



環 境 科 学 会
Society of Environmental Science, Japan

環境科学会 2020 年会

講演要旨集

期日： 2020 年 9 月 19 日(土)～9 月 20 日(日)

会場： オンライン開催

公益社団法人
環 境 科 学 会

環境科学会 2020年会

日 程： 2020 年9 月19 日（土）～ 20 日（日）

場 所： オンライン開催

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、下記URLの参加登録WEBシステムを利用した登録と参加費の振り込みが必要です。オンライン開催のため現金払いはできません。また、9月11日17：00までに参加登録と振込払いの確認が出来ない場合、年会に参加いただけなくなるため注意してください。
- ・8月24日（月）17：00までに参加登録と参加費を振り込みいただくと早期登録となり参加費が少しお安くなります。
- ・8月24日（月）17：00までに参加費の振り込みをいただけないと早期登録とならず、金額が変わりますので、ご注意ください。

年会案内WEB サイト：http://www.ses.or.jp/conference_2020conf/

参加登録WEB システム：<https://ses.conf.atlas.jp/login>

※ アカウントは、発表申込と参加登録で共通です。先に発表申込を済ませた方は、同じアカウントで参加登録をしてください。

※ 納入いただいた参加費等は返金できませんので、ご注意ください。

※ 振込取扱票の「通信欄」に「住所」「氏名」「参加申込番号（A で始まる6桁の英数字）」をご記入ください。

※ 振込手数料は参加者様にてご負担ください。

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	(シンポジウム登壇者)		シニアフェロー 高校生
			非会員	非会員（学生）	
早期登録 (8月24日17：00まで)	6,000 円	3,000 円	6,000 円	3,000 円	無料 (参加登録は必要)
直前登録 (9月11日17：00まで)	8,000 円	4,000 円	8,000 円	4,000 円	

- ・発表しない場合

登録・支払日時	正会員	準会員	非会員	非会員（学生）	シニアフェロー 高校生
早期登録 (8月24日17：00まで)	無料	無料	9,000 円	5,000 円	無料 (参加登録は必要)
直前登録 (9月11日17：00まで)	2,000 円	2,000 円	11,000 円	6,000 円	

交流会費

中止です

郵便振替あるいは銀行振込のいずれかをご利用ください。

① 郵便振替：

振替口座 記号番号 00190-0-791543

加入者名 公益社団法人 環境科学会

② 銀行振込 (他の銀行からお振込みの場合)：

銀行口座 ゆうちょ銀行 〇一九 当座 0791543

名 義 人 シヤ) カンキョウカガクカイ

表彰式、記念講演：

日 時：9 月19 日（土）16：15 ～ 17：25

場 所：オンライン開催（Zoom）

受賞者：学会賞(1名)，学術賞(3名)，奨励賞(1名)，論文賞(2編)，優秀研究企画賞(2名)

若手育成事業における優秀発表賞は後日ホームページで発表します。

交流会：

オンライン開催のため行いません。

※問合わせ先※

1) 研究発表・参加登録・プログラム・会場・その他に関するお問い合わせ

公益社団法人 環境科学会 年会委員会 (E-mail：nenkai@ses.or.jp)

2) 入会手続きに関するお問い合わせ

公益社団法人 環境科学会 事務局

TEL: 03-6824-9383 FAX: 03-5227-8631

E-mail：sesj-office@bunken.co.jp

発表者の皆様へ

1. 発表時間

① オンデマンド型の動画による発表（一般発表）

発表動画ファイルの時間は1件10～15分です。

テキストでのコメント、議論、質疑応答を可能とする予定です。

② オンデマンド型の動画による発表（年会優秀発表賞応募発表）

学生とポスドクを対象とした年会優秀発表賞（富士電機賞）応募発表です。

動画ファイルの時間は1件 5分です。

テキストでのコメント、議論、質疑応答を可能とする予定です。

2. 発表用動画ファイルの作成方法

パワーポイントに音声を記録して、発表用動画ファイル（mp4）の作成を行ってください。

以下に、PowerPoint 2019での作成の流れを記載します。

- ・スライドショーのタブから「スライドショーの記録」をクリックします。
- ・「記録」 ボタンをクリックして録画を開始します。
- ・それぞれのスライドに音声を記録し、最後のスライドまで記録します。
- ・ファイルのタブから、「エクスポート」→「ビデオの作成」を選び、画質設定のメニューで「HD 720 p」とします。
- ・「記録されたタイミングとナレーションを使用する」になっていることを確認して「ビデオの作成」をクリックします。
- ・動画ファイルのファイル名は「講演番号」としてください。
- ・作成した動画ファイルの拡張子が「.mp4」になっていることを確認してください。

3. 発表用動画ファイルの提出方法

ファイルのご提出は、下記流れでお願いします。

各自で利用可能なGoogleドライブやDropbox、または任意のファイル転送サービスを用い、動画ファイル（ファイル名は講演番号）をアップロードし、動画ファイルのダウンロードURLを作成してください（そのURLからファイルがダウンロードできることを必ず確認してください）。

2020年8月26日（水）昼頃までにファイルのダウンロードURL提出に関するメール連絡がありますので、その指示に従ってご提出ください。

※ 提出の締切日時までに提出されない場合、発表取消となりますので、ご注意ください。

4. 年会当日の注意点

各発表に関する質問、コメント等がConfitの各自の講演ページのコメント欄に書き込まれますので、日に何度かコメントの確認をお願いします。各日の昼休み、2日目のシンポジウム6の終了後にはコメントの確認をお願いします。

質問、コメント等への回答を書き込む際には、誰からの質問、コメントに対するものかを最初に記述してください。

参加者の皆様へ

1. 当日の流れ

- ① オンライン会場へのログイン（各講演へのコメントの書き込みをされない場合はログインの必要はありません）

2020年会のオンライン会場のURLは 9月18日に参加登録時に登録されているメールアドレス宛に送付させていただきます。そのURLより年会会場にアクセスしていただき、ログインするためのIDとパスワードの新たに作成をお願いします。（Confitの参加登録や研究発表の申込時のログインID、パスワードとは異なります）



各講演に対し質問やコメントを書き込みされる前に、「マイプロフィール」から「編集」を選択し、氏名と所属が入力されていることの確認をお願いします。氏名、所属が正確に入力されていない場合、質問やコメントを書き込んだ際に、誰が書き込んだものかわからず、質問に対する回答が出来ない場合があります。



② 研究発表の動画の視聴と質問、コメントの書き込み

各講演のページから、登録されている研究発表の動画が視聴可能です。年会の開催中はいつでも視聴できます。各講演のページの「コメント」をクリックしていただき、発表者への質問やコメントの書き込みをお願いします。

20xx年Confit学会学術大会

TOP > タイムテーブル > 2020年7月1日(水) > セッション情報 > 講演情報

開催情報

- ZOOM
- 講演動画一覧
- スポンサー紹介 (動画あり)
- 出展者一覧
- お知らせ (0)

プログラム

- タイムテーブル
- セッション一覧
- 予稿集PDFダウンロード
- 講演検索

展示会

- 出展者一覧
- 展示会場マップ
- 出展者検索

講演情報

印刷

Tweet いいね! 0

デモサイト

[DEMO1] デモサイト①
△△△△△

2020年7月1日(水) 10:00 - 11:00 (メインホール)

オーガナイザー: アトラス 座長(AAA大学)

[Live会場はこちら \(Zoom\)](#)

スケジュール 1 ★ いいね! 1 コメント (12)

発表者追加情報を参照

[DEMO1-1] ①発表スライド・ポスター公開 (発表者が直接アップロード)
△△△△△

○アトラス 太郎¹、アトラス 花子²、アトラス 次郎³
(1.〇〇大学、2.xx大学、3.△△大学)

講演一覧の枠内と抄録ページに表示します。参加者ログイン、または抄録閲覧パスワードを解除しなくても表示できます。

キーワード: aaa、bbb、ccc

講演詳細ページに表示します。

参加者用マイメニュー

本サイトは、参加登録された方のみログインするとスケジュール登録などの便利な機能をご利用いただけます。

[参加者用ログイン](#)

講演検索

タイトル、発表者等

[検索](#)

[詳細検索](#)

Atlas
Advance Scholarly Communications
一歩進んだ、最新の知見システムとサービスを提供します。

em Editorial Manager
ジャーナル編集を一歩先へ

SMOOSY
ITで会員管理の負担を軽減し「研究に専念できる未来」へ

参加者が投稿した質問、コメントは投稿順に表示されます。階層構造ではありません。質問、コメント等への回答を書き込む際には、誰からの質問、コメントに対するものかを最初に記述してください。

発表者追加情報

[DEMO1-1] ①発表スライド・ポスター公開 (発表者が直接アップロード)
△△△△△

○アトラス 太郎¹、アトラス 花子²、アトラス 次郎³
(1.〇〇大学、2.xx大学、3.△△大学)

講演一覧の枠内と抄録ページに表示します。参加者ログイン、または抄録閲覧パスワードを解除しなくても表示できます。

PDFダウンロード スケジュール 1 ★ いいね! 1 コメント (12)

[すべてのコメントを表示する](#)

山田 健太郎 (アトラス大学)
2020/08/21 13:21 [削除]

コメントします

山田 健太郎 (アトラス大学)
2020/08/27 09:36 [削除]

テスト

山田 健太郎 (アトラス大学)
2020/08/27 09:48 [削除]

test

[最新コメント取得](#)

コメントする

1000 [投稿](#)

投稿したコメントはあとから削除できます。削除する投稿を表示し、削除のリンクをクリックしてください。他人のコメントを削除しないよう注意してください。

【注意点】

各講演の動画のスクリーンショットを撮ったり、動画を録画したりすることはご遠慮ください。

③ シンポジウム，表彰式，記念講演への参加

各シンポジウム，表彰式，記念講演はZoomを用いて行われます。各会場へは，オンライン会場の各詳細ページに記載されているリンクから参加をお願いします。

Zoomの会場に入られる際には，「名前」をフルネームに設定をお願いします。

（普段使われているイニシャルや苗字のみでの参加は会場運営に支障が生じますのでご遠慮ください）

シンポジウム中は，マイクを「ミュート」，カメラを「オフ」にしてください。

質問時には，オーガナイザーの指示に従いマイクを「オン」にしてください。

【注意点】

各講演の動画のスクリーンショットを撮ったり，動画を録画したりすることはご遠慮ください。

プログラム

会場名		オンライン会場	
9月19日 (土)	9:00		
	9:15		
	9:30		
	9:45	シンポジウム-1	学術賞受賞記念シンポジウム シンポジウム-2
	10:00	大学におけるSDGsの学修活動を地域へ～大学と中小企業の産学連携への展開～	カーボンプライシングの事後評価と長期的目標実現のための制度オプションの検討
	10:15		
	10:30		
	10:45		
	11:00	杉本卓也	有村俊秀
	11:15	江波戸順史	鷲津明由
	11:30	9:30～12:00 (Zoom)	9:30～11:30 (Zoom)
	11:45		
	12:00		
	12:15		
	12:30	昼休み	
	12:45	12:00～13:30	
	13:00		
	13:15		
	13:30	学術賞受賞記念シンポジウム	
	13:45	環境研究総合推進費シンポジウム	
	14:00	シンポジウム-3	
	14:15	わが国における食品ロスの実態と環境・経済・社会への影響	
	14:30		
	14:45		
	15:00	棟居洋介	
	15:15	増井利彦	
	15:30	13:30～16:00 (Zoom)	
	15:45		
	16:00		
	16:15	表彰式と特別講演 16:15～17:25	
	16:30		
	16:45		
	17:00		
	17:15		
	17:30		
	17:45	交流会は中止となりました。	
	18:00		

会場名		オンライン会場	
9月20日 (日)	9:00		
	9:15		
	9:30	学術賞受賞記念シンポジウム	
	9:45	シンポジウム-4	シンポジウム-5
	10:00	資源循環社会形成のための支援技術と影響評価手法	化学物質管理促進のためのPRTRデータの実践的な活用に向けた課題と最新研究動向
	10:15		
	10:30		
	10:45		
	11:00	松本 亨	小口正弘
	11:15	藤山淳史	亀屋隆志
	11:30	9:30～12:00 (Zoom)	9:30～12:00 (Zoom)
	11:45		
	12:00		
	12:15		
	12:30	昼休み	
	12:45	12:00～13:30	
	13:00		
	13:15		
	13:30	シンポジウム-6	
	13:45	バックエンド問題の社会的合意はなぜ難しいのか: 技術的安全性と社会的安全性から考える	
	14:00		
	14:15		
	14:30		
	14:45		
	15:00	松岡俊二	
	15:15	松本礼史	
	15:30	13:30～16:00 (Zoom)	
	15:45		
	16:00		

※ シンポジウムの枠内の氏名はオーガナイザーです。

受賞講演

奨励賞受賞講演

- A01 企業の環境パフォーマンスと財務評価の関係解析に関する研究
○八木迪幸 (信州大学)

優秀研究企画賞受賞講演

- A02 タイロシンとその分解生成物の家畜糞—堆肥—水域環境への移行と藻類への影響
○石川奈緒, 笹本誠, 伊藤歩, 前田武己 (岩手大学)

論文賞受賞講演

- A03 炭素税・FIT 賦課金による産業・家計への影響—産業連関分析による定量的評価—
○亀岡滯, 有村俊秀 (早稲田大学)

論文賞受賞講演

- A04 ハロゲン化多環芳香族炭化水素類(XPAHs)の廃棄物焼却施設からの年間排出量と大気中濃度への寄与度の推定
○王齊, 徳村雅弘, 三宅祐一, 雨谷敬史 (静岡県立大学), 堀井勇一, 蓑毛康太郎, 野尻喜好, 大塚宜寿 (埼玉県環境科学国際センター)

優秀研究企画賞受賞講演

- A05 物質フロー分析と再生技術のプロセス分析に基づくプラスチックの循環利用率の検討
○中谷隼, 丸山多聞, 方大樹, 栗栖聖, 森口祐一 (東京大学)

一般発表

- O01 食品ロス削減のために意識する行動の実施頻度と活用としてのフードドライブ
○青木えり (東洋大学)
- O02 最小スケール気候変動適応策としての被服色彩選択効果について
○一ノ瀬俊明 (国立環境研究所, 名古屋大学)
- O03 時空間ランダムウォークモデルによる感染対策の検証
○一ノ瀬俊明 (国立環境研究所, 名古屋大学), 田丹鶴 (筑波大学, 国立環境研究所), 李一峰 (元筑波大学, 元国立環境研究所)
- O04 インド企業による人工衛星データを用いた日本の農業支援策の提案
○松村寛一郎, AgriForetell Piyush Kumar (東京農業大学)
- O05 図解アプローチによるサステナビリティ問題の表現: 環境問題を例に
○田崎智宏, 亀山康子, 山口臨太郎 (国立環境研究所), 近藤哲朗, 沖山誠 (図解総研)
- O06 ボランティア活動参加に対する依頼に関係する要因の影響
○森保文 (国立環境研究所), 前田恭伸 (静岡大学), 浅野敏久 (広島大学)
- O07 COVID-19 パンデミック・レジリエンスと統合的アプローチ
○小松英司 (環境創生科学研究所, 明治大学)
- O08 タイにおける持続可能なライフスタイルと幸福感に関する研究
○近藤加代子, 畢亦凡, 王雨童, 王東豪, 井上朝雄 (九州大学)

- O09 気候変動に対する「構造的適応策」の検討プロセスのデザイン
○白井信雄, 西村武司 (山陽学園大学), 中村洋 (山口東京理科大学)
- O10 アジア地域における家庭由来食品ロスの発生現状とSDGs 12.3 に向けた政策提言
劉晨 (地球環境戦略研究機関)
- O11 「自然エネルギー100%大学」への道
○原科幸彦 (千葉商科大学)
- O12 都市廃棄物リサイクル率の国際比較可能性の検証
○栗生木千佳, 劉晨 (地球環境戦略研究機関)
- O13 我が国の循環型社会ビジネスの市場規模の推計方法の検討
○谷口友莉, 高木重定 (みずほ情報総研株式会社), 橋本征二 (立命館大学)
- O14 小型レーダーによる雨滴計測方法の開発
○岩熊眞起, 飯田友和, 安藤崇 (株式会社東京建設エンジニアリング)
- O15 教育研究機関におけるカーボンフットプリントの現状: 総合地球環境学研究所の事例を中心に
○増原直樹, 西條辰義 (総合地球環境学研究所)
- O16 PRTR データを活用した地域環境リスク推定に向けた大気中の化学物質のバックグラウンド調査
○櫛島智恵子, 星純也, 加藤みか (東京都環境科学研究所)
- O17 特産品を通じた適応に関する認識変容の分析～長野県高森町における実証研究～
○中村洋 (山口東京理科大学), 白井信雄 (山陽学園大学), 田中充 (法政大学)
- O18 街なかの市民共同発電が住民の節電行動に与える影響の分析
○村上一真 (滋賀県立大学)
- O19 地域環境リスク推定のための PRTR データを活用した大気濃度の推計と評価
○加藤みか, 櫛島智恵子, 星純也 (東京都環境科学研究所), 青木建樹, 井上知也 (みずほ情報総研株式会社)
- O20 衛星観測データを用いた建物延床面積推計モデルの構築
○杉本賢二 (大阪工業大学), 奥岡桂次郎 (岐阜大学), 秋山祐樹 (東京都市大学)
- O21 地域の将来像実現にむけた取組の関係構造と間接貢献度の把握
○河瀬玲奈 (滋賀県琵琶湖環境科学センター)
- O22 都市化の進行と水供給システムへの意識の変化 ハノイ都市圏におけるケーススタディ
○荒巻俊也 (東洋大学), Quynh Chi LE (National University of Civil Engineering, Hanoi)
- O23 果樹栽培の環境要因に関する統計分析
○島崎洋一 (山梨大学)
- O24 地域気候変動適応計画の課題-緩和策と適応策のベストミックスの再議論
○宮城奈緒美, 平山世志衣 (株式会社環境創生科学研究所), 小松英司 (明治大学, 株式会社環境創生科学研究所)
- O25 近代資本主義経済がもたらす自然資本を測定するシャドー価格のあり方についての検討
○笠原恵美 (武蔵野大学)
- O26 日本版社会経済シナリオのイメージ図
○松橋啓介, 高橋潔 (国立環境研究所)
- O27 クロロエチレン等の揮発性有機塩素化合物の公定法土壌溶出試験結果の意味の確認
○小林剛 (横浜国立大学)

- O28 The Impact of the Tokyo Emissions Trading Scheme on Economic Performance: Empirical Study Using Facility-level Data
○阿部達也, 有村俊秀 (早稲田大学)
- O29 東京都内の中小規模オフィスにおける省エネルギーバリアに関するアンケート調査
○片野博明, 藤井康平 (東京都環境科学研究所)
- O30 開発途上国における電力アクセスの向上が女性の雇用に与える影響
○大谷菜々子, 棟居洋介 (東京工業大学), 金森有子, 増井利彦 (国立環境研究所)
- O31 ライフスタイル評価項目を用いた心豊かさで行いたさにおける重要度の比較分析
○菅原玲 (東北大学), 古川柳蔵 (東京都市大学)
- O32 水源への化学物質流出に対する高度浄水処理の対応能力と対策に関する費用対効果
○北本靖子, 伊藤理彩, 東海明宏 (大阪大学)
- O33 アフリカ・ウガンダ及びルワンダにおける簡易型大気汚染測定局の実証
○依田隆志 (日本気象協会), 石垣陽 (電気通信大学), 松本佳宣 (慶應義塾大学), Tofayo Clever (NEMA of Uganda)
- O34 ジオインフォマティクスを用いた環境保全型農業による水稻栽培の管理に関する研究
佐藤響平, ○後藤真太郎 (立正大学)
- O35 公園内の暑熱環境の実態と推定
○尾崎平, 小堀悠也 (関西大学)
- O36 持続可能な地域社会実現のための支援策の課題と改善方針ー滋賀県東近江市「近江匠人」認証制度の事例よりー
○金再奎, 岩川貴志 (滋賀県琵琶湖環境科学センター), 佐子都, 清水泰行 (東近江市)
- O37 プロスポーツリーグにおける環境対策の現状と課題ーBリーグを例にー
○新本知也, 棟居洋介 (東京工業大学), 金森有子, 増井利彦 (国立環境研究所)
- O38 宮崎県における可燃ごみの広域処理による環境への影響
○戸敷浩介, 前田拓真 (宮崎大学)
- O39 リスク情報受容の規定因としての科学技術の「風土化」
○小野聡 (千葉商科大学), 熊澤輝一, 寺田匡宏 (総合地球環境学研究所)
- O40 消費者の支払額と所要時間を考慮した洗濯機シェアリングの消費者受容性の評価
○文多美, 天沢逸里, 平尾雅彦 (東京大学)
- O41 Biogas Production from Co-digestion of Cowpea Hull and Waste Activated Sludge
○Ogbonna Christian, Zhang Zhenya (University of Tsukuba)
- O42 横浜の若者の Well-being に関する定量調査
○吉田綾 (国立環境研究所)
- O43 市町村別地域創生成果指標の算定に関する研究
○中口毅博 (芝浦工業大学), 阿部治 (立教大学)
- O44 各分野の地域気候変動適応策の策定を見据えたエビデンスベース政策形成の可能性
○馬場健司 (東京都市大学), 小楠智子, 工藤泰子 (日本気象協会), 岩見麻子 (熊本県立大学), 田中充 (法政大学)

年会優秀発表賞応募発表

- BH01 豪雨・土砂災害が住民の災害リスク認識に与える影響: 広島市周辺の地価に着目して
○染岡夏樹 (早稲田大学)
- BH02 廃熱で発電!? スターリングエンジン!
○乙黒愛理, 磯部萌香, 井手優菜 (山梨英和高等学校)
- BH03 外来生物に対する小学生から高校生の意識高揚に関する研究Ⅱ
○加藤薫子, 坂尻巴奈 (山梨英和高等学校)
- BH04 バングラデシュにおける産業排水中に含まれる有機・無機汚染物質の高効率除去の初期検討
○向井和可子, 徳村雅弘, 牧野正和 (静岡県立大学)
- BH05 名古屋市中心部における洪水浸水地域の建設資材ストック推計
○岩下樹, 吉田英立, 白川博章, 谷川寛樹 (名古屋大学)
- BH06 ガスクロマトグラフ-高分解能質量分析計を用いた水道水中の生ぐさ臭原因物質の構造推定
○山下優輝, 新福優太, 高梨啓和, 中島常憲 (鹿児島大学), 秋葉道宏 (国立保健医療科学院)
- BH07 ガス状及び粒子状ニコチンの測定法の検討
○小松純奈, 王斉, 三宅祐一, 雨谷敬史 (静岡県立大学)
- BH08 代替シロアリ防除剤 23 物質に対する一斉分析法の検討
○山口夏純, 三輪春樹, 清健人, 甲斐葉子, 王斉, 三宅祐一, 雨谷敬史 (静岡県立大学)
- BH09 日本におけるストック由来の建設廃棄物量の推計
○松代竜毅, 山下奈穂, 白川博章, 谷川寛樹 (名古屋大学)
- BH10 室内空気中ホルムアルデヒドに対する簡易空気清浄法の実空間における性能予測と評価
○鈴木茉佑, 徳村雅弘, 牧野正和 (静岡県立大学)
- BH11 各種オゾン酸化法による染色排水の分解除去性能の比較
○澁谷柊介, 徳村雅弘, 牧野正和 (静岡県立大学)
- M01 資源ごみの分別収集におけるスーパーマーケットの店頭回収の役割に関する考察
○鈴木万柚子, 田畑智博 (神戸大学)
- M02 同一性判定システムを用いた浸水想定区域における建設資材ストック・フロー分析 - 東京都市圏におけるケーススタディー -
○吉田英立, 白川博章, 谷川寛樹 (名古屋大学)
- M03 ライフサイクル思考を取り入れた環境学習支援システムの構築
○白土晶, 山本佳世子 (電気通信大学)
- M04 乗車時における難燃剤のヒトへの曝露実態調査
○三輪春樹, 王斉, 徳村雅弘, 三宅祐一, 雨谷敬史 (静岡県立大学)
- M05 瀬戸内海の二枚貝に残留する多環芳香族炭化水素レベルと AhR アゴニストの活性評価
○黒石佳奈, Nguyen Minh Tue, 後藤哲智, 田辺信介, 国末達也 (愛媛大学)
- M06 日本及びバングラデシュにおける多環芳香族炭化水素類とそのハロゲン誘導体の発生源推定及び発がんリスク評価
○清健人, 王斉, 徳村雅弘, 三宅祐一, 雨谷敬史 (静岡県立大学), Anwar Hossain, Mohammad Raknuzzaman (University of Dhaka)
- M07 近代資本主義経済がもたらす自然資本を測定するシャドー価格のあり方についての検討
○笠原恵美 (武蔵野大学)

- M08 土壌カラムによる揮発性有機塩素化合物の加温時の分解挙動予測手法の検討
○李京, 田小維, 鈴木市郎, 小林剛 (横浜国立大学), 山崎祐二, 清水孝昭 (竹中工務店)
- M09 PRTR 制度におけるすそ切り以下事業者からの化学物質排出量の推計精度
○山崎耕平, 水谷聡 (大阪市立大学), 小口正弘, 早水輝好 (国立環境研究所), 貫上佳則 (大阪市立大学)
- M10 建築物解体に伴うコンクリート塊の需給バランスの将来予測
○森田大登, 白川博章, 谷川寛樹 (名古屋大学), 深堀秀敏 (北九州市立大学)
- M11 鉛による表層土壌汚染地での吸入等の多様な経路からの曝露量評価
○半田千智, 小林剛, 佐々木佑真, 亀屋隆志 (横浜国立大学)
- M12 人工皮膚を用いた室内製品との直接接触に伴うリン系難燃剤の経皮曝露量の推定
○新堂真生, 大石真菜, 徳村雅弘, 王斉, 三宅祐一, 雨谷敬史, 牧野正和 (静岡県立大学)
- M13 気象データを用いたトリチウム法による秋田島海山麓湧水の年代推定
○宮崎智也, 金澤伸浩 (秋田県立大学)
- M14 個人曝露量測定のための拡散型サンプラーにおけるサンプリングレート推算法の検討
○大石純菜, 王斉, 徳村雅弘, 三宅祐一, 雨谷敬史 (静岡県立大学), 福島靖弘, 鈴木義浩 (柴田科学株式会社)
- M15 木材の地産地消を考慮した都市と人工林の炭素ストック量の将来推計—福岡県北九州市におけるケーススタディー—
○山田久太, 白川博章, 谷川寛樹 (名古屋大学), 深堀秀敏 (北九州市立大学)
- M16 促進酸化法を用いた排水中の抗生物質の処理技術の検討
○鰐川雅花, 徳村雅弘, 王斉, 三宅祐一, 雨谷敬史, 牧野正和 (静岡県立大学)
- M17 高分解能質量分析計を用いた流入下水中の未知物質の同定
○酒井俊貴, 田中孝昌, 高梨啓和, 中島常憲 (鹿児島大学), 鈴木裕識, 村田里美, 對馬育夫 (土木研究所), 澤井淳, 宮本信一, 後藤康之, 戸田美沙, 小久保貴幸 (いであ株式会社)
- M18 幼児の自然体験を通じた感受性への影響
○水谷早彩香, 大野朋子 (神戸大学)
- M19 浸水深別被害率を用いた洪水浸水被害による水害廃棄物発生量の推計—名古屋市におけるケーススタディー—
○水嶋彩恵, 白川博章, 谷川寛樹 (名古屋大学)
- M20 高分解能質量分析と密度汎関数理論による流入下水中の未知物質の構造推定
○田中孝昌, 酒井俊貴, 桐原晃希, 新福優太, 高梨啓和, 中島常憲 (鹿児島大学), 鈴木裕識, 村田里美, 對馬育夫 (土木研究所), 澤井淳, 宮本信一, 後藤康之, 戸田美沙, 小久保貴幸 (いであ株式会社)
- M21 家庭及び施設における衛生管理に有効な炭酸水の条件
○工藤優之, 金澤伸浩 (秋田県立大学)
- M22 プラスチック樹脂の FT-IR スペクトルの特徴付けと材質の同定手順
○金振雅, 亀屋隆志, 小林剛 (横浜国立大学)
- M23 化管法見直し対象物質の自動同定定量データベースの開発と環境中濃度解析
○中村ひな, 亀屋隆志, 小林剛 (横浜国立大学)

- M24 塩素化多環芳香族炭化水素代謝物の芳香族炭化水素受容体に関する多段階活性評価
○多田智彦, 清健人, 王齊, 徳村雅弘, 三宅祐一, 雨谷敬史, 牧野正和 (静岡県立大学), 保田倫子 (椙山女学園大学)
- M25 酸化剤の担持が高分子吸着剤のヒ素(III)吸着に与える影響
○宋玉, 後藤健彦, 中井智司 (広島大学)
- M26 Classification of Secondary Lead Resources in China
○Jian Zhang, Xaysackda Vilaysouk, Sébastien Dente, Seiji Hashimoto (Ritsumeikan University)
- M27 ライフサイクル水銀排出量の分析に向けた LCI データの作成
○青木一将, 橋本征二 (立命館大学), 田原聖隆 (産業技術総合研究所)
- M28 クロルピリホス S-アリル異性体の生成機構と神経毒性能評価
○船水純那, 五老祐大, 徳村雅弘, 牧野正和 (静岡県立大学), 山田建太 (常葉大学)
- M29 カーシートとの直接接触に伴う難燃剤の経皮曝露量に及ぼす影響因子の検討
○大石真菜, 新堂真生, 徳村雅弘, 王齊, 三宅祐一, 雨谷敬史, 牧野正和 (静岡県立大学)
- D01 Decomposition of total CO2 emission at Japan's sectoral level using the LMDI method
○呂冠宇 (早稲田大学), 杉野誠 (山形大学), 堀江哲也 (上智大学), 有村俊秀 (早稲田大学)
- D02 ベトナムにおける持続可能な住まいと居場所の選択
近藤加代子, ○畢亦凡, 王陳ロウ, 井上朝雄 (九州大学), 加藤尊秋 (北九州市立大学)
- D03 離島における再生可能エネルギー導入の経済波及効果:長崎県対馬市を事例として
○松村悠子 (大阪大学), 松本健一 (長崎大学)
- D04 Use of Liquid Food Waste with High Salinity as a Substrate for Thraustochytrid
○Nurlaili HUMAIDAH, Satoshi NAKAI, Takehiko GOTOH (Hiroshima University, Grad. School Engineering), Wataru NISHIJIMA (Hiroshima University, Environment Research Management Center)
- D05 Advancement of Green Public Purchasing by Category: Do greenpurchasing policies have any role?
宮本拓郎 (東北学院大学), ○矢島猶雅, 塚原孝宙, 有村俊秀 (早稲田大学)

企画シンポジウム

【1日目】

シンポジウムー1 9月19日(土) オンライン 9:30～12:00

「大学におけるSDGsの学修活動を地域へ ～大学と中小企業の産学連携への展開～」

オーガナイザー 杉本卓也 (千葉商科大学) 准教授

江波戸順歴 (千葉商科大学) 准教授

挨拶：江波戸順史 (千葉商科大学) 准教授

趣旨説明：SDGsへの取り組みが各主体で始まっているが、大企業と比べて中小企業は、組織の大きさによる人員確保の難しさやSDGsの取り組みに関する情報収集能力に差が生じると考えられる。SDGsやそれに関連する取り組みは中小企業にとって新しい取り組みとなり得るが、そのような中で、実社会の現場で学修と活動を行うアクティブラーニングでは、産学連携の枠組みの中で企業とSDGsに関する取り組みを展開できる可能性がある。大学や学生にとっても、企業と関わりながらSDGsの活動を実施する機会は、社会人基礎力や就業力といったキャリア教育として貴重な機会になる。

このシンポジウムでは、大学でのSDGsの取り組みや中小企業との連携活動の報告を交えながら、産学連携におけるSDGsの展開方策について検討していく。

講演者：①「千葉商科大学における共同事業の取り組みと学長プロジェクトの今後の展望」

杉本卓也 (千葉商科大学) 准教授

②「中小企業におけるSDGsへの取り組みと大学の役割」

手嶋進 (千葉商科大学) 准教授

③「オンラインによる環境活動推進の取り組み ～ECORUTINGプロジェクト～」

竹内彩乃 (東邦大学) 講師

④「産学連携教育とSDGs - 高等教育論の視点から - 」

内山弘美 (サレジオ高専) 非常勤講師

総合討論

司会：杉本卓也 (千葉商科大学) 准教授

シンポジウム-2 9月19日(土) オンライン 9:30 ~ 11:30

学術賞受賞記念シンポジウム

「カーボンプライシング本格導入に向けた検討：事後評価と制度オプション提案」

プロジェクト名：「カーボンプライシングの事後評価と長期的目標実現のための制度オプションの検討」

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

挨拶：有村俊秀（早稲田大学）教授

趣旨説明：二酸化炭素の長期削減目標実現のために、カーボンプライシングの本格導入が検討されている。そこで、本シンポジウムは、環境研究総合推進費（2-1707）「カーボンプライシングの事後評価と長期的目標実現のための制度オプションの検討」の研究成果である「Carbon Pricing in Japan」（Nature Springer）の内容を中心に報告する。まず、自治体による排出量取引制度（東京・埼玉）の事後評価研究を紹介する。次に、上・中・下流の3つの炭素税課税方法について研究を紹介する。その上で、本格導入に向けた制度オプション（二重の配当政策、国際競争力配慮、家計負担等）について議論する。最後に、公募発表者、フロアも含めた討論を行う。

講演者：①「カーボンプライシングの効果と可能性：Carbon Pricing in Japan の紹介」

有村俊秀（早稲田大学）教授

②「炭素税課税段階の検討：2011年次世代エネルギーシステム分析用産業連関表の応用分析」

鷺津明由（早稲田大学）教授

③「有効炭素税率の短期的影響—国際競争力に配慮したカーボンプライシング政策—」

杉野誠（山形大学）准教授

<質疑応答>

④「応用一般均衡モデルによる日本の環境税制改革の分析」

武田史郎（京都産業大学）教授

⑤「炭素税導入に伴う法人税減税による企業の財務的影響」

浅川賢司（公益財団法人地球環境戦略研究機関）
プログラスマネージャー

⑥「環境税収の雇用保険制度を通じた還元に関する研究」

木元浩一（早稲田大学）次席研究員

⑦「段階料金制度下での家計の電力需要の価格弾力性」

松本茂（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

（※本シンポジウムは、環境研究総合推進費 2-1707 および 2-2008 の支援を受けています。）

シンポジウムー3 9月19日(土) オンライン 13:30 ~ 16:00

学術賞受賞記念シンポジウム

「わが国における食品ロスの実態と環境・経済・社会への影響」

プロジェクト名：(共催) 環境科学会、環境再生保全機構

環境研究総合推進費 3-1805

「SDGs12.3 指標の提案に向けた食品ロスの実態の解明」

環境研究総合推進費 3-1903

「我が国の食品ロス削減による環境・経済・社会への影響評価に関する研究」

オーガナイザー 棟居洋介(東京工業大学) 助教

増井利彦(国立環境研究所) 室長

挨拶：環境科学会

趣旨説明： 2019年5月に食品ロス削減推進法が公布され、また7月には食品リサイクル法の新たな基本方針が公表され、家庭系食品ロスに加えて事業系食品ロスについても2030年度までに発生量を2000年度レベルから半減させることが目標に定められました。本シンポジウムでは、わが国の食品ロスの削減に向けて、食品ロス発生の実態の解明と環境・経済・社会に及ぼす影響についてこれまでに得られた知見を報告するとともに、研究者、行政、食品関連事業者の各々の立場から削減に向けた課題について提起し、参加者の食品ロス削減に関する理解と関心を深めることを目的とします。

講演者：①「環境省における食品ロス対策について」

和田直樹(環境省 環境再生・資源循環局 総務課リサイクル推進室) 室長補佐

②「SDGs12.3 指標の提案に向けた食品ロスの実態の解明」

山川肇(京都府立大学 大学院) 教授

③「我が国の食品ロス削減による環境・経済・社会への影響評価に関する研究」

棟居洋介(東京工業大学 工学院) 助教

④「イオンの食品廃棄物削減の取り組み」

鈴木隆博(イオン株式会社 環境・社会貢献部) 部長

総合討論

モデレーター：田崎智宏(国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター) 室長

パネリスト：和田直樹室長補佐、鈴木隆博部長、山川肇教授、棟居洋介助教

閉会挨拶：環境再生保全機構

司会：環境再生保全機構、増井利彦室長

【2日目】

シンポジウムー4 9月20日（日） オンライン 9:30 ～ 12:00

学術賞受賞記念シンポジウム

「資源循環社会形成のための支援技術と影響評価手法」

プロジェクト名：環境研究総合推進費（3-1905）

「静脈系サプライチェーンマネジメントのための情報通信技術の導入可能性と効果分析」

オーガナイザー 松本 亨（北九州市立大学）教授

藤山淳史（北九州市立大学）准教授

挨拶：松本 亨（北九州市立大学）教授

趣旨説明： 廃棄物処理・資源循環分野において、さらなる 3R の推進と資源効率の向上、労働力不足への対応とそのための労働環境の改善が求められている。本シンポジウムでは、廃棄物の発生、収集から選別・加工・再利用に至るプロセスの最適マネジメントのために、情報通信技術の適用可能性を検討する。具体的導入ステージを想定した上で、IoT・AI 等の支援技術を活用したシステムの提案と、環境面・経済面・安全面から検証するための評価手法について研究成果を共有し、トータルマネジメントを実現させるための社会システムの在り方について議論する。またポストコロナ社会における廃棄物処理・資源循環システムの課題と情報通信技術への期待についても論じる。

講演者：①「廃棄物・資源循環分野での IoT を活用した排出・処理事業者間インタラクション実現の可能性」

藤山淳史（北九州市立大学）准教授

②「廃棄物の高効率なエネルギー利用とそれを支援する情報技術の検討」

藤井 実（国立環境研究所）室長

③「産業廃棄物焼却施設における機器保全のニーズ調査と情報通信技術を用いた予兆診断に関する実証試験」

吉田 登（和歌山大学）教授

④「紙マニフェストの入力作業の省力化に向けた現状分析」

秋山浩之（みずほ情報総研）

⑤「ポストコロナを見据えた廃棄物処理・資源循環システムのアプローチ」

小野田弘士（早稲田大学）教授

総合討論

司会：松本 亨（北九州市立大学）教授

シンポジウムー5 9月20日(日) オンライン 9:30 ~ 12:00

「化学物質管理促進のための PRTR データの実践的な活用に向けた課題と最新研究動向」

プロジェクト名：環境研究総合推進費 SⅡ-4

「ライフサイクル全体での化学物質管理に資する PRTR データの活用方策に関する研究」

化学物質管理戦略研究会共同企画

オーガナイザー 小口正弘（国立環境研究所）主任研究員
亀屋隆志（横浜国立大学）教授

挨拶：小口正弘（国立環境研究所）主任研究員

趣旨説明： わが国の化学物質排出・移動量届出制度（PRTR）は2001年の法制化以降、制度の浸透と多くの時系列データの蓄積、排出抑制のための自主管理の改善が行われてきた。一方で、PRTR データをより実践的に活用していくことが次のステップとして求められている。本シンポジウムでは、環境研究総合推進費戦略的研究開発領域課題 SⅡ-4「ライフサイクル全体での化学物質管理に資する PRTR データの活用方策に関する研究」（2019～2021 年度）においてこれまでに得られた成果を報告するとともに、化学物質管理の一層の促進のための PRTR データのより実践的な活用に向けた課題について議論する。

講演者：①-1「環境排出量としての PRTR データの正確性と捕捉範囲の評価」

小口正弘（国立環境研究所）主任研究員

①-2「環境 multimedia モデル G-CIEMS と PRTR 排出量による河川水中濃度分布予測と実測分布との比較」

今泉圭隆（国立環境研究所）主任研究員

②「下水道における PRTR 対象物質の実測データの取得および公表データとの比較による排出量推定精緻化の取り組み」

高沢麻里（土木研究所） 専門研究員

③「コントロールバンディング法を用いた環境リスクアセスメントシート」

亀屋隆志（横浜国立大学） 教授

④「簡易濃度推計ツールの検証に向けた川崎市内の大気環境濃度について」

菊地美加（川崎市環境総合研究所）

⑤「PRTR データ、東京都条例報告データ及び環境モニタリングデータを用いた都内大気中化学物質濃度低減の検証」

星 純也（東京都環境科学研究所）副参事研究員

総合討論

司 会：小口正弘（国立環境研究所）主任研究員、亀屋隆志（横浜国立大学）教授

シンポジウム-6 9月20日(日) オンライン 13:30 ~ 16:00

「バックエンド問題の社会的合意はなぜ難しいのか：技術的安全性と社会的安全性から考える」

プロジェクト名：科学研究費補助金・基盤研究(B) 課題番号：19H04342

「可逆性アプローチによる高レベル放射性廃棄物(HLW) 管理政策と世代間公平性」

オーガナイザー 松岡俊二(早稲田大学) 教授
松本礼史(日本大学) 教授

挨拶：松岡俊二(早稲田大学) 教授

趣旨説明： 高レベル放射性廃棄物(HLW)の最終処分方法や処分地の選定プロセスをめぐる問題がバックエンド問題である。バックエンド問題の解決策としては国際的に地層処分が試みられてきた。日本では、2000年にHLW地層処分の枠組みを定めた最終処分法が制定されているが、立地選定プロセスの第1ステップの文献調査にも着手できていない。本シンポジウム企画は、バックエンド問題の社会的合意がなぜ難しいのかを、技術的安全性と社会的安全性との関係に焦点を当て、日本における市民のHLW管理政策への政策選択の要因分析やフランス、イギリスなどの市民参加の熟議プロセスの事例分析から検討する。

講演者：①「バックエンド問題への社会的受容性アプローチ」

○松本礼史(日本大学) 教授

松岡俊二(早稲田大学) 教授

②「高レベル放射性廃棄物(HLW)の地層処分政策に関する社会的受容性分析：市民会議による質問票調査から」

山田美香(早稲田大学大学院)

③「技術的要因からみた高レベル放射性廃棄物地層処分の社会的合意に向けた課題」

竹内真司(日本大学) 教授

④「高レベル放射性廃棄物地層処分に関する信頼の構造：海外事例からの実証的分析」

Yunhee Choi(早稲田大学大学院)

⑤「バックエンド問題の社会的安全性からみた社会的合意の必要条件」

黒川哲志(早稲田大学) 教授

総合討論

コメンテーター：山下英俊(一橋大学) 准教授

江守稔(公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター)

梅木博之(原子力発電環境整備機構) 理事

寿楽浩太(東京電機大学) 准教授

寺本剛(中央大学) 准教授

司会：松岡俊二(早稲田大学) 教授

2020 年度表彰報告

表 彰 委 員 会

2020 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、2020 年 9 月 19 日（土）～20 日（日）に早稲田大学早稲田キャンパスで開催される環境科学会 2020 年会でご講演いただき、表彰式で表彰します。

学会賞（1 名）

柳 憲一郎（明治大学 専任教授）

学術賞（3 名）

有村 俊秀（早稲田大学 教授）

表彰課題：環境政策提言に資する環境経済学手法による実証研究

松本 亨（北九州市立大学 教授）

表彰課題：資源循環社会形成のための影響評価手法・支援技術に関する研究

棟居 洋介（東京工業大学 助教）

表彰課題：社会・経済シナリオ設定を基にした長期的な環境・経済・社会影響評価に関する研究

奨励賞（1 名）

八木 迪幸（信州大学 講師）

表彰課題：企業の環境パフォーマンスと財務評価の関係解析に関する研究

論文賞（2 編）

王 齊*、徳村 雅弘*、三宅 祐一*、雨谷 敬史*

（*静岡県立大学）

対象論文：ハロゲン化多環芳香族炭化水素類（XPAHs）の廃棄物焼却施設からの年間排出量と大気中濃度への寄与度の推定

環境科学会誌，30 巻 6 号，p. 336-345（2017）

亀岡 滯*、有村 俊秀*

（*早稲田大学）

対象論文：炭素税・FIT 賦課金による産業・家計への影響—産業連関分析による定量的評価—

環境科学会誌，32 巻 4 号，p. 103-112（2019）

〔選考経過等〕

環境科学会では、学会規程により、環境科学の研究において顕著な業績をあげた研究者に学会賞、学術賞、奨励賞を、また、環境科学会誌に優秀な論文を発表した著者に論文賞を贈呈することが定められています。上記の 2020 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 2019 年 12 月 20 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、2020 年 1 月 24 日に表彰委員会を開催して各賞受賞候補者を選考し、その選考経過を 2 月 14 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。

2004 年度からは、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、2021 年度表彰については、受賞候補者の推薦を 2020 年末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、表彰委員会報告と致します。

[2020 年度表彰委員会]

委員長	片谷 教孝	桜美林大学 教授
理 事	中井 里史	横浜国立大学 教授
	森口 祐一	東京大学 教授
幹 事	立花 潤三	富山県立大学 講師
	三宅 祐一	静岡県立大学 助教
委 員	甲斐沼 美紀子	国立環境研究所 フェロー
	亀屋 隆志	横浜国立大学 教授
	岸本 充生	大阪大学 教授
	大門 裕之	豊橋技術科学大学 教授
	田崎 智宏	国立環境研究所 室長
	永淵 修	福岡工業大学 客員教授
	馬場 健司	東京都市大学 教授

[2020 年度の各賞受賞者]

学会賞

受賞者氏名：柳 憲一郎（やなぎ けんいちろう）

表彰課題：持続可能な社会に向けた環境法学的研究による環境科学への貢献

所属・職：明治大学法学部・専任教授

専門分野：環境法，新領域法学

略 歴：1976 年 中央大学法学部卒業

1979 年 筑波大学大学院環境科学研究科修士課程修了

1981 年 筑波大学社会科学系準研究員

1988 年 北海学園北見女子短期大学助教授

1992 年 明海大学不動産学部助教授

1995 年 ケンブリッジ大学土地経済学部客員研究員

1999 年 明海大学大学院不動産学研究科教授

2004 年 明治大学法科大学院法務研究科専任教授

2008 年 （独）大学入試センター客員教授

2018 年 明治大学法学部専任教授（現職）



柳 憲一郎

（やなぎ けんいちろう）

表彰理由：

柳憲一郎氏は、環境法を専門に研究を行い、地球本位型社会の形成やゼロ・エミッション型社会システムなど、持続可能な社会の実現に向けて、法的、政策的な面からの支援手法について分析されてきた。また、わが国のみならず、米国、欧州のほかアジアを中心とした発展途上国を対象に、環境法や環境基準、リスク管理の分野における諸課題（水質規制や廃棄物等の環境管理、国際協力等）についての研究にも取り組まれてきた。なかでも、環境影響評価（環境アセスメント）については、持続可能な社会システムを構築するための具体的ツールとしての役割とその課題についての分析や、地方自治体における環境アセスメントに関する条例の動向についての研究など、わが国における環境影響評価の発展に貢献されてきた。特に、環境影響評価の実行性を高めることを目的として、政策決定者、企業、市民、NPO といった環境影響評価に関する幅広いステークホルダーの参加や国際協力等の交流拠点の形成にも尽力されてきた。

柳憲一郎氏のこれまでの研究の成果や取り組みは、『環境アセスメント法』（2000 年）、『環境アセスメント法に関する総合的研究』（2011 年）、『コンパクト環境法政策』（2015 年）など、多数の著書を通じて広く取りまとめられている。さらに、柳憲一郎氏は、公健法不服審査会委員、東京都環境影響評価審議会会長、東京オリンピック・パラリンピック環境影響評価委員会会長、埼玉県環境影響評価技術審議会会長、川崎市環境影響評価審議会会長、江東区環境審議会会長なども歴任され、環境法や環境アセスメント分野における学術的な成果を社会に還元する活動にも精力的に取り組まれてきた。さらに、環境科学会の運営においても、重要な役割を果たし、理事を 3 期 6 年間、副会長を 2 期 4 年間、会長を 1 期 2 年間務められ、会の発展を支えてこられた。このような氏の業績は、環境科学ならびに環境科学会の発展に貢献した者に与えられる環境科学会学会賞にふさわしいものと評価できる。

主要業績：

【研究論文等】

- (1) Kenichiro Yanagi, Akihiro Nakamura, Eiji Komatsu, The importance of designing a comprehensive Strategic Environmental Assessment (SEA) & Environmental Impact Assessment (EIA) for carbon capture and storage in Japan, International Journal of Greenhouse Gas Control, 91, 102823, 2019.
- (2) Kenichiro Yanagi, The Environmental Impact Assessment System in Japan—Tokyo's Experience and Ministry of Environment's Initiative—, The 1st Annual International Conference on Sustainable Development in the Central Vietnam, 499-508, 2019.
- (3) K.Yanagi, A.Nakamura, E.Komatsu 「Policy Instrument Options for Commercializing Carbon Capture and Storage (CCS) in Japan, Meiji Law Journal, 26, 17-39, 2019.
- (4) 柳 憲一郎, 小松 英司, 大塚 直, わが国の CCS の法政策モデルとアジア地域での法制度・政策の共通基盤に関する研究, 環境科学会誌, 32, 141-152, 2019.

