴木智子、天沢逸里、東京大学 WU YINGLEI、栗栖聖

1. はじめに

全世界の GHG 排出量の 3 割を占める¹⁾ 食システムのライフサイクルでは、食材の生産段階がホットスポットである²⁾。そのため、農林・水産分野で脱炭素に向けた施策を打つと同時に、それらを調達に繋げる必要がある。しかし、飲食店の食材調達に関しては不透明な部分が多い。特に、個人経営店に関しては実態が明らかになっていない。また個人経営店では、食材の調達やメニュー開発をそれぞれの店が独自に行うため、調達先やメニュー内容の変更等の脱炭素に向けた行動変容の可能性が高い。本研究は、個人経営店への調査を通して、飲食店の食材調達とメニュー開発における意思決定プロセスを明らかにすることで、脱炭素への機会を探ることを目的とした。

2. 研究手法

外食産業における食材調達とメニュー開発の実態調査にあたり、まずは文献調査を実施した。その上で都市部（東京 9 軒）と地方（長野県 7 軒）の個人経営の飲食店に構造化アンケートと半構造化インタビューを実施し、現状の選択行動とその要因、そして脱炭素化との関連を分析した。アンケートでは、①食材調達の際に重視する項目、②食材の主な調達先、③食品ロス削減の取り組み等について質問し、インタビューでは、回答の理由について深掘りした。量的データは統計分析を、質的データに関しては、特徴的な単語をコード化、分類し、テーマ分析を行なった。

3. 結果と考察

アンケートとインタビューの結果、食材調達の際に最も重視する項目では、「価格」（4 軒）と並んで「生産者」（4 軒）という回答が最も多かった。「生産者」を重視した店舗は、理由として地域の経済やサステナビリティへの貢献、コンセプトに合う生産者からの購入等の声があった。食材の調達先は、いずれの食材に関しても卸売が主流である一方、米と野菜はそれぞれ 8 軒と 5 軒が生産者から直接購入しており、他の食材と比べて割合が高かった。食材調達について、調達先を選ぶ理由で集計したところ、図 1 に示すように産地や

生産者、有機食材など店のこだわりが反映されていることがわかった。

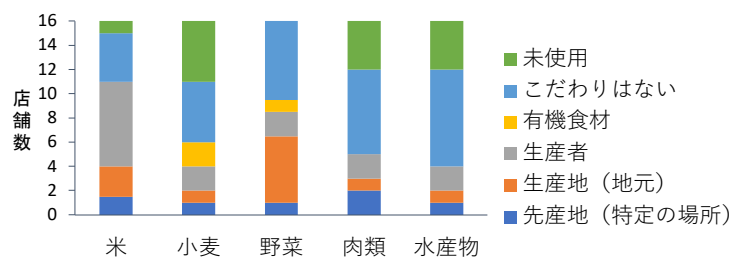


図 1 食材別の調達に関するこだわり

メニュー開発では、季節ごとにメニューを変える店が 4 軒、1 ヶ月以内にメニューを変える店が 11 軒と、顧客を飽きさせないためやりピーターを増やすためにメニューを変更していた。一方、従業員一人当たりの売上金額が多いほど、メニューの変更頻度が少ない傾向が見られ、インタビューでも人手不足によりメニュー開発に着手することが難しいとの回答が得られた。

4. おわりに

これまでの調査から、飲食店によって食材別に調達先に関するこだわりの有無と特徴があることがわかった。こだわりの少ない食材については、低環境負荷の食材へ切替できる可能性が高い。また、こだわりの中でも「生産地」へのこだわりが強い場合には、価格とのバランスも重要だが、同じ産地でより環境負荷の低い方法で生産されたものに変更していくことで脱炭素化に貢献できると考える。今後は、食材別のこだわりの特徴を分析するとともに、大規模アンケートを実施して全国的な傾向についても調査していく。

参考文献

- 1) Crippa M., Solazzo E., Guizzardi D., et al.: Nature Food, 2, (2021), pp 198-209
- 2) Springmann M., Clark M., Mason-D'Croz D., et al.: Nature, 562, (2018), pp 519-525