- (5) 柳 憲一郎, 環境影響評価と環境訴訟—住民はどのような場合に訴訟を提起できるであろうか—, 行政法研究, 29, 107-125, 2019.
 - (6) 柳 憲一郎, 環境アセスメントにおける参加, 環境法政策学会誌 (22), 2019.
 - (7) 柳憲一郎, 小松英司, 中村明寛, 二酸化炭素回収・貯留(CCS)と SEA, 特集 CCS と環境アセスメント, 環境アセスメント学会誌 16(2), 32-40, 2018.
 - (8) 柳 憲一郎, 持続可能性アセスメントの理論と実際, 環境法研究, 6, 31-57, 2017.
 - (9) 柳 憲一郎, 高橋 恵佑, 持続可能性アセスメントと指標, 環境管理, 53, 55-63, 2017.
 - (10) 柳 憲一郎, 公衆参加からみたわが国の環境影響評価制度—その制度化と形態, 行政法研究, 18, 205-218, 2017.
 - (11) 柳 憲一郎, アメリカのアスベスト関連法の状況, 環境法研究, 4, 121-154, 2016.
 - (12) 柳 憲一郎, 中村 健太郎, 大気汚染物質に関する環境法ならびに各国の規制状況, ぶんせき, 490, 429-433, 2015.
 - (13) 柳憲一郎, 日本の環境アセスメントの現状と課題, 環境と公害, 41(1), 19-23, 2015.
 - (14) 柳憲一郎, アスベスト規制と曝露被害に係る現状と課題, 明治大学法科大学院論集(13), 199-256, 2015.
 - (15) 柳 憲一郎, 2020 年東京オリンピック・パラリンピック環境アセスメントと持続可能性アセスメントへの道, 環境管理, 50, 66-72, 2014.
 - (16) 柳 憲一郎, 成瀬 トーマス誠, 「簡易なアセス」の現状と課題—法制度的観点から, 日本不動産学会誌, 27, 34-40, 2013.
 - (17) 柳 憲一郎, 宮下 一明, 自主アセス・スモールアセスの現状, 日本不動産学会誌, 26, 65-70, 2012.
 - (18) 柳 憲一郎, リスクコミュニケーションにおける自治体の役割と促進—環境アセスメントを通して—, 都市清掃, 65, 9-14, 2012.
 - (19) 柳憲一郎, 戦略的環境アセスメントの制度設計, 淡路剛久先生古稀祝賀『社会の発展と権利の創造—民法・環境法学の最前線』, 有斐閣, 635-658, 2012.
 - (20) 柳憲一郎, 環境影響評価法の課題と展望, 『環境法大系』商事法務, 441-470, 2012.
- など多数

【書籍】

- (1) 柳 憲一郎 (単著) (2015) コンパクト環境法政策, 清文社
- (2) 柳 憲一郎 (共編著) (2013) 環境アセスメント学の基礎, 恒星社厚生閣
- (3) 柳 憲一郎 (単著) (2011) 環境アセスメント法に関する総合的研究, 清文社
- (4) 柳 憲一郎 (共編著) (2010) ロースクール環境法 [第 2 版], 成文堂
- (5) 柳 憲一郎 (共編著) (2010) 多元的環境問題論 [改訂増補版], ぎょうせい
- (6) 柳憲一郎 (共編著) (2010) 演習ノート 環境法, 法学書院
- (7) 柳憲一郎 (共編著) (2007) 環境リスクと法, 慈学社
- (8) 柳憲一郎 (共著) (2005) 判例にみる工作物・営造物責任, 新日本法規出版
- (9) 柳 憲一郎 (単著) (2001) 環境法政策—日本・EU・英国にみる環境配慮の法と政策, 清文社
- (10) 柳 憲一郎 (単著) (2000) 環境アセスメント法, 清文社

学術賞

受賞者氏名：有村 俊秀（ありむら としひで）

表彰課題：環境政策提言に資する環境経済学手法による実証研究

所属・職：早稲田大学政治経済学術院・教授

専門分野：環境経済学，エネルギー経済学

略歴：1992年 東京大学教養学部教養学科 卒業
1994年 筑波大学大学院環境科学研究科修士課程 修了
2000年 ミネソタ大学大学院経済学部博士課程 修了
2000年 上智大学経済学部 専任講師
2004年 上智大学経済学部 助教授
2007年 上智大学経済学部 准教授
2011年 上智大学経済学部 教授
2012年 早稲田大学政治経済学術院 教授（現職）



有村 俊秀
（ありむら としひで）

表彰理由：

有村俊秀氏は、環境経済学の観点から、省エネルギー促進、排出量取引、再生可能エネルギー促進等の環境・エネルギー政策や企業の自主的環境取組の実証的な検証に関する研究で数多くの研究成果を蓄積してきた。特に近年は、気候変動政策、エネルギー政策（省エネルギー、再生可能エネルギー）、PM_{2.5}対策の経済分析に取り組んでおり、この他にも環境・貿易、都市・交通、景観、エコツーリズムなど幅広く環境・エネルギーに関して政策提言を行っている。さらに、これらの多くの先導的研究の成果を多数の論文にまとめており、環境経済学手法による実証研究分野の学術的発展に大きく貢献してきた。

このような有村俊秀氏の研究業績と活動は、環境科学分野において特に優れた研究業績を挙げた者に与えられる環境科学会学術賞にふさわしいものと評価できる。

主要業績：

【研究論文等】

- (1) 亀岡 滯, 有村 俊秀, 炭素税・FIT 賦課金による産業・家計への影響-産業連関分析による定量的評価-, 環境科学会誌, 32, 103-112, 2019
- (2) 陳 舒蕾, 功刀 祐之, 有村 俊秀, 事業所データを用いたポーター仮説の検証-環境規制と日本企業の研究開発・経営業績-, 環境科学会誌, 31, 136-147, 2018
- (3) Mriduchhanda CHATTOPADHYAY, 有村 俊秀, 片山 東, 作道 真理, 横尾 英史, 燃料選択-インド農村部における社会・経済的要因の分析-, 環境科学会誌, 30, 131-140, 2017
- (4) 矢島 猶雅, 有村 俊秀, 都道府県による温室効果ガス排出削減計画書制度の計量分析-製造業部門の定量評価-, 環境科学会誌, 30, 121-130, 2017
- (5) 功刀 祐之, 有村 俊秀, 中静 透, 小黒 芳生, 主観的幸福度と自然資本-マイクロデータを用いた分析-, 環境科学会誌, 30, 96-106, 2017
- (6) 井口 衡, 呉 暁芸, 有村 俊秀, ISO14001 認証取得のインセンティブとその有効性, 環境科学会誌, 27, 347-353, 2014
- (7) 杉野 誠, 有村 俊秀, 森田 稔, 地球温暖化対策税による産業・家計への影響, 環境科学会誌, 25, 126-133, 2012
- (8) 有村 俊秀, 岩田 和之, NOx・PM 法における車種規制の経済分析:定量的政策評価, 環境科学会誌, 21, 103-114, 2008
- (9) TH Arimura, S Kaneko, S Managi, T Shinkuma, M Yamamoto, Y Yoshida, Political economy of voluntary approaches: A lesson from environmental policies in Japan, Economic Analysis and Policy 64, 41-53, 2019.
- (10) S Takeda, TH Arimura, M Sugino, Labor market distortions and welfare-decreasing international emissions trading, Environmental and Resource Economics 74 (1), 271-293, 2019.
- (11) N Dendup, TH Arimura, Information leverage: The adoption of clean cooking fuel in Bhutan, Energy policy 125, 181-195, 2019.

- (12) Y Kunugi, TH Arimura, K Iwata, E Komatsu, Y Hirayama, Correction: Cost-efficient strategy for reducing PM 2.5 levels in the Tokyo metropolitan area: An integrated approach with air quality and economic models, PloS one 14 (1), e0211255, 2019.
- (13) M Sugino, M Morita, K Iwata, TH Arimura, Multiplier impacts and emission reduction effects of Joint Crediting Mechanism: analysis with a Japanese and international disaggregated input-output table, Environmental Economics and Policy Studies 19 (3), 635-657, 2017.
- (14) TH Arimura, H Katayama, M. Sakudo, Do Social Norms Matter to Energy-Saving Behavior? Endogenous Social and Correlated Effects, Journal of the Association of Environmental and Resource Economists 3(3), 525-553, 2016.
- (15) M Wakabayashi, TH Arimura, Voluntary agreements to encourage proactive firm action against climate change: an empirical study of industry associations' voluntary action plans in Japan, Journal of cleaner production 112, 2885-2895, 2016.
- (16) K Iwata, H Katayama, TH Arimura, Do households misperceive the benefits of energy-saving actions? Evidence from a Japanese household survey, Energy for sustainable development 25, 27-33, 2015.
- (17) TH Arimura, S Li, RG Newell, K Palmer, Cost-effectiveness of electricity energy efficiency programs, The Energy Journal 33 (2), 2012.
- (18) TH Arimura, N Darnall, H Katayama, Is ISO 14001 a gateway to more advanced voluntary action? The case of green supply chain management, Journal of environmental economics and management 61 (2), 170-182, 2011.
- (19) TH Arimura, A Hibiki, H Katayama, Is a voluntary approach an effective environmental policy instrument? A case for environmental management systems, Journal of Environmental Economics and Management 55 (3), 281-295, 2008.
- (20) TH Arimura, "An Empirical Study of the SO2 Allowance Market: Effects of PUC Regulations" Journal of Environmental Economics and Management 44(2), 271-289, 2002.

など多数

【書籍】

- (1) 有村俊秀、片山東、松元茂編著「環境経済学のフロンティア」日本評論社（2017）
- (2) TH Arimura・K. Iwata “An Evaluation of Japanese Environmental Regulations -Quantitative Approaches from Environmental Economics-” Springer (2015).
- (3) 有村俊秀編著「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（早稲田大学現代政治経済研究所研究叢書 41）（2015）
- (4) 有村俊秀・蓬田守弘・川瀬剛志編著「地球温暖化対策と国際貿易-排出量取引と国境調整措置をめぐる経済学・法学的分析」東京大学出版会（2012）
- (5) 有村俊秀・武田史郎編著「排出量取引と省エネルギーの経済分析：日本企業と家計の現状」日本評論社（2012）
- (6) 有村俊秀・岩田和之「環境規制の政策評価-環境経済学の定量的アプローチ-」SUP 上智大学出版/ぎょうせい（2011）

など多数

受賞者氏名：松本 亨（まつもと とおる）

表彰課題：資源循環社会形成のための影響評価手法・支援技術に関する研究

所属・職：北九州市立大学国際環境工学部・教授

専門分野：環境システム学，環境政策

略 歴：1990 年 九州大学工学部 卒業

1992 年 九州大学大学院 総合理工学研究科 修士課程 修了

1992 年 株式会社野村総合研究所 研究員

1995 年 九州大学工学部 助手

2000 年 九州大学大学院工学研究科 助教授

2001 年 北九州市立大学国際環境工学部 助教授

2008 年 北九州市立大学国際環境工学部 教授（現職）

2018 年 北九州市立大学環境技術研究所都市エネルギーマネジメント
研究センター長（現職）



松本 亨

（まつもと とおる）

表彰理由：

松本亨氏は、資源循環社会の形成を目指した対策・施策の評価と適正化を目的に、環境負荷・影響、コスト、環境リスク等の視点からの影響評価手法を提示し、具体的な地域における評価手法の有効性の検証に関して数多くの研究成果を蓄積してきた。その中で、地域循環圏の形成要因や効果分析、資源循環拠点としてのエコタウンの構造変化分析、循環社会のアクターである市民の意識構造分析等に取り組み、この分野をリードする数多くの成果を挙げてきた。特に近年は、アジア諸国を中心として多くの留学生を受け入れ、LCA（Life Cycle Assessment）、MFA（Material Flow Analysis）、費用便益分析等の環境影響評価手法を用いて、アジア都市を対象に、経済発展・都市化と環境負荷増大の予測や、都市環境マネジメント等の課題に取り組んでいる。さらに、これらの多くの先導的研究の成果を多数の論文にまとめており、影響評価手法・支援技術に関する研究分野の学術的発展に大きく貢献してきた。

このような松本亨氏の研究業績と活動は、環境科学分野において特に優れた研究業績を挙げた者に与えられる環境科学会学術賞にふさわしいものと評価できる。

主要業績：

【研究論文等】

- (1) 松本 亨，岩下 達也，細密人口予測と性別・年齢階層別・地域別自動車利用特性に基づく CO2 排出量の将来予測，環境科学会誌，26，562-570，2013.
- (2) 藤山 淳史，松本 亨，容器包装を対象とした循環資源の広域移動に関する構造分析，環境科学会誌，24，103-113，2011.
- (3) 藤山 淳史，松本 亨，産業廃棄物及び廃 PET ボトルを対象とした循環圏に関する要因分析，環境科学会誌，23，115-125，2010.
- (4) 松本 亨，井村 秀文，戦後日本の食生活変化とエネルギー消費に関する研究，環境科学会誌，13，455-468，2000.
- (5) Hafizhul Khair, Indriyani Rachman, Toru Matsumoto, Analyzing Household Waste Generation and Its Composition to Expand the Solid Waste Bank Program in Indonesia: A Case Study of Medan City, Journal of Material Cycles and Waste Management, 21, 1027-1037, 2019.
- (6) 林 直樹，藤山 淳史，松本 亨，廃棄物発電のネットワーク化・小売事業化の効果と最適スケジューリングに関する研究，土木学会論文集 G，75(6)，II_69-II_76，2019.
- (7) Dedi Abdul HADI, Toru MATSUMOTO, The Environmental Impact of Preferential Trade Agreements: Input-Output Analysis: Case of Indonesia, Journal of JSCE, Series G, 75(6)，II_77-II_85, 2019.
- (8) 金子 愛里，松本 亨，蛭江 美孝，インドネシアの工場におけるオンサイト型生活排水処理システムのライフサイクルアセスメントによる環境効率比較，日本 LCA 学会誌，15(2)，188-198，2019.
- (9) Imas Komariah, Toru Matsumoto, Application of Hydrological Method for Sustainable Water Management in the Upper-Middle Ciliwung River Basin in Indonesia, Journal of Water and Environment Technology, 17(4), 1-22, 2019.

- (10) Xuezhou Fan, Toru Matsumoto, GIS-Based Social Cost-Benefit Analysis on Integrated Urban Water Management in China: A case study of Sponge City in Harbin, Sustainability, 11(19), 5527-5546, 2019.
- (11) 本田 雄暉, 松本 亨, 環境負荷削減効果とネットワーク密度から見た北九州エコタウンの構造変化分析, 土木学会論文集 G (環境), 74(6), II_63-II_71, 2018.
- (12) Batjargal BAYASGALAN, Toru MATSUMOTO, Ochirbat ALTANGEREL, On-Board Measurement and Emission Prediction from Vehicle Engines Using Ordinary Fuel and Fuel Additives in Mongolia, Journal of JSCE, 6(1), 118-126, 2018.
- (13) Slamet Raharjo, Toru Matsumoto, Taufiq Ihsan, Indriyani Rachman, Community-Based Solid Waste Bank Program for Municipal Solid Waste Management Improvement in Indonesia: A Case Study of Padang City, Journal of Material Cycles and Waste Management, 19, 201-212, 2017.
- (14) Richao Cong, Toru Matsumoto, Wenchao Li, He Xu, Takamasa Hayashi, Changjun Wang, Spatial Simulation and LCA Evaluation on the Plastic Waste Recycling System in Tianjin, Journal of Material Cycles and Waste Management, 19, 1423-1436, 2017.
- (15) インドリヤニ ラフマン, 野澤 佳奈子, 松本 亨, 私益を考慮したインドネシアのごみ銀行への参加・協力に関する意識構造分析, 土木学会論文集 G (環境), 73(6), II_11-II_21, 2017.
- (16) Gombojav DELGERMAA, Toru MATSUMOTO, Estimating Household Waste Flow to Improve the Waste Management System in Ulaanbaatar, Mongolia, Journal of JSCE, Series G, 73(5), I_201-209, 2017.
- (17) Lei ZHANG, Toru MATSUMOTO, Xing MENG, Zhiyi LIANG, Hongbing YU, Evaluation Index System and Comprehensive Evaluation Research of Power Enterprise Circular Economy, Journal of Environmental Information Science, 1-12, 2017.
- (18) Satoshi Ohnishi, Minoru Fujii, Tsuyoshi Fujita, Toru Matsumoto, Liang Dong, Hiroyuki Akiyama, Huijuan Dong, Comparative Analysis of Recycling Industry Development in Japan Following the Eco-Town Program for Eco-Industrial Development, Journal of Cleaner Production, 114, 95-102, 2016.
- (19) オトゴンバヤル エンフツオルモン, 松本 亨, Чойгилр Баясандаш, Уланбаатол市ゲル地区の大気汚染対策に関する費用効果分析, 環境共生, 28, 13-19, 2016.
- (20) Didi ZHANG, Toru MATSUMOTO, Utilizing DEMATEL to Analyze Factors Affecting Green Supply Chain Management within the Construction Industries of China: A Case Study of Four Companies, Journal of Environmental Information Science, 43(5), 45-50, 2015.
- (21) 高 揚, 黄 佳虎, 松本 亨, 薛 咏海, 左 健, 中国天津市の産業共生モデルのライフサイクル評価: 下水汚泥と建築廃棄物の再資源化を中心とした事例, 土木学会論文集 G (環境), 70(5), I_53-I_58, 2014.
- (22) 佐藤 太平, 松本 亨, 藤山 淳史, 太陽電池パネル廃棄量の将来推計と再資源化のための輸送計画, 土木学会論文集 G (環境), 69(6), II_293-II_299, 2013.
- (23) 盧 現軍, 松本 亨, 徐 鶴, 高 穎楠, 中国における携帯電話廃棄量の推計とリサイクルに関する制度・参画者分析, 環境共生, 22, 74-83, 2013.
- (24) 藤山 淳史, 櫻井 利彦, 松本 亨, 長 武志, 使用済み紙おむつのマテリアルリサイクルのライフサイクルインベントリ分析, 日本 LCA 学会誌, 8(1), 37-44, 2012.
- (25) 岩下 達也, 瀬脇 康弘, 松本 亨, 破損リスク及び社会的費用を考慮した社会資本ストックの最適更新時期導出手法に関する研究: 下水道管渠を対象として, 日本 LCA 学会誌, 7(4), 339-350, 2011.
- (26) 福島 緑, 松本 亨, 共分散構造分析を用いた「地域環境力」形成要因に関する研究, 環境システム研究論文集, 35, 327-332, 2007.

など多数

【書籍】

- (1) サステナブル社会の構築と政策情報学—環境情報の視点から (共著), 福村出版, 2011.
- (2) 建設の LCA (共著), オーム社, 2001.

など多数

受賞者氏名：棟居 洋介（むねすえ ようすけ）

表彰課題：社会・経済シナリオ設定を基にした長期的な環境・経済・社会影響評価に関する研究

所属・職：東京工業大学工学院・助教

専門分野：環境影響評価・環境政策

略 歴：1992 年 東京工業大学理学部 卒業

1992 年 三菱化成（現三菱化学）株式会社 入社

1998 年 東京工業大学大学院社会理工学研究科 修士課程 修了

1998 年 東京工業大学大学院社会理工学研究科 博士後期課程中途退学

1998 年 東京工業大学大学院社会理工学研究科 助手

2007 年 東京工業大学大学院社会理工学研究科 助教

2016 年 東京工業大学工学院経営工学系 助教（現職）



棟居 洋介

（むねすえ ようすけ）

表彰理由：

棟居洋介氏は、世界の食料と環境やバイオマスプラスチックの普及における問題等に関して、主に長期の社会・経済シナリオを用いた予測手法を基盤として、食料需要や温暖化対策の将来ビジョンを示すなどの社会的有用性の高い研究成果を蓄積してきた。特に近年は、棟居氏が研究代表者として環境研究総合推進費「我が国の食品ロス削減による環境・経済・社会への影響評価に関する研究」を推進しており、食品ロスの削減シナリオを提示することにより環境・経済・社会に及ぼす長期的な影響を評価するなど、環境行政施策に資する重要課題に取り組んでいる。また、環境科学会誌に筆頭著者として数多くの論文が掲載されており、これらの先導的な研究成果に関連して、環境科学会の論文賞や優秀研究企画賞（富士電機賞）を受賞している。

このような棟居洋介氏の研究業績と活動は、環境科学分野において特に優れた研究業績を挙げた者に与えられる環境科学会学術賞にふさわしいものと評価できる。

主要業績：

【研究論文等】

- (1) 棟居洋介, 増井利彦, バイオマスプラスチックの普及が世界の食料不安に及ぼす影響の長期評価, 環境科学会誌, 25, 167-183, 2012
- (2) 棟居洋介, 増井利彦, 都市の拡大が世界の農地および作物の潜在生産量に及ぼす影響の長期推計, 環境科学会誌, 24, 1-22, 2011
- (3) 棟居洋介, 増井利彦, IPCC 排出シナリオ (SRES) にもとづいた世界の農地必要量の変動要因分析, 環境科学会誌, 22, 73-90, 2009
- (4) 棟居洋介, 増井利彦, IPCC 排出シナリオ (SRES) にもとづいた世界の食料必要量の長期推計, 環境科学会誌, 21, 63-88, 2008
- (5) 棟居洋介, 増井利彦, IPCC 排出シナリオ(SRES)にもとづいた世界の食事エネルギー必要量の長期推計, 環境科学会誌, 19, 477-493, 2006
- (6) 棟居洋介, 高橋潔, 地球温暖化が世界の自然植生に及ぼす影響およびその経済的評価, 環境科学会誌, 13, 329-337, 2000
- (7) Yosuke Munesue, Toshihiko Masui, The impacts of Japanese food losses and food waste on global natural resources and greenhouse gas emissions, Journal of Industrial Ecology, 23, 1-15, 2019
- (8) Yosuke Munesue, Toshihiko Masui, Takesato Fukushima, The effects of reducing food losses and food waste on global food insecurity, natural resources, and greenhouse gas emissions, Environmental Economics and Policy Studies, 17, 43-77, 2014
- (9) 康井洵之介, 棟居洋介, 増井利彦, 富士山登山者数の上限の推計と入山料によるその実現可能性の評価, 土木学会論文集 G (環境), 71, II_339-II_348, 2015
- (10) Hideo Harasawa, Yuzuru Matsuoka, Kiyoshi Takahashi, Yasuaki Hijioka, Yoko Shimada, Yosuke Munesue, Murari Lal, Potential Impacts of Global Climate Change, Climate Policy Assessment, 37-54, 2003

- (11) Miki YANAGI, Yosuke MUNESUE, Yasuko KAWASHIMA, Equity Rules for Burden Sharing in the Mitigation Process of Climate Change, Environmental engineering and policy, 2, 105-111, 1999
など多数

奨励賞

受賞者氏名：八木 迪幸 (やぎ みちゆき)

表彰課題：企業の環境パフォーマンスと財務評価の関係解析に関する研究

所属・職：信州大学経済学部応用経済学科・講師

専門分野：環境経済、環境経営

略 歴：2011 年 日本学術振興会特別研究員 DC2 (23-3420)

2013 年 東北大学大学院環境科学研究科第 1 コース博士後期課程修了

2013 年 東北大学大学院環境科学研究科産学官連携研究員

2013 年 リーズ大学地球環境学部客員研究員

2014 年 神戸大学社会科学系教育研究府特命准教授

2016 年 神戸大学社会システムイノベーションセンター特命准教授

2018 年 信州大学経済学部応用経済学科講師 (現職)



八木 迪幸

(やぎ みちゆき)

表彰理由：

八木迪幸氏は、企業の CSR や環境パフォーマンスと企業の財務パフォーマンスの関係解析、国際上場企業の環境効率性の分析、工業の用水と排水の効率性の分析などの研究に取り組んでいる。近年はマテリアルフローコスト会計 (MFCA) の観点から企業の環境効率性や廃棄物量、原材料、財務の関係解析を行っており、金融および株式市場が企業の環境負荷の決定に重要な役割を果たすことなどを明らかにしている。これらの研究成果は、環境科学会誌をはじめ、国内外の学術雑誌にも多数の論文が掲載されており、高い評価を得ている。また、科研費若手研究 B に 2 度採択されるなど、環境科学の分野での今後の発展が期待される。

以上のように、同氏のこれらの功績は顕著なものと認められ、今後も環境科学分野での活躍が大いに期待されるので、環境科学会奨励賞にふさわしいと判断できる。

主要業績：

【業績課題に係わる主要論文】

- (1) 藤井秀道, 八木迪幸, 馬奈木俊介, 金子慎治, 国内製造業の環境技術特許と財務パフォーマンスの因果関係性分析, 環境科学会誌, 24(2), 114-122, 2011.
- (2) 八木迪幸, 馬奈木俊介, 環境規制と技術イノベーション:SOx・NOx における特許分析, 環境科学会誌, 21(1), 3-15, 2008.
- (3) 馬奈木俊介, 八木迪幸, CSR と企業評価に関する分析, 環境科学会誌, 21(3), 235-238, 2008.

【研究論文等】

- (1) Yagi, M. and Kokubu, K., "Waste Decomposition Analysis in Japanese manufacturing sectors for Material Flow Cost Accounting," Journal of Cleaner Production, vol.224, pp.823-837, 2019.
- (2) Yagi, M. and Managi, S., "Shadow price of patent stock as knowledge stock: time and country heterogeneity," Economic Analysis and Policy, vol.60, pp.43-61, 2018.
- (3) Xie, J., Nozawa, W., Yagi, M., Fujii, H., and Managi, S., "Do Environmental, Social and Governance Activities Improve Corporate Financial Performance?," Business Strategy and the Environment, vol.28 (2), pp.286-300, 2019.
- (4) Yagi, M. and Kokubu, K., "Corporate Material Flow Management in Thailand: The Way to Material Flow Cost Accounting," Journal of Cleaner Production, vol. 198, pp.763-775, 2018.
- (5) Yagi, M. and Managi, S., "Decomposition Analysis of Corporate Carbon Dioxide and Greenhouse Gas Emissions in Japan: Integrating Corporate Environmental and Financial Performances," Business Strategy and the Environment, vol. 27(8), pp.1476-1492, 2018.
- (6) Yagi, M. and Managi, S., "Demographic determinants of car ownership in Japan," Transport Policy, vol.50, pp.37-53, 2016.
- (7) Yagi, M. and Managi, S., "Time-period and industry heterogeneity of innovation activity in Japan," Economic Analysis and Policy, vol.50, pp.100-119, 2016.
- (8) Yagi, M., Fujii, H., Hoang, V., and Managi, S., "Environmental efficiency of energy, materials, and emissions," Journal of Environmental Management, vol.161, pp.206-218, 2015. doi:10.1016/j.jenvman.2015.

- (9) Yagi, M., Managi, S., and Kaneko, S., “Water Use and Wastewater Discharge of Industrial Sector in China,” International Journal of Ecological Economics and Statistics, vol.32(1), pp.33-43, 2014.
- (10) Yagi, M. and Managi, S., “Catch Limits, Capacity Utilization and Cost Reduction in Japanese Fishery Management,” Agricultural Economics, vol.42(5), pp.577-592, 2011.

など多数

論文賞

受賞者氏名：王齊*, 徳村雅弘*, 三宅祐一*, 雨谷敬史*

対象論文：ハロゲン化多環芳香族炭化水素類（XPAHs）の廃棄物焼却施設からの年間排出量と大気中濃度への寄与度の推定

環境科学会誌, 30 巻 6 号, p. 336-345 (2017)

所 属：*静岡県立大学

表彰理由：

本論文は、焼却に伴い非意図的に生成する新たな有害物質として、多環芳香族炭化水素類（PAHs）の水素原子がハロゲン原子に置換した化学構造を持つ、ハロゲン化 PAHs（XPAHs: Halogenated PAHs）に着目し、埼玉県内の 40 ヶ所の廃棄物焼却施設を対象に、排ガス中の XPAHs 濃度を測定し、焼却施設からの XPAHs 年間排出量を推算した。また、焼却施設由来の XPAHs の大気中濃度への寄与度を推定するため、産総研曝露・リスク評価大気拡散モデル（AIST-ADMER）を用いて、焼却施設を唯一の発生源とした場合の大気中 XPAHs 濃度を推算し、実際の測定値との比較を行った。AIST-ADMER による大気中 XPAHs 濃度の推算値と実測値を比較したところ、廃棄物焼却施設由来の XPAHs の大気中濃度への寄与度はおよそ 40%以下であり、別の主要発生源が存在することを示唆していた。

本論文で得られた新規の有害化学物質の排出実態と大気中濃度への寄与度に関する知見は、今後の排出管理やリスク管理に資するものとして評価できる。以上により、本論文は、本会の論文賞に値すると考えられる。



王 齊
(わん ちー)



徳村 雅弘
(とくむら まさひろ)



三宅 祐一
(みやけ ゆういち)



雨谷 敬史
(あまがい たかし)

受賞者氏名：亀岡 滯*，有村俊秀*

対象論文：炭素税・FIT 賦課金による産業・家計への影響—産業連関分析による定量的評価—
環境科学会誌, 32 巻 4 号, p. 103-112 (2019)

所 属：*早稲田大学

表彰理由：

本論文は、2011 年産業連関分析を用いて、カーボンプライシング（以下、CP）の一つである地球温暖化対策のための税（以下、温対税）と再生可能エネルギー発電促進賦課金（以下、FIT 賦課金）が、産業・家計にどのような影響を与えているかを分析した。さらに、どのような軽減措置が取られるべきかを考察した結果、価格上昇率の高い産業への軽減措置だけでなく、家計費上昇率の高い家計への軽減措置が取られるべきであることが示された。特に、低所得世帯・寒冷地世帯・電気料金単価の低い地域の世帯・沖縄の世帯・高齢者世帯を対象とした、エネルギー費の補助や住宅の断熱改修費の補助などが有効であることを示すなど、軽減措置の導入時期や制度設計に関して知見を与える優れた論文であると評価できる。以上により、本論文は、本会の論文賞に値すると考えられる。



亀岡 滯
(かめおか れい)



有村 俊秀
(ありむら としひで)

学 会 賞
記 念 講 演

持続可能性環境アセスメントの法制度研究

Study on Environmental Assessment for Sustainable Society

明治大学法学部 柳 憲一郎

Kenichiro Yanagi

School of Law, Meiji University

1. はじめに

この度、「持続可能な社会に向けた環境法学研究による環境科学への貢献」という課題で学会賞を授与されるにあたり、学会長をはじめ、表彰委員会や関係の皆さまに心より感謝申し上げます。この課題は、私のライフワークとなっている環境アセスメント(以下、環境アセスという。)の法政策研究の一端を紹介することにしたい。持続的発展には、自然のもつ再生能力を維持することによって、将来にわたって利用できる環境資源を残す、若しくは、環境を利用する場合、環境のもつ自然の浄化能力自体(環境容量)を将来的に維持するような方法で利用することが不可欠な条件となる。それゆえ、持続可能な社会とは、その社会を成り立たせている生産基盤である生態系と、それを支えている自然の総体を健全に維持するように、現世代のニーズを成長管理する社会のことだといえる。それを実現するツールとして、持続可能性アセスメント((Sustainable Impact Assessment, 以下、持続アセスという。))を社会実装化していく必要があると考えている¹⁾。

2. 東京都のアセス条例と計画段階アセス制度

私の東京都のアセス制度とのかかわりは、1993年から東京都総合環境アセスメント制度検討委員会に加わったことから始まる。1998年6月に総合環境アセス制度試行指針、試行実施要領の策定、同10月から試行審査会が設置された。2002年7月3日に東京都が環境影響評価条例を改正し、計画段階アセスメント制度を導入した。これは計画段階と実施段階とを一体一連とする制度である。その手続きは、環境配慮書の作成を事

業者に義務づけ、知事が関係地域を決定したうえで公表し、事業者による説明会の他に双方の「意見を聴く会」を開催する。知事が審議会答申及び「意見を聴く会」を経て、審査意見を述べた後に、事業者による計画案の選定がなされ、都民へ公表される仕組みである。この制度は、2003年1月1日から施行され、具体的な計画段階のアセスの案件は、2004年10月から「豊洲新市場建設計画」や「国分寺都市計画道路3・3・8号府中所沢線計画」などに適用された。東京都は改正以前の環境影響評価条例においても、国の制度では説明会のみで公聴会は義務づけられていないなかで、公聴会の開催の義務付け、国の制度では事業者の評価書案に対して住民が一度しか意見を述べる機会がないのに対して、東京都では、事業者が「準備書」を示し、住民が意見を述べ、それをもとに事業者は「評価書」を作成し、これについても住民が意見を述べるというように二度の意見提出の機会を設けてきた経緯がある。また、国の制度では事後調査について義務づけられていなかったが、東京都環境影響評価条例では事業者が予め提出した事後調査計画書に基づいて事後調査報告書を作成することを義務づけてきた。また、事後アセスについて、国の制度ではアセス実施後は再アセスを義務づけていないが、東京都では未着工のまま5年間経過した事業に対して環境アセスのやり直しを義務づけているという特徴を有するものであった。2002年の改正では、個別計画、広域複合開発計画についてより早期の段階で環境への影響について、あらかじめ調査・予測・評価を行い、その結果を公表して広く意見を求めることで、事業者が環境に配慮したよりよい計画をつくる

ための仕組みを目指したものといえる 2)。

3. 持続アセスへの展望

東京都が 2016 年のオリンピックの招致に手を挙げたことから、2012 年からオリンピック・パラリンピックアセスメント(オリ・パラアセスという。)評価委員会に関与し、オリ・パラアセスの実施指針の策定に関わった。さらに、2016 年から現在まで 2020 年東京オリ・パラアセス評価委員会にも制度構築及びその運営にかかわってきた。オリ・パラアセスは、I O C の要求を満たすとともに、わが国の法律や都の条例による環境アセス制度を踏まえ、初期段階及び実施段階の二段階における指針をそれぞれ策定し、環境のみならず、社会経済といった新しい評価項目の選定やその対策効果の評価を新たに設計したものである 3)。初期段階アセス指針及び実施段階アセス指針に謳われた東京の持続可能性を実現するための持続アセスの試みと考えることができる。オリ・パラアセスの基本的考え方では、アセスは、①新規・既存会場、②競技、③全体計画を対象に行う。①については、既存会場を多く利用し、新たな会場建設に伴う環境負荷の低減を図るため、個別会場に関する環境アセスにおいては、新規会場だけでなく、既存会場も対象とする。②の競技そのものは、改変行為ではないが、包括的な環境アセスを実施するため、競技に関しても環境アセスを実施する。競技は、屋内又は屋外（陸域又は水域）及び敷地内又は敷地外で行われる。このうち、屋内競技及び屋外陸域の敷地内で行われる競技については、個別会場を対象とする調査に含まれるため除外し、屋外陸域の敷地外及び屋外水域で実施される競技を対象とする。なお、競技開催に伴う周辺環境への影響に加え、アスリートへの影響に関する環境アセスも行う。③については、全体計画で評価することで、既存会場を有効活用する立地計画の妥当性を評価するとともに、個別の会場、競技では評価困難な広域的な視点（交通インフラ、廃棄物マネジメントなど）や、社会経済的な視点により評価することが可能となる。評価項目としては、環境は 18 項目、社会・経済項目は 17 項目の 35 項目から会場等の種類・規模、大会開催に伴う環境及び社会経済への影響等を考慮して、評価項目の選定を行うとし

た。ただし、オリンピックは一年延期されたこともあり、すでに終えている会場等のアセスの補充や全体計画の評価書の作成については、今後、多少の見直しや補正も必要と思われる。

4. まとめに代えて

アセス制度は、事業者のセルフ・コントロールという視点から、配慮書、方法書や評価書等の作成を事業者が行うのが原則である。しかし、事業者からの委託に基づき、調査会社が図書を作成する現状では事業者の恣意が入り込む余地がある。アセスの公正さを確実に担保できる方法として、事業者が当該事業経費の一定割合をアセス図書経費として、第三者機関に供託し、その機関が適切な競争入札等で調査会社等を選定する方法も検討されても良いのではないか。また、評価書の質向上のために、調査会社に資格制度に基づくアセサーを常置させることを義務づけるための検討も必要であろう。これに関連して、技術士の環境部門に環境影響評価が 2004 年度から新たに設けられたのは、ひとつの前進と評価できるが、一定数の資格者を確保する調査会社を指定調査機関とし、一定期間ごとの更新制度を導入することもアセス図書の質の確保や人材養成の面からも検討すべきものであろう 4)。

参考文献

- 1) 柳憲一郎(2017 年)「持続可能性アセスメントの理論と実際」大塚直責任編集, 信山社, 環境法研究, 第 6 号, 31-57 頁.
- 2) 柳憲一郎(2006 年)「計画段階における環境配慮手法—戦略的環境アセスメントの総合的検討」明治大学法科大学院論集第 1 号, 201-232 頁.
- 3) 柳憲一郎(2013 年)「環境管理の手法としての持続可能性アセスメントへの展望」環境管理, 79 頁.
- 4) 柳憲一郎(2011 年)『環境アセスメント法に関する総合的研究』清文社, 1-202 頁.

キーワード: 環境アセスメント, 計画アセスメント, 戦略的アセスメント, 持続アセスメント

受 賞 講 演

企業の環境パフォーマンスと財務評価の関係解析に関する研究

Research on relationship analysis between corporate environmental and financial performances

信州大学経済学部 ○八木迪幸

1. はじめに

環境経営学の文脈上、企業の社会的責任（CSR: Corporate Social Responsibility）に関する社会的パフォーマンス（CSP: Corporate Social Performance）と企業の財務業績（CFP: Corporate Financial Performance）の関係分析は重要視されてきた。もし企業の CSR 活動が社会的厚生を増加し、かつ財務業績の向上として還元されるような正の関係があるならば、CSR 活動は社会的に奨励されるべき、というのが分析の趣旨である。1972 年～2002 年の間に 127 本の実証研究があるが(Yagi and Managi, 2018)、結果はばらばらで、多くの研究は社会的パフォーマンスと企業業績には正の関係を見出すものの、中には負の関係や無相関という結論を見出す研究もある。

近年 CSP から環境パフォーマンス（CEP: Corporate Environmental Performance）へ研究の焦点が移っている。Busch and Lewandowski（2017）は、CEP（CO₂）と CFP の関係について、2010 年から 2016 年までの 32 の研究、68 の推定についてのメタ分析を実施した。CEP を絶対量と相対値に分け、CFP を会計ベース（ROA）か市場ベース（トービンの q）に分けた結果、CEP は相対 CEP が、CFP は市場ベースが、それぞれ正の相関を支持しやすいことが明らかとなった。これらの研究から、CEP と CFP の関係は測定方法に依存することと、仲介変数や媒介変数を考慮し、非線形モデルで複合的に関係を捉えるべきという知見が得られている。

2. これまでの研究内容

筆者がこれまで研究してきた非線形モデルは大きく 3 つある。まず、Yagi and Managi (2018)では、CO₂ と GHG 排出量と経済的要因を統合する恒等式分解分析モデルを提案した。CO₂ モデルの適用例として、2011～2015 年度までの日本の製造業企業における相対寄与率の平均値は、炭素原単位が 20.6%でエネルギー原単位が 19.1%であり、残りの約 60%が経済的要因であった。

次に、Yagi et al. (2015)では、ブートストラップを使用したノンパラメトリック法である order-m の方向距離関数モデルを開発した。全世界の企業の環境効率分析に適用した結果、平均すると、総エネルギー、電気、は水使用量は約 50%削減される可能性が見られた。

最後に、Xie et al. (2019)では、近年の全世界の企業データを対象に、企業の ESG（環境・社会・ガバナンス）開示スコア（Bloomberg より）と財務業績との相関を非線形モデルで分析した結果、逆 U 字の関係が見られた。これは、ESG 開示をある程度まで行う企業は財務業績も高くなる傾向があることを意味する。

3. 今後の研究課題：ESG 投資

近年 ESG（環境・社会・ガバナンス）投資が金融分野で重要視されており、環境省によると 2016 年時点で全世界投資額の四分以上（22 兆 US ドル）が ESG 投資である。しかし、日銀の荒尾ら(2020)は、日本の ESG 投資は欧米と比べ、実務上の課題を 4 点挙げている。①ESG への情報が限定的、②ESG 要素と金銭的リターンの関係が不透明、③考慮すべきリスクの不確実性が大きい、④最新の専門知識を活用できる体制がない。

ここから、以下のような将来の研究課題を提示する。①と④については企業の ESG 開示情報を精査、共有する方法（情報プラットフォームの開発）が未だに必要であることを意味している。例えば Bloomberg のスコアは専門家しかアクセスできず、知見が社会に還元されていない状況にある。②と③については、ESG 投資の非線形モデルの開発が必要だろう。特に、③ではリスク（例えば株価ボラティリティ）を考慮すべきである。

参考文献

- 1) Xie, J., Nozawa, W., Yagi, M., Fujii, H., and Managi, S., 2019, Do Environmental, Social and Governance Activities Improve Corporate Financial Performance?, *Business Strategy and the Environment*, vol.28 (2), pp.286-300.
- 2) Yagi, M., Fujii, H., Hoang, V., and Managi, S., 2015, Environmental efficiency of energy, materials, and emissions, *Journal of Environmental Management*, vol.161, pp.206-218.
- 3) Yagi, M. and Managi, S., 2018, Decomposition Analysis of Corporate Carbon Dioxide and Greenhouse Gas Emissions in Japan: Integrating Corporate Environmental and Financial Performances, *Business Strategy and the Environment*, vol. 27(8), pp.1476-1492.
- 4) 荒尾拓人, 清水亮介, 小川佳也, 2020, ESG 投資を巡るわが国の機関投資家の動向について, BOJ Reports.

キーワード 環境経営, 財務業績, CSR, ESG

タイロシンとその分解生成物の家畜糞—堆肥—水域環境への移行と藻類への影響

The transfer of tylosin and its degradation byproducts from feces to compost and to receiving water and their toxic effects on green algae

岩手大学理工学部 ○石川奈緒, 笹本誠, 伊藤歩, 岩手大学農学部 前田武己

1. はじめに

家畜に投与された抗菌性物質は一部が糞に含有されており, 堆肥とともに農地へ拡散する。さらに, 降雨により堆肥中の抗菌性物質が周囲の水域環境へ流入し, 藻類などの水環境生物へ悪影響を及ぼす可能性がある。

本研究では, 堆肥化によるめん羊糞中のタイロシン (TYL) の分解特性を明らかにするとともに, 農地に散布した堆肥中に残存する TYL とその分解生成物の一部が雨水によって溶出し水域環境へ流入することを想定し, 合成雨水を溶媒とした堆肥からの溶出液を用いて淡水緑藻に対する短期毒性試験を実施した。

2. 実験方法

TYL を投与しためん羊の糞 (初期 TYL 含有量: 2.6 mg/kg-DW) を用いて堆肥化を行った。試料糞を 4 台の小型堆肥化装置にセットし, 0.5 L/min/kg-DW で通気し堆肥化を開始した。自己発熱により温度が 65 °C まで上昇した後, 65 °C 一定に制御した。7 日目に, 2 台ずつ温度を 40 °C または 60 °C に変更し, 28 日目まで堆肥化を継続した。経時的に試料糞に残留した TYL 量を測定し, その初期含有量に対する割合を残留率[%]として求めた。

上記で堆肥化した試料 (COM) と TYL を未投与のめん羊糞 (SF) に合成雨水 (0.015 mM CaCl₂ + 0.085 mM NaCl) を加え, 25 °C で 6 時間振とう後, 孔径 0.3 μm のガラス繊維ろ紙でろ過して溶出液を得た。COM の溶出液中 TYL 濃度は 36.5 μg/L であった。SF の溶出液には TYL 濃度が 35 μg/L (SF-1) または 250 μg/L (SF-2) となるよう TYL を混合した。各試料液について, OECD ガイドラインを基に *R. subcapitata* に対する短期毒性試験を行い, 生長速度を算出した。

3. 結果と考察

3.1. 堆肥化によるタイロシンの分解

堆肥化によるタイロシン残留率の経日変化 (図 1) は, どの温度条件も一次モデル (残留率 = $100 \times e^{-tk}$, t : 時間, k : 速度定数) に適合した (相関係数 $R^2 > 0.9$)。また, k から算出される分解の半減期は, 40 °C から 65 °C の温度上昇で 4.3 日から 1.1 日まで短縮された。

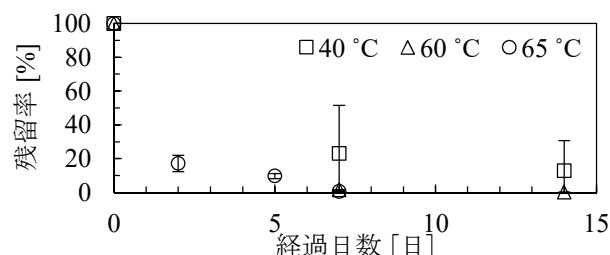


図 1 堆肥化中のタイロシン残留率の経日変化

3.2. 堆肥からの合成雨水溶出液による藻類生長阻害

図 2 に各試料液の生長速度を示す。SF-1 (35 μg/L) では対象区と差がなく生長阻害が見られないが, *R. subcapitata* の半数影響濃度である 250 μg/L (SF-2) では対象区よりも有意に低く ($p < 0.01$), 生長阻害が見られた。堆肥化により TYL が分解したため, COM には最大で TYL 1.37×10^3 μg/L 分の分解生成物が含まれる可能性があるが, COM での生長速度は対象区と差がないことから, 合成雨水で溶出する TYL 分解生成物は *R. subcapitata* の生長に影響を及ぼさない可能性が示された。

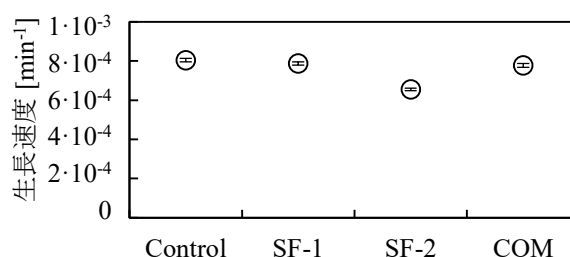


図 2 *R. subcapitata* の生長速度

謝辞

本研究は 2019 年環境科学会優秀研究企画賞 (富士電機賞) に採択された研究企画「家畜糞に含まれる抗菌性物質の環境移行とその影響」の成果である。ここに謝意を表します。

キーワード タイロシン, 堆肥化, *Raphidocelis subcapitata*, 短期毒性試験

炭素税・FIT 賦課金による産業・家計への影響—産業連関分析による定量的評価— The Impact of Carbon Tax and Feed-in Tariff on the Industry and Household Expenditure -An Input-output Analysis-

早稲田大学 ○亀岡滯, 有村俊秀

1. はじめに

震災以降、再生可能エネルギーの普及のために、再生可能エネルギー発電促進賦課金（以下、FIT 賦課金）が導入されてきた。また、パリ協定以降、温室効果ガスの削減手段の一つとして、カーボンプライシング（以下、CP）の重要性が増している。一方、CP は産業や家計に負の影響を与える可能性が指摘されている。

そこで、本研究は 2011 年産業連関表を用いて、CP の一つである地球温暖化対策のための税（以下、温対税）と FIT 賦課金が、産業・家計にどのような影響を与えているかを分析した。そのうえで、どのような軽減措置が取られるべきかを考察した。

2. 分析モデル

先行研究である杉野他（2012）¹⁾と同様、産業への影響については、産業連関分析の価格決定モデルを用いて価格上昇率を推計する。また、家計への影響については、家計調査の消費額データに価格上昇率を掛けることで家計費上昇率を推計する。さらに、軽減措置の影響については、価格上昇率が高い産業を免税とするケースを分析する。

2. 分析結果

以下の三点が明らかになった。第一に、温対税による価格上昇率は鉄鋼業や水運業で高く、FIT 賦課金による価格上昇率は化学業や製紙業で高い。第二に、図 1～3 の通り、温対税・FIT 賦課金による家計費上昇率は、低所得世帯・寒冷地世帯・高齢者世帯で高い。第三に、産業への軽減措置は、価格上昇率・家計費上昇率に緩和効果がある一方で、軽減対象以外の産業の価格上昇率や、家計費上昇率の逆進性には緩和効果がない。

3. おわりに

以上の分析から、価格上昇率の高い産業への軽減措置だけでなく、家計費上昇率の高い家計への軽減措置が取られるべきであることが示された。特に、低所得世帯・寒冷地世帯・高齢者世帯を対象とした、エネルギー費の補助や住宅の断熱改修費の補助が有効だと考えられる。

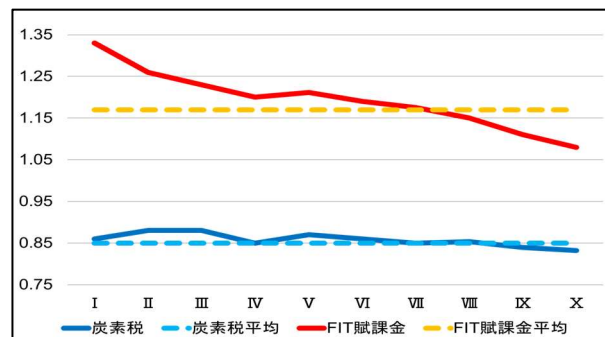


図 1 所得別家計費上昇率の比較

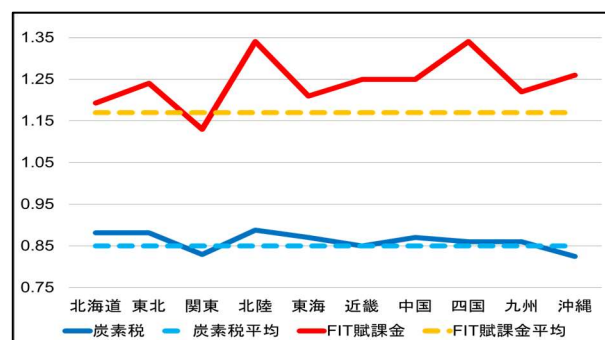


図 2 地域別家計費上昇率の比較

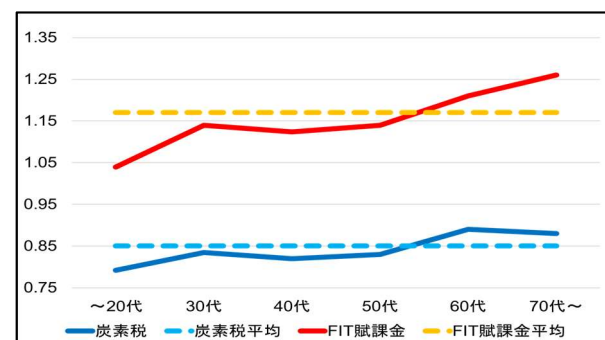


図 3 世代別家計費上昇率の比較

参考文献

- 1) 杉野 誠・有村俊秀・森田 稔（2012）地球温暖化対策税による産業・家計への影響東京都税制調査会での検討案の評価。環境科学会誌，25(2), 126-133.

キーワード 温対税, FIT 賦課金, 産業連関分析, 価格上昇率, 家計費上昇率

ハロゲン化多環芳香族炭化水素類 (XPAHs) の 廃棄物焼却施設からの年間排出量と大気中濃度への寄与度の推定 Effects of Annual Emission Rates of Halogenated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from Waste Incinerators on Atmospheric Concentrations

静岡県立大学 ○王 齊, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史
埼玉県環境科学国際センター 堀井 勇一, 蓑毛 康太郎, 野尻 喜好, 大塚 宜寿

1. はじめに

焼却処理は優れた廃棄物処理方法の一つではあるが、焼却に伴い非意図的に生成するハロゲン化多環芳香族炭化水素類 (XPAHs) などの有害化学物質によるリスクが懸念されている。

本研究では、埼玉県の 40 ヶ所 (県内総施設の約 1/6) の廃棄物焼却施設を対象に、排ガス中の 34 種類の XPAHs 濃度を測定し、焼却施設からの XPAHs 年間排出量を推算した。また、焼却施設由来の XPAHs の大気中濃度への寄与度を推定するため、産総研-曝露・リスク評価大気拡散モデル (AIST-ADMER) を用いて、焼却施設を唯一の発生源とした場合の大気中 XPAHs 濃度を推算し、実測値との比較を行った¹⁾。

2. 方法

XPAHs の年間排出総量について、廃棄物焼却施設の排ガス中の XPAHs 濃度を実測し、時間当たりのガス排出量、焼却炉の年間稼働時間数を乗じて推算した。

大気中 XPAHs 濃度の実測は、2009 年の各月の第一週に、埼玉県環境科学国際センター内で行った。

廃棄物焼却施設を排出源とした場合の大気中 XPAHs 濃度の推算には、乾性沈着速度、洗浄比、分解速度を考慮し、AIST-ADMER ver. 2.5 を用いて実施した。推算範囲を埼玉県全域とし、バックグラウンド濃度は 0 ng/m³ とした。

3. 結果と考察

40 施設の XPAHs 年間排出量は 0.021-240 g/year であり、総量は 810 g/year となった。そのうち 2 ヶ所の施設からの合計排出量は排出総量の 48% (390 g/year) を占め、XPAHs の排出総量は、少数の特定の廃棄物焼却施設からの排出量の影響が大きいことが明らかとなった。

大気中の XPAHs については、9-chlorophenanthrene (9-ClPhe, 11 pg/m³)、1-chloropyrene (1-ClPyr, 5.5 pg/m³)、3-chlorofluoranthene (3-ClFlu, 2.7 pg/m³)、6-chlorobenzo[a]pyrene (6-ClBaP, 1.7 pg/m³) の濃度が高く、

いずれも廃棄物焼却施設からの年間排出量が多い物質であった。一方、3,8-dichlorofluoranthene (3,8-Cl₂Flu)、6-chlorochrysene (6-ClChr) と 7-chlorobenz[a]anthracene (7-ClBaA) 等の物質は、大気中濃度は低くても、毒性等価換算係数 (2,3,7,8-TCDD ベース) が大きかった²⁾ ために、結果として毒性等価換算 (TEQ) 濃度は高くなった。

大気中濃度または TEQ 濃度が高い物質 (7 種類) を対象とし、廃棄物焼却施設からの排ガスの大気中濃度への寄与度の推算を行った。推算値は実測値と比較して 0.39% (9-ClPhe) - 6.5% (3,8-Cl₂Flu) であり、県内総施設数を考慮 (6 倍) しても 39% 以下であった。このうち、3,8-Cl₂Flu と 6-ClBaP は、廃棄物焼却施設由来の XPAHs の大気中濃度への寄与率が比較的高くなった。一方、9-ClPhe では、廃棄物焼却施設由来の XPAHs の大気中濃度への寄与率が最も低くなり、廃棄物焼却施設の影響は小さく、別の主要な発生源が存在することが示唆された。

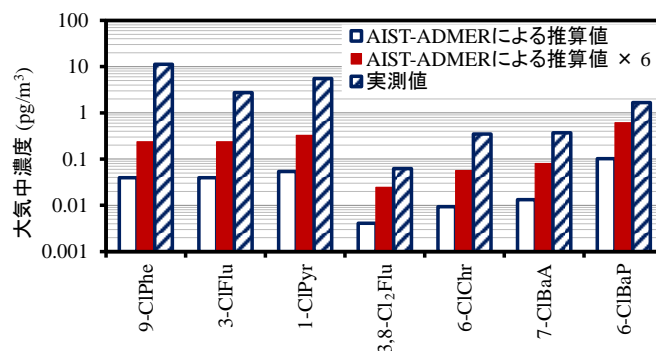


図1 AIST-ADMER による大気中 XPAHs 濃度の
推算値と実測値の比較

参考文献

- 1) 王ら (2017), 環境科学会誌, 30, 336-345
- 2) Ohura *et al.* (2009), Environ Sci Technol, 43(7), 2269-2275

キーワード ハロゲン化多環芳香族炭化水素類, 廃棄物焼却施設, 大気環境

物質フロー分析と再生技術のプロセス分析に基づくプラスチックの循環利用率の検討

Revisiting the recycling rate of plastics based on material flow analysis and process analysis of recycling technologies

東京大学 ○中谷隼, 丸山多聞, 方大樹, 栗栖聖, 森口祐一

1. はじめに

2019年5月に公表された日本の「プラスチック資源循環戦略」では、「2030年までにプラスチック製容器包装の6割をリユースまたはリサイクル」という目標が掲げられている（以下では、リユースとリサイクルを合わせて「循環利用」と呼ぶ）。しかし、循環利用率6割の分母とするべきプラスチック製容器包装の総排出量や、分子となる循環利用量の定義は提示されておらず、目標達成に向けた道筋も示されていない。

本研究では、物質フロー分析および再生技術のプロセス分析という環境科学が培ってきた学術的な知見を活用して循環利用率の定義を提案するとともに、その目標達成の実行可能性を検討する。循環利用率の分母については、生産側からトップダウン的に全ての容器包装のフローを明らかにして、生産量と回収量のギャップを埋める必要がある。分子については、リサイクルプロセスの産出量で定義されるマテリアルリサイクルの循環利用量に合わせて、フィードストック（ケミカル）リサイクルの循環利用量を再考する必要がある。

2. プラスチック製容器包装の総排出量の推計

産業連関分析を応用したプラスチックの物質フロー分析のモデルを開発し、産業連関表をプラスチックや容器包装の生産・出荷統計によって補完することで、日本全国の家庭および各産業（約110部門）における容器包装を含むプラスチックの利用実態を解明した¹⁾。容器包装として利用されるプラスチックについては、樹脂種類および形状、それを製品・サービスの販売に利用した部門、その製品・サービスを購入した部門（すなわち、容器包装が廃棄される部門）ごとのフローを定量的に分析した。その結果、容器包装リサイクル法におけるプラスチック製容器包装、すなわち家庭からのペットボトル以外の容器包装プラスチックの総排出量（2015年）は、113万t（PE 31%, PP 22%, PS 25%, PVC 3%, PET 16%, その他 3%）と推計された。

3. フィードストックリサイクルの原料有効利用率

日本で実用化されているプラスチック製容器包装のフィードストックリサイクル（コークス炉化学原料化、高炉還元剤化、原料利用のガス化）の再商品化製品は、一部が副生ガスなどとして燃料利用される。ここでは、

リサイクルプロセスに投入された廃プラスチックの樹脂分のうち、残渣として処理される成分とプロセス中で燃焼（燃料利用を含む）する成分を除く割合を原料有効利用率と定義した。化学原料として利用される炭化水素油などに加えて、シフト反応でH₂の産出のためにCO₂に酸化される合成ガス中のCOや、高炉において鉄鉱石を還元するC分およびH分など、化学量論的に原料の生成に寄与する成分は原料有効利用に含めた。

この定義に従って、2.で推計した樹脂組成に対して、材料リサイクルを含めリサイクル手法ごとに原料有効利用率を算出した。その結果、材料リサイクルの48%に対して、コークス炉化学原料化が50%、高炉還元剤化が65%、原料利用のガス化が56%となった²⁾。

4. プラスチック製容器包装の循環利用率の算定

最後に、3.で算出した原料有効利用率を2015年のリサイクル手法ごとの投入量に乗じて、原料有効利用量（図1の黄緑色の範囲）を求めた。2.で推計した総排出量を分母、原料有効利用量を分子として循環利用率を算定したところ24%となった。この定義に従う限り、2030年までの目標達成は困難であると思われる。

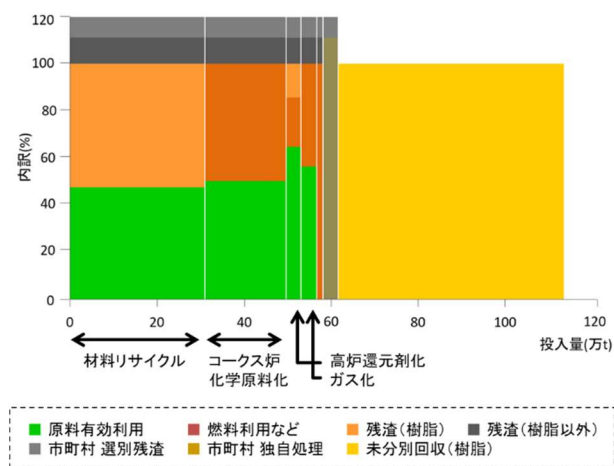


図1 プラスチック製容器包装のリサイクル手法ごとの原料有効利用量（2015年）

参考文献

- 1) Nakatani, J. et al. (2020) PNAS 117 (33), pp. 19844–19853
- 2) 方大樹 他 (2020) 第31回 廃棄物資源循環学会 研究発表会

キーワード: プラスチック製容器包装, 産業連関分析, フィードストックリサイクル, 原料有効利用率

一 般 発 表

食品ロス削減のために意識する行動の実施頻度と活用としてのフードドライブ Conducting conscious behaviors to reduce food loss and food drive as utilization socially

東洋大学 ○青木えり

1. はじめに

国連の持続可能な開発計画（SDGs）の Target12.3 に食品ロスの半減が記され、日本でも循環型社会形成だけでなく、食育推進や社会福祉の一環としても食品ロスの削減と活用が注目されている。家庭での食品ロスは、食べ残し、過剰除去、直接廃棄に分類され、具体的な品目は地域や世帯によって異なるが、事業系の食品ロスも含め、発生要因の多くが、個人の日常生活に密着している。そのため、全てを画一的に対策することは難しく、個人がどのような意識を持ち行動しているのか、その意識を把握し、よりよい暮らし方へとの変革を促すことが、食品ロス削減にむけ効果的であると考えられる。

2. 食品ロス削減のための日常生活意識調査

ここでは、食品ロス削減のための行動として、食品を購入してから廃棄するまで、買い物・保管・調理・食事・活用にかかわる日常行動の実施とその意識を、オンラインアンケート（楽天インサイト）により、2020年2月に調査した。東京23区在住の20歳以上の男女を、年代性別を20代から70代以上までの12区分で人口統計に従い割りつけ、1000人の回答を得た。行動の実施については、1.全くしていない。から6.よくしている。の6件法で尋ねた。食品ロス削減のための行動に大きく関連する要因として、個人の食習慣にも関わる世帯人数をもとに分類した結果を表1に示す。

表1 食品ロス削減行動頻度回答平均値と世帯人数

	単身世帯 (男性) n=156	単身世帯 (女性) n=125	二人世帯 n=341	三人以上 世帯 n=378
買うときは吟味して、必要なもの以外買わないようにしている。	4.6	4.8	4.8	4.7
買い物 地元産のものを選んで購入・消費している。	3.1	3.6	3.6	3.5
買い物前に、家にある食品の在庫や期限を確認している。	4.1	4.4	4.5	4.4
保管 食品が痛みにくいよう、保管方法に気を付けている。	4.2	4.5	4.6	4.5
調理 調理のときは、材料の使い切りやレシピの工夫など、廃棄を削減するように取り組んでいる。	4.1	4.4	4.5	4.3
食事 食事のときは、食べ物を残さないようにしている。	4.9	5.1	5.0	5.0
外食時は、食べきれない量を注文するようにし、残さないようにしている。	4.7	5.1	5.1	5.0
贈答品や余った食品は、知り合いや近所の人に譲渡したり、持ち寄りをしたりしている。	3.1	3.0	3.2	3.3
活用 食品ごみを減らすような社会活動（寄付、フードドライブ、こども食堂など）に参加・寄付をしている。	2.5	2.2	2.4	2.4

表1から、活用を除き全ての取り組みをすでに行動している人の方が多く、特に、食事の食べ残しをしないことは行動頻度が高いことがわかる。単身男性世帯では、これらの行動頻度が低い傾向があるが、活用行動ではその差は見られなかった。このように、人々はすでに意識して行動していることが多いと認識しているが、引き続き食品ロス発生が大きな問題となっていることから、現在意識できていない人への意識変革に加え、現在も意識してほしい行動していると認識している人々が、常に行動できるように、またより高い水準で行動できるように、個々の生活内での食品ロス現状把握や、具体的な知識・技術を補助できる仕組みが求められるのではないだろうか。

3. フードドライブ参加への困難

食品ロス削減のために、余剰食品を活用する行動の中でも自治体の環境や社会福祉政策、フードバンク等の支援連携のもと実施されているフードドライブを取り上げた。家庭にある余剰食品や贈答品などをイベントや公共施設の拠点等に個人が持ち寄る活動であり、もしそのような活動に参加するとすれば、特にどのような点を困難に感じるかを尋ねた。その結果、自分の家では余剰食品が発生しないという回答が、活用行動への参加の有無にかかわらず多く(n=331)、ついで、いつどこで開催しているかの情報を得ることが困難(n=157)、食品を持ち運ぶことが困難(n=141)とつづいた。またスケジュールがあわないという回答は、活動に参加頻度が1-3の低い人で(764人中 n=59)4-6の高い人で(236人中 n=8)となり、日常の中で活動に参加できない状況が見受けられる。ここから、まずは活動としての認知を高めるとともに、その地域の人々が行動範囲内で参加できる活動拠点・時間等の整備周知が望まれる。

参考文献

- 1) 農林水産省(2020) 食品ロス及びリサイクルをめぐる情勢。
- 2) あしたの日本を創る協会(2019)「食品ロス削減全国運動」結果報告書。

キーワード 食品ロス、フードドライブ、食育

最小スケール気候変動適応策としての被服色彩選択効果について Clothing Color Effect as A Target of the Smallest Scale Climate Change Adaptation

国立環境研究所/名古屋大学大学院環境学研究科 ○一ノ瀬俊明

前報（2013 年会）では、日中屋外で色彩以外が同一規格の衣料（U 社製、同一素材・デザインのポロシャツ、色違いの 9 色）を用い、表面温度の経時変化を観測した結果を報告した。色彩による温度差は明瞭であり、白、黄がとりわけ低く、灰、赤がほぼ同じレベルで、紫、青がさらに高めで拮抗し、緑、濃緑、黒が最も高温のグループを形成した（e.g. Lin and Ichinose, 2014: IC2UHI3）。また、一般に日射が強まるとこの差は顕著となった。可視光の反射率（明度）が表面温度を決める支配的要因の一つであると考えられるが、太陽放射の少なからぬ部分を占める近赤外領域（0.75-1.4 μm ）の効果に対する検討が不十分であったため、追加の観測（図 1）を行うと同時に、被服表面における反射スペクトル（0.35-1.05 μm ）の分析を行った（図 2～図 4）。2011 年夏以降複数の観測事例を蓄積してきているが、たとえば濃緑（高温）と赤（低温）との間には 5～10℃の温度差（夏季日中の日照条件下）が生じる。

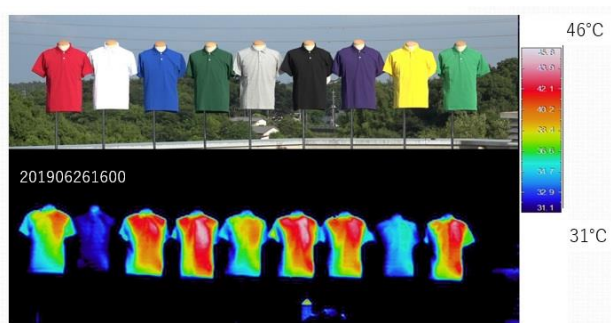


図 1 2019 年 6 月 26 日 16 時における各色被服表面温度



図 2 分光放射計 MS-720（英弘精機製）による被服表面反射スペクトルの観測

可視領域のみならず近赤外領域までを含めた色彩別

の反射率は、濃緑 87%、黒 86%、青 84%、緑 84%、紫 82%、赤 78%、灰 75%、黄 70%、白 63%となっており、従前可視領域の反射率だけを比較した時よりも、表面温度の大小との対応関係が明瞭となった（図 4）。図 1 の事例では、反射率 25%の違いは約 15℃の温度差をもたらしている。

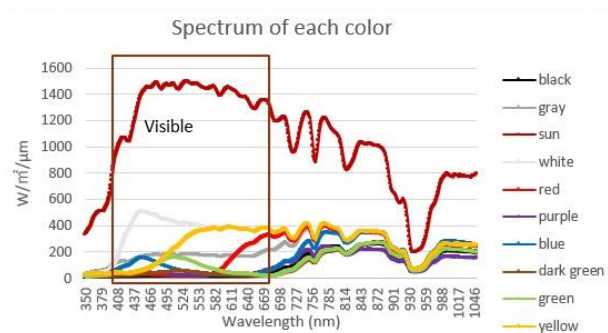


図 3 被服表面における色彩別反射スペクトルの比較

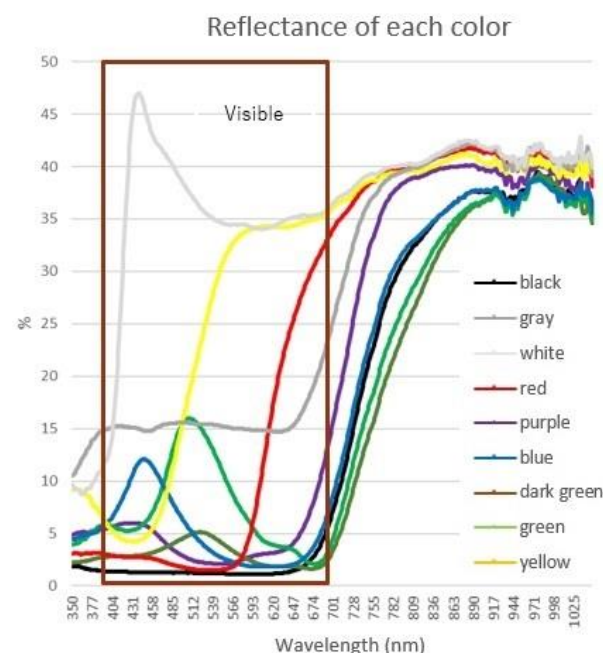


図 4 図 3 を太陽放射に対する波長別反射率で表現したもの

図 1 は 5m/s 前後の風速という条件下で観測された事例であるが、ほぼ無風の条件下では黒や緑で 50℃を超える事例（2013 年 9 月など）も観測されており、夏季の暑熱リスク軽減の視点から、被服の色彩選択も重要な気候変動適応策の一つといえる。

キーワード 適応, 色彩, 被服, 放射, 近赤外領域

時空間ランダムウォークモデルによる感染対策の検証 Verification of Infection Control by A Spatial Random Walk Model

国環研/名大・環境 ○一ノ瀬俊明, 筑波大(院)/国環研 田丹鶴, (元)筑波大(院)/(元)国環研 李一峰

さる4月7日に首都圏を中心とする7都府県に対し新型コロナウイルス感染症(COVID-19)に関する「緊急事態宣言」が発令された。そこでは「人と人の接触機会を8割削減する」ことが強く求められている。この「8割削減」は感染症の数理モデルによるシミュレーションにもとづいて算出したものとされている。関連の報道をみる限り、ここでは感染症の短期的な流行過程を決定論的に記述する古典的なモデル方程式である SIR モデル(Kermack and McKendrick, 1927)をベースとした数理モデルが用いられているものと考えられる。SIR モデルにおいては一般に、感受性保持者 S は感受性保持者 S と感染者 I の積に比例して定率で感染者 I に移行し、感染者 I は定率で免疫保持者 R に移行すると仮定され、この時間発展は常微分方程式で記述される連続力学系として表現される。しかし現実の感染拡大は特定対象地域における二次元の空間で生じるものであり、マクロな微分方程式系の計算のみで得られた結果を直感的に理解することは容易ではない。よって本研究では、こうしたメカニズムを直感的に理解しやすい形で示すことを目的に、特定対象地域の二次元空間(地理空間)におけるランダムな人の動きをランダムウォークモデルで表現し、接触する二者の間での感染を計算するモデルを構築した。またこれを用いて、現在提唱されている「8割削減」の有効性検証を試みた。

本研究では人同士の感染に関わる個別プロセスのミクロな評価を行うため、外界から孤立した正方形の島(孤島)を想定し、10×10のグリッドのそれぞれに1人の人口(島民)を配置している。つまり、100のグリッド上において初期感染者を含む100人の島民がランダムに動きながら感染を広げていくランダムウォークモデルにより、人の動きを近似しようというアイデアである。1番から100番までの番号を付された島民は、1タイムステップごとに一定のルールでグリッド間を移動する。元のグリッドに留まるケースも含め、ここでは周辺9つのグリッドのそれぞれに、9.00~12.25%の確率で移動するものとしている。初期感染者としては、孤島のほぼ中央に位置している5つのグリッド上の島民を設定した。以降のシミュレーションにおいては、これらの島民のうちのいずれかと同じグリッドで鉢合わせた島民は、設定

された確率で接触・感染するものとしている。

モデルの基本的な挙動が想定されたものに近いと確認できたため、以下ではグリッドを100×100、人口を10000人に拡張した場合の結果について論じる。また、最終タイムステップを100まで拡張した。接触や感染後の移動に制限を加えないケースでは、爆発的な感染拡大がみられるものの、シミュレーションの終盤では未感染者も少なくなるためか、感染者数の伸びには頭打ちの兆候がみられる。また、感染後の移動に制限を加えずに接触だけを8割削減した場合は、感染者数の拡大を抑える効果がみられる。さらに、接触を削減せずに感染後の移動に制限を加えた場合は、10000人でのシミュレーションにおいて感染者の比率が1.25%以下に抑えられている。感染者の隔離(移動制限)も接触の削減もともに重要であり、とりわけ移動の制限効果は大きいと判断される。

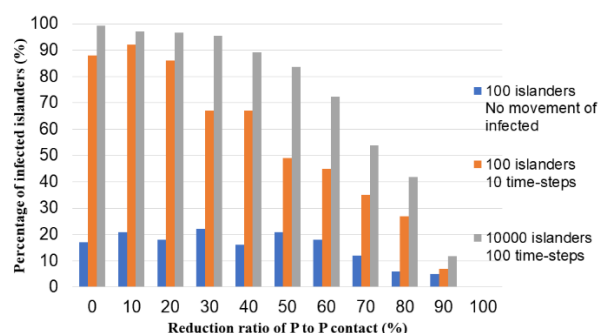


図 最終タイムステップにおける接触削減率ごとの感染者比率の比較(初期感染者5名を含まず)

図は、最終タイムステップにおける接触削減率ごとの感染者比率を比較したものである。感染後の移動を制限しない場合、接触を9割削減では感染拡大をほぼ封じ込めた結果となっている。

なお本研究では感染後の隔離を「移動の停止」や「系からの削除」という形で表現していないが、本研究で示した時空間ランダムウォークモデルによる数値シミュレーションの結果も、異なるアプローチで導き出された「8割削減」の合理性を支持しうるものであった。

キーワード COVID-19, 感染症, 感染対策, ランダムウォークモデル, 空間モデル

インド企業による人工衛星データを用いた日本の農業支援策の提案 Supporting Japanese Agriculture from India based on Satellite Image

東農大 ○松村寛一郎, AgriForetell Piyush Kumar

1. 研究の背景

農村地域における人材不足が深刻化している。持続可能な農業経営が危機に瀕し、農資源の供給への懸念が危惧されている。農産物の生育状況を示す代表的な指標である植生指数をより多くの農家に提供するための仕組みを提案する。農業の見える化がより広く進展することで、日本全体の農業生産性が向上するための具体的な手法を提案する。

2. インド企業とのコラボレーションの可能性

研究報告者は、研究室に来ていたインドからの留学生に対して英語論文の修正を依頼したことをきっかけとして、インターネットとインド人の英語力に着目した英文修正支援会社である Editage 社を立ち上げた経験を有している。Editage 社の最高経営責任者からインドの農業関連支援会社である AgriForetell Snipe.社の紹介を受け、同社と契約を結ぶことで、インドの会社のシステムを日本の農業へ展開する仕組みを開始した。高頻度・中分解能衛星としては、米国のプラネット社が知られており、毎日定刻に地球上のどのような地域において 3m の分解能で植生指数とカラー画像を提供している。同社は、インド企業の衛星打ち上げ技術を利用している。AgriForetell Snipe.社とのコラボレーションによる日本の農家への人工衛星データ提供の可能性について論じる。

3. AgriForetell 社のシステム

同社のシステムにより提供された北海道の道東地域における畑の植生指数データを図 1 に示す。

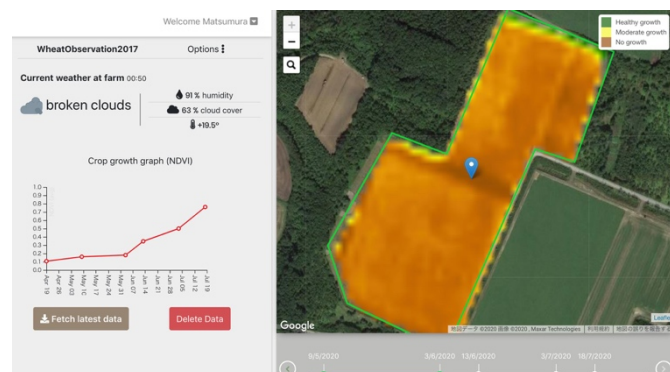


図 1. 道東地域における畑の植生指数

同社のシステムの最大の強みは、現場にて、農家と相談をしながら、任意の場所をポリゴンで選択することで、人工衛星が取得している過去の数時点に遡った植生指数を提供できることである。個人農家への人工衛星データ利用は敷居が高いと考えられており、自分の畑のことは自分が最もよく知っているという意見を聞いてはいたが、現場で衛星データを取得することで農家より、意見を聞くことができたので、その情報に基づいて同社の衛星提供の仕組みについて提案する。

4. 提案するシステム

農家は、畑の真ん中の一軒家というケースもあり、インターネット回線がメタル回線による通信速度の遅いものがほとんどである。必然的にスマートフォンなどのポータブルデバイスに依存するが、通信量に制限があり、大量の画像データを取得できる状況にないことが明らかになった。農家と現地で畑をまわりながら、取得した植生データを、コンビニエンスストアでのカラープリンターで提供することにしたら、農家からは、アナログ的なこのサービスも悪くないとの意見が聞かれた。手元での活用が可能である。植生指数の空間的な強弱を表現することができるために、農業現場では収穫作業の順序を決めるための有効な手法としての利用可能性がみえてきた。可変施肥に対する期待もあるが、人工衛星データをそのまま使って、可変施肥を実施するのは危険であり、複数の情報を組み合わせることの重要性が指摘された。一様に成長していることが明らかになれば、可変施肥は不要であることも指摘された。衛星画像データの場合は、固定費であるために、観測地域が拡大しても変動要因はゼロに等しいことも大きなメリットである。継続して農家とのすり合わせを行っている。

参考文献

- 1) Editage Company Ltd., (2020): <https://www.editage.com/>, accessed 2020, Aug
- 2) AgriForetell, a brand of Ignisnova Robotics Pvt. Ltd, <https://agriforetell.com>, accessed 2020

キーワード 植生指数、中頻度中分解能衛星、インド

図解アプローチによるサステナビリティ問題の表現：環境問題を例に

Presentation of Sustainability Issues by Visualization Approach: Case of Environmental Issues

国立環境研究所 ○田崎智宏, 亀山康子, 山口臨太郎, 図解総研 近藤哲朗, 沖山誠

1. はじめに

持続可能な開発目標など、地球的なサステナビリティ問題の解決への期待・要請が高まっているが、問題解決を難しくさせている要因の一つに「複雑性」の問題がある。この分野の先駆者であるハーマン・デイリー(2005)が本問題に係る多くの論争が問題のフレーミングの段階において生じていることを指摘したように、複雑な問題ほど理解差が生じやすい。他方、SDG 目標 17 に掲げられたように多様なステークホルダーの関与による有効な取り組みの進展も期待されており、共通理解はより重要となっている。

このような背景をふまえ、本稿では、より多くの人々の問題理解を促進するための表現方法を整理・検討した。

2. 表現方法の多様化と視覚情報の多用化

表現方法には、文字、音声、数値（指標を含む）、数式、写真、図・絵、動画といった様々なものがあり、それぞれに長短がある。近年では情報技術の発展により、図や動画などの視覚情報を用いた表現・伝達手段が増えている（例、Sibbet 2013 や木村 2010, 近藤 2018）。サステナビリティ分野における視覚情報の利用事例（図解アプローチ）を類型化すると4つに大別できる。第一は、環境容量あるいは社会最低水準に対する人間活動の状況を示すもので、planetary boundary (2015) やドーナツ経済(2018)の図が近年の代表例である。第二は、関係する多数の項目とその構造を分かりやすく提示するもので、SDGs の 17 のアイコンや、それをさらに構造化した SDG wedding cake (2016) などがある。第三は、そのような構造における要素間の複雑な関係性（「ネクサス」と呼ばれる。）を表現するもので、SDGs のゴールどうしの関係性（Pradhan et al. 2017, Singh et al. 2018）や関連するリスクイベント間の関係性（Yokohata et al. 2019）の表示の他、問題認識から行動までの異なる進展過程（Sheppard 2012）などが視覚化されてきて、指標体系でもネクサスに着目したものが登場している（国立環境研究所 2016）。第四は、視覚化により内容を豊かに伝えるもので、問題の伝達（Bell & Morse 2010）や新しいライフスタイルといった解決策の描写（SPREAD 2015, Tasaki et al. 2018）を向上させる事例がある。

3. 環境問題の図解

複雑系の表現方法としては第二と第三の図解アプローチが該当するため、環境問題を例にこれらのアプローチによる図解作業を実施した。複雑なものを複雑に表現しては専門家ぐらいいしか理解できないため、本質を絞り込む必要があるが、恣意的な除外によって問題をゆがめることは避ける必要がある。そこで、できるだけ包括的に図解することを念頭に、公害、気候変動、資源問題という異なる種類の環境問題を選定し、問題別の図解を行いながら共通点と差異を抽出して、共通となる本質的項目の図解を行った。本質的な点を即時に理解できるように読み手のペルソナを設定して、図解に用いる情報の適否確認と選別を行った。経済（人間）活動による環境負荷の発生と社会による環境保全のバランスで環境が劣化あるいは改善するという経済－環境－社会という基本構造を捉え、それが時間変化することを図解した。これにより、事後対応と未然防止の違いが明確に表現できた。また、関係性を表現するため、企業と個人という主体を加え、前述の3要素との関係を提示した(図1)。被害発生から社会への訴え、社会から汚染者への働きかけの両者が環境保全において重要であることが表現できた（詳しくは https://taiwa.nies.go.jp/column/kankyo_zukai.html を参照）。なお図1では、経済成長が自己強化的に進む点や、経済活動がもたらす失業や格差などの社会問題の発生は図解されておらず、目的に応じた図解が求められる。

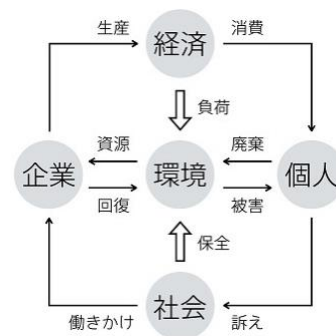


図1 環境問題の図解

参考文献 ※当日の発表スライドで提示する。

キーワード 持続可能性, 問題認識, コミュニケーション, 情報技術, 市民参加

ボランティア活動参加に対する依頼に関係する要因の影響 Effects of Elements related to being Asked on Participation in Volunteer Activities

国立環境研究所 ○森保文，静岡大学 前田恭伸，広島大学 浅野敏久

1. はじめに

ボランティア活動参加に関係する要因として、社会背景的なものと心理的なものが挙げられている。しかしこれらの要因によるボランティア活動参加の予測モデルの説明力は十分でないことが多かった。

一方、ボランティア活動参加のきっかけとして、友人からの依頼が多いことが報告されているが、これらに関係する要因とボランティア活動参加の関係は検討されてこなかった。

本研究では、社会背景的要因および心理的要因から構成される従来型のモデルと、友人からの依頼を考慮したモデルを比較して、ボランティア活動参加に関係する要因を検討した。

2. 方法

Web を用いた質問紙調査を 2019 年 3 月 19 日から 3 月 22 日 (t1) および 2020 年 2 月 26 日から 28 日 (t2) にかけて実施した。一回目の依頼数は 25438 サンプルで、有効回答数は 6266 サンプル（回答率 25%）であった。二回目は一回目の回答者 5730 サンプルに依頼し、有効回答数は 4047 サンプル（回答率 71%）であった。

地域（都道府県）を国勢調査の人口構成比に合わせてサンプリングした。性別、年代（18-69 歳）は均等にした。

3. 結果と考察

社会背景的要因および心理的要因に基づくモデルはボランティア活動参加をほとんど説明できなかった。一方過去におけるボランティア活動に参加している友人の人数およびボランティア参加は、現在のボランティア活動の参加を比較的好く説明した。ボランティア活動に参加している人は友人や知人を誘うことができ、また過去に参加した活動の主催者や関係者から連絡が来る場合があることから、参加を依頼されることがボランティア参加の強い理由であることが示唆される。

謝辞

アンケートにご協力いただいた皆様に感謝する。

本研究の一部は科学研究費基盤研究費(B)(18H01657)の支援を受けた。

キーワード 友達，利他主義，NPO，NGO

表 1 ボランティア活動参加回数 (t2) に対する重回帰分析

		B	ベータ	B	ベータ	B	ベータ	B	ベータ
定数		-5.64	**	-4.43	**	-2.66	**	-1.07	**
性別	t2	-0.42	-0.03	-0.49	-0.03	-0.61	-0.04 *		
年代	t2	0.57	0.09 **	0.39	0.06 **	0.31	0.05 **		
世帯年収	t2	0.05	0.02	0.02	0.01	-0.01	-0.01		
学歴	t1	-0.02	0.00	-0.04	-0.01	-0.02	-0.01		
社会化エージェント	t1	0.37	0.06 **	0.06	0.01	0.10	0.02		
親宗教	t1	0.24	0.04 **	0.01	0.00	0.07	0.01		
自身宗教	t2	0.43	0.06 **	0.25	0.03	0.23	0.03		
共感性	t2	0.43	0.05 *	0.30	0.04	0.22	0.03		
利他主義	t2	0.18	0.02	-0.06	-0.01	-0.12	-0.02		
友人の人数	t1			0.09	0.02	-0.04	-0.01		
ボランティアの友人の人数	t1			2.08	0.34 **	1.33	0.22 **	1.41	0.21 **
ボランティア回数	t1					0.34	0.41 **	0.43	0.47 **
調整済み R2 乗		0.03		0.14		0.29		0.33	
サンプル数		3090		3090		3019		3829	

COVID-19 パンデミック・レジリエンスと統合的アプローチ

COVID-19 pandemic resilience and integrated approach to prevent pandemic

環境創生科学研究所・明治大学 ○小松 英司

1. はじめに

SARS コロナウイルス 2 によって引き起こされた COVID-19 は、長期にわたる世界的パンデミックが発生により、現在世界で約 75 万人の死亡者が出ており、世界規模で社会経済に甚大な影響が生じ、地域社会の複数の脆弱性が明らかになるなど人類に危機的な脅威を与えている。この脆弱性に効果的に対処するためには、パンデミック対策だけでなく、持続可能性の目標を統合し、より包括的な視点をとることが必要であるが、感染状況に応じた的確なリスク管理措置を講じ、新型感染症に対するレジリエンスを高めることが喫緊の課題である。

2. 感染症パンデミック・レジリエンス

2.1. リスク管理とパンデミック・レジリエンス

COVID-19 は、世界の共同体に対し世界大戦に匹敵する、深刻な脅威となっている。新型感染症は、少数の公衆衛生や気候変動等の専門家からは警鐘が鳴らされていたが、社会全体としては共通の喫緊のリスクとして認識されてと言ひ難い (岸本, 2020)。新型感染症の場合、発生時は情報が少なく、少しずつ更新されていく科学的ファクトに基づいて、最適な政策的対応を導出し、短期間でレジリエンスを高めるプロセスが求められることが明らかになった。したがって、事前に、サーベイランスに基づく科学的ファクトの整理とそれに基づくベースラインとなるリスク評価を行い、適用可能なリスク管理オプションのリスク削減効果をベースラインとの比較し、最適な感染症対策を立案可能とするフレームワークと政策決定者がそれらのリスク管理オプションの中からリスクと社会経済的影響を考慮してリスク管理措置を決定するシステムが必要である。それを実施可能とする体制を準備することにより、早期に新型感染症へのレジリエンスを高めることが期待できるといえるだろう。

2.2. 感染レジリエンスの政策立案ツールキット

ワクチンが接種できるまでは感染を抑制・コントロールすることが求められる。現在、可能な感染抑制措置は、感染者の療養、接触の可能性のある接触者の追跡と検査・療養、物理的な距離、汚染除去および衛生対策、及び一斉自粛要請を含む社会行動の変容のみとされている。リアルタイムの感染リスクと対策の費用対効果を考

慮しながら、適切なタイミングで適切な対策を実施することにより、最も社会費用が大きい自粛要請をせずに感染拡大を抑制・コントロールすることが出来ると示されている (Ferretti et al, 2020)。このためには、筆者が開発した疫学・公衆衛生情報や社会経済情報に基づいた地方自治体ごとの感染予測システムと感染リスク管理措置の感染抑制効果と経済・社会的影響を把握するリスク管理ツールを統合し、感染抑制対策・コントロールの最適選定が可能とする政策立案ツールキットが必要となる。

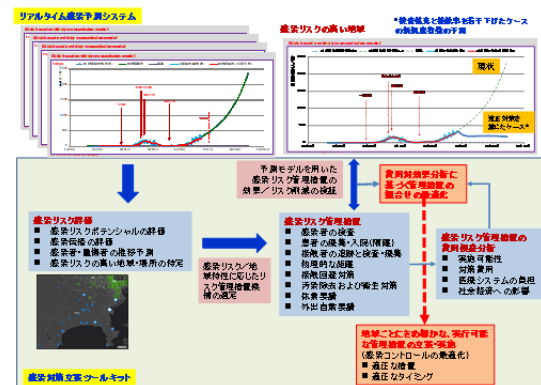


図1 政策立案ツールキット

3. 持続可能性に向けた統合的アプローチ

近年多発している新型感染症の出現が、生態系の変化、野生生物生息地への侵入や気候変動と関連づけるエビデンスが示されており、環境破壊とパンデミックの発生と関連性があると示唆されている (UNEP, 2020 など)。感染症のパンデミックが起きると甚大な影響が生じることから、今後パンデミックが起きない持続可能な社会を希求しなければならないことを COVID-19 は明示した。本発表では、今後感染の発生を防止するための、気候変動対策、生物多様性保全と公衆衛生の両方に対応する統合的アプローチについても議論する。

参考文献

- 1) 岸本 (2020) 日本リスク研究学会誌, 29(4), 237-242.
- 2) Luca Ferretti et al (2020) Quantifying SARS-CoV-2 transmission suggests epidemic control with digital contact tracing, Science 368, 619.

キーワード: 感染症, レジリエンス, 統合的アプローチ

タイにおける持続可能なライフスタイルと幸福感に関する研究

A Study on Sustainable Lifestyle and Happiness in Thailand

九州大学 ○近藤加代子, 畢亦凡, 王雨童, 王東豪, 井上朝雄

1. はじめに

熱帯に属するタイでは高床式住宅から近代住宅への変化とともに、エアコンの普及が著しく、エネルギー消費が増加を続けている。われわれは、生活の変化を踏まえながら低炭素で持続可能な住まい方やライフスタイルを明らかにすることを目的にタイ・スコタイ地方で調査研究を行った。

2. 対象と方法

2018年にタイ・スコタイ市において20軒の訪問調査を実施し、それに基づいて2019年に100軒にアンケート調査を実施した。主な調査項目は、年齢、性別、職業、収入などの基本属性のほか、住宅の類型（高床式、改築型高床式、近代住宅等）、エアコンなどの家電所有および使用頻度・時間、好きな居場所、そこにおける行為、および幸福感などである。

3. 結果と考察

好きな居場所を、リビング、個室、タイトウン（ピロティ）・ラビアン（軒下の半室外空間）、庭の木陰から選んでもらったところ、年齢、所得、住宅類型、エアコンの有無で差があった。個室とリビングの選択率に大きな違いはないが、室外空間（タイトウン、ラビアン、庭・木陰）の選択率において現代住宅及びエアコン設置住宅で低くなった。しかし現代住宅およびエアコン設置住宅でも一定の割合で室外空間を好む人々がいた。高床式住宅の9割にタイトウンがあり、高床式住宅及び現代住宅の6割にラビアンがあった。エアコンの設置率は現代住宅が高い。

室内滞在（個室とリビング）が好きと答えたグループと室外滞在（タイトウン、ラビアン、庭・木陰）が好きと答えたグループを比較すると、室外滞在グループの方が、エアコン使用時間が短く、電気代も低い（図1）。そして幸福度が高い（図2）。室外空間の主な行為は交

流・会話と昼寝であった。幸福度を目的変数とする重回帰分析では、健康、屋外での涼しい場所の滞在、リビング滞在が有意であった。

タイでは伝統的な高床式住宅では、日中は風通しのよい室外空間に滞在する生活習慣を有している。現代住宅への移行によってエアコンをつけて室内に滞在する傾向が生まれているが、室外空間で、近隣を含めた会話などを楽しむことが一定層で広く行われており、低炭素要因となっている。

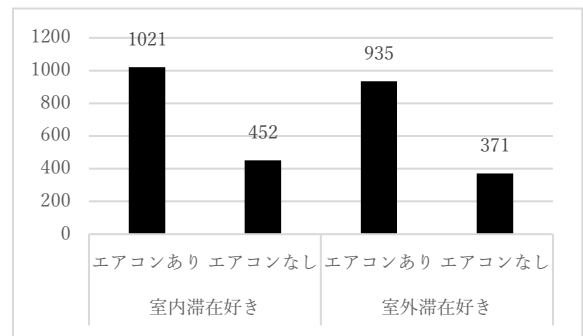


図1 エアコン・滞在場所と電気代（バーツ/月）

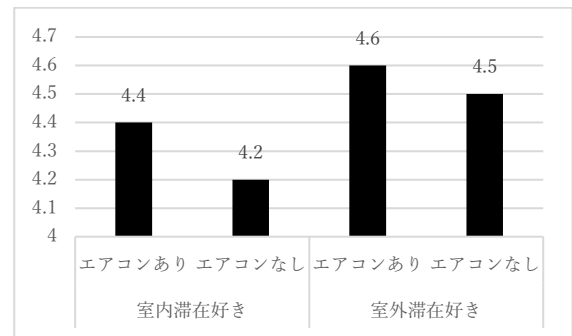


図2 エアコン・滞在場所と幸福感

4. まとめ

タイにおいて屋外の風通しのよい場所に滞在する習慣は、現在住宅化とエアコンの普及で変化が見られるが、なおも残っており、低炭素と幸福の増進に寄与している。家族や近隣の人々とコミュニケーションを楽しめる快適な屋外滞在の環境整備が望まれる。

キーワード 持続可能, ライフスタイル, 幸福感

気候変動に対する「構造的適応策」の検討プロセスのデザイン

A Process design of Building Structural Adaptation to Climate Change

所属 ○白井信雄, 西村武司・山陽学園大学地域マネジメント学部, 中村洋・山口東京理科大学共通教育センター

1. はじめに

気候変動（地球温暖化）が進行する中、温室効果ガスの排出削減を図る緩和策の最大限の実施とともに、適応策の必要性が高まっている。

適応策の検討は、気候変動の地域への影響を評価し、適応策に相当する既存施策（潜在的適応策）と対照させたうえで、不十分な点を明らかにし、追加的適応策を立案していくという手順になる。重要な点は、社会経済面も含めて、地域への影響構造を把握し、それを踏まえて適応策を検討することである。

白井ら（2014）は、「気候変動により社会が受ける影響は、気候外力と抵抗力（感受性と適応能力）の関係性によって決まる」とし、「脆弱性」の改善の必要性を示した。気候変動の影響を規定する社会経済的要因（抵抗力に相当する）を明らかにすることが、適応策の真髄として重要である。

しかし、地方公共団体の適応策の検討あるいは関連研究においては、影響の社会経済的要因の解明が不十分であり、抵抗力の向上に踏み込んだ適応策（これを「構造的適応策」と表記する）が立案されにくい。

本発表は、社会経済的な影響構造を踏まえた「構造的適応策」を提起し、地方公共団体における踏み込んだ適応策の立案と実践を資することを目的とする。

2. 研究の方法

長野県高森町の干柿と岡山県備前市日生地区の漁業に関する先行研究（アクションリサーチ）の事例をもとに、構造的適応策の必要性、具体像、検討方法を整理、考察する。両者は、農産物の生産・加工、水産物の漁獲・養殖に関するものであり、農業と水産業という異なる自然（気象）との関わり方をする事例である。

3. 研究の結果

3.1. 構造的適応策の必要性

2 事例では、気候変動の影響構造を農業者（あるいは漁業者）へのインタビュー調査により明らかにした。高森町では農業者アンケート調査も実施している。

これにより、干し柿農家では対策技術があっても経

営や設備の状況ゆえに対策技術が導入できない状況にあること、品質を確保するための対策が負担となっている可能性があること、漁業者では漁獲魚種の変化に対してターゲットとなる魚種以外の流通の仕組みがないこと、設備投資を行なうほどの漁業収入が得られていないこと等、適応策の導入に係る社会経済的要因があることを示された

3.2. 構造的適応策の具体化と検討プロセス

高森町では、社会経済的要因の改善を図る構造的適応策を、農家や農協、農業試験場等の参加によるワークショップにより立案した。ワークショップでは、地域ぐるみ、楽しい生産、経営形態の改善等の考え方の枠組み（フレーミング）を提示した。日生地域でのワークショップはこれから実施する予定である。

4. 考察

「構造的適応策」は、長期的な農業・漁業の経営、ひいては農村・漁村の地域経営の再構築を図るものであり、適応策だけの議論に閉じるものではない。

地域の農業・漁業の「将来に向けた持続可能な発展」を検討するものとし、気候変動問題と地域経営上の課題について、相互の連環・根幹を捉えた検討を行なうことが必要となる。すなわち、①気候変動適応を通じた経営改善、②経営改善による気候変動適応の基盤形成、③気候変動問題と地域経営問題の根幹にある構造の見直しが検討課題となる。

参考文献

- 1) 白井信雄・田中充・田村誠・安原一哉・原澤英夫・小松利光（2014），気候変動適応の理論的枠組みの設定と具体化の試行－気候変動適応策の戦略として－，環境科学会誌 27 巻 5 号，p. 313-323
- 2) 白井信雄・中村洋・田中充（2018），気候変動の市田柿への影響と適応策：長野県高森町の農家アンケートの分析，地域活性研究 Vol.9

キーワード 気候変動，構造的適応策，長野県高森町，岡山県備前市日生地域

アジア地域における家庭由来食品ロスの発生現状と SDGs 12.3 に向けた政策提言

Household Food Waste Generation in Asia and Policy Implications towards SDGs Target 12.3

(公財) 地球環境戦略研究機関 ○劉晨

1. はじめに

世界の食料の3分の1が廃棄されている。国連加盟国によって採択されたSDG 12.3では、食品ロス(food waste; 廃棄または再利用するために食物サプライチェーンから取り除かれた食物及び食物の食べられない部分)削減の目標として、「2030年までに小売・消費レベルにおける世界全体の一人当たりの食料の廃棄を半減させ、収穫後損失などの生産・サプライチェーンにおける食品ロスを減少させる」ことが定められた。先進国における食品ロスの発生は半分以上が消費段階にあることが確認され、消費者から発生する食品ロスに関する研究は増加している。一方、アジアの新興都市では急速な都市化、中間層の急増、食生活の欧米化、近代的小売普及などの要因は、食品ロスの発生に大きく影響を与えるが、消費段階の食品ロスに関する研究は少ない。本研究では、バンコクとハノイの二都市を事例として、家庭における食品ロスの発生現状と動向を明らかにし、食品ロスについて実施されている関連政策をレビューすることによって食品ロスの防止と削減のための政策提言を行うことを目的とする。

2. 研究手法

文献/政策レビュー・統計データ解析・アンケート調査を用いた。アンケート調査は、2017年12月にバンコク市在住している222人¹⁾、2019年1月15日～2月28日の間にハノイ市在住している252人(都市部120;農村部132)²⁾を対象に、事前訓練を受けた調査員による個人面接調査により実施した。質問項目は食習慣、食品ロスの理由、家庭ゴミの分別・再利用、食品廃棄削減への考え方、時間の使い方など、回答者の日常活動を把握するために幅広く質問を網羅している。

3. 主な結果

バンコク市の都市廃棄物統計からみると、食品ロスの発生量及び食品廃棄物の都市廃棄物に占める割合は近年増加傾向にある。ハノイ市の自己申告発生量も先進都市に比べて少なくはない。バンコクでは外食や中食が主流であり、食品ロスの発生源はサプライチェーン全体に広く分布しており、ハノイでは内食の割合が

多く、家庭から発生する食品ロス(特に調理残差)の割合が多い。3R政策や家庭ゴミ分別政策が既存しているが、ほとんど実施されておらず、他の都市廃棄物と混合されたまま埋立処理されている状態であった。

家庭での食品廃棄の主な原因として「消費期限超過」と「品質の劣化」が挙げられたのに対し、家庭外での食品廃棄は配膳サイズや量の多さと過剰注文が挙げられた。バンコクの食品ロスのうち再利用されているのは一割未満(コンポストが主)であったのに対し、ハノイでは約2割であり、直接的に間接的に動物飼料として利用されているケースが多かった。また、ハノイ市では家庭での食品浪費が少なく、外食では多い。バンコク市では家庭と外食に大きな違いがみられなかった。なお、ほとんどの回答者は食品ロスを削減、再利用、リサイクルすることを望んでいる。

4. 政策提言

SDG 目標 12.3 を達成するために、政策立案者と実務者は、(1) 行政各担当部署の連携による食品サプライチェーン全体を対象とした包括的な食品廃棄物政策の策定; (2) 家庭の実情に基づいた分別収集、及び食品廃棄物管理システムの実施; (3) 食と農の連携による食品ロスを循環利用するスキームの開発; (4) コミュニティーベースの食品共有プラットフォームの構築; (5) 食品の消費期限の表示に関する統一的な基準と理解の促進; (6) 配膳の少量化及び食べ残しの持ち帰りの促進; (7) 余剰摂取や浪費を最小限にするとともに健康且つ幸福度を向上する充足性政策が重要であろう。

キーワード:食品ロス,SDG 12.3, アジア、家庭、消費

参考文献

- 1) Liu et al. (2020) Food waste in Bangkok: Current situation, trends and key challenges. Resour. Conserv. Recycl. 2020, 157, 104779.
- 2) Liu and Nguyen (2020) Evaluation of Household Food Waste Generation in Hanoi and Policy Implications towards SDGs Target 12.3. Sustainability 12 (16), 6565.