キーワード 外食産業、持続可能な消費と生産、食材調達、メニュー開発

消費者の食品購買行動における動機分析

Analysis of Consumer Motivations in Food Purchase Decisions

東京大学 ○Yinglei WU, 栗栖聖

1. はじめに

消費活動は環境に多大な影響を及ぼしている。家計消費は、世界の温室効果ガス（GHG）排出量の 60%以上、土地・物質・水資源利用総量の 50~80%を占めている。そのうち、食消費は土地資源および水資源の使用において、それぞれ約 48%と 70%を占めている¹⁾。

食選択によって環境影響は異なってくる。例えば、露地栽培食品は温室栽培食品に比べて、エネルギー消費が少なく、温室効果ガスの排出量が低い。地元食品は輸入食品に比べて、輸送に伴う環境負荷を避けることができる。このように、食品のライフサイクル各段階における環境負荷を低減する様々な選択肢が存在する²⁾。

人々をより環境的に持続可能な食選択へ促すためには、消費者が各商品に対してどのような要因を重視しているかを明らかにすることが不可欠である。そこで、本研究では食品購買における動機を探索した上で、人々に持続可能な購買選択を促すための実践的な手法の特定を目的とした。アンケート調査を通じて、類似した動機によって購買される食品群を分類し、消費者の特徴を明らかにする。

2. 研究方法

2. 1. アンケート設計と調査の実施

本研究では、総務省の日本標準商品分類に基づき、消費者が日常的に購入する 48 種類の食品商品を対象とした。そのうち、主食類、生鮮食品、加工食品が含まれる。加えて、先行研究をもとに 19 種類の購買動機（値段、栄養価、産地、包装、利便性、環境への配慮など）を抽出し、アンケートを設計した。回答者は各食品商品について、最も重視する 3つの購買要因を選択形式で回答した。

アンケートには、購買動機に加えて、年齢、性別、世帯収入などの基本属性や、性格に関する項目も含めた。調査は日本全国 47 都道府県を対象に実施し、有効回答数は 31,416 件であった。

2. 2. データ分析手法

本研究では、クラスター分析を用いて食品および消費者を類型化した。まず、各購買動機が選択された頻度の平均割合に基づき階層クラスター分析を行い、食品商品を分類した。次に、それらの食品グループに対し、どの

ような特徴を持つ消費者が、どのような動機を重視しているかを明らかにするため、消費者に対しても階層クラスター分析を実施した。

さらに、食品ごとの購買動機の類似性を視覚的に把握するために、各商品における動機の選択頻度をもとにコレスポンデンス分析を行った。そのうえで、消費者の個人属性および特性が購買動機に与える影響の大きさを明らかにするため、重回帰分析を実施した。

3. 研究結果

クラスター分析の結果、48 種類の食品は以下の 8 つのグループに分類された：①生鮮食品、②カット生鮮食品、③飲料・デザート、④インスタント食品、⑤冷蔵食品、⑥乾燥食品、⑦冷凍食品・缶詰・瓶詰食品、⑧調理用材料。消費者は 7 つのグループに分類された。そのうち、グループ 4 の消費者は価格より産地や生産者、味を重視する傾向があり、高齢者かつ女性の割合が高かった。さらに、グループ 7 の消費者は若年層かつ男性が多く、高所得者層が多い傾向がみられ、環境配慮や新商品かどうかを重視していた。

コレスポンデンス分析の結果、生鮮食品に対して鮮度が、飲み物には味が、菓子類には新商品かどうか特に特徴的な動機であることが示された。加えて、重回帰分析の結果、食品購買動機に最も影響を与える因子は年齢であった。

謝辞：本研究は e-Asia「脱炭素型食システムのための AI による支援ツール開発」および東京大学・TOPPAN の社会連携講座「サプライチェーンの全体最適の科学と実践」により支援を受けた。

参考文献：

- 1) Ivanova, D., Stadler, K., Steen-Olsen, K., Wood, R., Vita, G., Tukker, A. and Hertwich, E.G. (2016) Environmental Impact Assessment of Household Consumption. *Journal of Industrial Ecology*, 20, 526-536.
- 2) Wu, Y., K. Kurisu, K. Fukushi (2024) What should be understood to promote environmentally sustainable diets?, *Sustainable Production and Consumption*, 51, 484-497.