* 環境研究総合推進費 (S-16-3) 及び IGES SRF 2020 により実施。

「自然エネルギー100%大学」への道 A Road to the first RE100 University in Japan

千葉商科大学 原科幸彦

1. まず、隗より始めよ

持続可能な社会に向け、化石燃料や原子力から再生可能エネルギーへの転換が必須である。社会の各主体が個々の責任で再エネを広めて行けば、転換の可能性は開ける。千葉商科大学は「まず、隗より始めよ」の精神で自然エネルギー100%大学を目指して活動し、2019年、まず「電気」に対する100%を達成した。学内合意を図り、戦略的に取り組むことで達成できた経験から、他の組織にも参考となる要因を抽出する。

2. エネルギーを「つくる責任、つかう責任」

国際イニシアティブの RE100 企業は、使用電力を100%再エネで賄うが、再エネ電力の購入でも良い。だが、この枠組みだけでは再エネ100%社会にはならない。再エネ発電を直接的に増やすことが必要である。

筆者は RE100 に対し、自らが使う電力に相当する分は自らの責任で創る「RE100 発電」を定義した。発電分は自家消費でも売電でも良い。大学なら「RE100（発電）大学」となる。SDGs の目標 12「つくる責任、つかう責任」のエネルギー版で、自らが再エネ発電し、社会に供給することに大きな価値がある。

再エネは、その場所の自然条件によって最適な発電源が異なる。自らの敷地内に拘らず、送電ロスが少ない近場での発電も考えれば、選択肢は広まる。自らの消費電力分という明確な発電目標により、省エネ努力も生まれる。各主体がこの再エネ発電を行い、社会全体で電力の総消費量と総産出量が均衡すれば、あとは電力を流通させれば良い¹⁾。

3. 戦略的な意思決定

「RE100 大学」達成までには長い道のりがあった。筆者は 2012 年、本学の政策情報学部に着任。再エネの推進のため学内世論を形成するべく、丸の内サテライトで CUC 公開講座を 2013 年から開始。テーマは「持続可能な環境エネルギー政策を考える」。

2014 年 7 月、筆者らは教員 3 名の合同ゼミにエコ・リーグの学生も招いた。メガソーラー野田発電所は学内消費電力の 6 割相当も発電しているので自然エネルギー100%を目指してはとの問いかけに、本学を国内初の 100%大学にと発意。同年 9 月 4 日

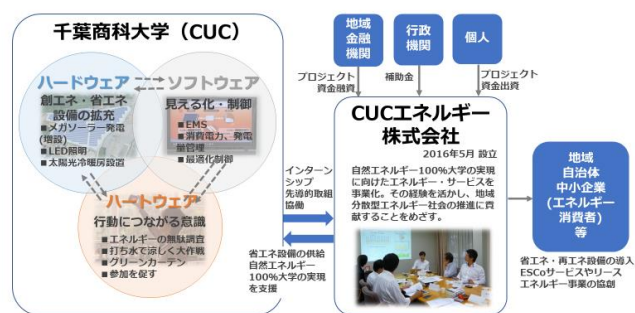
に 100%を目指す学部長の責任で公表²⁾。

だが、省エネ努力だけで 100%達成は無理で、省エネ・創エネのための設備導入が必要。2015 年には学外専門家、山口勝洋氏らの支援を得て、100%達成の可能性調査を行い実現の準備を進めた。ハードウェア、ソフトウェアの整備に必要な組織的対応のため、まず、政策情報学部のプロジェクトとして推進。意思決定の鍵であるハードウェア（行動につながる意識）形成のため多様な活動を展開した。

4. RE100 大学への道

その結果、次第に経営陣の理解も得て、2017 年、学長就任と共に 4 つの学長プロジェクトを開始し、その一つに RE100 大学実現をあげた³⁾。

一番の課題は経済的な問題である。大学首脳部有志らで CUC エネルギー株式会社を設立し、ハードなどの設備投資は同社が行い、大学は同社からリースすることで、大学経営への負担を軽減した（図）。こうして、大学の全建物の LED 交換、野田発電所のパネル増設、学内の屋上太陽光増設などを実現し、2019 年 1 月に RE100 大学を実現した。今は「電気+ガス」の総エネルギーに対する再エネ 100%発電に挑戦している。



千葉商科大学と CUC エネルギー株式会社

参考文献

- 1) 原科幸彦、鮎川ゆりか、山口勝洋 (2019) 再生可能エネルギー社会へ「まず、隗より」ー「自然エネルギー100%大学」への挑戦。『環境と公害』48(4),
- 2) 千葉商科大学 (2014) 「大学日本一（自然エネルギー発電容量・導入率）」プレスリリース (2014.9.4)
- 3) 千葉商科大学 (2017) 学長プロジェクト「SDGs への取り組み」<http://www.cuc.ac.jp/>

キーワード 再生可能エネルギー、RE100、SDGs、意思決定、太陽光発電

都市廃棄物リサイクル率の国際比較可能性の検証

International Comparability of recycling rate of Municipal Solid Waste

(公財) 地球環境戦略研究機関 ○栗生木千佳, 劉晨

1. はじめに

気候変動や生物多様性ととともに、資源効率性・循環経済が、国際的な環境課題として主流となりつつある。SDGs 指標においても国内物質消費(DMC)、資源生産性(GDP/DMC)、リサイクル率・量(目標 12)が挙げられているが、リサイクル率については、廃棄物の定義や算出方法の差異が課題として指摘されることが多い。本稿では、国際的に日本の値が比較的低いと議論されている都市廃棄物(Municipal solid waste: MSW)のリサイクル率を取り上げ、欧州連合(EU)との比較を行った。加えて、循環経済政策の改善を進めているアジア各国のリサイクル率の事例も考慮に入れ、国際比較可能性についても検証を行った。

2. EU における MSW 定義・リサイクル率算出方法

EU においても、MSW 定義・リサイクル率の計算手法の差異(①MSW の範囲、②リサイクル量算出を行う段階、③収集主体)が指摘されており、特に 2015 年循環経済政策パッケージに提示したリサイクル率目標値設定に向け、EU 全体で統一した MSW 定義・リサイクル量算出方法について欧州委員会内で検証が進められてきた¹⁾。これを踏まえ、2018 年廃棄物改正指令の中で、都市ごみの再利用・リサイクルの割合について新たな目標値が定められ、2025 年までに 55%以上、2030 年までに 60%以上、2035 年までに 65%以上へ引き上げることとされた。なお、MSW サイクル率は、以下に示す都市廃棄物発生量に対するリサイクル量の割合で算出され、Eurostat/OECD 統計定義に沿っている。

- MSW 発生量は、事業系を含む MSW 物全体を対象とし、生産、農業、林業、漁業、浄化槽、下水網・下水処理からの廃棄物(下水汚泥、廃車、新築・解体廃棄物等を含む)は対象外となる。
- リサイクル量は、実際に製品、材料、または物質に再加工される廃棄物量を用いる。
- 個別項目：廃棄物の燃料・エネルギー利用はリサイクル量から除外、好気性または嫌気性処理に入る生分解性の都市廃棄物量、焼却灰からの金属回収量、分別選別作業による発生残渣の再活用量、EU 域外等への移送廃棄物(条件)は、リサイクル量に含む。

3. アジア各国のリサイクル率算出方法

アジア 8 か国[※]のリサイクル率の定義²⁾を概観した。インフォーマルセクターによる回収・リサイクルの存在や中間処理技術の欠如、リサイクルの未制度化の現状を踏まえてリサイクル率の算出方法は様々である。分母については、収集量や発生量の推定値、分子については、再使用+リサイクルや回収・分別量、加工・原材料使用量等が採用されており、各国差異が大きい状況にある。

4. 国際比較可能性の検証

表 1 に EU¹⁾ と日本³⁾ の定義等との比較を整理した。MSW 定義で汚泥やし尿などの扱い、リサイクル率においては、エネルギー回収、分母(総処理量(日本)と都市廃棄物発生量(EU))に差異があり、また、収集主体、輸出や残渣の扱い等について精査の必要がある。

アジア各国では、分子に回収量や MSW の再使用量再加工・原材料使用量を用いるケース等多様であった。ISO など循環経済議論の国際的な発展を鑑みると、一定の国際比較可能な手法等は必要といえ、それに向けて各国の考え方・事情・統計能力等を整理していく必要がある。

表 1 EU と日本の比較

		EU	日本
都市 廃棄物 定義	発生源	家庭・店・市場、公園・道路清掃、商業・貿易、中小企業、オフィスビル・施設(学校、病院、公共施設)	家庭・事業所、し尿処理施設・設備など(産業廃棄物以外)
	対象物	紙や段ボール、ガラス、金属、プラスチック、有機性廃棄物、木材、繊維、包装、電気電子機器、廃電池・蓄電池、粗大ごみなどの分別収集廃棄物、混合廃棄物、生産、農業、林業、漁業、浄化槽、下水清掃、下水処理からの廃棄物は含まれない。List of waste 第20章。	炊事仕事で生じた、残飯等の生ごみ、ちり紙・新聞・雑誌等の紙くず、庭木の剪定で生じた木くず、衣類等、食器・窓等のガラス、食器・花瓶等の陶磁器、なべ・フライパン等の金属、ペットボトル等、(家電4品目、パソコン、自動車)、有害ごみ、し尿・浄化槽
	回収主体	民間・公共を問わず(自治体代理でない民間事業者や非常利便関係の直接回収、通常の廃棄物サービスがない僻地での発生含む)	自治体・自治体代理の民間事業者
リサイ クル 率	分母	都市廃棄物発生量	総処理量+集団回収量
	分子	都市廃棄物のうち、製品、材料、物質に再投入する工程に入った量	直接資源化量+中間処理後再生利用量+集団回収量

参考文献

- 1) EC (2018) Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste
- 2) Liu, C. et al. (2018) State of the 3Rs in Asia and the Pacific, edited by UNCRD and IGES, UNCRD, 72-73
- 3) 環境省 (2019) 日本の廃棄物処理

キーワード 循環経済, リサイクル率, 国際比較可能性

※バングラデシュ、カンボジア、インド、インドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、ベトナム

我が国の循環型社会ビジネスの市場規模の推計方法の検討 Study on the Estimation Method of Sound Material Cycle Business Market Size in Japan

みずほ情報総研株式会社 ○谷口友莉, 高木重定, 立命館大学 橋本征二

1. 背景と目的

「我が国の循環型社会ビジネスの市場規模」は、環境省「環境産業の市場規模」より、循環産業に関わると考えられる部分（5分類95項目）を抽出したものであるが、現状のままでは2020年目標（2000年度の約2倍）²⁾の達成は厳しい状況と見込まれている。一方で近年、シェアリング、サブスクリプション、ITを活用したリユース等の新たなビジネスが登場しており、循環経済の進展によって循環型社会ビジネスとして考慮すべき範囲や推計方法を見直す必要が生じている。本稿では、循環型社会ビジネスの市場規模の推計対象範囲の見直しを行い、市場規模の試算を行った。

2. 方法

欧州における循環経済や日本における循環型社会形成に関わる政策動向を踏まえ、循環経済の市場規模や経済効果推計に関する欧州の関連文献のレビュー及び環境省「環境産業の市場規模」における抽出項目の再検討を行った。これをもとに、推計対象範囲を見直し、従来捉えきれなかった新たな項目を追加するとともに、現状の項目の分類についても再検討した。具体的には、IT等の進展によって普及・発展した新しいサービス及び従来から循環型社会ビジネスの範囲と考えられていたが補足されていなかった（抜けていた）項目を追加した。また、既存統計をもとに追加項目の推計方法を検討し、市場規模の試算を行った。

3. 結果と考察

推計対象を14項目追加するとともに、分類については「資源、機器の有効利用」を細分化した他、「モノからコトへ」などを新規追加した（図1、始め中括弧で示した6つ）。これにより、推計対象を10分類109項目へと再整理し（表1に一部例示）、既存の推計方法による2014年度推計値（最新値）¹⁾をベースに、追加項目については2017年頃のデータを使用し積算した。新たに追加した14項目のうち、試算を行った10項目の市場規模は約5.4兆円と推計され、「我が国の循環型社会ビジネスの市場規模」は総計約52兆円程度と推計された（図1）。なお、長寿命化製品（長寿命化設計、モジ

ュール化、リサイクルや再製造しやすい設計をされた製品等）やモノからコトへ（表1にPaaSを例示）などの市場規模の推計手法については、対象範囲の設定など更なる検討が必要である。さらに、2020年目標の達成可能性についても引き続き精査が求められる。

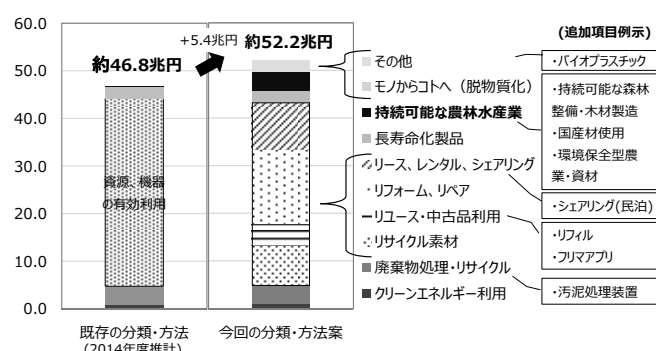


図1 推計対象範囲の再検討および推計結果

表1 推計対象範囲の拡大（追加項目の例）

分類	項目	金額 (データ年)	出典
リユース・中古品利用	リフィル	6,647 億円 (2015 年)	日本石鹸洗剤工業会(第三次循環基本計画の指標)、生産動態統計
	フリマアプリ	6,392 億円 (2018 年)	経済産業省(2019)電子商取引に関する市場調査
リース、レンタル、シェアリング	シェアリング(民泊)	1,800 億円 (2016 年)	内閣府(2018)シェアリング・エコノミー等新分野の経済活動の計測に関する調査研究報告書
モノからコトへ(脱物質化)	PaaS	検討中	※従量制、パフォーマン ス契約、PSS、機能売等 が対象
その他	バイオブラスチック	322 億円 (2017 年)	環境省(2019)環境産業の市場規模・雇用規模等に関する報告書 2017 年版

謝辞：本研究は、環境対策推進財団研究助成及び環境研究総合推進費（JPMEERF20193002）の成果である。

参考文献

- 1) 中央環境審議会（2017）第三次循環型社会形成推進基本計画の進捗状況の第3回点検結果について
- 2) 環境省（2018）第四次循環型社会形成推進基本計画

キーワード 環境産業、循環経済、分類、推計、指標

小型レーダーによる雨粒計測方法の開発

A small-radar system for monitoring raindrops

株式会社東建エンジニアリング R&D センター○岩熊眞起 製造本部 飯田友和 安藤崇

1. 始めに

筆者の所属機関で、降雨時雨粒の落下状態を連続的に観測するスマートセンサー（以下電波発信器）を開発した。探知域が数 m^2 の超小型レーダーであり、マイクロ波電波の反射強度とドップラー特性の解析により雨粒の量と落下状態を観測する。0.1~0.3mm 以上の雨滴落下を検知し、雨粒の大きさ（粒径）と水頭高（降水量）を 10 秒毎に出力する。ある時刻瞬間の雨の状態の観測を行う機器である。発信器は小型軽量で、取り付け機材を設置することにより、屋上、屋根、集合住宅のベランダ、窓部、鉄塔、電柱、水面等で観測でき、オンサイトでの雨監視、暫時雨の数値化と感覚共有化をするものである。

2. 機器並びに計測の概要

自然雨の雨粒の大きさ（粒径）の分布は直径 0.1~8mm 程度であり、時間降水量 1mm 程度の弱い雨では大部分が粒径 1mm 以下、降雨強度が強く（土砂降りの雨）なれば粒径は大きくなる傾向にある。その中で本器は霧の境界（粒径約 0.2 mm）や日常的に出会う雨（粒径約 1~2 mm）の状態を測るものである。本機器の電波発信器は免許不要の特定小電力電波とされる微弱電波（発信周波数 24GHz）帯のマイクロ波電波を利用して、雨粒の落下による降雨強度とドップラー周波数の変化量分布の計測している。上記の雨の状態を、10 秒毎に暫時観測して降水状態感覚を数値化表示する。観測項目は以下。

表 1 観測項目

*Sr：降雨有無判別信号 0 or 1	*D：雨の大きさ（平均粒径） 0.2~8.0mm	*RN：雨の強さ（降水量） 0.0001~2 mm/10sec	*S：電波反射強度：0~2500mV
---------------------	--------------------------	---------------------------------	--------------------

3. 観測への適用

電波発信器（40 mm×40 mm×125 mm）は仰角 45° で制作されている。地表面、水面等からの約 0.5~2m 以上の高さに発信器を鉛直に上方に向けて設置する。出力器もしくは PC に接続する。DC12V の独立電源器で作動するが、長期間の連続観測を行う場合は、100V（100mA）の商用電源を利用する。雨粒メータは、無線通信

（Bluetooth）、データロガー（RT720）、多箇所での閲覧（RT720F）の 3 種類があり、また、RS232C 出力の利用も可能である。

本器は、1 時間継続した場合でおよそ 0.1mm レベル以上の雨が当該観測時間（10 秒間）に有ったか無かったかを判別（RN）し、雨粒落下有と検知した場合は、雨粒の平均的大きさ、観測時間（10 秒間）の降水量（0.0001~2.0mm）を出力する。



発信器を中心として、円状の面積数 m^2 の上空域の降雨状態の観測であり、雨粒落下の度合いにより観測域の広さは多少変化する。雨の強さが大きいほど観測空間域は小さい傾向となる。

影響範囲の中心域近傍に、落下物がある場合はその影響を受ける。振動の妨害については、周波数偏位量の計測をして振動の影響を取り除いている。気温 -20~+50 度範囲で正常作動する。

4. 観測結果の一例（2020 年 5 月・6 月研究観測）

2020 年 5 月下旬夕方に激しい雷雨。短時間の経時変化では 16 時 40 分ごろに Rn のピークが出ている。この雷雨での雨滴粒径は 0.5mm が最も多く、出現粒径の多くは 0.5-1.25mm であった。また、2020 年 6 月中旬終日雨。梅雨時にみられる時々激しく降り、時々雨が降らない天候である。Rn の経時変化は午前 7 頃に 2mm の雨のピークが出ている。雨滴粒径は 1.0mm が最も多く、出現粒径の多くは 0.75-2.0mm であった。

5. 今後の課題

本器は開発途上にあり、2020 年 8 月より多様なポイントで試験観測を開始した。適用性の検討並びに長期観測の課題などを把握する目的で、観測原理、機器構成、無線発信器の性能と電波特性、微雨~豪雨の観測性能、降雨量計との比較検討、防災分野、農業分野への活用等である。

キーワード 感雨計、小型レーダー、マイクロ波

教育研究機関におけるカーボンフットプリントの現状：総合地球環境学研究所の事例を中心に Current Situation of Carbon Footprint of Education and Research Institutes

総合地球環境学研究所 ○増原直樹，西條辰義

1. はじめに

大学等の学校におけるエネルギー消費量は、業務部門全体の9%を占めている。そのため、教育研究活動を通じたエネルギー消費とCO₂排出削減と同時に、大学施設自体の省エネルギーやCO₂排出削減も求められている。一方、学生が在籍しない研究機関では、施設からのCO₂排出とともに、航空機を利用する出張に伴うCO₂排出も削減の主な対象となる。そこで、本研究では、いくつかの研究機関における施設と出張のカーボンフットプリントを算出し、削減方針を検討する。

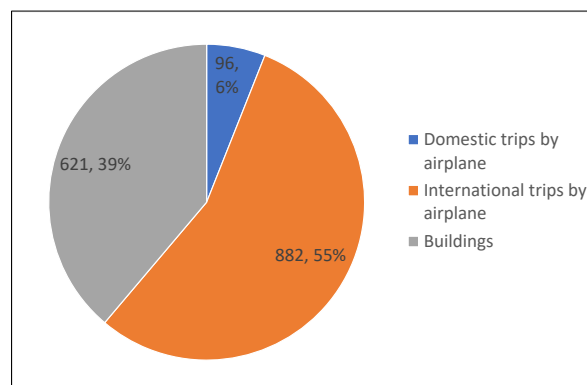


図1 地球研のCF(2017～2018年度) 単位:t-CO₂

2. 研究の方法

研究機関(総合地球環境学研究所，地球研)のカーボンフットプリントは、下記のように算出する。

$$CF=(CFe+CFg)+(CFd+CFi)$$

CF:機関全体のカーボンフットプリント，CFe:建築物で利用する電力のCF，CFg:建築物で利用するガスのCF

CFd:国内線航空を利用する出張に伴うCF，CFi:国際線航空を利用する出張に伴うCF

航空機利用の出張に伴うCFは、地球研へ申請された出張書類から、航空機の乗機地、降機地を抽出し、当該空港間の距離を算出した後に、国内線・国際線それぞれのCO₂排出原単位(航空輸送統計調査から算出)を乗じた。

さらに、環境報告書等の公開情報を基に全国の教育研究機関の燃料別エネルギー消費量、延床面積、職員・学生総数等のデータを収集し、原単位を比較した。

3. 得られた結果

3.1. 研究機関のCF

地球研の2017年度の電力・都市ガス消費量，2018年度の航空機利用出張を基にCFを推計した(図1)。結果，建築物のCF(系統電力577t-CO₂，ガス44t-CO₂)よりも，国際線利用出張のCFが多く，全量の半分以上を超えた。

地球研以外に37の研究機関(法人単位)を検索し，うち7の研究機関について，原単位を比較した(表1)。

3.2. 教育機関のCF

56の国公立大学法人を検索し，うち51の大学等について，原単位を比較した(発表当日に提示)。

表1 研究機関のCO₂排出原単位

機関名称	延床面積 当たり	職員数 当たり	航空機利用 の出張
宇宙航空研究開発機構	292	54	—
環境保全再生機構	45	0.9	46(航空機に 限定せず)
国立環境研究所	171	14	—
国立国際医療センター	34	16	—
物質・材料研究機構	188	9	—
地球環境戦略研究機関	61	3	265(海外， 自主報告分)
地球研	48	6	978

単位：延床面積当たりはkg-CO₂/m²，

職員当たりはt-CO₂/人，出張はt-CO₂(総量)

4. 考察

今年度から省エネ法に基づくベンチマーク制度が適用されることも背景に、大量のエネルギーを使用する大学法人のエネルギー使用等に関する情報公開が進められている。一方、研究機関については、延床面積や職員数等の分析に必要なデータが欠落している法人も多くみられる。また、出張に伴うCFを報告している研究機関は限られており、CF算出範囲の拡大が求められる。

参考文献

- 1) 地球環境戦略研究機関(2019)2018年度環境レポート，15

キーワード 教育研究機関，カーボンフットプリント，総合地球環境学研究所

PRTR データを活用した地域環境リスク推定に向けた大気中の化学物質のバックグラウンド調査

Investigation of chemical substance concentrations in the air on background area for estimating regional environmental risk using PRTR data

公益財団法人東京都環境公社 東京都環境科学研究所 ○礪島智恵子、星純也、加藤みか

1.はじめに

平成 13 年より施行された「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」に基づく化学物質排出・移動量届出制度（PRTR 制度）により、対象化学物質の環境への排出量や廃棄物等による移動量が推計され、公表されている。

加藤らは、PRTR の排出量データから大気拡散モデル（（国）産業技術総合研究所 AIST-ADMER Ver3.5）を用いて大気濃度を推計し、東京都が大気調査を実施した 47 物質について、推計値と実測値を比較した。その結果、24 物質において、推計値が実測値の 10 分の 1 から 10000 分の 1 程度の過小となった。過小の原因として、PRTR 制度では未把握な発生源の可能性がある他、バックグラウンド濃度を考慮する必要があることが示唆された¹⁾。

そこで、本研究では、東京の南方約 1000km の海洋上に位置する小笠原村父島において大気中の化学物質のバックグラウンド濃度を調査した。

2.調査方法

2.1 調査地点及び調査日時

- ・小笠原酸性雨離島局（東京都小笠原村父島旭山地内）
- ・2020 年 7 月 3 日～6 日及び 7 月 6 日～9 日

2.2 調査項目及び試料採・分析方法

①VOC（揮発性有機化合物）124 物質【キャニスター採取－GC/MS/FID】、②アルデヒド類 13 物質【固相採取（BPE-DNPH）－LC/DAD/MS】、③酸化エチレン、酸化プロピレン【固相採取－GC/MS】

3.結果と考察

推計値が過小となった 24 物質のうち、重金属類を除いた 19 物質のバックグラウンド濃度結果を表 1 に示す。

得られたバックグラウンド濃度を用いて大気拡散モデルの推計値を補正した。クロロホルム等 12 物質は、補正により、実測値と推計値が概ね一致した（図 1）。その他の物質は、バックグラウンド濃度で補正をしても、値が乖離したままであった。また、アクリロニトリルは、補正により、実測値の低濃度側で概ね一致したが、高濃度側では乖離したままであり、アクリロニトリルの高濃度地域において、PRTR データでは未把握な発生源がある可能性が示唆された。

【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（JPMEERF19S20405）により実施した。

表 1 大気中のバックグラウンド濃度及び東京都有害大気汚染物質モニタリング結果との比較

物質名	小笠原	檜原局 ²⁾	一般局 ²⁾
CFC-22	0.82	1.23	1.56
HCFC-142	0.074	0.113	0.128
CFC-114	0.085	0.124	0.115
HCFC-141	0.116	0.200	0.176
アクリロニトリル	0.011	0.018	0.179
塩化ビニル	<0.005	0.015	0.034
クロロホルム	0.074	0.149	0.211
1,2-ジクロロエタン	0.053	0.114	0.113
1,2-ジクロロプロパン	0.005	0.048	0.049
ホルムアルデヒド	1.1	1.6	2.5
アセトルデヒド	0.2	1.8	2.6
酸化エチレン	0.018	0.047	0.075
CFC-12	2.44	2.94	2.77
クロロメタン	1.26	1.36	1.44
ブロメタン	0.035	0.034	0.043
HCFC-225	<0.06	<0.06	<0.06
CFC-113	0.492	0.656	0.614
四塩化炭素	0.523	0.623	0.578
1,3-ジクロロプロペン	<0.02	<0.02	0.035

【単位：μg/m³】

* 檜原局及び一般局は、
2014～2016 年度平均値

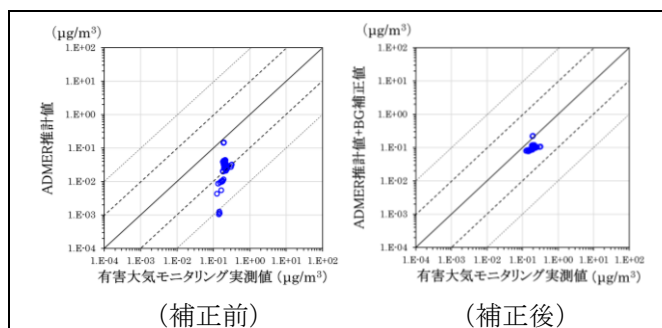


図 1 バックグラウンド（BG）濃度補正の有無による大気拡散モデル推計値の精度比較（クロロホルムの例）

参考文献

- 1) 加藤ら、「地域環境リスク推定のための PRTR データを活用した大気濃度の推計と評価」環境科学会 2020 年会講演要旨集
- 2) 東京都環境局，有害大気汚染物質モニタリング調査報告書 平成 26 年度、平成 27 年度、平成 28 年度 https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/data/publications/air/yugaimonitoring_repo.html

キーワード バックグラウンド、PRTR、大気拡散モデル

特産品を通じた適応に関する認識変容の分析 ～長野県高森町における実証研究 Analysis of Awareness Change regarding Adaptation by Using Specialty Products – Empirical Study in Takamori Town, Nagano Prefecture.

○中村洋・山陽小野田市立山口東京理科大学, 白井信雄・山陽学園大学, 田中充・法政大学

1. はじめに

2018年6月に成立した気候変動適応法の柱の一つは地域の適応能力の強化であり、そのためには地域住民の適応への認識向上も重要である。適応に関する人々の態度やそれらの規定因を明らかにする研究が蓄積されている。白井ら(2017)は気候変動の影響調べるを行うことで、住民の気候変動への認識が変化したことを報告している。ただし住民の適応に関する認識変容についての実証的な研究は十分とは言えない。

2. 目的

地域の特産品に関する適応計画策定による、地域に住む人々の適応に関する認識変容を明らかにする。

3. 市田柿の適応計画策定と町民への広報方法

長野県高森町は、市田柿という地域ブランドになっている干柿発祥の地である。市田柿は近年、気温上昇によるカビの発生などの影響を受けている。法政大学と長野県高森町は、2017年度から2018年度にかけて、市田柿生産者、JAみなみ信州、南信農業試験場などの市田柿生産の関係者と、地域の商工関係者、高校生、大学生などの地域の様々な人の参加を得て、市田柿の適応計画を策定した。2019年9月に高森町として同計画を最終決定し、同町の広報誌やケーブルテレビなどを通じて町民に広報した。

4. 調査方法

高森町の住民2,000人を住民基本台帳から年齢・性別により層化抽出し、2020年1月に高森町から調査票を郵送した。調査票の回収も高森町が郵送により行い、2020年2月に555人から回答を得た(回答率27.8%)。

5. 調査結果

555人のうち市田柿の適応計画が策定されたことを認識している回答者(n=104)の市田柿の適応計画を知った後の認識変化を整理する。市田柿の適応計画を知ることにより、地球温暖化による市田柿への影響が深刻であ

ると思うようになったとする人の割合が80%であった(「非常にそう」「どちらかと言えばそう」の合計、以下同じ)。市田柿の適応策の推進が必要だと思ったとする割合が85%であった。自分自身が市田柿の適応を行う必要があると思うようになったという回答が73%、熱中症や水災害に関する適応を行う必要があると思うようになったという回答が82%であった。二酸化炭素等の排出抑制に取り組む必要があると思うようになったとする回答も79%見られた。

6. 成果と課題

地域の特産品である市田柿の適応策を策定することにより、町民の気候変動の影響の認識、及び適応への認識を向上させていた。さらに緩和への認識も向上させていた。地域の特産品に焦点を絞った適応計画の策定は、地域住民の適応・緩和に関する認識を向上させる方法として有効であると考えられる。ただし市田柿の適応策を認識している住民は19%(555人中104人)と低く、その認識の程度も異なることが想定される。今後、市田柿の適応計画が実施に移されることで、町民の適応計画への認知度が向上し、適応に関する認識にも変化が起こればと考えられることから、継続的な調査が必要と考えられる。

謝辞 本報告は文部科学省「気候変動適応技術社会実装プログラム」の支援を受けて行われた。

参考文献

- 1) 馬場健司・杉本卓也・窪田ひろみ・脇岡靖明・田中充(2011) 市民の気候変動適応策への態度形成の規定因—気候変動リスクと施策ベネフィット認知、手続き的公正感と信頼感の影響—, 環境システム研究論文集, 67(6), II_405-II_413.
- 2) 白井信雄・田中充・中村洋(2017)「気候変動の地元学」の実証と気候変動適応コミュニティの形成プロセスの考察, 環境教育学会, 27(2), 62-73.

キーワード 気候変動, 市田柿, 適応計画

街なかの市民共同発電が住民の節電行動に与える影響の分析

An analysis of the impact of community-based power plant on residents' power saving behavior

滋賀県立大学 環境科学部 村上一真

1. 研究の背景・目的

市民共同発電の外部性として、住民の街なかの市民共同発電に係る知覚・認知や他者との市民共同発電に係る会話が、自宅での節電行動に影響を与えるか、さらに他の住民に節電行動を勧める行為に影響を与えるかを検証する。本研究は市民共同発電のマクロ的な影響であるCO₂削減量の推計等に係る既往研究に対して、ミクロ的な影響としての住民個人の節電行動に与える効果（直接効果）、他者に節電行動を勧める行為に与える効果（波及効果）を明らかにする研究として位置づけられる。

2. 研究方法

市民共同発電の外部性に係る共通性や差異の検討のため、滋賀県湖南市と滋賀県守山市それぞれの住民への質問紙調査を行い、分析を行った。その際、市民共同発電に加え、街なかの太陽光発電と緑のカーテンに係る知覚や他者との会話が与える影響との比較分析を行った。

3. 結果・考察

図1の分析モデルについて、構造方程式モデリングにより検証した。表1のように、[節電行動実施]へのパスについて、湖南市のみ[市民共同発電知覚認知]からのパスが有意である（ $p<0.05$ ）。これは、市民共同発電による地域のCO₂削減に対する住民の理解と賛同等に基づく節電行動の実施との解釈ができる。

[節電行動実施]へのパスである。[市民共同発電知覚認知]、[太陽光発電知覚推移]、[緑のカーテン知覚推移]からのパスは、両市ともにいずれも5%水準で有意でない。他方、守山市の「市民共同発電会話→節電行動実施」を除いて、[市民共同発電会話]、[太陽光発電会話]、[緑のカーテン会話]からのパスは、両市ともに有意である（ $p<0.01$ ）。また、[節電行動実施]へのパス係数の差異は、湖南市では[緑のカーテン会話]からのパスが、[市民共同発電会話]と[太陽光発電会話]からのパスより大きい（ $p<0.01$ ）。守山市では[市民共同発電会話]からのパスが、[太陽光発電会話]および[緑のカーテン会話]からのパスより小さい（ $p<0.01$ ）。以上より、再エネ施設・設備や省エネの取組みの知覚や認知ではなく、それらに関する会話でのポジティブな内容の知識・情報の伝達や共有が、[節電行動実施]に正の影響を与える。

市民共同発電が節電行動に与える外部性の大きさは湖南市と守山市では差異があり、湖南市が相対的に大きい。守山市では、市民共同発電に拠らない要因の節電行動、市民共同発電出資に与える影響の相対的な大きさが示唆された。湖南市では、街なかの市民共同発電の知覚や認知、市民共同発電に関する会話でのポジティブな内容の知識・情報の伝達や共有が、市民共同発電による地域のCO₂削減に対する理解や賛同等に基づく節電行動に与える影響が大きいことが示された。

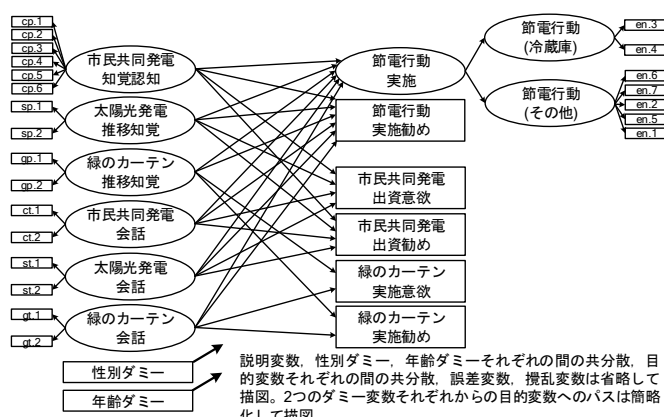


図1 分析モデル

表1 分析結果

	湖南市 (n=565)	守山市 (n=500)
市民共同発電知覚認知→節電行動実施	0.14 *	0.02
太陽光発電推移知覚→節電行動実施	0.04	-0.08
緑のカーテン推移知覚→節電行動実施	-0.05	-0.06
市民共同発電会話→節電行動実施	-0.10	0.13
太陽光発電会話→節電行動実施	0.03	-0.07
緑のカーテン会話→節電行動実施	0.18 *	0.19 *
市民共同発電知覚認知→節電行動実施意欲	-0.02	0.00
太陽光発電推移知覚→節電行動実施意欲	-0.02	-0.04
緑のカーテン推移知覚→節電行動実施意欲	0.04	0.03
市民共同発電会話→節電行動実施意欲	0.17 **	0.05
太陽光発電会話→節電行動実施意欲	0.14 **	0.34 **
緑のカーテン会話→節電行動実施意欲	0.43 **	0.32 **
市民共同発電知覚認知→市民共同発電出資意欲	0.11 *	0.14 **
太陽光発電推移知覚→市民共同発電出資意欲	-0.04	0.07
市民共同発電会話→市民共同発電出資意欲	0.36 **	0.14 *
太陽光発電会話→市民共同発電出資意欲	0.12 *	0.18 *
市民共同発電知覚認知→市民共同発電出資意欲	0.02	0.04
太陽光発電推移知覚→市民共同発電出資意欲	-0.02	0.05
市民共同発電会話→市民共同発電出資意欲	0.55 **	0.32 **
太陽光発電会話→市民共同発電出資意欲	0.15 **	0.34 **
緑のカーテン推移知覚→緑のカーテン実施意欲	0.06	0.17 **
太陽光発電推移知覚→緑のカーテン実施意欲	0.45 **	0.37 **
緑のカーテン推移知覚→緑のカーテン実施意欲	-0.01	0.04
緑のカーテン会話→緑のカーテン実施意欲	0.79 **	0.77 **
モデルの適合度	CFI=0.958, RMSEA=0.050	CFI=0.964, RMSEA=0.048

** $p<0.01$, * $p<0.05$. 係数は全て標準化係数。性別ダミー、年齢ダミーの結果は省略。

キーワード 市民共同発電, 外部性, 節電行動

地域環境リスク推定のための PRTR データを活用した大気濃度の推計と評価 Evaluation of concentration estimates by atmospheric diffusion model using PRTR data for regional environmental risk assessment

東京都環境科学研究所 ○加藤みか、勝島智恵子、星純也、みずほ情報総研株式会社 青木建樹、井上知也

1. はじめに

化学物質の環境リスク評価には、環境モニタリングによる曝露情報が必要であるが、未規制物質も含めて多種多様な化学物質濃度の広範囲な実態把握は困難である。一方で、環境濃度をシミュレーションモデルにより推計することが可能であるが、モデルで用いる排出量等のデータの信頼性によって、過小・過大評価に繋がる懸念もある。そこで、本研究では、PRTR データを活用して東京都内の大気濃度を推計し、実測値との比較・評価や乖離が生じた場合の影響因子を推察し、数 km 範囲での地域環境リスクの推定の可能性を検討することとした。

2. 方法

(1) 対象物質

東京都の有害大気汚染物質モニタリング及び VOC 多成分調査項目のうち PRTR 対象の 47 物質（VOC 41 物質、金属類 6 物質）とした。これらの物質は、有害性及び排出量を考慮した排出強度（排出量/基準値等の有害性評価値）が都内で上位となる物質が多く含まれ、優先的に調査すべき物質と考えられた。

(2) 濃度推計方法

濃度推計は、(国)産業技術総合研究所で開発された大気拡散モデル AIST-ADMER Ver.3.5 を用いた。計算範囲は約 5km×5km グリッドで東京都と近隣 6 県を含めた関東地域とした。推計に用いた排出量データは、PRTR の届出・届出外排出量（約 1km×1km メッシュ別、平成 26～28 年度）、気象データは年平均とした。また、金属類やオゾン層破壊物質を除く物質の濃度推計には、分解速度定数と洗浄比の物性パラメータを設定し、大気中の分解と湿性沈着を考慮した。

(3) モニタリングデータ（実測値）

東京都の有害大気汚染物質モニタリング及び VOC 多成分調査を毎月 1 回実施している 15 地点の測定局データ（平成 26～28 年度、年平均値）¹⁾を用いた。

3. 結果と考察

都内 15 地点の実測値と大気モデルによる濃度推計値とを比較したところ、表 1 に示すように、各物質の推計値の傾向を大まかに分類できた。47 物質のうち 13 物質が、都内で排出が有り、推計値は実測値の 1/10～10 倍程度の範囲内と分類され、モデルにより凡その濃度

推計が可能であると示唆された。特に排出量の多いトルエン、エチルベンゼン、ヘキサンは推計値/実測値が 0.2～3 倍程度で実測値を再現できることが分かった。また、これらの物質は、分解速度の速い物質を除き、物性パラメータ設定の有無による推計値の差異が小さいことから、モデルを用いずに PRTR データのみから濃度推計できる可能性が示唆された。

実測値の 1 桁～5 桁の範囲で過小推計となったのは 24 物質で、このうち都内で排出の有るアクリロニトリル、エチレンオキシド、ホルムアルデヒド等の 6 物質は、PRTR では未把握の発生源、二次生成、関東域での移流・拡散等の可能性が考えられた。さらに、過小推計の物質で、金属類、オゾン層保護法の特定物質や都内で排出のないクロロメタン等、図 1 に示すように、実測値が全地点でほぼ均一濃度を示す物質は、バックグラウンド濃度を考慮する必要があると考えられ、現在、バックグラウンド地点（小笠原父島）での調査を進めている²⁾。

なお、実測値の多くが検出下限(N.D.)未満で、推計値との比較が困難となった物質は 10 物質あり、さらなる情報収集が必要であることが分かった。

今後は、東京都以外のデータも同様な比較・評価を実施し、排出量データの信頼性確認やバックグラウンド濃度の考慮等により濃度推計の精度向上を図り、実測が困難な物質や地域も含めて、環境リスクの効率的な推定手法を提案したいと考えている。

表 1 実測値との比較による大気モデル推計値の評価

推計値の傾向（物質数）		過小 (実測値の1/10未満)	過大 (実測値の10倍以上)	判定困難 (N.D.)
都内排出	有	13	17	0
	無	0	7	0

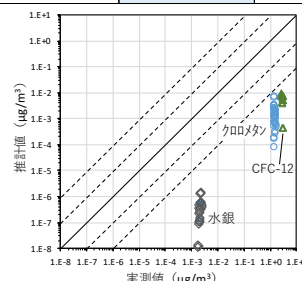


図 1 実測値と大気モデル推計値との比較例

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(JPMEERF19S20405)により実施した。

参考文献

1)東京都環境局(2016-2018) 有害大気汚染物質モニタリング調査報告書、2)勝島ら(2020) 環境科学会 2020 年会講演要旨集

キーワード PRTR、地域環境リスク、大気拡散モデル

衛星観測データを用いた建物延床面積推計モデルの構築 Development of estimation model of building area using satellite observation data

大阪工業大学 ○杉本賢二, 岐阜大学 奥岡桂次郎, 東京都市大学 秋山祐樹

1. 背景と目的

持続可能な社会の実現に向けて、人間の経済活動に伴う物質の挙動を定量評価する必要がある。特に、発展途上国では人口増加と経済発展により都市域拡大が著しく、データの収集方法や精度が物質動態分析の制約となっていた。衛星観測データは、全世界をカバーする普遍性の高い均質的なデータであり、既往研究では構造物重量と相関性があることが示されている。本研究では、構造物重量に占める割合が大きい建物を対象として、建物面積の空間分布を推計するモデルを構築する。

2. 方法

延床面積は、ゼンリン「Zmap TOWN II 2016 年版」をもとに、建物ポリゴンの面積に建物階数を乗じ、都道府県別・建物用途別係数¹⁾により補正した。衛星観測データとして、Suomi NPP に搭載された VIIRS により観測された夜間光²⁾と、ALOS2 に搭載された PALSAR-2 により観測された SAR データ³⁾を用いた。夜間光は経済活動と強い相関があることが知られており、SAR は、都市構造物により散乱強度が大きくなる特徴がある。PALSAR-2 では、水平偏波(H)と垂直偏波(V)を送受信時に切り替えて観測しており、HH・HV・VH・VV の 4 偏波を用いた。

3. 結果

分析は、関東地方 1 都 4 県(茨城県, 埼玉県, 千葉県, 東京都, 神奈川県)を対象とした。用いたデータのうち、最も解像度の低い夜間光データの 15 arc-seconds(約 500m)をメッシュとし、延床面積はメッシュ内の面積を合計した[単位: 千 m²]。SAR は画素値(DN)が格納されているため、後方散乱係数(単位: dB)に変換した。推計

モデルは、全メッシュ(約 9 万)からランダムに抽出した 400 メッシュを用いて推定した。回帰分析の結果を表 1 に示す。説明変数で夜間光(ntl)の寄与度が高いが、SAR は t 値が低く、特に送受信偏波が水平(H)の HH は著しく低い。これは、水平偏波よりも垂直偏波が地物に反射しやすい SAR の特性によるものであると考えられる。

得られた推計式を対象地域全体に適用した。図 1 は、推計式と実際の値との誤差率を示している。東京 23 区や横浜市等の都市部では誤差率が小さくなり、全地域での RMSE(二乗平均平方根誤差)は 28.821 [千 m²]であった。したがって、衛星観測データを用いることで、都市部における建築面積を精度良く把握できることが示された。ただし、沿岸部では工場操業の光に起因して過大推計であり、今後は他地域での適用と検証が必要である。

謝辞 本研究は、科学研究費助成事業 基盤研究(C)(19K12434)の助成を受けて実施された。

文献

- 1) 石河ら(2016) 土木学会論文集 G, Vol.72(6), pp.87-94
 - 2) https://eogdata.mines.edu/download_dnb_composites.html
 - 3) https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/palsar_fnf/fnf_jindex.htm
- キーワード** 建築物面積, 夜間光, SAR

表 1 回帰分析の結果

変数		係数	t-value	p-value
切片		17.565	4.995	<0.001
夜間光	ntl	3.223	32.230	<0.001
	hh	-0.053	-0.128	0.898
SAR	hv	-1.333	-1.785	0.075
	vh	1.722	2.450	0.015
	vv	1.116	2.516	0.012
$R^2 = 0.778, \text{adj-}R^2 = 0.775$				

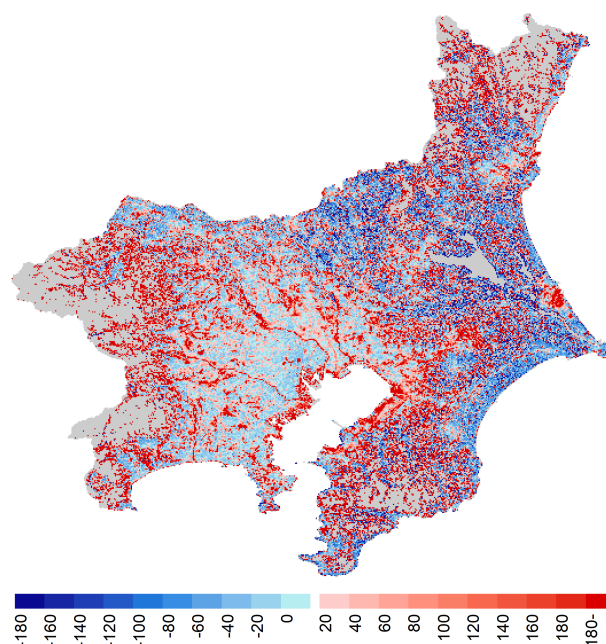


図 1 推計誤差率(%)の空間分布

地域の将来像実現にむけた取組の関係構造と間接貢献度の把握 Relationship structure and indirect contribution of civic activities for regional future vision

滋賀県琵琶湖環境科学研究センター ○河瀬玲奈

1. はじめに

将来像の実現にむけた事業や計画等の進捗管理においては、事業の進捗管理の指標（例：重要業績評価指標）と将来像の目標を示す指標の不一致などにより、目標とする将来像の達成度の把握が困難になるという課題がある。東近江市では環境基本計画の進捗管理において、この課題を克服するため、市民が主体となり行う取組を進捗管理に用い、将来像実現への貢献度¹⁾を将来像の目標を示す指標（環境：CO₂排出削減量、経済：地域経済循環額、社会：地域と係わる時間）で評価している。

地域の将来像を実現するためには、これらの取組を促進する必要があるため、取組間での連携の在り方や各取組の活動量の活性化による波及効果の把握、市民のモチベーション向上を目指し、取組間のつながりの定量化および間接貢献度を推計する。

2. 手法

貢献度評価を行った市内の代表的な23の取組¹⁾の関係構造を把握するため、産業連関表の形式にて金額単位にて関係性を整備した。経済では地域経済循環額が指標となっている。そこで、取組の地域内外からの投入を区別して行項目として扱った。また、ボランティアでの参加や無償での財の提供が行われている場合は、最低賃金や市場価格にて仮想的に価格を設定し、金額換算した。

次に、作成した表における活動量（産業連関表の生産額に相当）と各指標の貢献度¹⁾を用いて、取組の活動量が増加した場合の直接貢献度および間接貢献度を算出した。

3. 結果と考察

それぞれの取組が提供する財・サービスの需要を単独で2倍にした場合の貢献度の変化量に対する直接および間接貢献度のシェアを図1に示す。

地域医療連携ネットワーク（c1）の取組では、経済の項目で間接貢献度が100%となっており、直接貢献度では評価されないが、他の取組との連携を通して、間接的に地域経済循環額の増加に寄与していることがわかる。資源ゴミ回収（c3）では、環境の項目で直接貢献度よりも、間接効果の方が15倍多い。この間接効果は、「地域の食とエネルギーの自立を目指した資源循環サイクル

の取組」との連携による寄与が大きい。東近江の地で育まれているものづくり（c11）では、この取組への参加するために自家用車を利用するためCO₂排出量が多くなり、環境の項目が直接貢献度では負（CO₂排出量が増加）という評価になる。しかし、間接貢献度では負の直接貢献度を上回る正の効果があり、全体では正の貢献度となる。「地域材の循環システム」、「社会的弱者の参画確保」、「環境こだわり農業」などの取組との連携があり、経済の項目においても、間接貢献度が41%を占めるほか、社会の項目でも19%の間接貢献度がある。

また、すべての取組の需要を2倍にすると、全体の貢献度は、環境が2.03倍、経済が2.07倍、社会が2.01倍となることがわかった。

このように、取組の地域の将来像実現への貢献には、直接的のみならず、取組間の連携を通じた波及効果による間接的な貢献度も存在する。取組の活動の促進においては、例えば、東近江の地で育まれているものづくりのような取組では、他の取組との連携をさらに強化し、促進することにより、貢献度の向上が見込まれることが示された。

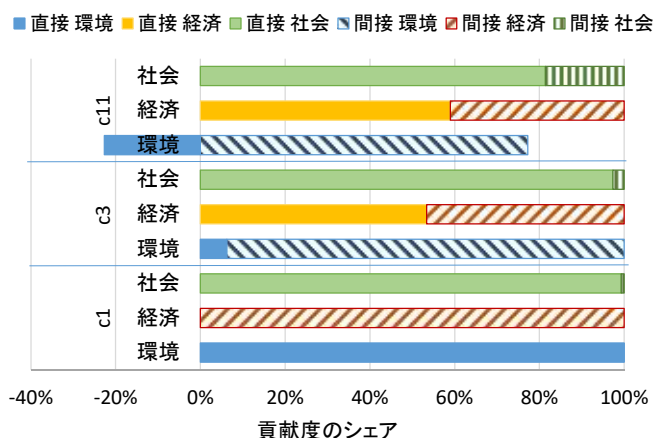


図1 直接および間接貢献度のシェア

参考文献

- 1) 河瀬玲奈・金再奎・内藤正明（2018）将来像実現にむけた市民活動の貢献度評価の試みー東近江市のケーススタディー，第46回環境システム研究論文発表会講演集，235-240.

キーワード 貢献度評価，進捗管理，波及効果

都市化の進行と水供給システムへの意識の変化ーハノイ都市圏におけるケーススタディ

Comparison of residents' attitude and behavior on water supply system among communities in different stage of urbanization – Case study in Hanoi, Vietnam

東洋大学 ○荒巻俊也, National University of Civil Engineering, Hanoi Quynh Chi LE

1. はじめに

急速な都市化が進むベトナム・ハノイ都市圏において、都市化の進行に伴い水供給システムの導入状況が異なる複数の地区を対象に、住民の水利用実態や水利用に対する意識、地域の水環境への関わりなどを調査し、都市化に伴う水供給システムの導入が住民の意識や行動にどのような影響を与えているかを検討した。

2. 調査方法

集中型の公共水道が導入済みの Mau Long (ML) 地区、導入が進みつつある Vin Ninh (VN) 地区、導入が始まったばかりの Yen Vien (YV) 地区、今後導入が検討される Ha Hoi (HH) 地区、中心市街地より最も遠く公共水道未整備の Sai Son (SS) 地区を対象として 2016～2019 年にかけて調査を実施した。各地区の 30～60 軒程度の家庭を対象としてインタビュー形式での質問紙調査と家庭内で水利用状況の調査を実施するとともに、YV、SS 地区以外では地区内の公共的水場における水利用やその管理の変遷についても調査を行った。

質問紙調査では、水利用に対する意識、公共水道への期待や導入前後での認識の変化、公共的水場の利用や管理への参画状況、などを尋ねた。

3. 結果と考察

節水意識 (図 1) については、公共水道が導入後の時間が長い ML 地区で高く、VN 地区や YV 地区が続き、導入されていない HH 地区や SS 地区で低い傾向にあった。公共水道導入に伴う料金徴収が節水意識に影響を与えていることが示唆された。公共水道の導入に伴う水質改善 (図 2) については、導入されている 3 地区いずれにおいても、肯定的な意見が多くを占めたが、地区ごとに若干の違いがでた。

全体的な傾向としては、公共水道の導入による満足度は高い傾向にあり、未導入の地区でも導入が期待される傾向にあった。ハノイ市域では、地域によって公共水道導入前の水利用状況や水質が異なり、また導入後も供給区域内において水道サービスの状況には差がある。それを反映して、同じように都市化が進行して

いる地区でも、住民の意識には違いがあった。

また、公共水道の導入により地区にある公共的水場の直接利用が減り、それを維持管理するための活動への参加も減っていたり。一方で、そのような公共的水場の景観的利用の価値を認め、水場の環境改善に取り組む地区もあった。そのようなケースでは自発的な維持管理より、明確な責任体制のもと維持管理が行われている状況も確認された。

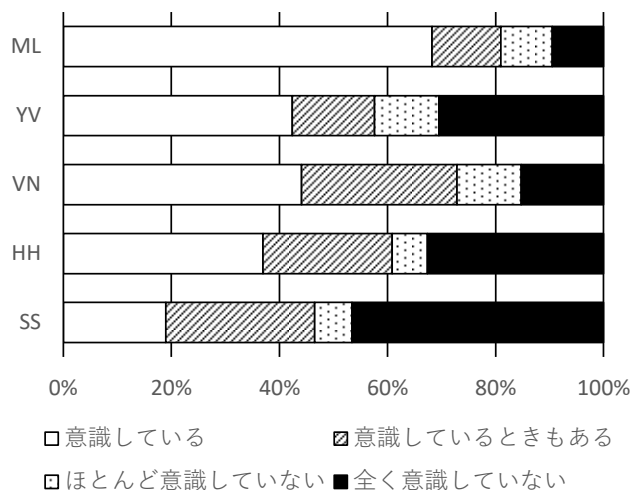


図 1 普段から節水を意識しているか

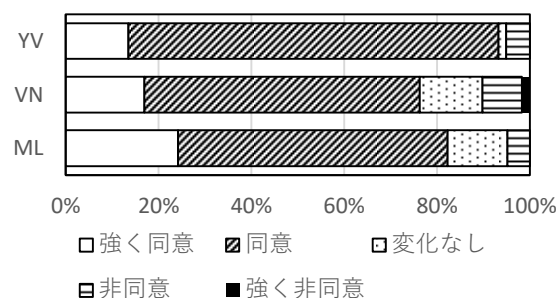


図 2 公共水道導入により水質が改善されたか

参考文献

- 1) 伊藤ら, ハノイ郊外都市集落における公共的水場の維持管理体制の変化に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (都市計画), pp.205-206, 2018.

キーワード 水供給, 住民意識, 都市化, ハノイ

果樹栽培の環境要因に関する統計分析

Statistical Analysis of Environmental Factors on Fruit Growing

山梨大学 ○島崎 洋一

1. 研究目的

農業分野において果樹の気候変動適応は最優先事項である。従来、果樹栽培の環境要因として、主に気温などの気象条件が考えられていたが、土壌などの立地条件を考慮することは不可欠である。

本研究は、気候変動適応の実現および持続可能な農業の観点から、地理情報システムを用いて、果樹の栽培適地に関する環境要因を明らかにすることを目的とする。果樹と土壌のオーバーレイ解析¹⁾に関する先行研究に基づき、本分析では果樹作付とその他作付に着目し、環境要因の加重平均と相関係数を算出した。

2. 対象地域

対象地域の山梨県峡東地域(山梨市・笛吹市・甲州市)は、2017年3月に「盆地に適応した山梨の複合的果樹システム」として、日本農業遺産に認定された。現在、「峡東地域の扇状地に適応した果樹農業システム」として、世界農業遺産の認定の審査を受けている。

3. 分析方法

対象地域の航空写真を参照することによって、8種類(モモ・ブドウ・カキ・サクランボ・リンゴ・田・畑・その他)の作付面積を農地区画単位で識別した。次に、日本土壌インベントリ²⁾の土壌群の分布図を組み合わせ、作付面積と土壌面積のオーバーレイ解析を行った。

しかし、農地区画単位では土壌以外の環境要因(気温・降水量・標高・傾斜角度)のデータが不明である。これらのデータは1km²のグリッド単位³⁾で存在する。そこで、オーバーレイ解析に当てはまった農地区画単位の作付面積を1km²のグリッド単位に分配することを試みた。果樹作付はリンゴを除く4種類の果樹が該当する。その他作付は上記の果樹、田、畑以外を意味し、耕作放棄地が代表例である。適用可能なグリッドは対象地域の816に対して、全作付が299、果樹作付が251、その他作付が294である。グリッド単位の作付面積割合から4つの環境要因の加重平均を求め、4つの環境要因と2つの作付率について単回帰分析を行った。

4. 分析結果

表1に加重平均の結果を示す。両者を比較した場合、

果樹作付の方が年平均気温が高く、平均傾斜角度が緩い結果が得られた。表2に単回帰分析の結果を示す。数値から環境要因と作付率には相関関係がみられた。年平均気温と果樹作付率が正の相関、その他の環境要因と果樹作付率が負の相関となった。その他作付率と比較した場合、相関係数の正負が逆転することがわかった。

表1 作付別の環境要因の加重平均

	果樹作付	その他作付
年平均気温(°C)	13.4	12.7
年降水量(mm)	1143.7	1188.2
平均標高(m)	406.3	516.7
平均傾斜角度(度)	4.1	7.3

表2 環境要因と作付率の相関係数

	果樹作付率	その他作付率
年平均気温(°C)	0.580	-0.744
年降水量(mm)	-0.428	0.454
平均標高(m)	-0.552	0.729
平均傾斜角度(度)	-0.514	0.692

謝辞

本研究を実施するにあたり、峡東地域世界農業遺産推進協議会、山梨県農政部、山梨県土地改良事業団体連合会の関係者各位のご協力を得ました。また、データ入力の際には島崎研究室の学生(尻無浜 由樹・中島 萌奈・中矢 亜有実・山本 泰成)のご協力を得ました。本研究はJSPS 科研費 JP20K12297 の助成を受けたものです。ここに記して、深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 島崎 洋一 (2019) 果樹と土壌のオーバーレイ解析, 環境科学会 2019 年会講演要旨集, 50
- 2) 農業・食品産業技術総合研究機構, 日本土壌インベントリ, <https://soil-inventory.dc.affrc.go.jp/> (アクセス日: 2018 年 2 月 28 日)
- 3) 国土交通省, 国土数値情報ダウンロードサービス, <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/> (アクセス日: 2020 年 4 月 9 日)

キーワード: 果樹作付, 加重平均, 単回帰分析

地域気候変動適応計画の課題 -緩和策と適応策のベストミックスの再議論

Challenges of regional climate change adaptation planning

-Are mitigation and adaptation measures well balanced?

株式会社環境創生科学研究所 ○宮城奈緒美, 平山世志衣, 明治大・環境創生研 小松英司

1. はじめに

パリ協定が2015年12月に採択され、産業革命以来の気温上昇を2度未満に抑えとの目標が掲げられると同時に気候変動の影響を軽減する適応策や適応策に関する資金提供などの事項が盛り込まれ、積極的に適応策を位置づけていく方向性が示された。地域レベルでの適応計画策定時の要求事項としては、「適応策の効果の定量的な評価を行い有効な適応オプションを提示」するとともに、具体の適応が難しい極端事象や不可逆的な影響の取り扱いを示す必要がある。そこで、本発表では地方自治体レベルでの適応策の現状を把握するとともに、直近の気候変動影響の現況、特に極端事象や不可逆的な影響やその被害について概観する。この結果に基づき今後の気候変動に対する適応策や緩和策の方向性を議論する。

2. 地域における適応策

2.1. 地方自治体における適応策

我が国では、2018年6月に「気候変動適応法」が成立した。国のほか、地方自治体や事業者、国民が担う役割が明確化され、地域の状況に応じた「地域気候変動適応計画」の策定が急務となった。ほとんどの地域では、方針あるいは計画の検討、策定がなされてきたが、白井ら(2014)の指摘のとおり将来影響予測の不確実性などが適応策の推進を阻害している。東京都(2019)の事例では、11分野、約40の計画における既存事業にも関わる多岐にわたる施策検討が必要であり、科学的知見に基づきそれらを検討し、既存施策・計画と連携し、影響・被害を軽減させる適応計画を策定する必要がある。

2.2. 近年の気象の極端事象と被害

短時間強雨や大雨が年々増加傾向を示し、令和2年7月豪雨により7月上旬のアメダス地点の降水量の総和及び1時間降水量50mm以上の発生回数は1982年以降で最多となった。「平成30年7月豪雨」では232人の死者・行方不明者となり、昭和57年以降初めて1つの災害で死者・行方不明者が200人を超え、国交省によると水害被害額は統計開始以来最大の約1兆2,150億円であった。世界全体では、国連国際防災戦略事務局によると

1978年から1997年と、1998年から2017年の20年間で被害額が約2.5倍と、気象災害の甚大化が進んでおり、気候変動は経済・金融のリスクとしても認識されている。

2.3. 不可逆的な影響

直近では、熱波、山火事、水害等の気候変動の影響が国内外で甚大化しており、上述した通り多くの人命と多額の被害が既に発生し、適応が講じられない対策が顕在化してきた。わが国でも水分野で令和2年7月豪雨、琵琶湖等の全循環停止、珊瑚礁の白化現象拡大など影響予測が難しく、対策、対処が難しく適応が困難である不可逆的な影響が顕在化している。

3. 結論と考察：今後の対策に向けて

世界の気温は今後5年上昇し続け、一時的に産業革命前の水準よりも1.5℃以上高くなる可能性があり、異常気象の発生が早まる可能性がある(WMO, 2020)。一方、我が国が2019年6月に国連に提出した「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」の目標は1.5℃特別報告書が求める長期削減レベルに達していない。アジア諸国ではインドネシア、フィリピンを含め多くの国で長期戦略が策定されていないことを踏まえると、IPCCが提示した「最悪シナリオ(RCP8.5シナリオ)」が今後30年のリスクを最も正確に評価しているとの見解

(Christopher, 2020)を前提に今後の対策を検討せざるを得ないを考える。特に上述した「不可逆的な影響」を回避させる緩和策と気候変動へのレジリエンスを高め持続可能性を獲得する適応策のベストミックスの再議論が必要であり、それを踏まえた地方公共団体の適応策の策定が急務になっていると言えるだろう。

参考文献

- 1) 白井信雄, 馬場健司 (2014) 日本の地方自治体における適応策実装の状況と課題, 環境科学会, 27(5), p. 324-334
- 2) 東京都 (2019) 東京都気候変動適応方針
- 3) WMO (2020) Global Annual to Decadal Climate Update

キーワード 気候変動, 適応策, 不可逆的な影響

近代資本主義経済がもたらす自然資本を測定するシャドー価格のあり方についての検討 An Examination of Shadow Prices Measuring Natural Capital in a Modern Capitalist Economy

所属 武蔵野大学大学院環境学研究科 ○笠原恵美

1. 研究背景

持続可能な発展に関わる経済指標として国連から 2012 年に公開された包括的富指標は、各国の富を 3 つの資本群に分け、ストック量とシャドー価格を使用して算出するストック評価指標として注目されている。国連包括的富指標の報告書の共同著者でもある馬奈木によると、本指標は日本では持続可能な発展に関わる環境政策の指標として活用されることが期待されている。本指標を応用し横断的な政策評価を行うために改善を試みたとされている環境省の政策研究、「第五次環境基本計画の策定に向けた各種指標の開発、指標の評価方法等の開発、諸施策・総合的環境指標の在り方の検討」（以下、「政策研究」という）では、包括的富指標における方法論と異なり自然資本のシャドー価格を算出するために支払意思額（WTP）が用いられている。しかしながら WTP により設定されるシャドー価格は近代資本主義経済の下で暮らす人々の主観的な価値観に依存し評価されるため、本来の自然資本のサービスの価値を過小評価してしまう可能性があるとの指摘がある。

2. 研究目的

資本の貨幣的価値の推計を求める際に使われるシャドー価格が、自然資本を評価する際に近代資本主義経済の下で生活する人々の主観的価値に依存する WTP によって求められることによる、包括的富指標と持続可能な発展に係る政策的応用への課題を提示することを目的とする。

3. 本論

政策研究の報告書では WTP には非利用価値が含まれており、市場価格と社会価値の乖離を埋めるシャドー価格として適切であるとされている。しかし WTP は回答者に資本主義経済的なバイアス

がかかっている可能性がある。例えば WTP と受け取り意思額（WTA）の格差を検討した Thomas（1999）は過去の実証研究を元に WTP は自然の資本を過小評価する傾向にあることを論じている。このことは WTP を用いた政策研究における自然資本の推定は、経済的合理性を中心に決定づけられ、環境問題特有の不確実性や世代間衡平が十分に考慮されず過小評価され、それを基礎とした政策では、結果的に過大な減少に繋がる可能性があることを示唆している。自然資本の評価をプラネタリー・バウンダリーのような概念を扱わず、市場経済が大きな影響力をもつ現在の資本主義経済の下での人々の主観的価値に依存する WTP に全面的に依存することには大きな課題があり、その適用についてより慎重に検討する必要がある。

4. 結論

政策研究の自然資本の推計に用いられるシャドー価格を WTP によって求めることは持続可能性に関わる自然資本のストック量とその社会的決定を人々の主観的価値を基礎とした市場メカニズムに委ねることに繋がり、自然資本の非経済的価値等が適切に反映されず結果として自然資本の価値が過小評価となる可能性がある。したがって、WTP の手法により推計された自然資本の貨幣的価値を基礎として、環境政策の提言や立案を行うことは、持続可能性の観点から大きな課題がある。

参考文献

- 1) 馬奈木（2015-2017）第五次環境基本計画の策定に向けた各種指標の開発、指標の評価方法等の開発、諸施策・総合的環境指標の在り方の検討、環境経済の政策研究

キーワード WTP, シャドー価格, 包括的富指標

日本版社会経済シナリオのイメージ図 Illustration of Japanese Socio-economic Scenarios

国立環境研究所 ○松橋啓介, 高橋潔

1. はじめに

環境研究総合推進費 2-1805（気候変動影響・適応評価のための日本版社会経済シナリオの構築、H30-R2 年度）では、日本および国内自治体における気候変動影響・適応策・緩和策の評価に利用可能な社会経済シナリオ（将来の代替的道筋）を提供するため、世界の共通社会経済パス（SSP: shared socio-economic pathways）の考え方に対応し、日本独自の将来見通しを反映した、日本版 SSP を開発している。本報告では、その一環として、日本版 SSP の叙述に基づいたイメージ図を作成したことを報告し、その作成手順について概説する。

2. 社会経済シナリオ（SSPs）とは

国際的な気候変動研究コミュニティでは、研究グループ間の共通の分析基盤とするため、あり得る複数の将来像を適応策の困難さと緩和策の困難さの二軸で整理した共通的な社会経済シナリオを 5 つ（SSP1：持続可能、SSP2：中庸、SSP3：地域分断、SSP4：格差、SSP5：化石燃料に依存した発展）提示し、活用している。しかし、世界を 5 地域に分けた情報の詳しさに限られる。

そこで、世界の地域別 SSP の事例および日本国内の各種の中長期的計画・政策を調査し、意見交換を踏まえて、日本版 SSP の叙述シナリオを構築した。また、人口、GDP、土地利用などの定量化情報を整備し、特に SSP 別市町村別人口³⁾の提供を行っている。

こうしたデータの利用を促進するため、SSP 間の違いを表す叙述シナリオに加え、その内容を反映するイメージ図を作成することとした。

3. 作成手順

3.1. 叙述シナリオ

世界 SSP のスケッチを修正する手法で日本版 SSP の叙述シナリオを作成した。具体的には、世界 SSP のスケッチおよび追加的情報²⁾の和訳を作成し、国や国内スケールに適した記述に変更し、人口等の記述は日本に合わせて修正し、メンバー間の意見交換で注目すべきとされた項目について記述を拡張した。特に、日本のシナリオを左右する主要な要因として産業、雇用、移民、対応力、多様性に関する記述を加筆・修正した¹⁾。

3.2. イメージ図

叙述シナリオを参照し、SSP 間の差が生じそうな項目とその特徴を整理した。具体的には、エネルギー、交通インフラ、産業、国際関係、自然環境、人口、市民の政治参加（地方自治）、人々の価値観（幸せの尺度）、防災、農業・漁業、教育に着目した。それぞれに、SSP ごとの特徴をイラストと短い言葉で示した。

なお、イラストのベースとした土地と道路には、SSP1～5 のパス（道筋）の別称を反映させた。具体的には、グリーンロード、中庸、困難な道、分割された道、高速道路の図化を図 1 に示す通り行った。



図 1 パス（道筋）のイメージ（左から SSP1～5）

4. おわりに

web を介したイメージ図の提供を検討している段階である。日本版 SSPs の理解や利用の促進につながる活用を今後進めていきたい。成果は J P M E E R F 2 0 1 8 2 0 0 5 による。

参考文献

- 1) Chen, H., Matsushashi, K., Takahashi, K., Fujimori, S., Honjo, K., and Gomi, K.: Adapting global shared socio-economic pathways for national scenarios in Japan, *Sustainability Science*, 2020, <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00790-1>.
- 2) O'Neill, B.C., Kriegler, E., Ebi, K.L., Kemp-Benedict, E., Riahi, K., Rothman, D.S., van Ruijven, B.J., van Vuuren, D.P., Birkmann, J., Kok, K., Levy, M., Solecki, W., The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Global Environ. Change* (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004>
- 3) 五味馨、金森有子、松橋啓介：日本 SSP 市区町村別人口推計 環境研究総合推進費 2-1805(気候変動影響・適応評価のための日本版社会経済シナリオの構築)の成果, Discussion Paper, Center for Social and Environmental Systems Research, NIES, 2020_01, 2020.

キーワード 適応, 社会経済シナリオ, イメージ図

クロロエチレン等の揮発性有機塩素化合物の公定法土壌溶出試験結果の意味の確認 Meaning of Official Soil Elution Test Results for Chlorinated Volatile Organic Compounds

横浜国立大学 大学院環境情報研究院 ○小林剛

1. 緒言

テトラクロロエチレン(PCE)やトリクロロエチレン(TCE)等の揮発性有機塩素化合物(CVOC)による土壌汚染サイトは、国内に数万件潜在するとされ、未調査の事業所も多い。汚染の有無を把握するために、表層土壌ガス調査が行われ、汚染が見いだされた場合には、深さ方向に土壌を採取し、溶出試験により、基準超過するか否かが判定されている。2017年4月からは、クロロエチレン(VC)も、土壌汚染対策法の特定有害物質に加えられたが、親物質であるPCEやTCE等と、吸着特性や揮発性が大きく異なるため、土壌中での気相、水相、固相への分配状況が大きく異なること¹⁾も分かっている。

本研究では、CVOCの気相、水相、土壌への分配関係から、特徴の異なる土壌での各CVOCの溶出基準の超過しやすさの違いについて比較評価を試みた。

2. 実験方法

全国10種類の特性の大きく異なる土壌(豊浦砂、真砂土、鹿沼土、荒木田土、砂礫土、赤色土、粘土混じり砂質土、関東ローム、黒ボク土、泥炭土)への、PCE、TCE、cis-1,2-ジクロロエチレン(cDCE)、VC等の吸着平衡実験を行った。連続通気式実験装置により、15℃で平衡まで48時間以上通気後の通気ガス濃度と土壌中含有量とを測定し、気相と土壌間隙水相、土壌固相の三相の平衡関係から、土壌-水相間吸着平衡定数H_{sw}を求めた。土壌中含有量は、土壌3~5gを48時間エタノール10mLで抽出した後、20mLの水を加え、10mLのデカンに溶媒転換後、Sep-Pak Silica Plus Light Cartridgeで精製したものを分析試料とした。通気ガスと土壌中含有量の測定はGC-MSを用いた。各CVOCの気相と水相(間隙水、細孔水(50nm以下の細孔))、土壌の間の分配関係は、Henry則とHenry型吸着平衡が成り立つとした。この分配関係を用いて、表層土壌ガス濃度に対応する、黒ボク土や真砂土での公定法溶出試験を想定した推定溶出濃度(土壌の重量体積比10%となるように水を加えて振盪、4時間後の溶出濃度を推定。4hの振盪でほぼ脱離平衡に到達したと仮定)を算出した。

3. 結果と考察

吸着平衡実験結果を用いて、土壌間隙ガス濃度が3

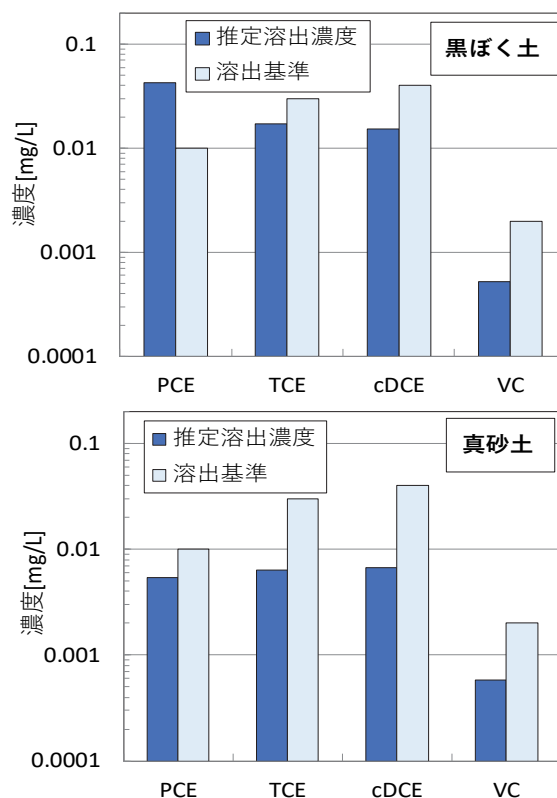


図1 土壌間隙ガス濃度3ppmの時のCVOC溶出濃度の推定例(黒ぼく土、真砂土) ※なおR3.4よりTCEは0.01mg/Lに基準強化

ppm(詳細調査を要する濃度レベルの30倍)の時を想定し、公定法で土壌溶出試験を行った際の溶出濃度の推定結果を図1に示す。同じ間隙ガス濃度であっても、CVOC溶出濃度は10倍以上異なる。特に黒ボク土では、PCEはVCより溶出濃度が約80倍も大きな値となっている。これは、有機物含有量の大きな黒ボク土は、PCEの吸着性が高いため、土壌重量の10倍量の水で溶出させても多量に吸着した土壌粒子からPCEが供給されるため溶出濃度は高くなることが分かる。逆に、VCの場合は土壌への吸着性が非常に低いため、黒ボク土でも真砂土でも、溶出濃度は低く、基準値は最も厳しいにも関わらず、基準超過しにくく、雨水等で洗われやすいことが分かる。

謝辞 本研究は、環境省環境研究総合推進費(5-1701, JPMEERF20175001)の助成を受けて実施しました。

参考文献

1)小林剛ら, 環境科学会 2019 年会, p. 107(2019)

キーワード 揮発性有機塩素化合物, 土壌汚染, 溶出基準

東京都排出量取引の事後評価－事業所データを用いた実証分析－

The Impact of the Tokyo Emissions Trading Scheme on Economic Performance: Empirical Study Using Facility-level Data

早稲田大学 ○阿部達也，早稲田大学 有村俊秀

1. はじめに

2010 年、東京都は日本で初めて排出量取引制度を導入した。東京都の排出量取引制度の特徴は、エネルギー使用量が一定規模以上の商業施設がその主な規制対象になる点である。本制度は 2010 年から 2014 年、2015 年から 2019 年までの第一、第二計画期間を終了し、現在第三計画期間の運用が始まっている。東京都が公表した資料によれば、第一計画期間に規制対象事業所は CO₂ 排出量を基準排出量と比較して約 20%削減した。しかし、2011 年に生じた福島原子力発電所事故を起因とする、東京電力管内での大規模な電力供給不足による電力価格の上昇を考慮すれば、報告された削減実績値が排出量取引のみの成果であるとは言い難い。本研究は、全国の事業所単位のパネル・データを使用し、東京都の排出量取引制度がその第一計画期間において規制対象事業所の経済活動やエネルギー消費量に及ぼした影響を定量的に分析することを目的とする。

2. 分析方法

2007 年度から 2014 年度までの「エネルギー消費統計調査」を使用し、事業所単位のパネル・データを構築した。このパネル・データを用いて、処置群に対する平均処置効果（ATT）を以下の方法で推定した。非規制対象事業所からなる対照群の中から、規制対象事業所からなる処置群の事業所と（制度導入前の時点で）属性が似た事業所を選び、処置群の事業所とそれらをマッチングさせた上で差の差推定を行った。すなわち、処置群と対照群の結果変数をそれぞれ制度導入前後で比較し、両者の変化の差に注目した。

3. 分析結果

従業員数への平均処置効果を推定するために、対照群を次のように定めた。すなわち処置群以外の全国、三大都市圏、関東を除いた三大都市圏に所在する事業所である。また Fowlie *et al.* (2012) に従って、マッチングで利用する変数として、産業中分類、処置前の期間の従業

員数とその変化率を選んだ。表 1 を見ると、対照群の定め方にかかわらず ATT の推定値は統計的に有意ではないことがわかる。また、ATT の推定値はマイナスではないことから、第一計画期間において東京都排出量取引制度の規制対象事業所は、非規制対象事業所と比べて従業員数で見る限り事業所の規模を縮小しておらず、本制度の規制対象事業所に対する経済活動への負の影響は見られない。

表 1 推定結果

	推定結果 1	推定結果 2	推定結果 3
ATT	0.034	0.019	0.035
s.e.	0.046	0.047	0.051
対照群	全サンプル (東京都、 埼玉県以 外)	三大都市圏 (東京都、 埼玉県以 外)	三大都市圏 (関東地方 以外)

4. 結論

本研究は、全国の事業所単位のパネル・データを使用し、東京都の排出量取引制度が第一計画期間において規制対象事業所の経済活動やエネルギー使用量に与えた影響を事後的に定量評価している。本制度を導入することによって規制対象事業所は経済的に不利な状況に置かれるため、その経済活動への負の効果について懸念があった。それに対して本研究は、規制対象事業所が非規制対象事業所と比較して制度導入後に従業員数を削減したという事実はなく、経済活動に対する負の効果は確認できないと結論する。

参考文献

1) Fowlie, M., Holland, S. P., and Mansur, E. T., (2012), “What do Emissions markets deliver and to whom? Evidence from Southern California's NOx trading program,” *American Economic Review*, 102(2), 965-93.

キーワード 東京都排出量取引，政策評価，マッチング

東京都内の中小規模オフィスにおける省エネルギーバリアに関するアンケート調査 Questionnaire Survey on Energy Efficiency Barriers in Small and Medium-Sized Offices in Tokyo

公益財団法人東京都環境公社 東京都環境科学研究所 ○片野博明, 藤井康平

1. はじめに

地球温暖化対策として、省エネルギー（省エネ）の推進は優先すべき課題の一つである。しかし、中小規模オフィスでは省エネの遅れが報告されている。省エネを推進するためには、その推進を妨げる「省エネルギーバリア（省エネバリア）」の実態を把握することが重要である。本研究では、東京都内の中小規模オフィスが直面している省エネバリアを明らかにするため、アンケート調査を実施した。

2. アンケート調査概要

アンケート調査概要を表1に示す。

表1 アンケート調査概要

項目	内容
実施期間	2020年2月～3月
調査方法	調査票を郵送。郵送又はメールで回答。
調査項目	①省エネ対策の実施状況、②省エネルギーバリアの影響、 ③省エネ担当者・省エネ会議の有無、④省エネによる投資回収 年数の想定、⑤事業所情報（資本金、従業員数など）
送付・返信数	地球温暖化対策報告書を東京都に提出している中小規模オフィス （原油換算エネルギー使用量が年間1,500kL未満のオフィス）に 対し、調査票を送付した。 ・オフィス（テナントビル） 送付：2,174施設 返信：180施設 ・オフィス（自社ビル） 送付：1,286施設 返信：159施設

3. アンケート調査結果及び考察

アンケートでは、代表的な省エネ対策（運用改善3項目、設備改善3項目）の実施状況を尋ねた。続いて、対策ごとにどの省エネバリアが大きな影響を与えると認識しているかについて、選択式での回答を求めた。表2及び表3では、各省エネ対策を「部分的に実施している」又は「実施していない」と回答したオフィスによる選択割合が高かった省エネバリア上位2項目を、テナントビル／自社ビル別に抽出した。

運用改善対策では、テナントビル、自社ビルともに「トラブルや不具合の恐れがある」の影響が大きい。省エネを推進するには、省エネ対策の技術的な情報だけでなく、トラブルや不具合に対応するノウハウの蓄積が重要であることが示唆される。一方で、自社ビルに比べ、テナントビルでは、「部門間調整に手間がかかる」の影響が大きい。テナントビルには、ビルオーナー、テナント入居者、ビル管理者等、利害関係者が多

く存在するため、意思決定のハードルが高いことが示唆される。設備改善対策では、テナントビル、自社ビルともに「費用の捻出が難しい」「機器効率より価格の安さが重視される」の影響が大きく、費用不足が大きな問題である。

今後は、事業所等へのヒアリングを実施し、省エネバリアの実態を深掘りするとともに、省エネバリアを取り除く効果的な支援策を検討する予定である。

表2 省エネバリアの影響（テナントビル）

省エネ対策メニュー	省エネルギーバリアの内容	選択割合 (%)
運用改善	日本産業規格に準じた照度の設定	50.0
	冷暖房温度を都の推奨値へ変更	49.1
	季節に応じた外気導入量の適正化	60.2
	高効率照明器具の採用（屋内）	33.1
	高効率パッケージ型空調機の採用	41.7
設備改善	全熱交換器の導入	36.4
	費用の捻出が難しい	48.7
	機器効率より価格の安さが重視される	42.2
	費用の捻出が難しい	71.9
	機器効率より価格の安さが重視される	55.8
	費用の捻出が難しい	61.4
	他に優先度の高い課題がある	36.4

表3 省エネバリアの影響（自社ビル）

省エネ対策メニュー	省エネルギーバリアの内容	選択割合 (%)
運用改善	日本産業規格に準じた照度の設定	44.9
	冷暖房温度を都の推奨値へ変更	38.8
	季節に応じた外気導入量の適正化	56.8
	高効率照明器具の採用（屋内）	30.1
	高効率パッケージ型空調機の採用	36.8
設備改善	全熱交換器の導入	33.3
	費用の捻出が難しい	54.8
	機器効率より価格の安さが重視される	50.0
	費用の捻出が難しい	72.5
	機器効率より価格の安さが重視される	60.5
	費用の捻出が難しい	62.7
	他に優先度の高い課題がある	60.8

謝辞 本研究はJSPS 科研費（JP18K11771）の助成を受けたものです。

参考文献

1) 株式会社三菱総合研究所（2016）平成27年度 経済性を重視したCO2削減対策支援事業に係るCO2削減対策分析等委託業務報告書、p.39

キーワード 中小規模オフィス、省エネルギーバリア、アンケート調査

開発途上国における電力アクセスの向上が女性の雇用に与える影響

The impact of improving access to electricity on women's employment in developing countries

東京工業大学工学院 ○大谷菜々子・棟居洋介 国立環境研究所 金森有子・増井利彦

1. 背景と目的

2015 年に採択された持続可能な開発目標(SDGs)の中で、目標 5「ジェンダー平等を実現しよう」、目標 7「エネルギーをみんなに、そしてクリーンに」が掲げられている。この 2 つの目標に関連して、南アフリカ¹⁾とニカラグア²⁾の農村部におけるミクロデータを用いた先行研究では、電力アクセスの向上が女性の雇用にプラスの影響を与えたことが明らかにされている。しかしながら、いずれも特定の地域を対象としており、他の開発途上国についても同様の影響があるか不明である。そこで、本研究では、開発途上国のマクロデータを用いて、電力アクセスの向上が女性の雇用に与える影響を明らかにすることを目的とした。

2. 分析手法

本研究では、パネルデータ分析を行った。対象年を 2000 年～2017 年とし、対象国を 2017 年に世界銀行が低所得国から高中所得国に位置付けた 140 か国とした。また女性の雇用に影響を与える指標をコントロール変数とした。以下に分析で用いたモデル式を示す。

$$Y_{it} = \beta_1 A_{it} + \beta_2 L_{it} + \beta_3 S_{it} + \beta_4 P_{it} + \beta_5 M_{it} + \beta_6 V_{it} + (\gamma_1 A_{it} + \gamma_2 L_{it} + \gamma_3 S_{it} + \gamma_4 P_{it} + \gamma_5 M_{it} + \gamma_6 V_{it}) \times T2 + (\delta_1 A_{it} + \delta_2 L_{it} + \delta_3 S_{it} + \delta_4 P_{it} + \delta_5 M_{it} + \delta_6 V_{it}) \times \log G_{it} + \alpha_1 M0 + \alpha_2 M100 + \alpha_3 M_{it} \times M100 + \alpha_4 A_{it} \times L_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it}$$

i : 国、 t : 年、

Y_{it} : 女性の有給雇用者率、 A_{it} : 電力アクセス率、

L_{it} : 女性の出生時平均余命、 S_{it} : 就学予測年数、

P_{it} : 人口増加率、 M_{it} : 携帯サービス契約数、

V_{it} : 農・林・漁業の付加価値、 G_{it} : 1 人あたり GNI、

$T2$: 2000～2008 年で 0、以降で 1 をとる 2 期間ダミー、

$M0, M100$: 携帯サービス契約数が 0 のみ、100 以上で 1

をとるダミー、 μ_i : 個別効果、 ε_{it} : その他の要因

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ はいずれも各変数の係数を表す。

3. 結果と考察

表 1 に示すように、電力アクセス率のみでは有意とならず、女性の出生時平均余命との交差項が有意となった。これは電力アクセスが可能になり、呼吸器疾患や結核の

主要因とされている有害なガスが発生する調理用薪ストーブの使用減少に繋がり、女性の健康状態が改善したことで、雇用の機会を得られるようになるためと考えられる。また、基本モデル式の説明変数の一部を除いたモデルについても分析を行ったが、同様に電力アクセス率の単項については有意とならなかった。

表 1 パネルデータ分析の結果

	係数 (標準誤差)
電力アクセス率	-1.849E-01 (1.818E-01)
×女性の出生時平均余命	4.889E-03** (2.401E-03)
就学予測年数	-1.695 (1.062)
×ln(GNI)	2.541E-01* (1.473E-01)
携帯サービス契約数	1.081E-02 (7.208E-02)
×2 期間ダミー	2.651E-02*** (8.499E-03)

注: ***, **, *印はそれぞれ 1%, 5%, 10%水準で有意を示す。括弧内は国ごとのクラスターリングした標準誤差。有意に出た項を含む、電力アクセス率、就学予測年数、携帯サービス契約数の単項と有意な項のみ掲載。

4. 結論

本研究の結果から、開発途上国全体のマクロデータを用いた分析では、電力アクセス率の向上と女性の健康改善との相乗効果によって女性の有給雇用者率が向上する可能性があると考えられる。一方で、社会・経済状況が大きく異なる開発途上国間の違いを考慮した分析が今後の課題である。

参考文献

- 1) Dinkelman, T. (2011) The Effects of Rural Electrification on Employment: New Evidence from South Africa, *American Economic Review*, 101(7), 3078-3108.
- 2) Grogan, L., Asha S. (2013) Rural Electrification and Employment in Poor Countries: Evidence from Nicaragua, *World Development*, 43, 252-265

キーワード 電力アクセス率、女性の雇用、SDGs

ライフスタイル評価項目を用いた心豊かさと行いたさにおける重要度の比較分析 Priorities of the lifestyle evaluation factors in terms of spiritual affluence and motivation

東北大学大学院環境科学研究科 ○菅原 玲, 東京都市大学 環境学部 古川 柳蔵

1. 背景

近年、地球環境の悪化が進む中、低環境負荷な暮らしにつながる行動変容の促進が大きな課題となっている。環境制約下での未来のありたいライフスタイルを創造¹⁾できたとしても、そのライフスタイルに行動変容するかどうか、何に起因しているのか不明である。これまで古川らにより、行動変容の要因としてライフスタイルに内在する複数の要素に着目し、それらの要素を評価グッド法及び KJ 法で 70 種類のライフスタイル評価項目が作成された²⁾。これを用いれば、行動変容を促しやすいライフスタイルの要素を抽出できる可能性がある。

本研究では、これら 70 種類のライフスタイル評価項目を用いて、心豊かだと思えるか（心豊かさ）と行いたいと思えるか（行いたさ）における各評価項目の重要度を分析し、行動変容を促進する施策立案の可能性について考察することを目的とする。

2. 研究方法

70種類のライフスタイル評価項目を用いてインターネットアンケート調査を行い、心豊かさに関して重視する項目の抽出、さらに、行いたさに関して重視する項目の抽出を行い、職業別に各評価項目の重要度の違いについて比較分析した。調査は楽天リサーチ株式会社に委託した。対象者は楽天アンケートモニターの中からランダムに抽出し、年代(20代以下, 30代, 40代, 50代, 60代以上)・男女・世帯年収(300万円未満, 300~500万円未満, 500~700万円未満, 700~1000万円未満, 1000~1500万円未満, 1500万円以上)の5(年代)×2(性別)×6(世帯年収)=60割付で、計2000人に行った。

3. 研究結果

職業別に分析を行うため、会社員、公務員、専門家の3業種を選出し、それぞれ重視する項目について分析した。3業種では、心豊かな行動について、重要度の点で平均値の差を分析したが、職業別の差異は見られなかった。しかし、項目に対して、心豊かであるか、行いたいかどうかについては乖離が認められた。

また、平均値の差を用いて因子分析を行った(図1)。その結果、心豊かさと、行いたさには相関関係は

認められないが、行いたさの方が心豊かさより重要度が高い項目は、利便性関連の項目であった(手間がかからない、金がかからない、効率的である、時間がかからない、無駄なものがない、楽である)。

逆に、心豊かさの方が行いたさより重要度が高い項目は、人との関係の項目が多い(思いやりがある、人と分け合う、互いに助け合う、人のためになる、人と交流する、気持ちを人と共有する)。その中に「自然を感じる」、「文化が守られている」、「故郷がある」など異なる概念の項目も含まれていた。

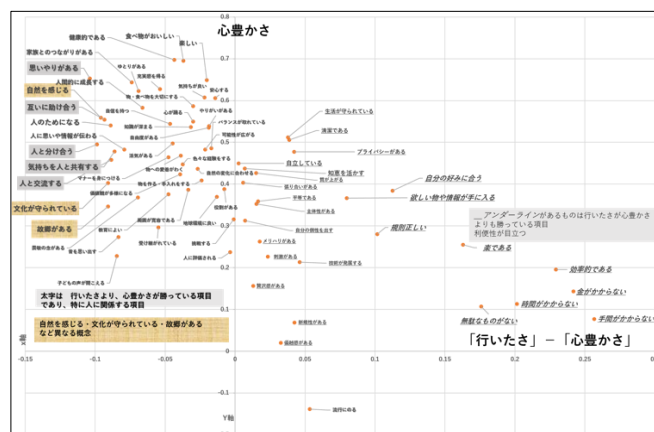


図1 行いたさと心豊かさの重要度の差

4. 結論

心豊かさを区別せずに訴求するのではなく、性質を鑑みて訴求する項目を選択することにより行動変容につながるよう、施策を検討できる可能性がある。

参考文献

- 1) 古川柳蔵・石田秀輝(2013)バックキャスティングによるライフスタイル・デザイン手法とイノベーションの可能性, 高分子論文集, Vol.70, No.7, p.341-350.
- 2) Ryuzo Furukawa and Masae Mitsuhashi(2018) Development of lifestyle evaluation factors to analyze lifestyle change, poster session, Third International Conference of the Sustainable Consumption Research and Action Initiative (SCORAI), Copenhagen Business School.

キーワード ライフスタイル, 心豊かさ, 行動変容

水源への化学物質流出に対する高度浄水処理の対応能力と対策に関する費用対効果

The impact of a chemical release into the water source and cost-effectiveness of countermeasures

大阪大学大学院工学研究科 ○北本靖子, 伊藤理彩, 東海明宏

1. はじめに

2014年に発生した利根川水系におけるホルムアルデヒド水質事故では、オゾン処理と粒状活性炭(GAC)吸着処理からなる高度浄水処理が有効に機能した。今後、水道事業者が有する対応能力を評価し、必要に応じて強化することが求められている。しかし、高度浄水処理が万能とはいき切れず、検討の余地が残る。本研究では、大阪市水道局の高度浄水処理フローで最後段に位置するGAC処理に着目し、水源への化学物質の流出に対する対応能力及び追加対策の効果を検討した。

2. 方法

1997年に関西地方の水道水源である淀川水系でジクロロメタンの流出が発生し、河川水において最大で水質基準値の約2.5倍の濃度で検出されたり。流下による揮散や濃度変化はないものと仮定し、本研究でも当時の事故と同様にジクロロメタン濃度が水質基準値の約2.5倍の原水が大阪市水道局柴島浄水場において取水されると仮定した。大阪市水道局ではGAC更新コスト平準化と吸着性能維持のため、吸着池総数の約5分の1を毎年新炭に交換する²⁾。よって0~5年使用したGACが吸着池に混在しているため、使用年数に依存する除去率を平均し、GAC処理によるジクロロメタンの除去率とした。添加実験結果から求めたGAC使用年数と除去率及びヨウ素吸着能との関係¹⁾、及び現在においてヨウ素吸着能の低下が速くなった²⁾ことも計算に含めた。

過去約20年間の河川水または原水中で水質基準値を超過したのべ6日¹⁾において高度浄水処理が導入されていたと仮定し、GAC処理による残存率を乗じて浄水中のジクロロメタン濃度を推算した。これによって、浄水が水質基準値を超過した日数の変化を調べた。

高度浄水処理を経ても水質基準値を超過することに対して、①GACの更新周期短縮、②ばっ気設備の導入、加えて、排出する事業者側が実施可能な対策として③貯蔵タンク配管への緊急遮断弁の設置を対策オプションとして挙げ、対策後の除去率及び追加費用を算出した。GAC吸着池の更新費用は大阪市電子調達システムの契約結果から推算し、ばっ気設備及び緊急遮断弁の設置費用は実際の見積りの値を用いた。

3. 結果と考察

推算された浄水中のジクロロメタン濃度から、現状の5年更新では、GAC処理による除去率が3割程度であるため、原水における水質基準超過事象の6日間すべてにおいて、浄水においても水質基準値を超過した。GAC更新周期1年及び2年では、水質基準を超過した日の全てについて基準値未満まで低減が可能であるが、更新作業が多くなり、処理水量の確保が困難である。GACの更新周期を3年に短縮すると処理による除去率が約5割と見込まれ、浄水の水質基準値超過を1日まで低減できることが分かった。

対策費用については、GACの更新周期を5年から3年周期へ短縮した場合は約1.3倍、ばっ気設備を導入した場合は現在の約3倍の費用がかかることが判明した。さらに、GAC処理は淀川へ流出した揮発性有機化合物(VOCs)以外にも、有機フッ素化合物等、淀川水系に存在する多様な有機物の除去が可能であり、ばっ気装置と比較して費用対効果がよい。また、緊急遮断弁の設置にかかる費用は他と比較して安価であるとともに水源への流出量の9割以上を低減することが可能であることが分かった。

4. 結論

ジクロロメタンの流出において、浄水処理後も水質基準値を超過する場合は、GACの更新周期の短縮により処理能力が強化され、現在の1.3倍の費用で基準値超過日を1/6まで短縮できることが分かった。一方、ばっ気施設の導入にはGACの更新費用に比べ、約3倍の費用がかかり、さらにジクロロメタンの検出頻度を考慮すると費用対効果が高いとはいえない。また排出源の事業所で流出を防止できた場合には、水道事業で濃度の低減を試みるよりも、容易かつ安価に原水・浄水中の濃度を低減することが可能であることが分かった。

参考文献

- 1) 今中・今村・宮田(2018), 第61回研究発表会概要集(平成29年度日本水道協会 関西地方支部), 64-67
- 2) 浄水技術 R&D Program 柴島浄水場・水質試験所(2005), 水道事業研究, 149, 4-38

キーワード 水源水質事故, GAC, 費用対効果

アフリカ・ウガンダ及びルワンダにおける簡易型大気汚染測定局の実証

Demonstration of a simplified air pollution measurement station in Uganda and Rwanda, Africa

一般財団法人日本気象協会 ○依田隆志, 電気通信大学 石垣陽
慶應義塾大学 松本佳宣, NEMA of Uganda Tofayo Clever

1. 背景

アフリカでは大気汚染により年間100万人が死亡していると言われている（WHO,2016）が、予算の問題から測定局数は少ない。そこで安価な測定局を開発し、未だ測定局の無いウガンダ及びルワンダにてPM2.5及びNO2を測定したので報告する。

2. 開発内容

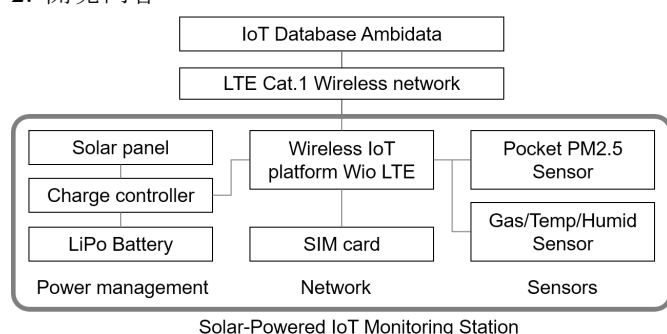


図1 開発した測定局の構成図

開発した測定局（図1）はソーラー電源により独立動作し、WioLTE通信ボードを搭載することで、LTE Cat.1方式の低消費電力で長距離の通信を可能とし、アフリカの各地で利用できる。センサにはヤグチ電子工業製のPocket PM2.5 Sensor及びSPEC Sensors製のDigital Gas Sensor Module for NO2を採用した。測定データは無料のIoTデータベースであるAmbidataに保存される。

3. 測定状況

本調査において日本、ルワンダ及びウガンダに設置した大気汚染測定局の概要を表1に示す。

表1 各国における測定局の概要

	電気通信大学	バスターミナル	NEMAのペランダ	学校
測定国	日本	ウガンダ	ウガンダ	ルワンダ
測定物質	PM2.5, PM10		PM2.5, PM10, %RH, NO2, バッテリー電圧	
測定機器	Pocket PM2.5 Sensor : ヤグチ電子工業製		Grove - Laser PM2.5 Dust Sensor - Arduino Compatible - HM3301 : seed製 Digital Gas Sensor Module for NO2 : SPEC Sensors製	
通信方式	携帯電話網 (4G LTE)		校長先生の個人所有ポータブルWiFi	
記録方式	クラウドの専用サーバに記録		クラウドのIoTサービスambient	
稼働状況	稼働中	2020年4月から不調 原因調査中	稼働中	2020年3月に稼働停止 WiFiが不調か?