キーワード： 購買行動, 購買動機, 環境的に持続可能な食選択

シンポジウムー8

「スクリーニング分析を用いた環境および水質モニタリングの新展開」

オーガナイザー 小林憲弘（国立衛研）室長

坂田脩（埼玉県）総務・疾病対策担当

趣旨説明：環境や水道水で監視が必要な化学物質は数多く存在する一方、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。また、検査に用いるキャリアーガスの供給不足や価格高騰により、代替キャリアーガスを用いた分析技術も必要とされている。本シンポジウムでは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」の環境や水道水への適用に関して、代替キャリアーガスを用いた手法を含めた研究開発の進捗状況について報告するとともに、今度の課題について議論する。

スクリーニング分析を用いた環境および水質モニタリングの新展開

New developments in environmental and water quality monitoring using 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
埼玉県 坂田 脩

主旨

環境や水道水で監視が必要な化学物質は数多く存在する一方で、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。また、検査に用いるキャリアーガスの供給不足や価格高騰により、代替キャリアーガスを用いた分析技術も必要とされている。本シンポジウムでは検査対象物質の分析に必要な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」の環境試料および水道水への適用に関して、代替キャリアーガスを用いた手法を含めた研究開発の進捗状況について報告するとともに、今度の課題について議論する。

1. スクリーニング分析を用いた水道水中農薬のモニタリングに関する研究の進捗と今後の展開

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は、特に農薬類の一斉分析にコストと労力が掛かることから、より簡便な分析法により農薬類の検出状況を把握し、水質管理に活用することが求められている。スクリーニング分析法は分析時に標準品を使用せず、データベース登録情報を用いて迅速・網羅的に定性・定量を行うことができる。我々は、GC/MS で分析可能な 172 農薬（192 成分）の保持時間、保持指標（RI）、マススペクトル、イオン強度比、検量線情報をデータベースに登録し、水質管理における活用方法を検討してきた。

今後の展開としては、以下の 3 段階での運用を検討している。第 1 段階は、標準品が入手困難な農薬の異性体・分解物の分析のみに適用する。その際、定性はデータベース登録情報、定量は原体の標準品で作成した検量線を利用する（例えば、オリスastrobin は 5Z-オリスastrobin、フェントエートはフェントエートオキソン等）。第 2 段階は、運用する機関が同一装置・同一分析条件で過去に測定した結果を基に適用する。定性は過去に測定した結果の RI、マススペクトル等を用い、定量は同一装置で過去に作成した検量線を用いる。第 3 段階は、同一メーカー・同一分析条件で作成した結果をデータベース（DB）として活用する。定性は DB 登録の RI、マススペクトル等に基づいて判断し、定量は DB 登録し

た検量線を用いる。

スクリーニング分析法の課題としては、分析経験の浅い検査員では誤同定や見逃しが起こる可能性があるため、結果の信頼性が低い。データベース登録農薬が多いほど、誤同定・見逃しのリスクが高くなる。また、装置感度の変動等により定量誤差が生じることから、告示法・通知法と同等の精度では検査できない。スクリーニング分析法の適用に当たっては、これらの課題を踏まえ、水道水質管理に活用する必要がある。

2. 水道及び河川水におけるスクリーニング分析法の文献調査

坂田脩（埼玉県）

水道及び河川水には、農薬、医薬品、工業由来化学物質など、多種多様な化学物質が混入する可能性があり、それらが人の健康や生態系に与える影響が懸念されている。

これまで、水質中の化学物質の定性・定量には、標準品を用いる標準検査方法が用いられてきた。しかし近年、各自治体や研究機関では人員や予算の削減が進んでおり、既存の標準検査方法だけでは、膨大な化学物質を網羅的に把握することが困難になりつつある。