4. 結果と考察

4.1. 測定機器及び大気汚染常時監視測定局の比較による精度の確認結果

2019年4月1日～2020年2月29日の観測データ電気通信大学構内（Pocket PM2.5 Sensor使用）と大気汚染常時監視測定局である深大寺地点の測定結果を比較したところ、 $R=0.827$

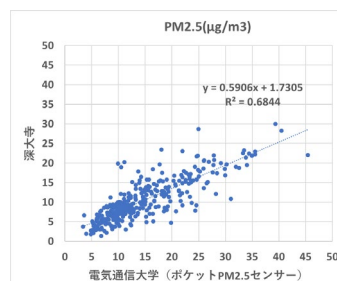


図2 Pocket PM2.5 Sensorと大気汚染常時監視測定局のPM2.5の相関図

4.2. ウガンダ・ルワンダでの測定結果

PM2.5及びPM10の濃度（図3）は、学校では生徒が在学時の朝から夕方に濃度が上昇し、バスターミナル及びNEMAでは早朝と夕方以降に濃度ピークが現れた。PM濃度の推移は人の動きと連動していると考えられた。

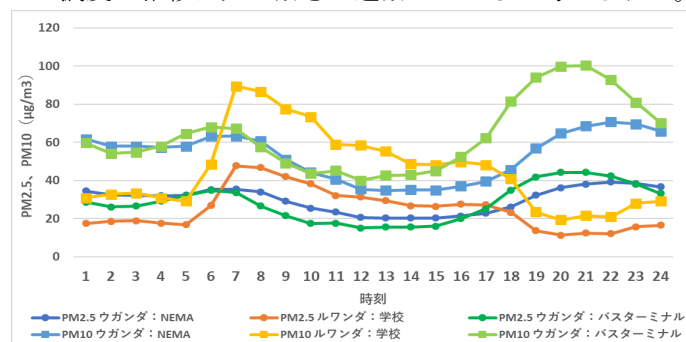


図3 PM2.5、PM10の日内変動

5. 将来展望・今後の展開

数万円のコストで制作した測定局が、アフリカの過酷環境（砂塵やスコール）にて1年以上連続運用できることがわかった。今度は測定値のドリフトなど長期運用時の精度変化を検証したい。

謝辞 本研究は、総務省戦略的情報通信研究開発推進事業（SCOPE）および、JSPS 科研費 17K01339・19H03957の助成を受けたものです。

キーワード アフリカ, IoT, 大気汚染測定局, PM2.5

ジオインフォマティクスを用いた環境保全型農業による水稻栽培の管理に関する研究

Study on management of paddy rice cultivation by Eco-Friendly Farming using geoinformatics

立正大学 佐藤響平・○後藤真太郎

1. 研究方法

1.1 観測対象

本研究の研究対象圃場は、埼玉県熊谷市最南部の小江川に位置するホテルヘリテイジリゾートの敷地内の谷津田である。

圃場はため池から下へ 3 段連なっており、本研究ではその最上段の圃場を対象とし、環境保全型農業の生産性と環境要素との関係性を求め、対象圃場は 2017 年から環境保全型農業による稲作が行われている。

植え付けから稲刈りまでの期間は、2018 年 6 月 24 日から 2018 年 10 月 31 日である。

1.2 研究手順

研究フローを以下に示す。



図 1 研究フローチャート

1.3 GIS データの作成方法

1.3.1 圃場の区画データ

圃場のオルソ画像をもとに、2mのメッシュをもとに圃場を分割し、2 m²に満たない圃場辺縁部は近隣の区画に結合した。

分割を行った各区画 (40 区画) に ID を付与し、環境要素データを付与した。

1.3.2 分げつ数データ

2018 年 11 月 5 日から 2018 年 11 月 8 日の期間に、稲刈り後の株によって分げつ数を計数し、圃場の区画レイアウトにプロットし、区画内で、面積当たりの分げつ数の平均を算出した。計数が行えなかった範囲は、内挿補間法 IDW により補間した。

1.3.3 圃場観測画像

圃場内の草刈りを行った後、2018 年 11 月 18 日に UAV (Mavic Pro (DJI 製)) による圃場内と圃場周辺の撮影を行った。

1.3.4 DSM データ

1.3.3 で得られた観測画像は、Metashape (Professional Agisoft 社) によりオルソ化し、TS 測量で得られた高低差を用いて補正し、DSM データを作成し、水深データ、日射量データを計算した。

1.3.5 土壌成分データ

2018 年 12 月 19 日に、図 4 に示す圃場の各区画内で対角線採土法によるサンプリングを行った。土壌成分の分析には全農型土壌分析機 ZA-II (富士平工業株式会社製) (以下、ZA-II) を用い、P205・K20・Mg0・Ca0・NO3-

の 5 項目につき分析を行い、各区画に付与した。

1.3.6 土壌微生物多様性・活性値

土壌の生物性を科学的・客観的に評価する方法として、横山ら^{1),2)}による土壌微生物多様性指数を用い、土壌中に生息する微生物群集の有機物分解能力の多様性と高さを数値化した。

1.4 データ間の関係評価手法

評価解析には、決定木分析 (CART) により行い、R の rpart パッケージを使用した。

区画ごとに分けられ、作成されたデータ群のうち、分げつ数の平均データを応答変数とし、水深データ、日射量データ、土壌成分データを説明変数とした。

2. 分げつ数および土壌成分の計測結果

土壌微生物多様性・活性値以外のメッシュ毎の計測値は紙面の関係で講演時に述べる。土壌微生物多様性・活性値については、田植え前に 99.1 万を示し、ため池の土壌の計測値は、115.6 万であったことから、ため池由来の豊かな土壌成分が圃場に流入している事を示した。土壌成分データにおいて、NO3-は ZA-II の測定限界である 0.33mg/100g よりも低い数値であり微量であった。

3. 決定木による関係性の評価結果

プルーニングを行った回帰樹木モデルから、日射量評価値が 6823.5 Wh/m²/day 以下のもの、日射量が 6823.5 Wh/m²/day 以上かつ水深が 6.835 cm 以下、日射量が 6823.5 Wh/m²/day 以上かつ水深が 6.835 cm 以上の 3 つに分類された。

4. おわりに

本研究では以下の内容を明らかにした。

GIS による谷津田内の環境要素のデータ化手順と樹木モデルによる関係性の評価による管理手法を検討した。

回帰樹木による稲と環境関係性の評価によって、本研究で研究を行った谷津田の稲の生長において、日射量が高かった要因であり、次いで水深が高い要因であった。

また、窒素成分の由来が土壌成分ではないことがわかり、一方で土壌微生物多様性・活性値が高いことから、窒素成分の由来は微生物であることが想定され、今後の検討課題としたい。

本研究は立正大学埼玉東上地域大学教育プラットフォーム (TJUP) 支援費第 2 種「農業遺産登録申請を目指した風土共創による SDGs イニシャチブ」(代表 後藤真太郎) により実施した。ここに記して謝意を表する次第である。

5. 参考文献

- 1) K. Yokoyama: Evaluation of biodiversity of soil microbial community, Biology International special issue 29 "Symbiosphere: Ecological Complexity for Promoting Biodiversity", 74/78 (1993)
- 2) 横山和成: 土壌微生物群集の多様性評価土壌微生物群集の多様性評価, 土と微生物, 49, 35/42 (1996)

キーワード リモートセンシング, 環境保全型農業, UAV, GIS

公園内の暑熱環境の実態と推定 Actual Condition and Estimation of Wet-Bulb Globe Temperature in the Park

関西大学 ○尾崎平, 小堀悠也

1. はじめに

気候変動の影響などにより暑熱環境の悪化が熱中症搬送数の増加等の悪影響を招いている。熱中症に関しては、気象情報を踏まえ、対応行動を行うことで、その多くは未然に防止することが可能と考えられる。現在、熱中症の危険情報については、暑さ指数（WBGT）に基づき判定がなされている¹⁾。本研究では居住地域の小エリア単位の暑熱環境情報を提供するために、暑さ指数（WBGT）の簡易推定方法を提案することを目的とする。

2. 研究方法

わが国は公園が点在しており、公園における暑さ指数が簡易に計測できれば、より市民に近い地点の暑さ指数を得ることができる。そのため、本研究では、公園において気象データを計測し、WBGTと温湿度等の気象データとの相関分析から簡易推定を行う。

調査対象公園は、大阪府吹田市内の健都レールサイド公園(面積：約2.6ha, 2018年3月開園)とする。調査は、2019年の7/30(火), 8/3(土), 9/7(土), 9/10(火), 10/5(土), 10/8(火)の6:00~9:00, 11:00~14:00, 16:00~19:00に実施した。調査項目は、WBGT, 温度, 湿度, 黒球温度を高さ1.5mの地点, 30分間隔で計測し、地表面温度を1時間間隔で計測した。計測地点について園路, 健康器具エリア, 芝生, 東屋の4つの地点で行った(東屋のみ日陰で、他の3地点は日向)。

WBGT推定方法として方法として、表1に示すように、目的変数をWBGT, 黒球温度, 説明変数を気温, 相対湿度, 湿球温度, 黒球温度, 地表面温度などの組み合わせた上で、日向, 日陰にわけて、重回帰分析を実施した。

3. 結果および考察

各推定方法の決定係数の比較を表2に示す。また、一例として、方法⑥(日向)の結果を図1に示す。日向, 日陰のいずれの地点においても、最も精度高く、推計できる方法は方法⑥である。本研究の推定値と実測値の誤差の標準偏差は、0.80℃, WBGTの平均は、共に29.4℃であり、ほとんど誤差はない(実:推 = 29.41:29.45)。

すなわち、方法⑥を用いることで比較的簡易にWBGTを推定することが可能であり、公園利用時ならびに、周

表1 WBGTの推定方法一覧

方法	目的変数	説明変数
①	WBGT	乾球温度, 相対湿度
②	WBGT	乾球温度, 湿球温度
③	黒球温度	乾球温度
④	黒球温度	乾球温度, 湿球温度
⑤	黒球温度	乾球温度, 地表面温度
⑥	黒球温度	乾球温度, 湿球温度, 地表面温度

表2 各推計方法の決定係数の比較

方法	①	②	③	④	⑤	⑥
日向	0.8202	0.8273	0.8212	0.8271	0.8271	0.8314
日陰	0.9362	0.9382	0.9381	0.9382	0.9918	0.9918

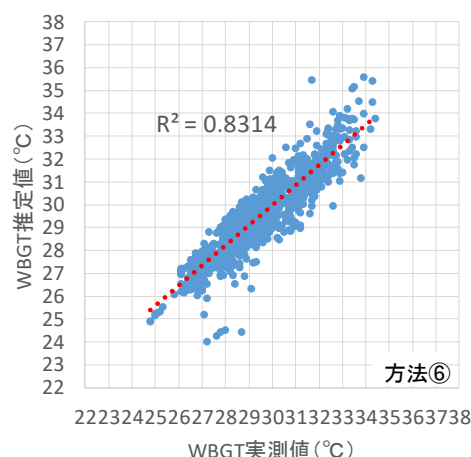


図1 WBGTの実測値と推定値の比較(日向部, 方法⑥)

辺地域に対する暑熱環境のアラートを出すことが可能であると考えられる。

4. おわりに

公園における温湿度等の気象計測データを用いて、簡易にWBGTを推定する方法を提案した。その結果、推定値と実測値の誤差の標準偏差は、0.8℃であり、WBGTの平均値には差がない精度で推定できた。なお、本研究は環境研究総合推進費JPMEERF20191005ならびに中部大学問題複合体を対象とするデジタルアース共同利用・共同研究IDEAS201915・202013の助成を得て行った。

参考文献

1) 日本生気象学会：日常生活における熱中症予防指針 Ver.3, 2013

キーワード 熱中症, 気候変動, WBGT

持続可能な地域社会実現のための支援策の課題と改善方針 ー滋賀県東近江市「近江匠人」認証制度の事例よりー

Challenges of policy towards the realization of a sustainable society : A case study of the "Ohmishounin" certification system of higashiohmi city

滋賀県琵琶湖環境科学研究センター ○金 再奎, 岩川貴志, 東近江市観光物産課 佐子都, 清水泰行

1. はじめに

持続可能な社会の実現のため、地域の自立性を高めることが求められている。本研究はこれを達成するための、地域の事業者を対象とした支援策として、滋賀県東近江市の「近江匠人」認証制度を取り上げ、制度の設計・運用の段階で直面した課題の整理と、その改善方針についての考察を取りまとめたものである。

2. 「近江匠人」認証制度について

「近江匠人」認証制度は、東近江市が作成した持続可能な地域の将来像¹⁾を実現するための取組の一環として、2019年度より市内の事業者を対象として導入された。

認証の最大の特徴は、事業活動を通じての社会（人や自然とつながる時間）、経済（地域内循環額）、環境（CO₂排出削減量）の3側面での地域貢献性を評価基準（図1）とする点である。提供する商品やサービスに加え、事業者の経営理念や就業スタイルにも焦点を当て、地域貢献への思いを持った事業者に認証が与えられる。認証を受けた事業者は「近江匠人」のマークを使用することができ、市の主催イベントやWebサイト等で広報の機会が得られ、商品やサービスの特色だけでなく、その背景やストーリーを含めたPRがなされる。

初年度の認証事業では、23件の申請のうち13の事業者が認証された。

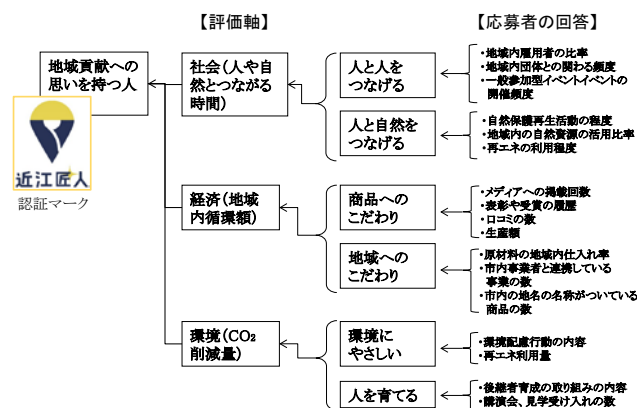


図1「近江匠人」認証制度の枠組みと評価軸

3. 認証制度の設計・運用に関する課題分析

設計・運用段階で直面した課題の大半は、持続可能な

地域社会という理念の共有不足が招いたものであった。

事業者を支援する公的な認証制度を導入する場合、その事務局は、行政の産業・商工分野の部署が担当するケースが多い。これらの部署の担当者の大半は、社会や環境の側面から事業を評価するという経験がないため、設計段階において従来の地域ブランド認証制度と同様の評価項目（地名の使用・受賞歴など）に偏らないよう検討を重ねる必要があった。申請する側である事業者においても、地域への貢献という視点で事業活動を自己分析するという視点に不慣れであったため、認証に至らなかった事業者の大半は、社会や環境の側面に対する評点が低かった。

4. 制度の改善方針

時間をかけて「近江匠人」認証制度の設立理念、すなわち持続可能な地域の将来像の内容を地域内に浸透させることが重要と考えられる。

検討中の具体例として、審査の結果認証に至らなかった事業者を対象に、次回以降の認証取得を目指してもらうための事務局によるアドバイスの実施が挙げられる。事業活動と地域社会が環境・経済・社会の多側面でつながることを理解してもらい、事業者のモチベーションが高まるのみならず、事務局である行政職員にとっても、事業者への説明を通じて、市が掲げる持続可能な地域社会に対する理解が深まることが期待できる。

更なる改善点として、事業者側が魅力を感じるようなインセンティブ（補助金など）を提供すること、より適切な採点基準を設定し審査の客観性を担保することが求められる。

参考文献

- 1) 金再奎, 岩川貴志, 内藤正明 (2015) 市民意識の定量化に基づく持続可能社会の将来像の描出とその実現ロードマップー地域情報システムの活用による新たな指標作りー, 環境科学会誌 28 (1), 50-62.

キーワード 持続可能な地域社会, 認証制度

プロスポーツリーグにおける環境対策の現状と課題 -B リーグを例に- Environmental measures in sports leagues: Current status and tasks of B.LEAGUE

東京工業大学 ○新本知也, 棟居洋介 国立環境研究所 金森有子, 増井利彦

1. はじめに

近年スポーツ界と環境問題は密接に関わり、環境対策をはじめとする持続可能な開発に取り組むことに責任が生じるようになった。そこで求められているのは、世界中における既存のプロスポーツリーグが中心となって環境対策に真摯に取り組むことである。

NBA や MLB などの世界のプロスポーツリーグでは、既に様々な環境対策が取り組まれている。そこで本研究では、日本の既存プロスポーツリーグにおいて初めて SDGs の達成に協力するプロジェクトがリーグ単位で存在している日本プロバスケットボールリーグ (B リーグ) を対象に、B リーグの環境対策の取り組みの現状を明らかにするとともに、その課題と対策について提言することを目的とした。

2. 分析方法と結果

2.1. プロスポーツリーグにおける環境対策の構造分析

プロスポーツリーグの環境対策の特徴を捉えるために、日米の既存のプロスポーツリーグで取り組まれている環境対策の構造を明らかにした。具体的には、日本の NPB、J リーグ、アメリカの MLB、NBA、NFL、NHL の 6 つのプロスポーツリーグを対象に情報収集を行い、主導した主体、参加した主体及びそれらの関係性を、図 1 のように整理した。

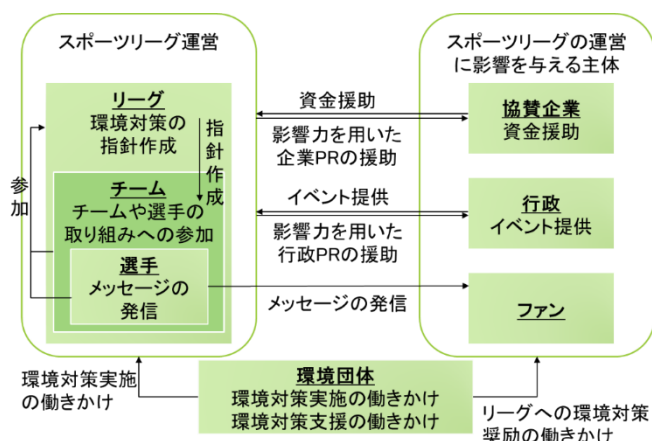


図1 プロスポーツリーグにおける環境対策の構造

2.2. 世界自然保護基金 (WWF) ジャパンへの B リーグ環境イベントに関するインタビュー調査

B リーグでこれまでに実施された環境対策の内容とその経緯を明らかにするため、横浜ビー・コルセアーズと共同で環境イベントを実施した WWF ジャパンへのインタビュー調査を行った。具体的には、WWF ジャパンと B リーグとの関わりや、横浜ビー・コルセアーズと 2019 年に実施した再生可能エネルギー100%ゲームなどの取り組みについて聞き、そこから環境対策を成功させる条件を、表 1 のように整理した。その結果、プロスポーツリーグが環境対策を成功させるためには、①環境対策を主導する主体、②環境対策の費用負担をする主体、③環境対策を実施する推進力、という 3 条件が必要であることが明らかとなった。

表 1 環境対策イベント成功の必要条件

再生可能エネルギー100%ゲーム	
① 主導者	・ 横浜市、WWF
② 費用負担者	・ 協賛企業
	・ 横浜市、WWF の強い意志
③ 推進力	・ 他ステークホルダーとの利害一致 例) B リーグの環境対策尽力の宣伝

3. 結論・今後の課題

B リーグの環境対策における現状は、人的・金銭的に余裕がなく、また、こうした厳しい状況において環境対策に取り組むインセンティブが働きにくいいため、B リーグとして自発的に環境対策に取り組むことは、現状では困難になっている。B リーグの環境対策における今後の課題は、リーグとチーム以外で環境対策を主導する環境団体、企業、行政の力を借りた取り組みを進めることである。加えて、各チームが使用するアリーナを環境負荷の少ないものに変えることや、選手が環境対策に積極的に関わることができる枠組みを作ること重要な課題である。

主な参考文献

- 1) B.LEAGUE (2020) B.LEAGUE Hope.
<https://www.bleague.jp/b-hope/>
- 2) NBA (2020) NBA Green
<https://green.nba.com/>

キーワード B リーグ、環境対策、プロスポーツリーグ

宮崎県における可燃ごみの広域処理による環境への影響

Environmental Impacts of Wide Area Management of Combustible Waste in Miyazaki Prefecture

宮崎大学 ○戸敷浩介, 前田拓真

1. はじめに

清掃工場の大型化と人口減少・少子高齢化等による可燃ごみの減少などを背景として、2019年に環境省から「持続可能な適正処理の確保に向けたごみ処理の広域化及びごみ処理施設の集約化について」の通知が都道府県に向けて発出された。広域処理による影響は、焼却施設の位置や人口分布、ごみ収集車の走行経路・距離など、地域性がある。そこで本研究では、広域処理による環境負荷とエネルギー収支への影響を、地理情報システム（以下、GIS）を用いて評価する手法を構築し、宮崎県の可燃ごみ処理における広域化シナリオを評価した。

2. 材料および方法

本研究では、GISとしてESRI社ArcGIS Desktop 10.6.1を使用した。GIS上に宮崎県内で現在稼働している6つの清掃工場、道路網、1kmメッシュの収集日一日当たりの生活系可燃ごみ排出量のポイントデータを載せた。

可燃ごみの収集区域のシナリオとして、A)現状の他にB)現状（中継施設廃止）、C)5工場（日向工場廃止）、D1)3工場（中継施設現状と同じ）、D2)3工場（日南工場を中継施設化）、D3)3工場（日向工場を中継施設化）、D4)3工場（日南・日向両工場を中継施設化）の6シナリオを設定した。AおよびBシナリオは現在の処理区域とし、それ以外はArcGIS Network Analystのロケーション・アロケーション機能（清掃工場の規模と運搬距離による収集範囲の最適化）を用いて収集区域を決定した。

ごみ収集車が施設を出発し1kmメッシュの中心点にある生活系可燃ごみを収拾し施設に搬入する経路と走行距離は、ArcGISのNetwork Analystを用いて計算した。収集車、運搬車の年間総走行距離から燃料消費量とCO₂、NO_x、SO₂、SPMの排出量を求めた。排出係数は文献値を用いた（経済産業省・環境省、2006：土肥ほか、2010）。

環境負荷はLIME2（伊坪ほか、2010）を用いて外部費用に変換した。また、軽油にかかる費用と、発電電力量の増加による増収分も評価した。なお、各メッシュ内におけるごみ収集車の走行距離は算出せず、A)現状シナリオと各シナリオとの差を評価することにした。

3. 結果

表1に、広域処理による各指標への影響を示した。環境影響、燃料消費の正の値は削減量を示している。D2シナリオの環境負荷や燃料消費の削減効果が最も大きい。これは、ごみ収集区域の設定や中継施設の配置によって、広域化しても環境負荷や燃料消費を削減することが可能であることを示している。また、宮崎県では廃棄物発電設備がある清掃工場に可燃ごみの焼却を集中することで、環境影響による外部費用よりもエネルギー回収によるメリットが非常に大きいことが分かった。

表1 広域処理による各指標への影響 単位:10⁶円

	環境影響	燃料消費	外部供給電力量
B	-0.7	-6.8	0.0
C	-1.1	-9.1	58.1
D1	-2.7	-22.6	251.4
D2	1.2	9.3	251.4
D3	-3.2	-26.2	251.4
D4	1.1	9.2	251.4

謝辞 本研究は、旭硝子財団の助成により実施された。

参考文献

- 1) 土肥学、曾根真理、瀧本真理、小川智弘、並河良治「道路環境影響評価等に用いる自動車排出係数の算定根拠（平成22年度版）」国土交通省国土技術政策総合研究所
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0671.htm> 2010（閲覧日：2019/11/21）
- 2) 経済産業省・環境省「特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令（平成十八年経済産業省・環境省令第三号）」
https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=418M60001400003（閲覧日：2019/11/21）
- 3) 伊坪徳宏・稲葉敦編著「LIME2 意思決定を支援する環境影響評価手法」社団法人産業環境管理協会、2010

キーワード 廃棄物、広域処理、地理情報システム

リスク情報受容の規定因としての科学技術の「風土化」

How is Science and Technology Naturalized? Focusing on the Risk Information Acceptance

千葉商科大学 ○小野 聡, 総合地球環境学研究所・熊澤 輝一, 寺田 匡宏

1. 研究の背景と目的

平時や災害時におけるリスク情報は、科学技術の発展に伴って情報の精度や確度のみならず、情報の送受信のあり方や情報処理の主体にも変化をもたらした。人間と機械の間でリスクなどの環境情報を処理しあうことが当然となった将来の社会では、現代社会とどのような違いがありうるのでしょうか？

人工知能と人間が情報を処理しあうことを想定した実験研究としては、横井ら（2018）などが「信頼」に着目した研究がある。これらの研究では対人関係における信頼と機械との関係における信頼の認知構造における共通点と相違点の考察から、人工知能の社会的受容性に関する議論をしている。一方で、属性間の違いによって機械への認識は変化しないだろうか。本稿では「世界価値観調査」（Haerpfer, et al., 2020）のデータセットを用いて、科学技術に対する価値観の違いが属性の違いによって生じるかを分析する。

2. 世界価値観調査のデータ抽出と分析枠組み

世界価値観調査のデータセットから、日本人の回答（ $n = 1353$ ）を抽出して以下の設問について分析をする。まず属性データとしては年齢（Q261）、性別（Q260）、最終学歴（Q275）、同居者数（Q270）、居住地人口（調査者記録）に着目して、属性間での科学技術に対する価値観の違いを分析する。

科学技術に対する価値観について項目としては、「科学技術は健康・安定をもたらす（健康・安定：Q158）」「将来の機会が増える（将来機会：Q159）」「十分な信念なく科学技術に依存している（依存：Q160）」「科学技術の悪影響の一つは人間の善悪判断の破壊にある（善悪判断：Q161）」「科学技術について知ることとは日常生活では重要でない（知識：Q162）」および、「世界は良くなる（影響：Q163）」に着目する。

3. 結果

科学技術に対する価値観全体として、同居者数、居住者人口、性別による傾向の違いは検出されなかったが、年齢・学歴による傾向の違いが検出された。

「健康・安定」および「将来機会」については世代

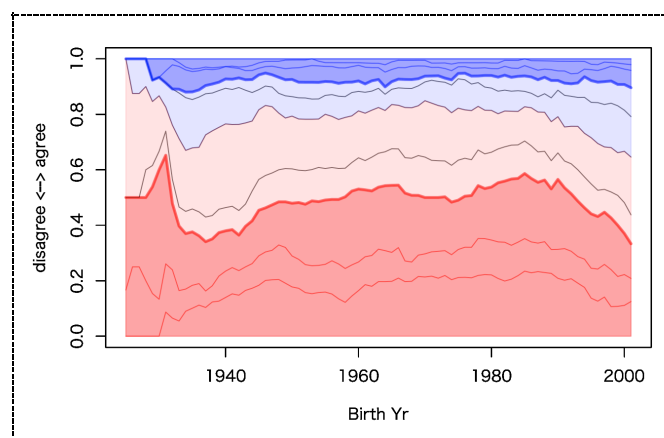


図1 「依存」に関する各世代の回答傾向

によらず概ね 80%の回答者が肯定的な回答をしていたが、「依存」「善悪判断」「知識」については若い世代ほど否定回答が少なくなり、科学技術に対する肯定的な態度が弱くなっていることが観測された。

4. むすびにかえて：科学技術の「風土化」

分析の結果、四年制大学・専門学校が最終学歴の回答者ほど科学技術に対して肯定的な回答が多くなる傾向が観測された。このことから年齢と最終学歴のカテゴリ変数、および「1990年以降生まれかつ最終学歴が専門学校以上」を表す交互作用項を設けて、科学技術に対する価値観に関する多項ロジットモデル分析を実施したところ、「依存」「善悪判断」「知識」について、交互作用項含めて有意な結果が得られた。

このことは科学技術が対話的で自然物との境界が曖昧になり、複雑で理解が難しくなっているプロセスの中で、生活行動様式を規定し、適応が求められる対象となっている、すなわち、「風土化」してきていることを指していると考えられる。

参考文献

- 1) 横井良典ら（2018）治療方針の共有が人工知能への信頼に及ぼす影響，社会心理学研究，34（1），16-25
- 2) Haerpfer, C., et al. (2020) World Values Survey: Round Seven

キーワード 科学技術，風土化，世界価値観調査

消費者の支払額と所要時間を考慮した洗濯機シェアリングの消費者受容性の評価 Consumer acceptance of laundry machine sharing in consideration of the consumer cost and the time spent

東京大学 ○文 多美, 天沢 逸里, 平尾 雅彦

1. はじめに

持続可能な消費生産の構築に向けて、モノの共有による消費(シェアリング・エコノミー)が持続可能な消費パターンとして提案されている。本研究では、洗濯機シェアリングの実施により消費者が負担する支払額と所要時間を推計することで日常生活の洗濯行動におけるシェアリングの意義を明確にしながら、消費者の受容性を評価にすることを目的にする。

2. 研究方法

自分で洗濯する男女(東京, 20 歳~69 歳)を対象に、洗濯機を用いた洗濯行動に関する Web アンケート調査(2017 年 11 月, n=170)を実施した。コインランドリーでの洗濯機の使用(CL, Coin-operated laundromat)を洗濯機シェアリングと見なして、家庭用洗濯機(PW, private-washer)と CL の使用による洗濯行動全般と CL のみの生活に移行できる受容コストなどを設問した。まず、回答者の CL の使用状況を把握するため、PW のみ利用者(PW-only), PW との併用者(Mix), PW を所有する CL のみ利用者(CL-only w/), CL のみ利用者(CL-only w/o)の 4 つに分けた(表 1)。また、アンケート結果から、洗濯機の容量と稼働時間(PW, CL), 水とエネルギー(電気)の使用状況から洗濯行動にかかる支払額と所要時間を推計した。支払額には洗濯機の購入と処分、洗濯機利用時に消費者が負担する費用(購入額とリサイクル料金、電気料金、水道料金、下水道の料金、洗剤購入料)を含めた。所要時間には洗濯関連機器の稼働時間と自然乾燥時間の合計を用いた。CL のみに移行する時に受容可能な洗濯・乾燥コストの合計額を受容コストに用いた。

3. 研究結果

回答者による洗濯行動への支払額を見ると、PW-only が 132.0 円/回でグループの中で一番少なかった(図 1)。一方、CL-only w/o は、PW-only より約 7 倍高い 920 円/回で、グループの中で一番高かった。グループ別平均所要時間の傾向は、支払額と反対の結果を示した。支払額が一番少ない PW-only は、洗濯行動にかかる所要時間はグループで一番長く、379 分/回であった(図 1)。一回当

たり支払額の一番高い CL-only w/o の場合、洗濯行動にかかる所要時間はグループの中で一番短い 154 分/回であった。CL のみの生活に移行できる受容コストについて、CL-only w/o は 408 円/回で一番高く、Mix が 186 円/回で続いた。PW-only と CL-only w/は 106 円/回と 160 円/回で類似した。

表 1 グループ別、洗濯行動による支払額と所要時間

区分		PW-only	Mix	CL-only w/	CL-only w/o
PW	所有	○	○	○	×
	使用	○	○	×	×
CL	使用	×	○	○	○

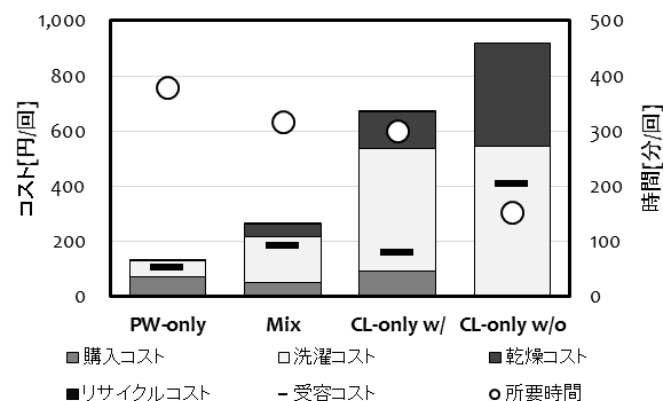


図 1 グループ別、洗濯行動による支払額と所要時間

4. まとめ

以上の結果から、CL を利用することで消費者の洗濯行動に対する支払額の負担は多いが、所要時間は軽減できることが明らかになった。また、消費者の CL のみ洗濯行動に移行するための受容性について、既に洗濯機シェアのみの生活をしている CL-only w/o は他のグループよりコスト面での受容性が高いことが見られた。一方で、CL のみの洗濯行動に対する消費者の受容性は、金銭的価値と時間節約の便益だけで決まらないことで、日常生活の中で家事にかかるお金と時間の異なるライフステージを考慮した更なる研究は、今後の課題にしたい。

謝辞 本研究は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(S-16, JPMEERF16S11610)により実施された。キーワード 洗濯行動, コインランドリー, 持続可能な消費パターン

エンドウ豆外皮と余剰汚泥を原料とした複合消化によるバイオガスの生産

○Biogas Production from Co-digestion of Cowpea Hull and Waste Activated Sludge

University of Tsukuba ○Ogbonna Christian, Prof. Zhang Zhenya

1. Introduction

As a food waste, cowpea hull (CH) is the outer covering of cowpea seed peeled off during the preparation of “Akara”, a popular African cuisine. Management of food waste such as CH is crucial, especially in the west African countries due to its large production amount in this region. Methane production from CH is regarded as a promising solution to solve its environmental and economic problems in developing countries. Up to the present, limited information could be found on the mono-digestion of CH and its co-digestion with the commonly available organic solid wastes like waste activated sludge (WAS) and rice straw (RS).

2. Materials and Method

This study extracted CH sample from cowpea seeds obtained from a retailer food store. To clarify the biogas and methane production potential of CH via anaerobic digestion (AD), the extracted CH was mono-digested and co-digested with WAS or RS at different mixing ratios. Anaerobically digested sludge was used as the inoculum and nitrogen source. To further enhance the methane production from CH, the effects of thermal pretreatment (drying at 105 °C for 3 hours or 48 hours) and nano-bubble water (NBW) addition were also examined during the co-digestion of CH with WAS.

3. Results and Discussion

After 16 days of mesophilic AD, mono-digestion of CH produced the maximum total cumulative biogas of 203.19 mL/g-VS_{added}, followed by the mono-digestion of RS (177.24 mL/g-VS_{added}) and WAS (148.71 mL/g-VS_{added}). Co-digestion of CH with WAS or RS can enhance biogas or methane production by about 27.05 % and 18.95 % respectively when compared to the mono-digestion of WAS or RS. As for the pretreatment, air dried CH (Untreated CH) contained 81 % of moisture, while CH dried on oven at 105 °C for 3 hour or 48 hours resulted to 13.6 or 0.8 % of moisture content, respectively. 100%MCR showed an enhancement of biogas production by 11% (219.14 mL/g-VS_{added}) compared to the untreated (197.93 mL/g-VS_{added}).

Table 1. Results from Co-digestion on biogas production and methane production (mL/g-VS added)

Scenario	CB (mL/g-VS _{added})	CM (ML/g-VS _{added})	M _{max} (mL/day)	CH ₄ content (%)
CH	203.19	128.35	19.83	71.46
WAS	148.71	111.88	29.67	64.12
RS	177.24	111.22	18.31	67.16
CH+WAS (50:50)	186.47	126.58	30.00	63.37
CH+WAS (25:75)	148.73	104.57	20.90	66.82
CH+WAS (75:25)	188.93	120.87	24.24	71.46
CH+RS (50:50)	210.83	130.45	19.25	68.21

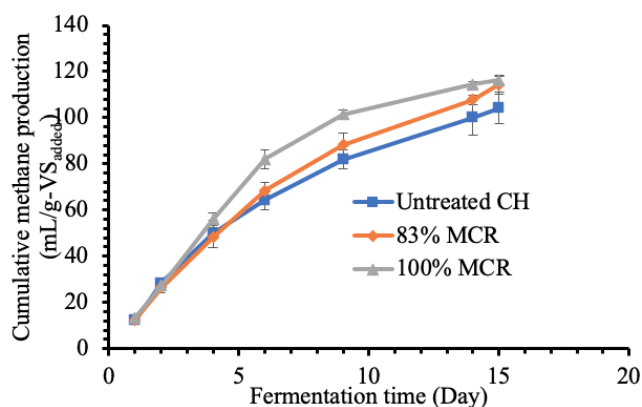


Figure 1. Cumulative methane production from co-digestion of untreated/pretreated cowpea hull & waste activated sludge

4. Conclusion

This study investigated the feasibility of anaerobic digestion of cowpea hull (CH). CH demonstrated a comparable biogas and methane production potentials to Rice straw and waste activated sludge. RS is a more favorable co-substrate than WAS. The optimum ratio of CH to WAS was found to be 75:25 (3:1). Moisture content reduction favored the AD of CH with 5.4 % and 12.9 % increase in biogas and methane production, respectively. Both TS reductions were significantly improved after N₂-NBW addition.

Reference

- 1) Ukpai, P., & Nnabuchi, M. (2012) Comparative study of biogas production from cow dung, cowpea and cassava peeling. Prime Research on Medicine (PROM), 2 (3), 1864 – 1869

Keyword Cowpea hull, Anaerobic digestion, Methane

横浜の若者の Well-being に関する定量調査 Quantitative survey on well-being of children and young people in Yokohama

国立環境研究所 ○吉田綾

1. 背景・目的

人類はこれまでにない環境の地球規模での危機（地球温暖化、環境汚染など）に直面しており、社会・経済システムやライフスタイルをより持続可能なものへ転換する必要性が指摘されている。現在世界人口の半分以上は都市部に居住しており、2050年には68%に達すると予測されている。英国サリー大学の CYCLES (Children and Youth in Cities —Lifestyles Evaluations and Sustainability) のプロジェクトでは、7か国の都市に住む若者（12～24歳）を対象とし、日常生活（食、モビリティ、ホームライフ、レジャー／コミュニケーション、仕事／勉強）、価値観、持続可能な暮らしへの転換を妨げるものや可能にするものを明らかにするための調査を行ってきた (Burmington et al. (2020), 吉田・青柳 (2018) など)。これまでの定性調査の結果を検証することを目的とし、定量的な調査を行った。

2. 調査方法

横浜市に居住する若者 300 名を対象とした、調査票調査を行った。回答者は調査会社のモニターからリクルートし、インターネット上で回答を得た。中学生はインターネットモニターとして登録している親を通じて回答してもらう形式をとった。

調査時期：2020年3月

調査地域：横浜市

調査対象：12～24歳の男女 353 名

調査方法：インターネット調査

調査内容：回答者の属性、日常生活と充実感・幸福度、住んでいる街に対する意見、コミュニティ活動、気候変動に対する意見、食べ物・飲み物についてなど約 30 問

3. 結果

3.1. 回答者の属性

回答者の 8 割以上が学生で、7 割弱を中学生が占めている。男女比は全体では、ほぼ半々であったが、中学生では男性、高校生以上では女性の方がやや多かった。

3.2. ウェルビーイングについて

「自分が持っているすべてのものにどのくらい満足

していますか。」という質問に対して、63%が「満足」または「とても満足」と回答した。また、回答者の 59% は現在の生活に「満足」または「とても満足」と回答していた。回答者の 1/3 は自分の家族のお金について一度も心配したことがないと回答していた。より良い生活 (a good life / well-living) を考える際に最も重要な 5 つの要素については、「家族や友人と良好な関係にあること」、「健康（身体的、精神的に）であること」、「安心感があること」、「衣食住のための十分なお金があること」、「空いた時間を楽しく過ごせること」の順に回答が多かった。図 1 は、自分の幸福度を 10 点満点で回答してもらった結果である。全体の平均は 6.90 点であった。当日は、先行研究や国際比較の結果も踏まえて報告する。

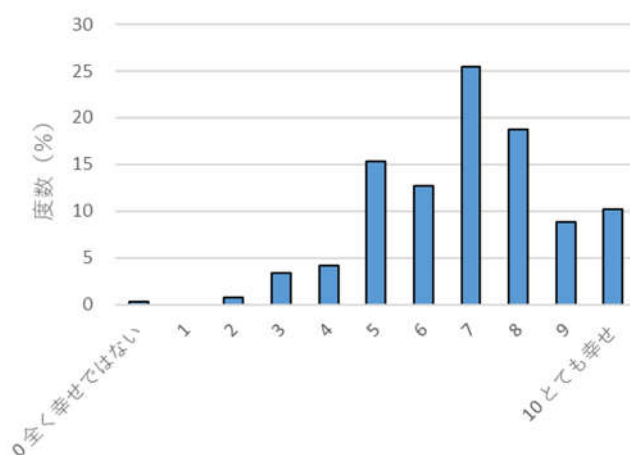


図 1 幸福度に関する回答

参考文献

- 1) Burningham et al. (2020) Ethics in context: essential flexibility in an international photo-elicitation project with children and young people, International Journal of Social Research Methodology, Vol. 23, No.1, 7–22
- 2) 吉田綾, 青柳みどり (2018) 若者のライフスタイルに関するフォーカス・グループ・インタビュー. 環境科学会 2018 年会

キーワード 幸福感, 生活満足度, ライフスタイル

市町村別地域創生成果指標の算定に関する研究

Calculation of Regional Creation Outcome Index by Municipalities

芝浦工業大学 ○中口 毅博, 立教大学 阿部 治

1. 研究の背景と目的

近年、少子高齢化や人口減少により、都市部では中心市街地の空洞化が進んでいる。一方農村部では限界集落が増加し、またまた経済のグローバル化に伴って林業などの自然資源活用型産業が衰退し、森林や農地が荒廃している。こういった問題や課題の解決策の1つが「地域創生」であるといえる。「地域創生」「地方創生」「地域再生」の成功事例は数多く紹介されているが、ではいったい、どのような状態が“成功”なのか、それを数値的に示した研究はあまり存在しない。そこで本研究は、地域創生成果指標を算定することにより、地域創生効果を定量的に表わすものとする。

2. 地域創生成果指標の算定方法

地域創生成果の項目を「出生」「転入」「創業」の3つの視点で表すものとした。指標項目を表1に示す。

①出生

出生率や出産適齢期の女性が増加すること。また、20歳未満の人口が増加すること。若い世代が増加すると地域が活気づき、各種行事や共同活動などのコミュニティ活動が維持されることから効果が高い。

②転入

他の地域からの移住者が多いと、新たな活動が生まれたりコミュニティ活動が維持されることから地域創生成果が大きい。特に20歳代や30歳代の転入は、戦力として期待できるので効果が高い。

③創業

新設される事業所数や従業者数が多いことは地域創生成果が大きい。また、廃業事業者数が多いことも構造転換を促すことから地域創生成果があると捉えた。

3. 算定結果

出生指標、転入指標、創業指標と、それを統合した地域創生成果指標の1,740の市町村の全国平均は、創業指標が44.3と3つの中では最も高いが、出生指標が14.3、転入指標が18.3と極めて低くなった。地域創生成果指標はこれらを反映して、25.6と低い値となった。次に、2020年1月1日現在の人口で、1万人未満、1～3万人、3～10万人、10～50万人、50～100万人、100万人以上の6つに市町村を区分し、各区分別の指標値を表2に示した。都道府県別の指標平均値をみると、東京都が61.0と桁違いに高く、次いで沖縄県44.7、神奈川県38.9、埼玉県36.8、愛知県36.3、大阪府34.1、福岡県34.1となった。沖縄県を除き、大都市圏の市町村が上位を占めた。沖縄県は転入指標はそれほど高くないが、出生指標と創業指標の高さが指標値を引き上げていると言える。

表1 指標項目

分類	統計	指標名
出生	住民基本台帳人口・世帯数	15-49歳女性人口増減数
		子ども女性比増減数
		0～19歳増減数
		全人口増減数
		0～4歳人口増減数
		15-49歳女性人口比率増減数
		0～19歳人口比率増減数
転入	住民基本台帳人口移動報告	0～4歳人口比率増減数
		転入超過数総数
		転入超過数10～19歳
		転入超過数20～29歳
		転入超過数30～39歳
		他市町村からの転入者数総数
		他市町村からの転入者数10～19歳
創業	経済センサス活動調査事業所集計	他市町村からの転入者数20～29歳
		他市町村からの転入者数30～39歳
		創業事業所比率全産業
		創業従業者比率全産業
		廃業事業所比率全産業
		廃業従業者比率全産業
		創業従業者比率農林漁業
		創業従業者比率専門技術
		創業従業者比率宿泊飲食
		創業従業者比率生活娯楽

表2 人口規模別指標算定結果

人口区分	自治体数	地域創生成果指標	出生指標	転入指標	創業指標
1万人未満	512	24.9	15.0	11.4	48.2
1～3万人	446	19.3	10.6	11.6	35.6
3～10万人	496	23.0	12.8	16.2	40.1
10～50万人	252	39.2	19.6	41.8	56.0
50～100万人	23	57.4	33.2	66.3	72.8
100万人以上	11	59.5	27.3	72.7	78.4
合計	1,740	25.6	14.3	18.3	44.3

参考文献

1) 中口毅博(2020) 地域創生成果指標の算定. SDGs 自治体白書,生活社.

各分野の地域気候変動適応策の策定を見据えたエビデンスベース政策形成の可能性

Examining Evidence-Based Policy Making of Climate Change Adaptation in Local Governments

東京都市大学 ○馬場健司, 日本気象協会 小楠智子, 工藤泰子, 熊本県立大学 岩見麻子, 法政大学 田中充

1. はじめに

2018年12月施行された気候変動適応法により, 自治体での計画策定・改定が進んでいる。文科省・気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT), 環境省・地域適応コンソーシアム事業などが実施され, より詳細な空間スケールでの科学的知見が生み出されてきている。これらの科学的知見が今後の適応計画に活用(実装化)されていくのかを検証することは, 予防原則に基づいた計画立案, 科学的知見に基づく(エビデンスベース)政策形成の可能性を検証していく意味を持つ。本稿では, 全国の都道府県, 政令指定都市の環境/防災/農業部局を対象として実施した質問紙調査(2019年6~9月実施, 回収率70~94%)の結果を基に, 各分野の地域気候変動適応策を見据えた科学的知見の活用状況を分析し, エビデンスベース政策形成の可能性を検討する。

2. 集計結果の一部の紹介

まず, 環境部局における適応計画の策定・改定状況については, パリ協定や国の気候変動適応計画が閣議決定された2016年に最も多くの自治体(N=22)で策定され, それ以降より改定する自治体も少しずつ出現している。農業部局における適応計画の策定状況については, 約4割は, 環境部局が所管する気候変動適応計画に記載している状況であり, 農業振興基本計画等, 自身で所管する行政計画へ記載している自治体は7団体(14%), 独立した適応計画・適応方針を策定しているのは3団体(6%)であった。防災部局については, 最も包括的と考えられる国土強靱化地域計画について尋ね, 同計画を策定中または未策定の自治体は5団体であった。

図は, 環境部局における最新の地域気候変動適応計画で引用されている科学的知見について複数回答で得られた集計結果を, 3つの策定年度の期間別に示したものである。凡例にある括弧内の数値はそれぞれの自治体数であり, それぞれの選択肢について回答率(%)が示されている。回答率が最も高く経年的にも一貫して高くなっている「気候変化レポート2015/2018」は, 過去に観測された変化や今後予測される気候の変化を都道府県単位で把握できるため, 自治体が適応計画を策定する上では最も基本的かつ利用しやすいと考えられる。この状況

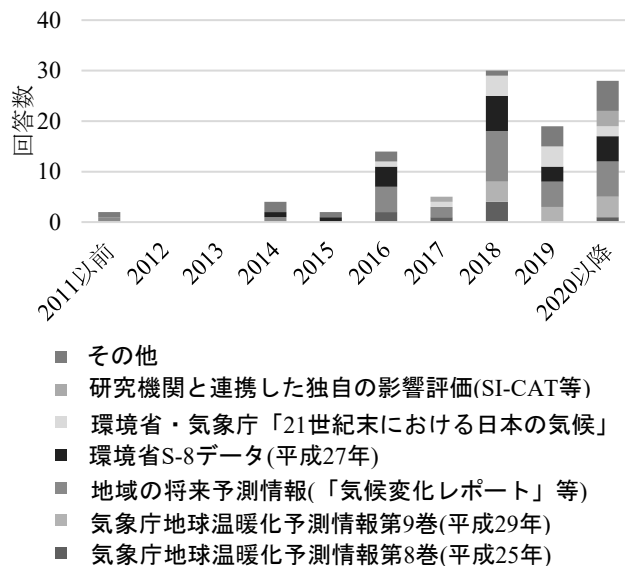


図 地域気候変動適応計画で引用されている科学的知見

は, 農業分野において活用された将来予測情報についても同様である。「環境省 S-8」データは, A-PLAT を介して比較的容易に入手可能となっており, コンスタントに利用されている。「大学・研究機関等と連携した独自の影響評価予測」については, まだ回答率は低いものの, SI-CAT や地域適応コンソーシアム事業などで実装化を試みた自治体がいくつか存在していることから, 今後はさらにこのような形態が増えていくことが見込まれる。

国土強靱化地域計画については, 現時点での計画では将来予測情報はほぼ活用されていないが, 今後の改定における必要性は「不要」と「必要」の回答が半々となっている。また, 「気候変動を踏まえた治水計画のあり方」の提言が出され, 今後は計画立案における予測情報の取り扱いに係わる状況は大きく変わることが想定される。

3. おわりに

以上の結果を基に, エビデンスベース政策形成における阻害要因の解消方法についてさらに検討を加える。

参考文献

1) 馬場他: 地方自治体の気候変動適応計画における科学的知見の活用に関する分析, 土木学会論文集 G(環境), 76(5), 2020. (印刷中)

キーワード 気候変動, 政策過程, 科学的知見, 自治体

年会優秀発表賞応募発表

豪雨・土砂災害が住民の災害リスク認識に与える影響：広島市周辺の地価に着目して

Impact of heavy rain and sediment disaster on disaster risk perception: Focusing on the land price around Hiroshima city

早稲田大学政治経済学部 ○染岡夏樹

1. はじめに

気候変動によって各地で豪雨や土砂災害が頻発している。これら災害の被害を抑えるためにはソフト・ハード両面の防災対策を進めるとともに、地域住民が災害リスクを認識することが必要不可欠である。

井上他 (2018)では、ヘドニック法による差の差分析によって、ハリケーンによる高潮被害を受けた地域では住宅取引価格が下落したことが確認されている。この研究から、実際に災害が発生すると、被災によって災害リスクが住民に認識され、地価に現れると考えられる。

そこで、本研究では2014年と2018年の2度にわたって甚大な豪雨災害・土砂災害が発生した広島市周辺を対象地域として、公示地価とハザードマップのデータを用いて、災害リスクが高い地域において2度の災害の前後で地価がどのように変化したのかヘドニック法による差の差分析を行う。

2. データ・分析手法

本研究では、2度の災害前の2012年、1度目の災害後の2016年、2度目の災害後の2020年の3年度分の広島市・安芸郡4町の地価公示データを用いてヘドニック法による分析を行う。土石流・崖崩れ・津波(1m以上)・洪水(浸水5m以上)について、ハザードマップ上で危険性が示された地域を災害リスクが高い地域として、ダミー変数の形で説明変数に組み込む。また、2012年を基準年として、災害リスクダミー変数と年次ダミー変数の交差項(差の差)をとる。交差項によって、2度の被災経験で災害リスクの高い地域の地価の推移をみることができる。すなわち、災害の前後での災害リスクの認識度合いの変化を地価の推移から確認することができる。

3. 分析結果

分析結果を表1に示す。モデル1では取得した全てのデータ、モデル2では2012年と2016年のデータのみ、モデル3では2016年と2020年のデータのみ、モデル4では2012年と2020年のデータのみを用いている。

モデル1とモデル4より、2度の災害によって土石流の災害リスクが徐々に認識されていったことが分かる。

一方で、モデル2とモデル3より、1度の災害のみでは十分な災害リスクが認識されないことが分かる。

全てのモデルより、崖崩れについては2度の災害以前からリスクが認識されていることが分かる。また、災害が発生しても認識の度合いに変化がないことが分かる。

モデル1とモデル4より、2度の災害で津波リスクへの認識が低下していることが分かる。2度の災害がいずれも豪雨や土砂災害であることから、無関係であった津波の危険性に対する意識が薄まったことが考えられる。

全てのモデルより、洪水については災害リスクが全く認識されていないことが分かる。

以上から、2度の豪雨災害・土砂災害で土石流リスクの認識が強化され、津波は災害リスク認識が薄れたといえる。また、崖崩れと洪水は2度の災害の前後で災害リスク認識に変化が生じなかったといえる。

表1 分析結果

被説明変数：ln地価	モデル1		モデル2		モデル3		モデル4	
説明変数	係数	有意	係数	有意	係数	有意	係数	有意
(コントロール変数は省略)								
土石流ダミー	-0.0104		-0.0366		-0.0588		0.0012	
土石流×2016年	-0.0649		-0.0682					
土石流×2020年	-0.1802 **				-0.1179 .		-0.1827 **	
崖崩れダミー	-0.1665 **		-0.1730 **		-0.1622 ***		-0.1592 **	
崖崩れ×2016年	0.0035		0.0027					
崖崩れ×2020年	-0.0568				-0.0558		-0.0598	
津波1m以上ダミー	-0.1453 **		-0.1081 *		-0.1085 .		-0.1527 **	
津波×2016年	0.0662		0.0681					
津波×2020年	0.2071 **				0.1408 *		0.2079 **	
洪水5m以上ダミー	-0.0585		-0.0555		-0.0259		-0.0668	
洪水×2016年	0.0230		0.0224					
洪水×2020年	0.0428				0.0205		0.0445	
観測数	873		580		580		586	
決定係数	0.912		0.915		0.913		0.909	
有意水準 .10% / *5% / **1% / ***0.1% robust標準誤差を用いた								

参考文献

1) 井上亮・大津颯・井内加奈子 (2018) 水害の浸水深と住宅取引価格変化の関係分析—ハリケーン・サンディの被災地を対象に一、土木学会論文集 B1(水工学), Vol.74 No.4, I_1315-I_1320

キーワード 災害リスク, ヘドニック法, 差の差分析

廃熱で発電!? スターリングエンジン！ Generating power with Stirling heat engine

山梨英和高等学校 ○乙黒愛理, 磯部萌香, 井手優菜

1. 動機と目的

温度差で動くスターリングエンジンを用いて、世の中にあふれている廃熱で発電することを目的として研究を行った。本校の先輩方は同様の研究を水飲み鳥を用いて行ったが、複数個を連動させても発電量が少なく、目標としていたLEDの点灯には至らなかった。その原因として私たちは、水飲み鳥の往復運動が非効率的なのではないかと考え、スターリングエンジンの一方向に回転する運動を利用することを思いついた。目標とするのは、1V以上発電してLEDを点灯することである。

2. 原理

使用したキネマティックスターリングエンジンではシリンダー内の気体が温められると膨張し、外気温などに冷やされると縮小する。この繰り返しによってピストンが上下運動し、フラホイールが回転する仕組みになっている。エンジンの下面と上面に温度差がある限り回転し続ける。

3. 方法と装置

フライホイールに小型磁石を取り付けて回転させ、コイルを近づけて電磁誘導を起こすことで発電するか試みることにした。磁界の変化が激しい方が発生する電圧が増すと考え、N極とS極が交互にコイルに近づくようにして磁石を取り付けた[図1]。

また、コイルと磁石の距離を一定にして実験を行うため、コイルを固定するための装置を作成した[図2]。



図1：磁石を取り付けたスターリングエンジン



図2：自作装置

4. 実験

4.1. 最適なコイルの巻き数について調べる

①実験方法

200～300回巻きまで25回ずつ巻き数を増やしたコイルを作成した。次にオシロスコープで電圧を測定した。波形が安定したら波の最も高い部分の数値を約20回分読み取り、その平均をグラフ化した。

②条件

気温20℃、お湯の温度98℃の温度差78℃で実験した。このとき、フライホイールの回転数は10秒間に約40回、使用したコイルは1個である。

③結果と考察

表1：200～275回巻きまでは平均値、最大値ともに増

加した。しかし300回巻きになると発生した電圧が小さくなった。よってコイルを1個使用する時の最も大きな電圧を発生する条件は275回巻きのコイルであった。



4.2.最適なコイルの個数について調べる

①実験方法

275回巻きのコイルを6個作成し、装置に取り付けるコイルの数を1個ずつ増やして実験を行った。

②条件 実験1と同様

③結果と考察

表2：コイルの個数と発生する電圧は比例することが分かった。0.35Vという数値は今までの実験で最大だった。しかしコイルの個数が6個のときも増加し続けているため、さらにコイルの個数を増やすと発生する電圧も大きくなるのではないかと考えた。



5. 今後の課題・展望

今回の実験を通して、エンジン1台で発生する最大の電圧を調べることができたので、今後はエンジンの台数を増やすことでさらに大きな電圧を発生させたい。また日常生活でも応用できるように低温度差での発電も考えていきたい。さらに教育の場に応用してSDGsの解決につながる働きが身近にもあるということを知ってほしい。

参考文献

- 1) 泉田 勇輝：Nonlinear dynamics analysis of a low-temperature-differential kinematic Stirling heat engine, EPL(2018)
- 2) キーワード スターリングエンジン, 電磁誘導, 廃熱

外来生物に対する小学生～高校生の意識高揚に関する研究Ⅱ

Survey on Young Student's Awareness of Exotic Plants II

所属 ○加藤薫子，坂尻巴奈（山梨英和高等学校）

1. 目的

世界遺産富士山の麓に特定外来生物のオオキンケイギクとアレチウリが広がっていてその駆除活動を行っているが近隣の住民からの理解が得られにくいと聞いた。そこで私たちは子供達に正しい知識を身に付けてもらいそこから大人へ、また未来へつなげていけたらと思いこの研究を始めた。「楽しく外来生物について学ぶ」をコンセプトにクイズゲームや仕掛け絵本の作成に加えて知識をアウトプットできる検定を作成する。

2. 方法

外来植物検定

まず皆がどの程度のことを知っているか調べるために小学生から高校一年生にアンケートを答えてもらい、正答率を調べ、それを元に基本的な知識が確認できる初級検定からレベルを上げた上級検定まで作成する。検定を実施する前に映像講義，クイズゲームを行う。

3. 結果・考察

3.1. 映像講義・クイズゲーム

外来生物の基礎的知識を身に付けることに対して映像講義及びクイズゲームの有効性が確認できた。実施後の方が検定の正答率が上がった。正解するまで次のステージに進めないクイズゲームの仕組みが知識を身に付けることに有効であると考えられる。

3.2. 検定

図1の初級検定の特に問4「外来植物の中で特定外来生物でないものを一つ選べ」は正答率が低く図2の中級検定よりも全体的に低かった。事前の映像講義で触れた内容は正答率が良かったので映像講義でインプットされた知識をそのまま問う問題は、初級としてはふさわしいが、中級ではもう少し深い内容や映像講義にはないが新聞やニュースでよく取り上げられている内容を問うのがふさわしいと考えられる。

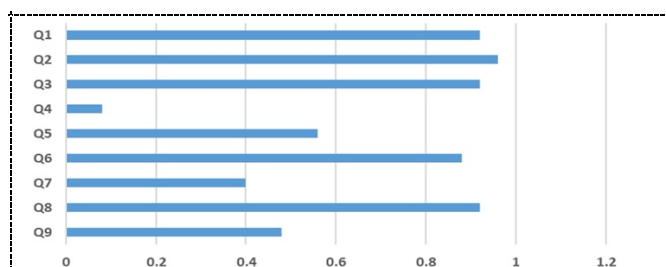


図1 初級検定

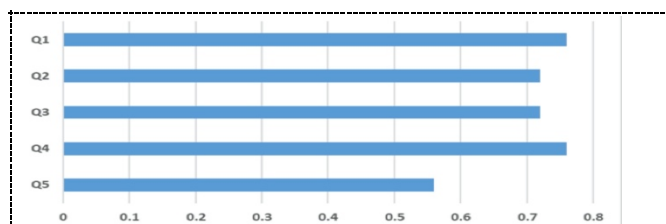


図2 中級検定

4. 今後の展望

さらに多くのデータを取り基礎的知識を土台に初級から難易度が上がる検定にチャレンジすることにより、達成感が得られ知識の定着も期待できるような検定を仕上げていく。次に作る上級では、専門的な問題や日本での特定外来生物に関してだけでなく、外国で問題になっている日本産の生物などにも触れる必要があると考えている。検定内容では断片的な知識だけでなく現在見られる外来生物及び在来生物の問題点、さらに生態系で起きている現在の状況や生物多様性の重要性についても目を向けられるようにさらに工夫する。正答率が低い問題に関して映像講義やクイズゲームを作り検定を受ける前に検定前クイズという形で実施することが良いと考える。

参考文献

- 1) 特定外来生物(植物)_環境省
 - 2) 九州地方環境事務所 外来生物対策-オオキンケイギクについて
 - 3) アレチウリ/国立環境研究所 侵入生物データベース
 - 4) 鷲谷いづみ (2010) 〈生物多様性〉入門 岩波書店
- キーワード 特定外来生物，検定

バングラデシュにおける産業排水中に含まれる有機・無機汚染物質の高効率除去の初期検討 High efficiency removal of organic and inorganic pollutants from industrial wastewater in Bangladesh

静岡県立大学 ○向井 和可子, 徳村 雅弘, 牧野 正和

1. はじめに

バングラデシュのダッカ近郊には、皮革や染料などの工場が数多くあり、それら工場から排出される排水の多くは、適切に処理がされないまま河川へと流入している。そのため、ダッカ近郊の河川は、難生分解性の染料などの有機汚染物質や、Cr（クロム）やPb（鉛）、Cu（銅）、Cd（カドミウム）などの重金属類により、複合的に汚染されており、深刻な問題となっている。

鉄粉法は、鉄粉を排水に添加することで、難生分解性の有機物質や重金属類など、様々な汚染物質が除去できる排水処理法である。既往研究では、これらの汚染物質に対して、個々に除去性能を評価しているが、同時に除去した例は限られている。リン酸イオンや過酸化水素など、鉄粉を不活性化する因子もあり、また、個別の除去試験ではそれぞれ実験条件が異なるため、同時除去のためには実験・操作条件を工夫する必要がある。

本研究では、鉄粉法を用いた、有機および無機汚染物質の同時除去法の開発を試みた。除去対象の汚染物質としては、ダッカ近郊で汚染が顕著である¹⁾、アゾ染料(オレンジII)と、カドミウム、クロム、銅および鉛とした。

2. 実験方法

実験装置として 500 mL パイレックス製ビーカーを用いた。オレンジII水溶液（100 mg/L）を pH=3 となるように、濃硫酸で調整した。重金属類濃度が 100 ppb になるようにそれぞれ添加した。鉄粉を加え（100 mg/L）、攪拌機で攪拌することで実験を開始した。実験中、溶液の pH が 3.0 となるように、濃硫酸で調整し続けた。適当な時間間隔で溶液をサンプリングし、分析（オレンジII濃度、鉄イオン濃度、過酸化水素濃度、溶存酸素濃度、全有機炭素量、pH、温度）を行った。

3. 結果と考察

鉄粉法によるアゾ染料と重金属類の同時除去実験の結果を図1に示す。実験はアゾ染料と重金属類（Cr, Cu, Cd, Pb）を個別に加えた実験および4種の重金属類を混合した実験（mix）の計5種類を行った。どの実験においても、鉄粉を添加してからおよそ10分で96%以上のアゾ染料が脱色された（図1左図）。アゾ染料濃度の経

時変化は擬一次反応に従い、擬一次反応速度定数は $Pb (0.37 \text{ min}^{-1}) > Cu (0.35) = Cr (0.35) = Cd (0.35) > \text{mix} (0.31)$ であった。本実験条件では、鉄粉に対する重金属の濃度比（0.1%）が低かったため、重金属の影響がみられなかったと考えられる。

鉄粉法を用いた有機・無機汚染物質の同時除去実験における重金属類濃度の経時変化を図1（右図）に示す。CuおよびPbは、実験開始10分でそれぞれ90%および40%が除去できた。本実験の条件下では、CrおよびCdは除去できなかった。重金属類の標準酸化還元電位より、PbおよびCuは鉄粉による還元吸着により除去が可能だと考えられる。一方、CrおよびCdは還元吸着が起きづらく、本実験条件における鉄粉表面の帯電電荷から化学吸着も起きづらいために、除去ができなかったと考えられる。既往研究では、これらの重金属類は本実験と異なるpHで除去が可能であるため、今後、これらの重金属類を同時に除去できる実験条件の検討を行っていく。

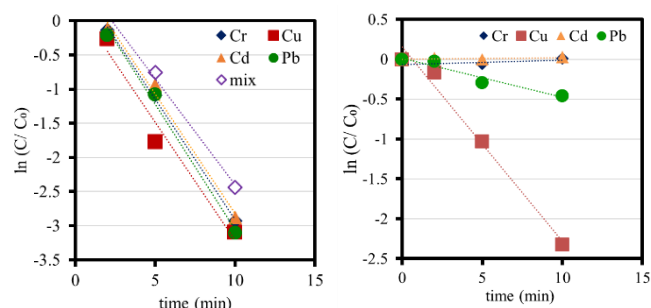


図1 鉄粉法によるアゾ染料と重金属類の

同時除去実験の結果

（左図；オレンジII濃度，右図：重金属類濃度）

謝辞

本研究は公益財団法人 鉄鋼環境基金（C-40-18）の支援により実施された。

参考文献

- 1) Islam et al., J. Geochem. Explor., 172, 41-49, 2017.
- 2) Pan et al., J. Hazard. Mater., 391, 2020.

キーワード 染色排水 重金属類 排水処理

名古屋市中心部における洪水浸水地域の建設資材ストック推計 Estimating Construction Material Stocks in expected inundation area in Central Area of Nagoya

名古屋大学 工学部 ○岩下樹 名古屋大学大学院環境学研究科 吉田英立, 白川博章, 谷川寛樹

1. はじめに

日本は自然災害の多い国であり、都市計画をする際に自然災害リスクに関して考慮する必要がある。自然災害の中でも、河川氾濫による水害は地球温暖化の影響もあり、2017年九州北部豪雨や2018年西日本豪雨など記録的豪雨が頻繁に記録されるようになった。水害リスクが高まるなか、都市の建設資材ストックと水害にどのような関係があるのか知ることは都市の発展する過程を知ると共に今後の自然災害リスクを考慮した都市計画に繋がる。本研究では名古屋市中心部を対象範囲とし、青柳ら¹⁾が構築した1949年、1960年、1970年、1980年、1997年、2003年、2009年の7年代の時系列に並べた地理情報システム(4d-GIS)データベースを用いた。また、4d-GISデータベースに国土交通省が公開している国土数値情報²⁾のGISデータを重ね合わせ、水害被害範囲の建設資材ストックを推計する。

2. 研究方法

本研究は、青柳らによって構築されたデータベースを用いて、洪水浸水想定区域における建設資材ストックを推計した。図1に示す今回の対象範囲内には高潮、土砂災害など他の災害は発生予測がされていなかったため、名古屋市中心部北側に位置する庄内川氾濫による洪水予測のみを利用した。研究手順を示す。(1)青柳らにより構築された、住宅地図や航空写真などのデータをもとに作成された4d-GISデータベースを使用した。(2)4d-GISデータベースを元に木造、鉄筋造、RC造の構造別に分類して延床面積を計算し、建設資材投入単位を乗ずることで建築物ごとの建設資材ストックデータを構築した。(3)構築した建設資材ストックデータをGIS上で国土数値情報の愛知県洪水浸水範囲に重ね合わせ、浸水想定地域及び地域外でそれぞれ建設資材ストックを集計した。



図1 名古屋市中心部対象範囲



図2 名古屋市中心部浸水範囲
(水色範囲)

3. 結果

今回は結果の一例として1970年、1997年、2009年の浸水地域、浸水外地域の建設資材ストックの推計結果を表1に示す。表1より2地域の建設資材ストックの変化率は1970年から1997年で浸水地域1.2、浸水外地域1.8であるが、1997年から2009年では浸水地域0.3、浸水外地域0.2である。2地域の変化率から1970年から1997年では浸水外地域がより建設資材ストックが増加しており、1997年から2009年では2地域に大きな違いは見られなかった。2地域合計の建築物棟数が28,749棟から27,089棟になっているのに対して、浸水外地域は1970年から2009年にかけてRC造の建築物棟数が929棟から3,354棟になっており、建築物が木造、鉄筋造からRC造に建て替わっていることが建設資材ストックの増加の要因となっている。

表1 3年代地域別建設資材ストック推計結果

(Mt)	1970年	1997年	2009年
浸水地域 ストック量	4.98	11.2	15.0
浸水外地域 ストック量	7.91	21.8	26.8

4. おわりに

名古屋市中心部において浸水地域、浸水外地域に分けて建設資材の推計を行った。しかし、対象範囲では浸水深0.5m未満となっている箇所も多く、今後は浸水深を考慮することで浸水地域をさらに細分化した推計を行う。また、各年代、2地域の建設資材投入量、排出量を比較することで物質動態を調べる。建設資材投入量は都市開発がどの地域を優先して行ったかを知る上で重要な値である。1959年の伊勢湾台風など過去の災害前後の物質動態も調べることで実際に発生した大災害によって都市がどのように変わったかを知ることもできる。浸水地域の浸水深ごとの建設資材ストック推計とそれに伴う2地域の物質動態を調べることで都市の発展と自然災害の関係をさらに知ることにつながる。

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(JPMEERF20S11816, JPMEERF20201003)により実施した。ここに記して、謝意を表する。

参考文献

- 1) 青柳淳之介, 杉本賢二, 谷川寛樹: 名古屋市中心部の4d-GISの構築によるマテリアルストック分析, 第41回環境システム研究論文発表会講演集, pp.483-488, 2013.
- 2) 国土交通省 国土数値情報 [https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/\(2020/08/10\)](https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/(2020/08/10))

キーワード 4d-GIS, 建設資材ストック, 名古屋市中心部

ガスクロマトグラフ - 高分解能質量分析計を用いた水道水中の生ぐさ臭原因物質の構造推定

Structural Elucidation of the Causative Substance of Fishy Smell in Raw Water for Taps with GC-EI/FI-TOFMS

鹿児島大・工 ○山下優輝, 鹿児島大院・理工 新福優太, 高梨啓和, 中島常憲,
国保医科院・生活環境研究 秋葉道宏

1. はじめに

水道水の異臭味被害が、日本各地から報告¹⁾されている。その中で2番目に被害件数が多い生ぐさ臭²⁾は、原因物質が不明である。これまでに著者らは、その原因物質を発見して、分子量、分子式や部分的な構造を推定してきた³⁾が、未だ同定には至っていない。そこで本研究では、電子イオン化 (EI) 法と電界イオン化 (FI) 法を用いて、さらに構造を解析した。

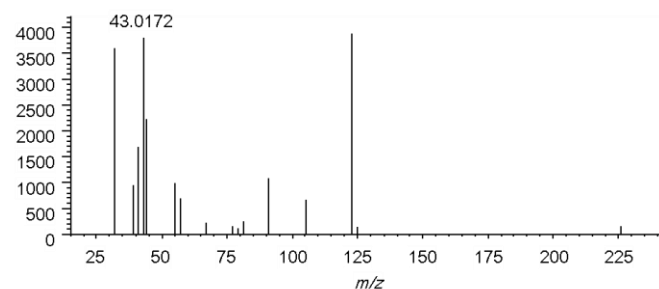


図1 生ぐさ臭原因物質のマススペクトル

2. 実験方法

2019年4月と2020年7月に、関西地方の1か所より水道原水を採取した。検体は、固相抽出により濃縮され、GC-EI/FI-TOFMS (JMS-T200GC AccuTOF GCx-plus, JEOL)を用いて分析された。

3. 実験結果と考察

これまでに推定した原因物質(1)の分子量は 224.1421 である。生ぐさ臭が認められた2検体をFI法により分析したところ、 m/z 224.1412、保持時間 (RT) 29.57 min のイオンが検出された。このイオンは1の分子イオンであり、1はFI法によりイオン化可能と考えられる。

一方、EI法では、1はイオン化と同時に分解 (フラグメンテーション) してしまい、 m/z 224.1412 のイオンは検出できなかった。このため、RT 29.57 min に検出されたフラグメントイオンのマススペクトルを確認したところ、図1に例を示すマススペクトルが得られた。このマススペクトルと類似のマススペクトルを、質量スペクトルデータベースである NIST17 より検索したが、最も類似度が高いマススペクトルでも類似度は reverse match で 644 と信頼性に乏しく、1は NIST17 に未収録の物質と考えられる。

次に、1の構造を検討するために、図1に示したマススペクトルを解析した。その結果、 m/z 43.0172 のイオンが発見された。このイオンは、アルデヒド・ケトンなどのカルボニル基に特有な α 開裂由来のイオンとして知られており³⁾、1はカルボニル基を有する物質である可能性が高い。

また、1の Retention Index (RI)を求めるために、1の分析条件と同条件で炭化水素混合標準溶液のRTを分析した結果、C16 アルカンは $RT = 27.76$ min、C17 アルカンは $RT = 29.68$ min であった。これらの値から1のRIを算出すると 1,694 であった。このRIに近く、かつ、分子式が1と等しい物質を NIST17 から検索したところ、カルボニル基を有する物質(2)が発見された。RIは、沸点や誘電率などの構造に由来する物性値を反映するため、1と2の構造は類似していると考えられる。

4. 結論

ガスクロマトグラフ - 高分解能質量分析計を用いて水道水中の生ぐさ臭原因物質の構造を推定した。原因物質は、Retention Index が 1,694 であり、カルボニル化合物である可能性が高い。

参考文献 1) *J. Water Supply: Res. T.*, 64(7), 832-838, 2015 doi:10.2166/aqua.2014.171, 2) *Chemosphere*, 257, 127174, 2020. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127174, 3) *Interpretation of Mass Spectra*, University Science Books, 1993. ISBN-10: 0935702253.

謝辞 本研究の一部は、厚生労働科学研究費補助金 (H30-健危-一般-004)、JSPS 科研費 (JP15H02853) により行われた。検体の採取、中群体数や TON の計測にご協力いただいた皆様に謝意を表す。

キーワード GC/TOFMS、カルボニル化合物、電界脱離

ガス状及び粒子状ニコチンの測定法の検討

Development of an analytical method of gaseous and particulate nicotine and their distribution

静岡県立大学 ○小松純奈, 王齊, 三宅祐一, 雨谷敬史

1. 背景・目的

環境中タバコ煙 (ETS) による健康影響を評価するためには, ETS 曝露量を明確にすることが必要である。ニコチンは ETS に特異的に多量に含まれる物質として知られており, ETS 曝露量を評価する指標物質である。しかし, ニコチンはガス-粒子の分配があり, サンプルング時の環境条件や濃度レベルによりその分配比が変化することが報告され, 揮散や吸着があることなどから低濃度のニコチンの測定は困難であった。また, 改正健康増進法が2020年4月1日から全面施行されることにより, 屋内のニコチン濃度がさらに低くなることが予想される。そのため, 精確な受動喫煙者の ETS 曝露評価には, 低濃度のニコチンを精確に測定することが求められる。

本研究では, 環境中における低濃度から高濃度のニコチンを定量することおよび ETS 中ニコチンのガス-粒子分配状況を解明することを目的に, ニコチンの捕集・分析方法を検討した。

2. 方法

分析方法: 我々の既往研究¹⁾の成果を踏まえて, ニコチンを硫酸水素ナトリウム (NaHSO_4) で捕集し, MilliQ 水で抽出して LC-MS/MS (Ultimate 3000-Endura, Thermo Scientific) で定量する方法を開発した。

サンプラー: 1.5 mg の NaHSO_4 を含浸した石英繊維フィルター (QR-100, ADVANTEC; 以下フィルター法) はホルダーに装着, シリカゲル (Wakogel C-200; 以下チューブ法) はチューブに充填し, それぞれサンプラーを作成した。

ETS 中ニコチンの捕集: 96 L のチャンバー内でタバコを燃やして, ETS 濃度を均一化し, 2 種類のサンプラーをミニポンプに接続し, 0.1 L min^{-1} の吸引速度で 4 時間捕集した (それぞれ $n=4$)。

3. 結果と考察

3.1. ETS 中のニコチンの検出下限値

本研究で開発した LC-MS/MS を用いた分析方法では, 0.1ppb のニコチン標準液を 5 回分析したときの標準偏差から算出したニコチンの検出下限値は 2.5 pg であった。大貫らは非喫煙室と喫煙室の室内を 0.2 L min^{-1} の吸引速

度で 6 時間捕集し, GC-MS を用いて空気中のニコチン濃度を測定した結果, $<1000-267,000 \text{ ng m}^{-3}$ であり, 非喫煙室において 1000 ng m^{-3} 未満のニコチンは定量できなかった²⁾。本研究で開発した方法では, 既報と同様の吸引速度と捕集時間を設定する場合, 1.7 ng m^{-3} のニコチンが測定可能となり, 従来法と比べ 600 倍程度感度が高くなった。これにより, 低濃度のニコチンを定量することが可能となった。

3.2. サンプラーの種類によるニコチンの捕集実態

チューブ法で捕集されたニコチンの量はフィルター法での捕集量の 25%程度であった (図 1)。フィルター法では, フィルターの表面にコーティングされた NaHSO_4 により粒子状とガス状両方のニコチンを捕集するが, チューブ法では, 大部分の粒子状ニコチンが捕集されていないことが考えられる。そこで, 空気中の粒子状物質を捕集するために, チューブの前に NaHSO_4 を含浸しない石英繊維フィルターを取り付けて, ニコチンの捕集を試みた。その結果, 約 90% のニコチンが粒子状としてフィルターに捕集され, 10%程度 of ニコチンがガス状としてチューブに捕集され, ガスおよび粒子状ニコチンを分別して測定することができた (図 1)。

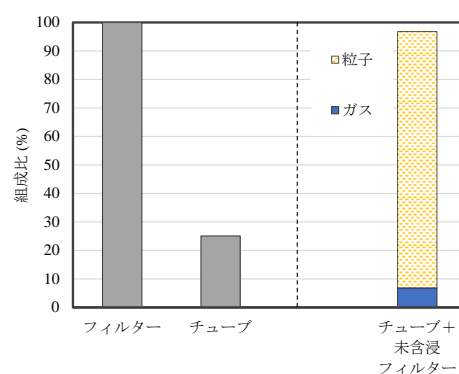


図 1 サンプラーの種類によるニコチンのガス-粒子分配

参考文献

- 1) Amagai et al. (2015) Pharm Anal Acta, 6:7
- 2) 大貫ら (2011) 室内環境学会誌, 14, 43-50

キーワード 受動喫煙, ニコチン, LC-MS/MS, 挙動

代替シロアリ防除剤 23 物質に対する一斉分析法の検討 A Comprehensive Analytical Method for 24 Alternative Insecticides against Termites

静岡県立大学 ○山口夏純, 三輪春樹, 清健人, 甲斐葉子, 王齊, 三宅祐一, 雨谷敬史

1. 序論

有機リン系殺虫剤のクロルピリホスはシックハウス症候群の原因物質の一つとして, 2003 年に使用が禁止となった。その後, ネオニコチノイド系やピレスロイド系, フェニルピラゾール系, トリアゾール系など, 多系統の農薬が代替防除剤として使用されている。準揮発性物質である代替防除剤は, ダストに移行し蓄積されヒトは長期的に摂取する。従来の防除剤における室内汚染状況の報告は数多くあるが, 多系統の代替防除剤の室内汚染濃度の報告は少なく, 一斉分析は行われていない。本研究では, 代替シロアリ防除剤の LC-MS/MS による一斉分析の検討を行い, ダストの汚染実態の調査を行った。

2. 実験方法

対象物質は, 現時点で公益社団法人日本シロアリ対策協会に登録されている物質の中から, LC-MS/MS で分析可能な 23 物質 [ネオニコチノイド系 7 物質, ピレスロイド系 7 物質, 共役剤 5 物質, その他 4 物質 (フェニルピラゾール系, アントラニルアミド系, カーバメート系, セミカルバゾン系)] とした。ダスト試料は一般住宅 34 世帯から採取した。約 0.6 g のダストをジクロロメタンを用いてソックスレー抽出し, その抽出液を濃縮した。その後, 遠心分離を行い, 上澄みを LC-MS/MS による分析を行った。分離カラムは Accucore Vanquish C18 (100 mm×2.1 mm, 1.5 μm) を使用し, イオン化はエレクトロスプレーイオン化法 (ESI) で行った。

3. 結果および考察

移動相 (A) 水と ACN, (B) 水とメタノールで分析した結果を図 1 に示す。アセトニトリルと比較しメタノールを用いた場合ではクロマトグラムのピーク形状が改善され, SN 比が増大した。また, アンモニウム付加体イオンの検出が (B) では可能であったが, (A) では不検出であった。この結果から, 移動相はメタノールが適していることが示唆された。

本分析法を用いてダスト試料を分析した結果, ネオニコチノイド系 3 種, ピレスロイド系 2 種, 共役剤 4 種, フェニルピラゾール系の合計 10 物質が検出された。シロアリ防除剤が確認された住宅におけるシロアリ防除

剤の濃度を図 2 に示す。チアベンダゾールは最も高い検出率 (53%) で検出された。チアベンダゾールは殺菌効果を有し, ネオニコチノイド系農薬の効力を高める共役剤としてシロアリ防除剤中に含まれる。日本で最も一般的に使用されている防カビ剤であり, 室内における使用用途が多い。しかし, 揮発性が高くダスト中に移行や保持がされないため, 低濃度となったと考えられる。フィプロニルの検出率は 15% であるが, 一部の住宅から高濃度で検出された。揮発性が低く, 高い残留性を持つためダスト中に蓄積されたと示唆される。日本で登録されている農薬の ADI の最小値は 0.0001 mg / (kg・day) であり, フィプロニルは 0.0002 mg / (kg・day) と最小値に近い。しかし, 日本におけるハウスダスト中フィプロニルの汚染情報はなく, 本研究により汚染実態が明らかとなった。

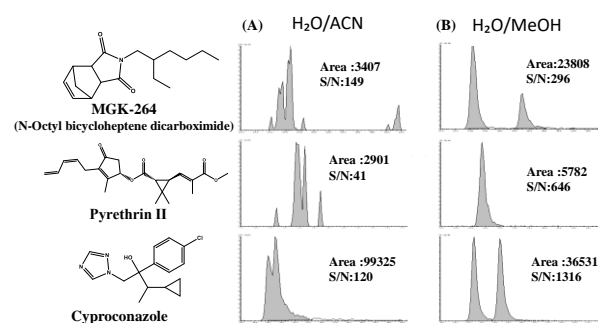


図 1 移動相を (A) H₂O/ACN, (B) H₂O/MeOH としたときのシロアリ防除剤のクロマトグラムの比較

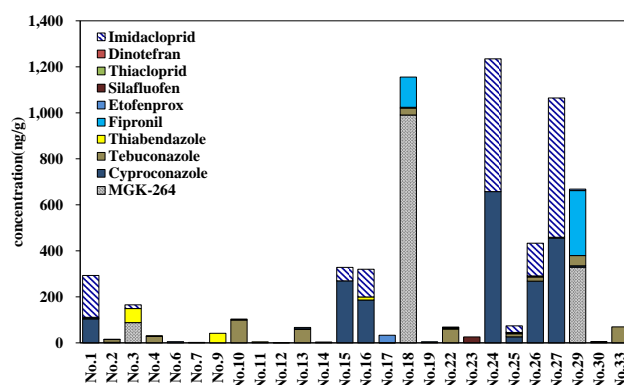


図 2 ダスト試料中のシロアリ防除剤濃度

参考文献 濱田 (2006) 生活衛生, 50 (5), 343 – 350
キーワード シロアリ防除剤, ダスト, LC-MS/MS

日本におけるストック由来の建設廃棄物量の推計

Estimation of Demolition Waste from Existing Stock in Japan

発表者 ○松代竜毅（名古屋大学工学部環境土木・建築学科），
共著者 山下奈穂¹，白川博章¹，谷川寛樹¹（1. 名古屋大学大学院環境学研究科）

1. はじめに

建設廃棄物とは建物の新築，改修，解体工事および道路建設などに伴って生じる廃棄物である．建設廃棄物は，発生量が膨大な上に種類も多様で，混合状態で排出される場合が多いが，的確に分別すれば再生利用可能なものも多いという特徴がある．効率的に建設廃棄物の再利用を進めるため，発生量の現状分析と将来予測が必要だが，特にストック由来のそれらを把握することが大きな課題になっている．

Hashimoto et al. (2007) は，建築物の建築に伴う原材料の需要量に比べて建設副産物の発生量ははるかに少ないことを示し，本来，改修・解体される建設物が放置されることで，潜在的な建設廃棄物量が増加していることを指摘した．また道路部門においては将来道路建設が減少するためリサイクル砕石の供給過多が発生する可能性があることを示した．

本研究では，今後のマテリアルフローやリサイクル市場に大きな影響を与えることが予想される．ストック由来の廃棄物を対象として，その実態を明らかにすることを目的とする．

2. 研究方法

本研究では，国土交通省が公表する建設副産物実態調査統計を用いて建設廃棄物の発生源の分類を行った．各種建設副産物について実施概要に基づき定義をし，建設発生土を除く建設廃棄物について年度別に集計を行った．建築については「新築・増改築」と「修繕」を「フロー由来」，「解体」を「ストック由来」と定義し，土木については廃棄物の発生源の明確な定義がなかったため，「土木計」として集計した．

3. 結果と考察

図1に年度別の建設廃棄物の集計結果を示す．建設廃棄物の総量は約6,500万トン（2008年），約7,500万トン（2012年），約8,000万トン（2018年）と増加傾向にある．また，ストック由来の建設廃棄物量は，約1,600万トン（2008年），約1,500万トン（2012年），約1,900万トン（2018年）と推移し，全体に占める割合はそれぞれ

25%（2008年），20%（2012年），24%（2018年）である．ストック由来の量はフロー由来と比較すると2008年と2012年は若干多く，2018年は若干少ないが，大きな差はない．土木分野の廃棄物発生量については約3,700万トン（2008年），約4,600万トン（2012年），約4,000万トン（2018年）であり，発生量自体は多いが年々の変動は比較的安定している．

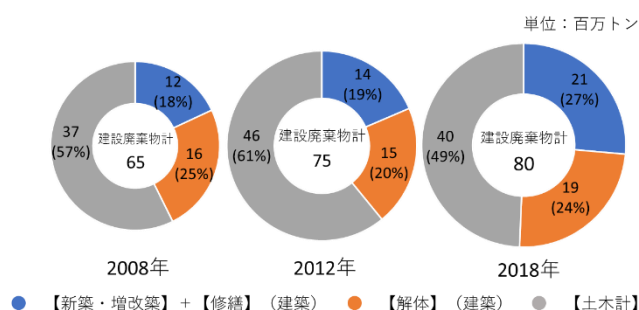


図1 建設廃棄物の発生内訳

4. おわりに

今後の研究課題として，将来のリサイクル材の需給バランスを評価するため，建築物の構造別に発生する建設廃棄物の内容と量の推計に取り組む．加えて，空き家などとして退蔵したストックの潜在的な建設廃棄物の量の推計にも取り組む．

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（JPMEERF20S11816，JPMEERF20201003）により実施した．

参考文献

- 1) 国土交通省：建設副産物実態調査，平成20年，平成24年，平成30年．
- 2) Seiji HASHIMOTO, Hiroki TANIKAWA, and Yuichi MORIGUCHI (2007) Where will large amount of materials accumulated within the economy go? - A material flow analysis of construction minerals for Japan, Waste Management, Vol.27, No.12.

キーワード 建設廃棄物，ストック型社会，物質ストック・フロー分析

室内空气中ホルムアルデヒドに対する簡易空気清浄法の実空間における性能予測と評価 Feasibility of Simple Air Cleaning Method for Formaldehyde in Indoor Air

静岡県立大学 ○鈴木 茉佑, 徳村 雅弘, 牧野 正和

1. はじめに

近年, 室内環境における建材や生活用品から発生するホルムアルデヒドをはじめとした揮発性有機化合物による健康影響への懸念を契機に, 室内空気質に対する関心が高まっている。令和2年3月における消費動向調査では, 家庭用空気清浄機の普及率は40%程度であり, 空気清浄機を購入しない理由としては, 「予算オーバー」があげられている。

低コストな空気清浄法として, 気液接触型空気清浄法であるウェットスクラバーが注目を浴びている。本方法は, 室内空気を水と接触させることで, 室内空气中的汚染物質を水へと溶解させ, 除去することが可能である。水をフィルターとすることで, フィルターの掃除や交換などの手入れが必要なく, 水を交換するだけなので, 安価かつ手軽である。しかし, これら空気清浄法の性能評価は高濃度ガスを使ったり, チャンバーなどの実験空間でしか評価されなかったりと, 実際の室内空間での性能を評価した例は限られている。そのため, 実空間における空気清浄効果は明らかになっていない。

本研究では, 既往研究にてリスクが特に高いと懸念されているホルムアルデヒドを対象に, 手軽に行えるウェットスクラバーによる簡易空気清浄法の, 実際の室内空間における性能の予測・評価のためのシミュレーションモデルの構築と空気清浄効果の実測・評価を行った。

2. 実験方法

本研究で検討する装置の例を図1左図に示す。バケツに10 Lの水道水を入れ, 窒素パージにより溶存酸素濃度を減少させた。サーキュレーター(羽根直径: 180 mm, 消費電力: 33 W)でバケツに空気を送り, 液相中の溶存酸素濃度の経時変化を測定した。溶存酸素濃度の経時変化から, 酸素の総括物質移動係数 $k_L a_{L,O_2}$ (h^{-1}) を求めた。これを Higbie の浸透説をもとに, 揮発性有機汚染物質 i の $k_L a_{L,i}$ (h^{-1}) を求めた。

$$k_L a_{L,i} = k_L a_{L,O_2} \left(\frac{D_i}{D_{O_2}} \right)^{0.5} \quad (1)$$

ここで, D_{O_2} および D_i は酸素および揮発性有機汚染物質 i の水中の拡散係数 (m^2/s) である。

実空間 (85 m^3) における空気清浄効果も実測した。

3. 結果と考察

揮発性有機汚染物質 i の室内空气中濃度 Y_i は, 次式で求めた。

$$\frac{dY_i}{dt} = \frac{E}{V_R} - \frac{Y_i Q}{V_R} - k_L a_{L,i} (C_i^* - C_i) \frac{V_L}{V_R} \quad (2)$$

ここで, t は時間 (h), E は揮発性有機化合物 i の室内発生速度 ($\mu g/h$), Q は換気量 (m^3/h), V_R は部屋の容積 (m^3), V_L は水の容積 (m^3), C_i^* および C_i は, 揮発性有機汚染物質 i の水中の飽和濃度および濃度 ($\mu g/m^3$) を表す。

揮発性有機汚染物質 i の水中濃度は, 次式で求めた。

$$\frac{dC_i}{dt} = k_L a_{L,i} (C_i^* - C_i) \quad (3)$$

式 (2, 3) の常微分方程式を解くことで, 揮発性有機汚染物質 i の室内空气中濃度の経時変化を求めた。

簡易空気清浄法を用いた場合の室内空气中ホルムアルデヒド濃度の経時変化を図1右図に示す。ホルムアルデヒドの発生を考慮しない場合, 時間と共に室内空气中ホルムアルデヒド濃度が減少したが, 実測値ではおよそ $17 \mu g/m^3$ で濃度が一定となった。空気清浄能の過大評価は, 本モデルでは室内空氣の混合状態や温度変化などを考慮していないことや, ホルムアルデヒドの発生によるものだと考えられる。実験値とのフィッティングで得られたホルムアルデヒドの推定発生量は, $950 \mu g/h$ となった。このことから, 室内におけるホルムアルデヒドの発生は, 実空間の空気清浄効果に大きく影響を与える可能性が示唆された。今後, 液中ホルムアルデヒド濃度の測定や, 実空間におけるホルムアルデヒド発生量の実測などを通して, シミュレーションモデルの精緻化を図る。

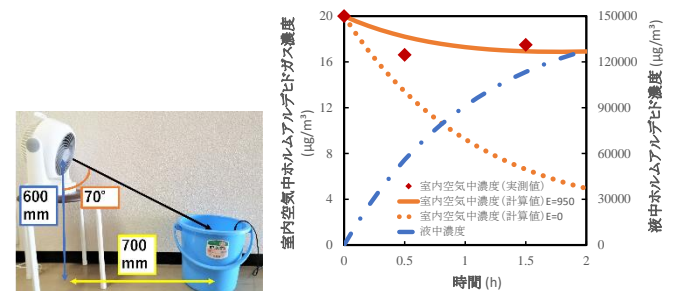


図1 簡易空気清浄法(左図)を用いた場合の室内空气中ホルムアルデヒド濃度の経時変化(右図)

キーワード 空気清浄法, ホルムアルデヒド, 室内環境

各種オゾン酸化法による染色排水の分解除去性能の比較

Comparison of Various Ozonation Processes in Treatment of Colored Effluent

静岡県立大学 ○澁谷 柊介, 徳村 雅弘, 牧野 正和

1. はじめに

繊維産業からの染料排水は、難生分解性の色素を高濃度で含み、活性汚泥法などの従来の生物学的処理法では処理が困難である。

オゾン酸化法は、酸化力の強いオゾンにより、難生分解性の色素も分解することができ、また、処理後の無機塩濃度の増加や汚泥の発生がないという長所から、近年、その実用化が進んできた。しかし、オゾンの酸化力では、色素の無機化は困難なため、有害な中間生成物の生成が懸念される。

近年、オゾンを基盤とした促進酸化法が注目されている。例えば、過酸化水素との併用により、より酸化力の強い OH ラジカルを生成し、それにより中間生成物の分解が可能となる。他にも、アルカリ性下での反応や、Fe イオンの添加による OH ラジカル生成も検討されている。しかし、これらを比較した研究は限られている。

本研究では、着色排水のオゾン単体での処理に加え、オゾン/過酸化水素、オゾン/OH、オゾン/Fe の組み合わせによる処理の比較を行った。

2. 実験方法

オゾン酸化法を用いた着色排水の処理は、下記の通り行った。本研究では、着色排水のモデルとしてアゾ染料水溶液（オレンジ II 50 mg/L）を使用した。実験装置には 500 mL ガス洗浄ビンを用いた。ガス洗浄ビンにアゾ染料水溶液を入れ、オゾン発生装置によって発生させたオゾンガスを吹き込んだ。流量は 0.8 L/min、オゾン濃度は 0.3 g/L とした。オゾン/過酸化水素では、過酸化水素（100 mg/L）を、オゾン/Fe では硫酸鉄 (II) 五水和物（100 mg/L）を加え、オゾン/OH では pH が 11 になるように水酸化ナトリウムを加えて実験を開始した。アゾ染料濃度の測定は吸光光度法を用いた。TOC（全有機炭素）の測定は TOC 計（SHIMADZU）を用いた。

3. 結果・考察

各種オゾン酸化法による脱色および無機化実験の結果を Fig. 1 に示す。反応開始から 60 分間で、オゾン単体では 31%，オゾン/過酸化水素では 28%，オゾン/OH では 83%，オゾン/Fe では 55% のアゾ染料が除去された。オゾン/OH の組み合わせが最も高い脱色性能を示した。

これは、OH[•]との反応によりオゾンガスの吸収が促進され、アゾ染料の分解も促進されたためと考えられる。オゾン/Fe では、反応初期にアゾ染料濃度の急激な低下が見られた。これは、硫酸鉄による凝集効果も含まれるためと考えられる。オゾン単体およびオゾン/過酸化水素では、アゾ染料の分解速度には大きな差は見られなかった。これは、アゾ染料がオゾンによっても分解できるため、オゾンが直接アゾ染料と反応する場合と、過酸化水素との反応を経由して OH ラジカルによりアゾ染料を分解する場合に差がなかったためと考えられる。今回の実験条件では、TOC の減少速度は、脱色速度と比べて差がなかった。これは、TOC の減少は多段階的であるため、脱色よりも時間がかかるためと考えられる。最も TOC 減少速度が大きかったのはオゾン/Fe であった。これは、OH ラジカルによる無機化に加え、硫酸鉄による凝集効果が寄与したためと考えられる。一方、オゾン/OH では、TOC が増加しているが、この理由として、溶液の pH を上げたことにより空気中の二酸化炭素の溶解を促進させたことが考えられる。

4. 結論

オゾン酸化法の種類により、着色排水の脱色および無機化性能が異なることが明らかとなった。今後は、OH ラジカル生成量の比較やより長時間の無機化実験などを行い、オゾン/過酸化水素およびオゾン/Fe の優位性についてより詳細に検討していく。

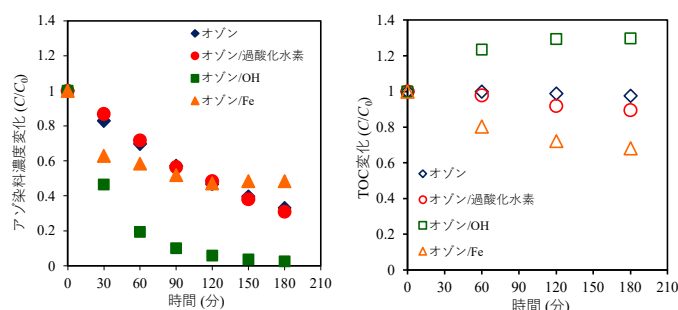


Fig. 1 各種オゾン酸化法による脱色、TOC 減少結果

キーワード オゾン酸化法 OH ラジカル 着色排水

資源ごみの分別収集におけるスーパーマーケットの店頭回収の役割に関する考察 Discussion on Role of Recyclables Collection System at Supermarkets

神戸大学人間発達環境学研究科 ○鈴木万柚子, 田畑智博

1. はじめに

わが国では、スーパーマーケットにおける PET ボトルや牛乳パックなどといった資源ごみの店頭回収が全国的に実施されている。店頭回収の利点は、買い物ついでに資源ごみを持っていけることにある。このようなネットワークを積極的に利用することで、自治体のごみ収集コストを削減し、より効果的な資源ごみの分別収集が望める可能性がある。本研究は、スーパーマーケットにおける資源ごみの店頭回収が環境面と経済面で果たす役割を明らかにすることを目的とする。

2. 研究の方法

自治体ごとに人口規模やごみの回収方法等は違うことから、資源ごみの店頭回収がもたらす効果の度合いは、自治体ごとに異なると考えられる。そこで、自治体の人口規模、店の密集度、収集処理システムとの関係性をもとに各自治体の特徴を明らかにする。ここでは、クラスター分析を用いて、全国 1,734 の市区町村をクラスターに分ける。投入変数は表 1 の通りである¹⁻³⁾。ステーション収集実施品目数は、資源ごみ 6 種の収集方式がステーション方式の場合は 1、異なる場合は 0 として合算する。

次に、クラスター分析で分類されたクラスター別に、スーパーマーケットでの店頭回収を考慮した資源ごみの収集・リサイクルの環境的・経済的評価を行う。ここでは、クラスター別に、自治体によるごみ収集～リサイクル、店頭回収による資源ごみ収集～リサイクルに係るシステム境界を設定する。店頭回収を積極的に活用した場合、そうでない場合、組み合わせた場合の 3 ケースを設定し、CO₂ 排出量と費用を算出する。これにより、店頭回収が環境負荷と費用負担に与える影響を分析する。

3. 結果と考察

クラスター分析の結果を表 1、図 1 に示す。結果として、6 つのクラスターに分けることができた。例えば、第 1 クラスターと第 6 クラスターはデンドログラムでは同じグループに分類され、ステーション収集実施品目数は近い数字である。一方、人口や可住地面積あたりの飲食料品小売店舗数は大きく異なる。このようなばらつきは、自治体の収集・処理システムの違いに加えて、住

表 1 各クラスターにおける投入変数(中央値)

クラスター (市区町村数)	人口 (万人)	人口/可住地面積 (人/ha)	分別数	ステーション 収集実施品目数	飲食料品小売 店舗数/ 可住地面積 (店/ha)
1(18)	123.0	58.49	12.5	3.5	0.074
2(219)	1.7	4.27	10.0	0.0	0.015
3(212)	13.4	26.22	13.0	5.0	0.043
4(583)	1.4	3.39	10.0	4.0	0.011
5(660)	2.4	4.59	17.0	6.0	0.019
6(42)	30.1	126.63	12.0	2.0	0.206