こうした背景から、標準品を用いずに、あらかじめ構築されたデータベースを基に、多成分を一斉に定性・定量を行うことができるターゲットスクリーニング分析法（以下、スクリーニング分析法）の活用が注目されている。

現在、代表的なスクリーニング分析法としては、門上らが開発した GC/MS を用いた自動同定・定量データベースシステムや、小林らによる農薬の GC/MS スクリーニング分析法等が知られている。

そこで、これらの手法を含むスクリーニング分析法に関する文献を調査し、水道及び河川水におけるスクリーニング分析法の有効性や課題について検討し、得られた知見について報告する。

3. ヘリウム代替キャリアーガスを用いた GC/MS による有機汚染物質のスクリーニング法と確定分析法の提案

古閑豊和（福岡県保健環境研究所）

環境水中の有機汚染物質を網羅的に監視するには、ガスクロマトグラフ質量分析法を用いた自動同定・定量データベー

スシステム (AIQS-GC) によるスクリーニングが有効である。しかし、AIQS-GC はキャリアガスにヘリウム (He) を用いるため、近年の He 供給不安は分析継続における課題となっている。我々はこれまでに、キャリアガスを水素 (H₂) に代替しても He 使用時と同等の性能が得られることを報告してきたが、スクリーニング後の確定分析手法の確立が課題であった。そこで本研究では、確定分析に窒素 (N₂) をキャリアガスとして用いる高感度な大気圧ガスクロマトグラフ-タンデム質量分析法 (APGC-MS/MS) を導入し、He フリーな分析フローの構築を試みた。

2024 年 7 月に福岡県内 29 河川から採水し分析した結果、H₂ キャリア AIQS-GC によるスクリーニングで 10 河川から 9 種類の農薬が検出された。次に、これらのうち標準品が入手可能な農薬を対象に APGC-MS/MS による確定分析を行った。本法は化合物特異的な MRM トランジションを用いるため、AIQS-GC では識別が困難な保持時間の近接した化合物 (例：ピロキロンとプロピザミド) も高精度に分離・定量可能であった。AIQS-GC で検出された対象農薬は APGC-MS/MS でも全て検出され、両手法の定量値間には極めて強い正の相関 ($r=0.987$) が認められた。これは H₂ キャリアによるスクリーニングの妥当性と、N₂ キャリアによる確定分析の信頼性を示すものである。本研究により、スクリーニングに H₂ キャリア AIQS-GC を、確定分析に N₂ キャリア APGC-MS/MS を組み合わせた、He フリーな分析フローの有用性が示された。これは、He の供給状況に左右されない持続可能な環境モニタリング手法の構築に貢献するものである。

本研究は、本学会 優秀研究企画賞 (富士電機賞) および JSPS 科研費 (JP24K15384) の助成を受けて実施した。

4. 農薬スクリーニングを目的とした GC/MS 用 AIQS-DB の性能比較とその活用事例

大窪かおり (佐賀県衛生薬業センター)

近年急速に普及した全自動同定・定量データベース (AIQS-DB) を用いたターゲットスクリーニング分析は、河川水等のモニタリング調査や水質事故発生時の迅速分析等に広く利用されている。こうした状況の中、水道水中の農薬の検査においては対象農薬数が多く多大な労力を要することから、AIQS-DB を用いたターゲットスクリーニング分析の適用が検討されている。そこで、現在当所で使用可能な 3 種類の GC/MS 用 AIQS-DB を用いて、水道水質を対象とする農薬 134 物質における性能評価を行った。具体的には、経験値の異なる解析者 3 名により 10~200 μ g/L の標準液を用いた測定データを対象に検出数及び定量誤差を求めた。また、水道マトリクスを含む試料に標準液を添加し、同様に解析を実施した。その結果、AIQS-DB 間で検出数に大きな違いはなかった。定量値については一部の農薬で大きな差はみられたものの、50 ng/mL 以上の濃度

であれば 90%以上の物質を検出可能であることがわかった。また解析者間でも検出数は大差なく、どの AIQS-DB もターゲットスクリーニング分析に有用であると考えられた。更に、AIQS-DB を用いて農産物中の残留農薬スクリーニングへの適用を検討した。妥当性評価済みの正規試験の農薬 26 物質について標準液、収去検査検体及び回収試験試料について測定を実施した。標準液については水道農薬と同等の検出率および定量値が得られ、対象農薬の回収試験の定量値は概ね GC-MS/MS による正規試験の定量値 50~200%の範囲となった。また、正規の試験で対象外となっている物質の検出なども示唆され、スクリーニング手法として活用範囲を広げることができた。

5. 水道水および環境水中の農薬類に対する LC/MS 系装置を活用したスクリーニング分析の実用化に向けた課題と解決策

古川浩司 (三重県環境保全事業団)

水道水や環境水中の農薬類を効率的に監視するには、迅速かつ網羅的なスクリーニング分析法の実用化と整備が不可欠である。しかし、環境省の水道水質検査登録機関や計量証明機関 (以下、「分析機関」) において、LC/MS 系装置を用いたスクリーニング分析法の普及には、以下の 3 つの課題が存在する。

第 1 の課題は、標準化された分析法やガイドライン等が未整備の点である。各分析機関が独自のスクリーニング分析法を実施した場合、測定結果にばらつきが生じ、分析結果の信頼性が確保できない。この問題は、分析機関のみならず環境モニタリングを管轄する行政機関にも共通認識としてあり、結果として従来の個別分析法に依存しているのが実情である。

第 2 の課題は、スクリーニング分析法として先行検討されている Q/TOF 型や Orbitrap 型といった高分解な LC/MS 系装置の価格が高いことから、分析機関での導入率が低い点である。また、これらの装置がデータ解析には高度な専門知識を要することも、分析機関での導入率が低い要因である。一方で、四重極型 LC/MS/MS 装置は分析機関への普及率が高く、近年はこの装置を用いたスクリーニング分析に関する報告もある。今後は、日常的なスクリーニング分析は分析機関が担い、より精密な分析は専門機関が行うといった役割分担が求められる。

第 3 の課題は、分析機関における分析技術者の育成と技術力の担保である。四重極型 LC/MS/MS によるスクリーニング分析を安定的に運用するには、専門的な知識と実務経験が不可欠であり、継続的な研修制度や技術認証制度の構築が課題である。

本シンポジウムでは、これらの課題を整理し、その解決策を提言する。

2026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
クリタ水・環境科学振興財団

応募受付予定期間

2026年3月 ～ 2026年4月

研究助成

水や水環境分野における独創的な研究、及び
「水を究める」ための先駆的研究に対する助成

助成対象研究分野

- ・自然科学・技術
- ・人文・社会科学
- ・萌芽的研究
- ・特別テーマ「水を究める」研究

2026年度の募集要項の詳細は当財団ホームページにて、2026年2月下旬に公開する予定です。

*2025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。



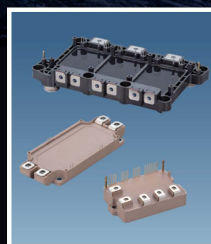
地熱発電プラント



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

公益社団法人 環境科学会 2025 年会

年会実行委員

委員長	西嶋 渉	広島大学
委員	中井 智司	広島大学
委員	下ヶ橋 雅樹	叡啓大学
委員	後藤 健彦	広島大学
委員	末永 俊和	広島大学
委員	水島 希	叡啓大学
委員	梅原 亮	広島大学

年会委員会

委員長	栗栖 聖	東京大学
副委員長	杉野 誠	法政大学
理事	下ヶ橋 雅樹	叡啓大学
幹事	野呂 和嗣	静岡県立大学
幹事	森田 稔	高崎経済大学
幹事	藤山 淳史	北九州市立大学
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 2025 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/>