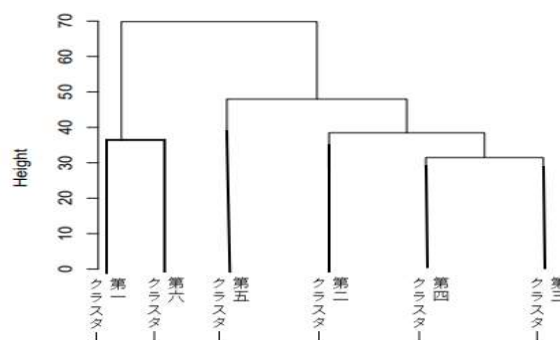


図 1 デンドログラム

民の交通手段の違い、資源ごみの店頭回収の度合いなどにも大きく影響するものと考えられる。

4. まとめ

各グループの詳細な特徴は、年会当日に言及する。クラスター分析で得られた結果を用いて、各クラスターに最適な店頭回収の利用形態を LCA によって検証する。

参考文献

- 1) 総務省統計局 (2015) 国勢調査
- 2) 経済産業省 (2015) 平成 26 年商業統計表, 第 3 巻
- 3) 環境省 (2015) 平成 27 年度一般廃棄物処理実態調査

キーワード 資源ごみ, 店頭回収, スーパーマーケット

同一性判定システムを用いた浸水想定区域における建設資材ストック・フロー分析 -東京都市圏におけるケーススタディー-

Construction Material Stock and Flow Estimation in the Expected Inundation Areas with the Identification System -A Case Study of the Greater Tokyo-

名古屋大学大学院環境学研究科 ○吉田英立 白川博章 谷川寛樹

1. はじめに

第四次循環型社会形成推進基本計画¹⁾では、「天然資源の消費を抑制し、環境への負荷をできる限り低減する循環型社会の形成を目指す」と述べられている。加えて、多発する自然災害を鑑み「万全な災害廃棄物処理体制の構築」に関しても報告されている。喫緊の課題として、災害廃棄物の迅速な撤去・復興が挙げられる。特に、建築物は潜在的な災害廃棄物の一種である。循環型社会形成に向け、都市に蓄積された建築物の地理的分析は災害対策に一助をもたらす。本研究は朝隈ら(2018)²⁾が開発した同一性判定システムを用いて、東京都市圏(茨城、埼玉、千葉、東京、神奈川)の浸水想定区域における建築物の物質動態を分析した。

2. 推計方法

建設資材ストック・フロー推計の手順を図1に示す。基盤データとして株式会社ゼンリンが提供する「Zmap-TOWNII(2003, 2009, 2014, 2016)」を利用した。また、建設資材ストック推計に資材投入原単位³⁾を利用した。資材投入原単位を用いるため、総務省の提供する「固定資産の価格等の概要調書」により、不足するデータの補正を行った。さらに、基盤データの空間情報と属性情報を用いて、年代間での建築物の同一性判定を行い、建設資材フローを推計した。また、国土交通省が提供する浸水想定区域データを用いて、GIS(Geographic Information System/地理情報システム)で建設資材ストック・フローの地理的分析を行った。

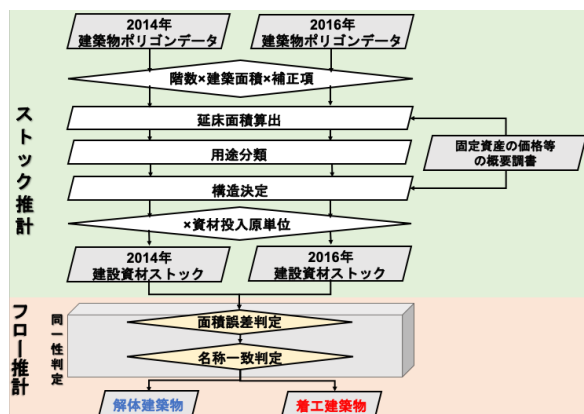


図1 研究フロー

3. 推計結果

結果の一例として、図2に浸水想定区域における2009年-2014年間の建設資材投入量を示す。東京都市圏全体の建設資材投入量は480百万トンであり、その内138百万トンが浸水想定区域に投入された。特に、荒川沿いの埼玉県で浸水想定区域における投入量は41.6百万トン、東京都では58.9百万トンであった。埼玉県では浸水想定深1m未満の地域に29.1百万トンが投入された。一方で、東京都は浸水想定深2m以上の地域に24.3百万トンが投入された。以上より、災害リスクを考慮した安全性より利便性が優先されたことが示唆される。

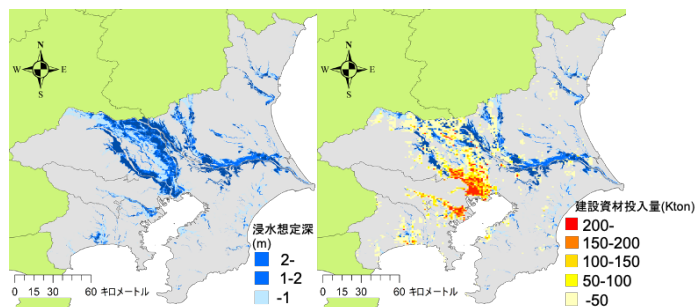


図2 浸水想定区域における物質代謝
(左：浸水想定区域 右：2009年-2014年の投入量)

4. おわりに

本研究は同一性判定システムを用いて、浸水想定区域における物質動態を分析した。しかし、浸水想定区域に着工された建物が災害に備え、強靱化されたか言及できていない。今後の課題として、安全性が如何に向上したか議論する必要がある。

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(JPMEERF20S11816, JPMEERF20201003)により実施した。

参考文献

- 1) 環境省(2018)第四次循環型社会形成推進基本計画
- 2) 朝隈友哉・奥岡桂次郎・谷川寛樹(2018)建築物の年代間での同一性判定を用いた東京都市圏における更新量の推計, 環境情報科学学術研究論文集 32, pp. 13-18
- 3) 東岸芳浩・稲津亮・内藤瑞枝・谷川寛樹・橋下征二(2008)都市構造物における経年的資材投入原単位の推計に関する研究, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, vol.19, pp. 147-149

キーワード 同一性判定・浸水想定・建設資材ストック・フロー分析

ライフサイクル思考を取り入れた環境学習支援システムの構築

An Environmental Learning Support System Incorporating the Life Cycle Concept

電気通信大学 大学院情報理工学研究科 ○白土晶, 電気通信大学 大学院情報理工学研究科 山本佳世子

1. 研究の背景と目的

環境教育の現場において、学習プログラムにライフサイクル的思考を取り入れる試みが行われるようになった。本研究は、環境学習を支援するために、ライフサイクル思考に基づいた環境学習 e-ラーニングシステムを構築することを目的とする。関連分野の代表的な先行研究として、中島ら[1]、天野ら[1]、平山ら[3]らの研究があげられる。これらの先行研究と比較して、本研究の独自性は、Web 上でライフサイクル思考に基づいた環境学習を行うことができる e-ラーニングシステムを構築すること、動作環境を Windows 以外の OS にも拡張し、様々な情報端末から利用できるシステムを構築すること、環境学習の題材を誰しもにとって身近に感じる「飲料水」とすることで、システムの利用者として幅広い年代を対象とすることである。

2. システムの設計

本システムは、テキストベースの学習教材、学習教材の内容を復習する小テスト、CO₂排出量のシミュレーションの3部から構成される e-ラーニングシステムである。本システムでは、利用者の環境学習支援を行うことに加えて、利用者が地球環境問題、ライフサイクルアセスメント (LCA)、ライフサイクル概念について学習することにより、ライフサイクル思考能力を向上させ、環境配慮行動の意識を高めることを目指す。

3. システムの構築

本システムには、(1) 学習教材の閲覧機能、(2) 小テスト機能、(3) CO₂排出量のシミュレーション機能の3つの利用者向けの独自機能を実装する。本システムでは、PCに加えてスマートフォンやタブレットといった携帯情報端末からのアクセスも想定している。情報端末によってインタフェースは異なるが、同一の機能を利用することが可能である。

4. システムの運用

本システムを1か月間(2020年1月)運用したところ、本システムの総セッション数は97であり、アクセス手段として利用した情報端末は、PC38%、スマートフォン58%、タブレット端末4%であった。このこと

から、本システムの設計として、アクセス手段として利用した情報端末の種類によらず、同一の機能の利用が可能であること、ディスプレイのサイズの相違を考慮して、PC向け携帯情報端末向けの2種類のインタフェースを用意したことが有効であったといえる。

ページ別の訪問数では、学習教材の閲覧機能の2ページ目以降は、小テスト機能、CO₂排出量のシミュレーション機能のページに比べて訪問数が少なかった。これは、システム利用前からLCAについての知識を持つ利用者が2ページ目以降にアクセスしなかったこと、学習教材の内容を全て閲覧せずに演習に進んだ利用者がいたことが原因であると考えられる。

5. システムの評価

本システムの利用者58名を対象としてアンケート調査を行い、この結果に基づいて本システムを評価した。小テスト機能、CO₂排出量のシミュレーション機能は環境学習の効率化につながることで、e-ラーニングシステムの構成が効果的であり、利用者の環境学習に役立つことが示された。

本システム利用前後における利用者の環境配慮に関する意識変化について、行動意図、有効感、責任感、負担感、実行可能感、危機感、つながり感の7項目から確認した。行動意図、危機感、つながり感の3項目で意識が大きく好転したが、有効感、責任感、実行可能感の3項目では意識が少し好転し、負担感では意識変化があまり見られなかった。

参考文献

- 1) 中島光太・平山世志衣・本藤祐樹(2011) ライフサイクル思考に基づく環境教育プログラムが学習者の環境配慮行動に与える影響, 日本LCA学会誌, Vol.7, No.1, 84-95
- 2) 天野雄太・平山世志衣・本藤祐樹(2012) 教育用LCAソフトウェア「かばんの中でも温暖化?! Ver.2」, 日本LCA学会誌, Vol.8, No.1, 55-65
- 3) 平山世志衣・天野雄太・大内康弘・本藤祐樹(2015) ライフサイクル思考型環境教育の e-ラーニングプログラムの開発と実践, 日本LCA学会誌, Vol.11, No.4, 348-358

キーワード ライフサイクル思考, ライフサイクルアセスメント (LCA), 環境学習, e-ラーニングシステム

乗車時における難燃剤のヒトへの曝露実態調査 A study on Dermal Exposure to flame retardants in the car

静岡県立大学 ○三輪春樹, 王齊, 徳村雅弘, 三宅祐一, 雨谷敬史

1. はじめに

難燃剤は、火災予防のために様々な室内製品に使用されており、室内環境中に普遍的に存在しているため、ヒトへの曝露が懸念されている。これまで難燃剤のヒトへの曝露経路としては、ハウスダストを介した経口曝露が重要視されてきたが、近年では製品と皮膚との直接接触に伴う経皮曝露が新たに注目されている。そこで、難燃剤の直接経皮曝露が懸念される製品として、カーシートに注目した。しかし、これまでにカーシート中の難燃剤を分析した報告例は数少ない。そこで本研究では25種類の臭素系化合物と21種類の有機リン系化合物を対象物質とし、74台のカーシートを分析することで、カーシート中に含まれる難燃剤の実態を明らかにし、乗車時における難燃剤のヒトへの経皮曝露量を推算した。

2. 実験方法

本研究では74台の車からカーシートをサンプリングし、それぞれ生地 (Fabric) とクッション部分 (PUF) に分けて分析を行った。サンプル0.1 gをテトラヒドロラン5 mLで超音波抽出し、その後トルエン5 mLを加えて再度超音波抽出を行い遠心分離した。上澄み10 µLを分取し、内標準溶液としてリン酸トリブチル (TBP)-d27 (1 µg mL⁻¹) を20 µLを添加後、アセトニトリルで1 mLに定容した。測定は液体クロマトグラフトンデム型質量分析計 (LC-MS/MS) を用いた。

また本研究では、難燃剤の直接経皮曝露量を算出するために、人工皮膚 (EPISKIN) を用いて算出した製品からの難燃剤皮膚透過率を用いた¹⁾。今回使用した皮膚透過率は、リン酸トリス 1-クロロ-2-プロピル (TCPP) : 0.026%, リン酸トリス 2-クロロエチル (TCEP) : 0.015%, リン酸トリフェニル (TPhP) : 6.3×10^{-4} %, リン酸クレジルジフェニル (CsDPhP) : 1.9×10^{-4} %である。リン酸ジエチレングリコールビス (1-クロロ-2-プロピル)

(DEG-BDCIPP) に関しては、TCPPの皮膚透過率を使用して曝露量の試算を行った。難燃剤の皮膚透過率はその化合物のオクタノール水分配係数 (LogKow) と負の相関を持つことが報告されており²⁾、またTCPPのダイマーであるDEG-BDCIPPはTCPPと近い物性を有しているため (TCPP: LogKow = 2.53, DEG-BDCIPP: LogKow =

2.48)、TCPPの皮膚透過率を適用した。

3. 結果と考察

本研究で検出された難燃剤のカーシート中濃度を用いて、カーシートからの難燃剤直接経皮曝露量を算出した。また東京近郊の一般住宅10世帯から2015年に採取したハウスダスト中の難燃剤を分析した結果より、ハウスダストを介した難燃剤の経口曝露量を算出した。難燃剤が検出されないサンプルでは、その難燃剤が定量下限値の2分の1の濃度で含有されていると仮定し、難燃剤の経路別曝露量の分布図を作成した (図1)。今回曝露量を算定した難燃剤の経路別曝露量を比較した結果、TCPPの直接経皮曝露量がハウスダストを介した経口曝露量を上回り、有意差が認められた (Welch t-test, 対数正規分布に従うと仮定, $p < 0.01$)。DEG-BDCIPPの曝露量中央値は $1,030 \text{ ng kg}^{-1} \text{ day}^{-1}$ と非常に高い値を示し、他の難燃剤の曝露量と比較して、2桁以上高い値となった。これらの結果より、難燃剤の直接経皮曝露は、ハウスダストを介した曝露量を大幅に上回る可能性が示された。DEG-BDCIPPは環境中からの検出例は少なく、毒性情報が不足しているため、リスク評価を行うためにも今後毒性情報の充実が求められる。

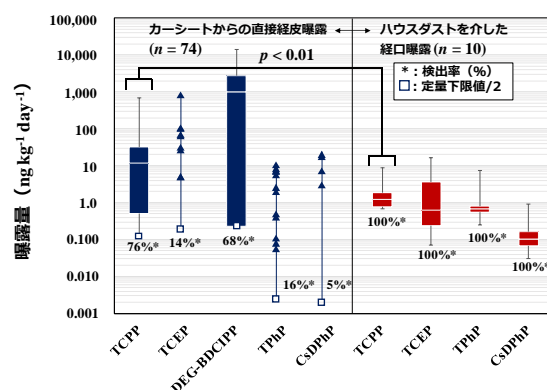


図1: 各難燃剤の経路別曝露量及び検出率

参考文献

- 1) 新堂真生ら (2019), 環境科学会 2019 年会講演要旨集
- 2) Frederiksen et al. (2018), Chemosphere 197, 185-192

キーワード 難燃剤, 経皮曝露, カーシート

瀬戸内海の二枚貝に残留する多環芳香族炭化水素レベルと AhR アゴニストの活性評価

Polycyclic aromatic hydrocarbon levels and AhR-mediated activities

in bivalves from Seto Inland Sea, Japan

愛媛大学 沿岸環境科学研究センター ○黒石 佳奈, Nguyen Minh Tue, 後藤 哲智, 田辺 信介, 国末 達也

1. 序論

近年の二枚貝を生物指標とした汚染モニタリング調査により、瀬戸内海の沿岸域は依然としてポリ塩化ビフェニルやダイオキシン類に汚染されていることが明らかとなっている^{1,2)}。これらの物質は、アリール炭化水素受容体 (AhR) アゴニストとして知られており生態影響が懸念されるが、多環芳香族炭化水素 (PAHs) など他の AhR アゴニストにおける包括的な調査は国内で実施されていない。近年の韓国における調査では、*in vitro* バイオアッセイ法を用いた海洋堆積物における AhR アゴニストの総活性に占める既知物質の寄与は、10 %以下であったことが報告されている³⁾。そのため、沿岸域には未知の AhR アゴニストが存在していると推察されるが、沿岸生物に対する曝露実態は不明である。そこで本研究では、瀬戸内海の二枚貝を *in vitro* バイオアッセイと化学分析に供試し、AhR アゴニストの総活性および PAHs・Methyl-PAHs 濃度の地理的分布、そして総活性に対する PAHs 寄与割合の解明を試みた。

2. 試料と方法

2017年と2019年に瀬戸内海の29地点で採取した二枚貝の軟組織を分析に供試した。試料は凍結乾燥後、高速溶媒抽出装置で抽出し、ゲル浸透クロマトグラフィーおよび活性シリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製・分画した。AhR アゴニストの総活性はラット肺がん細胞 (H4IIE-luc) 由来の PAH Responsive Chemically Activated Luciferase eXpression (PAH-CALUX) で測定し、PAHs と Methyl-PAHs は GC-qMS を用いて定性・定量した。各 PAHs の毒性等量は、ベンゾ[a]ピレンに対する比活性値と実測濃度の積により算出した。

3. 結果と考察

PAH-CALUX に供試した結果、全地点で活性が確認されたことから、瀬戸内海沿岸域における AhR アゴニストの遍在が明らかとなった。とくに今治と姫路の1地点 (姫路2) では、相対的に高い活性が認められた (図1 a)。今治の二枚貝は PAHs と Methyl-PAHs 濃度も最高値であったが、姫路2は高値を示さなかった (図1 b)。PAHs

組成に着目すると、今治の二枚貝は AhR アゴニスト活性が相対的に高いベンゾ[b]フルオランセン/ベンゾ[k]フルオランセンを他の地点より高割合で蓄積しており、これらの PAHs が活性に寄与していたものと推察された。

しかしながら、実測濃度から PAHs の毒性等量を算出した結果、総活性に占める PAHs の寄与割合は 0.068–18 %であり、今治の検体でも 4.6 %に過ぎなかった (図1 a)。このことは、瀬戸内海に生息する二枚貝が多様な未知 AhR アゴニストに曝露していることを強く示唆している。今後は、これらの未知 AhR アゴニストを探索するため HPLC を用いた抽出液の詳細分画を実施し、既知物質が溶出する画分以外の活性を評価していく予定である。

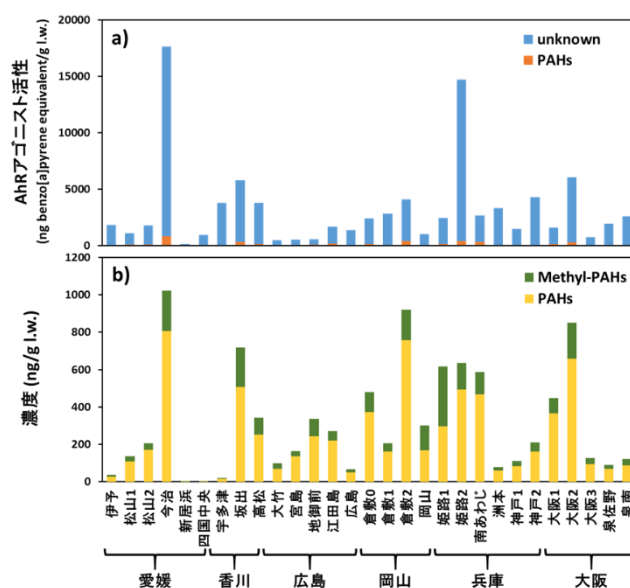


図1 瀬戸内海で採取した二枚貝の AhR アゴニスト活性 a) と PAHs・Methyl-PAHs 濃度 b)

参考文献

- 1) Ueno *et al.* (2010), *Chemosphere*, 78, 1213–1219
- 2) Goto *et al.* (2017), *Environ. Sci. Technol.*, 51, 11771–11779
- 3) Kim *et al.* (2019), *Environ. Sci. Technol.*, 53, 10043–10052

キーワード: 多環芳香族炭化水素, アリール炭化水素受容体 (AhR), AhR アゴニスト, 二枚貝, 瀬戸内海

日本及びバングラデシュにおける多環芳香族炭化水素類とそのハロゲン誘導体の発生源推定及び発がんリスク評価

Potential Source and Cancer Risk of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Their Halogenated Derivatives in Japan and Bangladesh

静岡県立大学大学院 ○清 健人, 王 齊, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史
University of Dhaka Anwar Hossain, Mohammad Raknuzzaman

1. 背景・目的

多環芳香族炭化水素類 (PAHs) およびそのハロゲン誘導体 (XPAHs) は一部で高い有害性を有し、疫学研究により発がん性が認められている物質もある。PAHs および XPAHs はガスと粒子の双方に分配し、粒子状物質は主に $PM_{2.5}$ 中に存在することが報告されている¹⁾。IQAir は $PM_{2.5}$ 濃度などにより世界の空気質を評価しており、2019 年はバングラデシュが世界ワースト 1 位となった。しかし、 $PM_{2.5}$ 中の PAHs および XPAHs に関する報告はない。本研究では、日本に加え、開発途上国であるバングラデシュにおける PAHs および XPAHs 濃度を調査し、発生源推定とリスク評価を行った。

2. 材料・方法

26 種の PAHs と 37 種の XPAHs を対象物質とした。2020 年 1 月から 2 月にかけて、日本 (静岡) とバングラデシュ (ダッカ) で大気中の $PM_{2.5}$ を同時捕集した。捕集した大気浮遊粉じん試料をソックスレー抽出し、抽出液は精製・濃縮をした後分析した。

3. 結果・考察

3.1. PAHs および XPAHs と $PM_{2.5}$ の濃度相関

日本における PAH・XPAH 合計濃度および $PM_{2.5}$ 濃度はそれぞれ $1.4\text{--}4.1\text{ ng m}^{-3}$ と $1.2\text{--}9.6\text{ }\mu\text{g m}^{-3}$ であり、バングラデシュにおける PAH・XPAH 合計濃度および $PM_{2.5}$ 濃度はそれぞれ $36\text{--}150\text{ ng m}^{-3}$ と $110\text{--}270\text{ }\mu\text{g m}^{-3}$ であった。中央値と比較すると、PAH・XPAH 合計濃度および $PM_{2.5}$ 濃度はバングラデシュのほうが、それぞれ 24 倍と 49 倍高くなった。日本では PAH・XPAH 合計濃度と $PM_{2.5}$ 濃度に相関関係は認められなかったが ($r = 0.26$, $p = 0.19$)、バングラデシュでは相関関係が認められた ($r = 0.63$, $p = 0.0012$)。これよりバングラデシュでは、 $PM_{2.5}$ 濃度から PAHs・XPAH 合計濃度を推定できると考えられる。

3.2. PAHs および XPAHs の発生源推定

発生源を推定するため、本試料と代表的な発生源の

PAHs および XPAHs 組成から主成分分析を行った (図 1)。PAHs において 2 つの主成分が抽出され、総分散の 81% が説明できた。図 1A では、自動車排ガスが日本試料のグループ内に位置し、電子廃棄物リサイクルおよび石炭燃焼がバングラデシュ試料のグループ内に位置したことから、これらが各国における PAHs 主要発生源であると推定された。XPAHs においては 3 つの主成分が抽出され、総分散の 71% が説明できた。図 1B では、自動車排ガスが日本試料のグループ内に位置し、日本における XPAHs 主要発生源であると推定された。またバングラデシュ試料のグループ内に位置した発生源はなく、バングラデシュにおける XPAHs 発生源は推定されなかった。PAHs の発生源と考えられる石炭燃焼において XPAHs 情報が不足しているため、XPAHs の情報拡充が求められる。

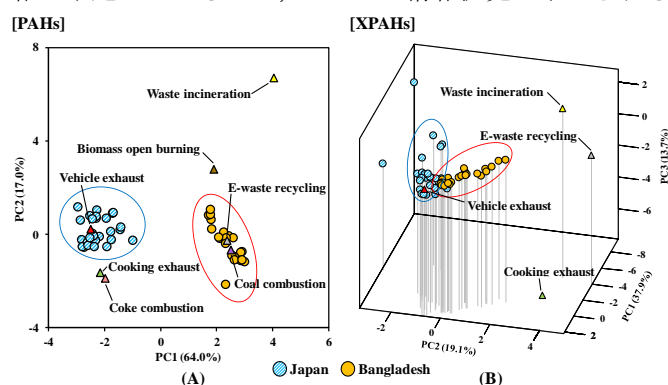


図 1. PAHs (A) および XPAHs (B) 組成の主成分分析結果

3.3. PAHs および XPAHs による発がんリスク

PAHs および XPAHs による発がんリスクは、日本で 3.1×10^{-5} 、バングラデシュで 2.8×10^{-3} となった。米国環境保護庁 (US EPA) では 10^{-5} が許容リスク、 10^{-4} が優先リスクと判断している。このことからバングラデシュの大気環境は極めて高い発がんリスクを有していることが明らかとなり、早急な対策が必要である。

参考文献

1) Jin R. et al., (2017) *Environ. Pollut.*, 231, 1601–1608

キーワード PAHs, XPAHs, $PM_{2.5}$, バングラデシュ

近代資本主義経済がもたらす自然資本を測定するシャドー価格のあり方についての検討

An Examination of Shadow Prices Measuring Natural Capital in a Modern Capitalist Economy

所属 武蔵野大学大学院環境学研究科 ○笠原恵美

1. 研究背景

持続可能な発展に関わる経済指標として国連から 2012 年に公開された包括的富指標は、各国の富を 3 つの資本群に分け、ストック量とシャドー価格を使用して算出するストック評価指標として注目されている。国連包括的富指標の報告書の共同著者でもある馬奈木によると、本指標は日本では持続可能な発展に関わる環境政策の指標として活用されることが期待されている。本指標を応用し横断的な政策評価を行うために改善を試みたとされている環境省の政策研究、「第五次環境基本計画の策定に向けた各種指標の開発、指標の評価方法等の開発、諸施策・総合的環境指標の在り方の検討」（以下、「政策研究」という）では、包括的富指標における方法論と異なり自然資本のシャドー価格を算出するために支払意思額（WTP）が用いられている。しかしながら WTP により設定されるシャドー価格は近代資本主義経済の下で暮らす人々の主観的な価値観に依存し評価されるため、本来の自然資本のサービスの価値を過小評価してしまう可能性があるとの指摘がある。

2. 研究目的

資本の貨幣的価値の推計を求める際に使われるシャドー価格が、自然資本を評価する際に近代資本主義経済の下で生活する人々の主観的価値に依存する WTP によって求められることによる、包括的富指標と持続可能な発展に係る政策的応用への課題を提示することを目的とする。

3. 本論

政策研究の報告書では WTP には非利用価値が含まれており、市場価格と社会価値の乖離を埋めるシャドー価格として適切であるとされている。しかし WTP は回答者に資本主義経済的なバイアス

がかかっている可能性がある。例えば WTP と受け取り意思額（WTA）の格差を検討した Thomas（1999）は過去の実証研究を元に WTP は自然の資本を過小評価する傾向にあることを論じている。このことは WTP を用いた政策研究における自然資本の推定は、経済的合理性を中心に決定づけられ、環境問題特有の不確実性や世代間衡平が十分に考慮されず過小評価され、それを基礎とした政策では、結果的に過大な減少に繋がる可能性があることを示唆している。自然資本の評価をプラネタリー・バウンダリーのような概念を扱わず、市場経済が大きな影響力をもつ現在の資本主義経済の下での人々の主観的価値に依存する WTP に全面的に依存することには大きな課題があり、その適用についてより慎重に検討する必要がある。

4. 結論

政策研究の自然資本の推計に用いられるシャドー価格を WTP によって求めることは持続可能性に関わる自然資本のストック量とその社会的決定を人々の主観的価値を基礎とした市場メカニズムに委ねることに繋がり、自然資本の非経済的価値等が適切に反映されず結果として自然資本の価値が過小評価となる可能性がある。したがって、WTP の手法により推計された自然資本の貨幣的価値を基礎として、環境政策の提言や立案を行うことは、持続可能性の観点から大きな課題がある。

参考文献

- 1) 馬奈木（2015-2017）第五次環境基本計画の策定に向けた各種指標の開発、指標の評価方法等の開発、諸施策・総合的環境指標の在り方の検討、環境経済の政策研究

キーワード WTP, シャドー価格, 包括的富指標

土壌カラムによる揮発性有機塩素化合物の加温時の分解挙動予測手法の検討

Prediction Method for Degradation Behavior of Chlorinated Volatile Organic Compounds in Thermally enhanced Soil

横浜国立大学大学院○李京，田小維，鈴木市郎，小林剛，竹中工務店 山崎祐二，清水孝昭

1. 背景・目的

近年、揮発性有機塩素化合物（CVOC）による土壤汚染が多数顕在化しており、CVOC の長期間曝露による発がん性などが懸念されている。浄化が必要なサイトは数万箇所潜在するとも言われている。バイオレメディエーションは、CVOC を嫌気微生物による脱塩素反応により、エチレンまで分解・無害化でき、低コスト、省エネルギーなどのメリットがあるが、浄化期間が長いという課題がある。そのため、加温により脱離・分解を促進し、浄化期間を短縮できる加温型バイオレメディエーション技術が期待される。本研究では、15℃と30℃での土壌カラムを用いた分解試験を行うとともに、各 CVOC の分解挙動（テトラクロロエチレン(PCE)→トリクロロエチレン(TCE)→cis-1,2-ジクロロエチレン(cDCE)→クロロエチレン(VC)→エチレン）の解析手法を検討することとした。

2. 実験方法

ガラス製カラム（内径 2.6cm 長さ 40cm）に土壌試料を充填し、所定温度の恒温槽内に静置した。まず各カラムに 5 mg/L PCE 溶液を 0.2 mL/min で連続的に通液し、流入液と流出液との PCE 濃度がほぼ等しくなる吸着平衡に到達させた。次に植種源となる浄化サイトの地下水 100mL（浄化剤 EDC 300mg/L、NaHCO₃ 2.52g/L、Na₂S 0.04mg/L、PCE 5mg/L も添加）を通液した。分解試験では、実際の浄化サイトの条件を参考に、滞留時間が約 15 日となるように 5 日間 1 回 33mL の PCE 5 mg/L 溶液に EDC、NaHCO₃、Na₂S を添加して通液し、115 日間のカラム出口の CVOC 濃度を GC/MS で測定した。

3. 結果と考察

各温度でのカラム出口の CVOC 濃度の経時変化を図 1 に示す。cDCE と VC は PCE、TCE の分解生成物であるため、分解前の物質が生成して分解が開始するまでに遅れ（遅延時間）が生じた。

分解挙動予測モデルでは、各 CVOC 分解が始まるまでの遅延時間を考慮するとともに、分解微生物の増殖に比例して分解速度が大きくなると仮定した。別に行った回分分解試験結果での各 CVOC（PCE：カラム試験）分解関連遺伝子の増殖曲線から、微生物の増殖曲線を設定し、微生物濃度に比例して分解速度も増加し、最大微生物

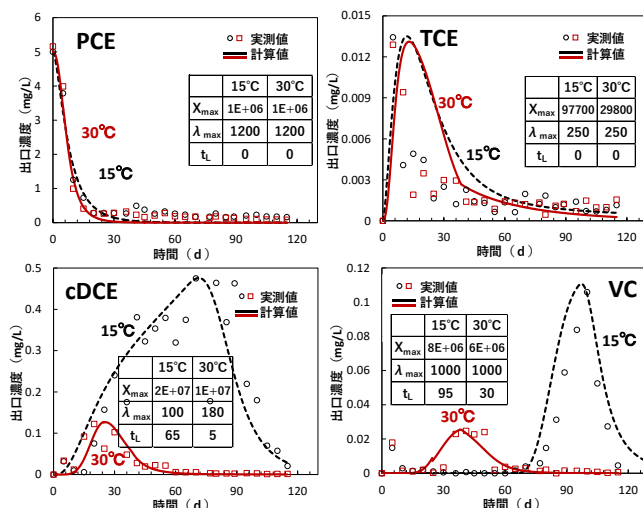


図 1 分解挙動予測モデルによるフィッティング結果

濃度 X_{max} で分解速度係数も最大値に到達するとして計算した。また、土壌中で CVOC の吸脱着サイトを速い部分と遅い部分とに分けて計算した。このような予測モデルにより、各 CVOC の最大分解速度係数 λ_{max} [1/d] と遅延時間 T_L [d] とを出口濃度の変化にフィッティングさせて求めた。図 1 にフィッティング後の計算線も示した。

15℃と比べて、30℃の単位微生物濃度当たりの分解速度 λ_{max}/X_{max} は PCE で 1.2 倍、TCE で 3.3 倍、cDCE で 2.5 倍、VC で 1.3 倍程度増加し、遅延時間は cDCE で 60 日、VC で 5 日間短縮された。加温により微生物が増殖・活性化して分解が促進され、CVOC の浄化期間は 2 分の 1 に短縮された。また、cDCE の λ_{max} が最も小さくなり、その分解が全分解の律速段階であることも示された。

4. 結論

微生物増殖と遅延時間を考慮した分解挙動予測モデルを検討・解析し、加温により CVOC の単位微生物濃度当たり分解速度係数の増加と遅延時間の短縮により、浄化期間は 2 分の 1 に短縮された。今後、得られたパラメータを用いて、実汚染現場での分解挙動の予測を試みる。

5. 謝辞

本研究は NEDO 戦略的省エネルギー技術革新プログラムの助成を受けて実施した。ここに記し謝意を表します。

キーワード 揮発性有機塩素化合物，土壤汚染，加温，微生物分解，挙動予測

PRTR 制度におけるすそ切り以下事業者からの化学物質排出量の推計精度

Accuracy of estimated chemicals amount emitted from the business establishment below the reporting-threshold in the pollutant release and transfer register system

大阪市立大学 山崎耕平, 水谷聡, 国立環境研究所 小口正弘, 早水輝好, 大阪市立大学 貫上佳則

1. 背景と目的

日本の PRTR (Pollutant Release and Transfer Register : 化学物質排出移動量届出) 制度では, 対象業種の事業者が指定された化学物質の排出・移動量を届出しているが, 従業員規模等の要件を満たさない小規模事業者 (すそ切り以下事業者) からの化学物質の排出量 (以下, 「すそ切り以下排出量」) は国が推計して公表している。PRTR の排出・移動量がリスク評価にも使われることを踏まえ, 本研究では, すそ切り以下排出量の推計精度を検証した。

2. 推計精度の検証方法

すそ切り以下排出量は式 1 で算出されている¹⁾。「総排出量」は, 塗料や接着剤などの排出源ごとに対象となる化学物質を, 全国出荷量等の業界調査に基づいて推計する物質 (ベース物質) と事業所へのアンケート調査で推計する物質 (追加物質) とに分けて選定したうえで各排出量を調査・推計し, それを全排出源について積算して求めている (式 2)。ここで, どの物質をベース物質とし, どの物質を追加物質として推計するかは排出源ごとに異なっている。また, 「すそ切り以下排出割合」は売上高などの経済指標に基づいて設定されている。

総排出量からすそ切り以下排出量を引くと届出排出量に相当する値 (以下, 「推計届出排出量」) が得られる (式 3)。この値は PRTR 制度での公表値には現れないが, 事業所から届出された排出量 (以下, 「実届出排出量」) と一致することが見込まれる。そこで推計届出排出量に対する実届出排出量の割合 (式 4, 以下, 「対推計排出比率」) を算出し, 両者が概ね一致するののか, また一致しない場合には, 化学物質や推計方法によって推計値と届出値の大小に何らかの傾向があるのかについて検討した。

すそ切り以下排出量 = 総排出量 × すそ切り以下排出割合 …(式 1)

総排出量 = $\sum(A_i + B_i)$ …(式 2)

A_i : 排出源 i における業界調査に基づく推計値

B_i : 排出源 i におけるアンケート調査での推計値

推計届出排出量 = 総排出量 - すそ切り以下排出量 …(式 3)

対推計排出比率 = (実届出排出量 / 推計届出排出量) × 100 …(式 4)

図 1 計算式の一覧

3. 結果及び考察

推計届出排出量と実届出排出量の関係を図 2 に示す。

●は業界調査に基づく推計を 1 つでも行っている物質, ○は事業所アンケート調査のみで推計された物質である。推計値が報告値の 50~200%に収まることを 1 つの判断基準とし, その範囲を赤線で示した。業界調査に基づく推計を行った物質は概ねこの範囲内にあるのに対し, アンケート調査のみで推計された物質の多くは対推計排出比率が 200%を超えており, 推計届出排出量が実届出排出量に対して数桁のレベルで過小となっていた。これは総排出量が過小に推計されているためと考えられ, すそ切り以下排出量も過小推計している可能性が高い。すなわち, 事業所へのアンケート調査のみに基づくと, すそ切り以下排出量を大幅に過小推計する可能性が高いことを示唆しており, 調査方法の検討により推計精度が向上する余地があると考えられた。

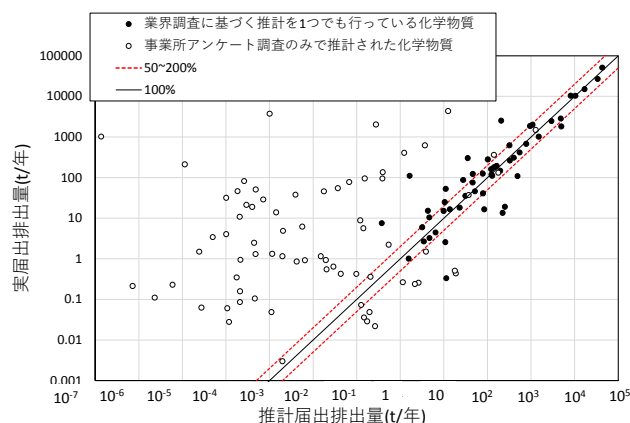


図 2 推計届出排出量と実届出排出量との関係

参考文献 1) (株) 環境計画研究所, 平成 30 年 3 月 「平成 29 年度 化学物質安全対策 (すそ切り以下事業者排出量推計手法, オゾン層破壊物質及び低含有率物質の排出量推計手法に関する調査) 報告書」

キーワード PRTR, すそ切り以下事業者, 推計精度

謝辞 本研究は環境研究総合推進費(JPMEERF19S20401, JPMEERF18S11713)の一部として行われました。

建築物解体に伴うコンクリート塊の需給バランスの将来予測

-福岡県北九州市を対象としたケーススタディ-

Future Prediction for the Supply and Demand of Concrete Waste by Demolishing Buildings -Case Study for Kitakyushu City, Fukuoka Prefecture-

名古屋大学大学院 ○森田大登, 白川博章, 谷川寛樹, 北九州市立大学 深堀秀敏

1. はじめに

国土交通省(2020)によると, 2018 年のコンクリート塊の排出量は 36.9 百万トンであり, 全廃棄物の約 5%を占める。その約 90%が再生砕石として道路事業に利用される一方で, 今後, 我が国の道路改良事業の減少に伴い, コンクリート塊の供給過多が危惧される。将来のコンクリート塊の需給バランスを把握することは, 今後の資源循環の為に重要である。

本研究では, 福岡県北九州市を対象に, 地理情報システム(GIS)を用いて将来のコンクリート塊排出量及び再生砕石需要量を推計し, 需給バランスを検討した。

2. 研究方法

本研究では, 北九州市の建築物・道路の GIS データベースを構築し, 原単位法を用いて構造物毎に蓄積された資源量の推計を行った。

建築物解体に伴うコンクリート塊排出量の将来推計に関して, 2 年代の建築物 GIS データを重ねることで滅失建築物を抽出した。2010-2014 年の建築物の解体確率(滅失建築物を 1, それ以外を 0)を目的変数とし空間情報を考慮した分析を行う。築年数等の建物情報に加えて地理的・社会的要因を説明変数としたロジスティック回帰分析を行い, 式(2.1)の建築物の解体確率関数を作成した。

$$p(x) = \frac{1}{1 + \exp\{-(\beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_7)\}} \quad (2.1)$$

ここで, $p(x)$:解体確率, x_1 :築年数(年), x_2 :傾斜角度($^{\circ}$), x_3 :建物階数, x_4 :RC 造ダミー変数, x_5 :駅からの距離(m), x_6 :高齢化率(%), β_i :各偏回帰係数である。式(2.1)を用いて各建築物に解体確率を付与し, 試行回数 1000 回のモンテカルロ法を用いて, 5 年毎(2015-2019 年, 2020-2024 年, 2025-2029 年, 2030-2034 年)の解体に伴うコンクリート塊の排出量を推計した。

また, 道路の耐用年数に関して, 既存研究を参照し平均的な値として 30 年を採用し, 道路は 1 年に 30 分の 1 ずつ更新されると仮定して砂利・石材の蓄積量を 30 で除することで 1 年当たりの再生砕石需要量を推計した。

3. 結果

市内全域の建築物の物質ストック量は増加傾向にあり, 2014 年には 121.8 百万トンと推計された。そのうちコンクリートが 88.0 百万トンと約 70%を占めた。道路のストック量は 33.9 百万トンと推計され, うち砂利・石材は 29.6 百万トンであった。

推計されたコンクリート塊排出量と再生砕石需要量を図-1 に示す。2015-2019 年では, 解体に伴う建設副産物発生量は 8.8 百万トンと推計され, うち 6.5 百万トンがコンクリート塊であった。5 年当たりの道路更新に伴う再生砕石需要量は 4.9 百万トンと推計され, 5 年間で約 1.5 百万トンの余剰が発生する結果となった。

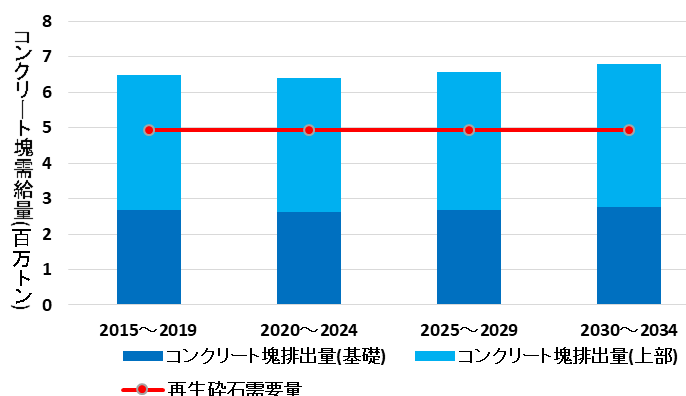


図-1 北九州市のコンクリート塊の需給バランス

4. おわりに

本研究ではコンクリート塊の需給バランスの将来予測を目的とし, 建築物の解体確率関数とモンテカルロ法を用いて将来のコンクリート塊排出量及び再生砕石需要量を推計した。今後の課題として, 原単位の改善, 解体確率関数の改善, 建築物の退蔵やコンパクトシティ政策等を考慮した将来推計等が挙げられる。

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(JPMEERF20S11816, JPMEERF20201003)により実施した。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1)国土交通省(2020) 平成 30 年度建設副産物実態調査
- 2)加藤博和, 林良嗣, 登秀樹, (1996): 道路構造代替案の地球環境負荷に関するライフサイクル的評価手法, 環境システム論文集, Vol.24, pp.282-293

キーワード 地理情報システム, コンクリート塊, 再生砕石

鉛による表層土壤汚染地での吸入等の多様な経路からの曝露量評価

Exposure Assessment from Various Pathways such as Inhalation in Contaminated Surface Soil Site with Lead

横浜国立大学大学院環境情報学府 ○半田千智, 小林剛, 佐々木佑真, 亀屋隆志

1. 緒言

事業所から大気中に排出された重金属等が周辺地域に沈着することによる土壤汚染が懸念されている¹⁾。鉛は土壤に吸着しやすく移動性が低い²⁾ため土壤表層に汚染が留まることが多く、飛散した粒子の吸入は重要な曝露経路となる。土壤汚染地での多様な経路からの曝露量は地圏環境リスク評価システム(GERAS)²⁾で算出できるが、土壤粒子の飛散に影響する降雨や風速等の気象条件は考慮できず、土壤粒子の吸入曝露によるリスクは十分評価できない。また環境基準値等を少しでも超えると社会問題となることも多く、現在約 80%の汚染地では、コストや環境負荷の大きな掘削除去が用いられているが、過剰な対策であることも指摘されている。

本研究では、基準値等の超過を正しく怖がるために、降雨による土壤含水率変化や土壤粒径による飛散量の変化を考慮した佐々木らの方法³⁾を用いて、気象条件を考慮した吸入曝露量を求め、他の摂取経路の曝露量と比較・考察することで詳細リスク評価のための知見を得る。

2. 方法

図1に示す計算条件で、直接摂取や地下水飲用、農作物摂取の経口曝露は GERAS で、吸入曝露は METI-LIS (経済産業省-低煙源工場拡散モデル)を用いて曝露量 [$\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{bw}/\text{d}$]を算出した。METI-LIS は点源、線源からの排出を想定した大気拡散モデルであるが、汚染地を 10 m \times 10 m の面源に分割してそれぞれに点源を設定することで、土壤汚染地(面源)からの飛散を表した。また、降水量が少なく風速が大きいほど土壤粒子が飛散しやすくなる。ここでは、アメダス観測所 932 地点の内、年平均風速・降水量が共に平均的な地点 A と、年平均降水量が下位 10%で飛散量が多いと予想される地点 B の 2 地点の気象データを用いて、気象条件の影響を検討した。

3. 結果・考察

図2に表層土壤鉛濃度 C_s が 300 mg/kg(含有量基準値の 2 倍)のときの経路別曝露量を示した。降水量の少ない地点 B の方が、吸入曝露量が 1.6 倍に増加し、気象の違いは考慮すべきパラメータであることが示唆された。また、両地点とも生涯曝露量は TDI(耐用一日摂取量)の半分以下となり、基準値の 2 倍でも深刻なリスクがあるとは言えない。また、地点 A での大人と子供の総曝露量を求めると、それぞれ 1.1, 4.7 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{bw}/\text{d}$ であった。子供は大人

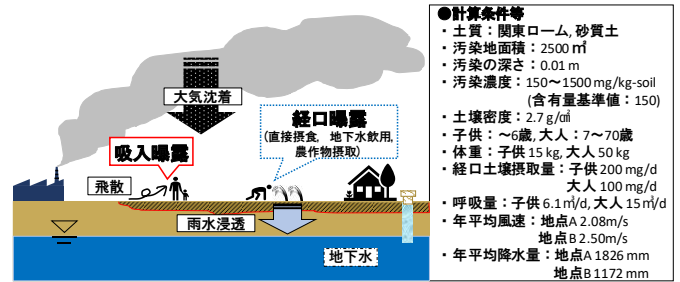


図1 表層土壤汚染地の概要

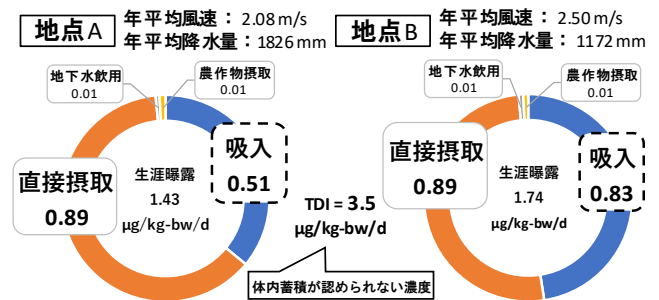


図2 経路別曝露量の計算例 (関東ローム, C_s :300 mg/kg)

よりも呼吸量は小さいが土壤の直接摂取量が多く、体重も軽いため曝露量が大きくなり、子供の曝露量低減のためには表層被覆等の防止策が必要と考えられる。ただし、健康影響については、摂取経路別の吸収率等も考慮して血中鉛濃度が高濃度となるかが重要となる。Angle ら³⁾、Lacey ら⁴⁾によると、「血中鉛濃度の上昇には経口曝露量よりも吸入曝露量(大気中鉛濃度)の方が大きく寄与する」ため、詳細なリスク評価で気象条件を考慮した吸入曝露量を求めることは重要と考えられる。既存の研究では、土壤の粒径による肺への沈着率も十分に考慮していないが、表層土壤汚染地での土壤粒子の飛散による吸入摂取の場合は、比較的大粒径の土壤粒子も吸入するため重要である。粒径別大気鉛濃度と血中鉛濃度の関係と、気象の影響については、さらに詳細検討が必要である。

参考文献

- 1) Nguyen Thi Lan, B ら(2018), Sustainability, 10.3: 720.
- 2) 川辺ら(2003), 資源と素材, 119(6, 7), 427-433
- 3) 佐々木, 小林ら(2018), 第 24 回地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会, p. 414-417
- 4) Angle C. R. ら(1984), Environ. Res., 35(1), 160-170
- 5) Lacey R. F. ら(1985), Sci. Total Environ., 41(3), 235-257

キーワード 表層土壤汚染, 鉛, 環境基準, リスク評価

人工皮膚を用いた室内製品との直接接触に伴うリン系難燃剤の経皮曝露量の推定 Estimating dermal exposure rates of phosphorus flame retardants via direct contact with products

静岡県立大学 ○新堂真生, 大石真菜, 徳村雅弘, 王齊, 三宅祐一, 雨谷敬史, 牧野正和

1. 背景と目的

リン系難燃剤 (PFRs) は、室内製品中に高濃度で含まれており、近年、製品との直接接触に伴う難燃剤の経皮曝露が注目されている¹⁾。既存の経皮曝露量評価法は、評価対象とする化学物質を適当な溶媒に溶解し、皮膚または人工皮膚上に塗布させ、血液を模擬したレセプター溶液への透過量に基づいて、経皮曝露量を推算している。実際の製品と接触させた皮膚透過試験は行われていないため、製品の性状を考慮できていない。また、短時間接触した場合の皮膚への蓄積も考慮できていない。以上より、既存の経皮曝露量評価法は経皮曝露量を過大・過小評価している可能性がある。

本研究では、製品を接触させた皮膚透過試験を行い、速度論的解析を用いて PFRs の皮膚透過メカニズムの考察を行うとともに、経皮曝露量の推算を行った。

2. 試料と方法

皮膚透過試験の対象製品として、PFRs を高濃度で含むカーシート (リン酸トリス 2-クロロエチル [TCEP] = 0.15 wt%, リン酸トリス 2-クロロイソプロピル [TCPP] = 0.12 wt%, リン酸クレジルジフェニル [CsDPhP] = 0.89 wt%, リン酸トリフェニル [TPhP] = 0.07 wt%, リン酸トリクレジル [TCsP] = 0.03 wt%) を用い、人工皮膚 (EPISKIN) に接触させ、皮膚透過量を測定した。

PFRs の皮膚透過速度は次式に従うと仮定した。

$$\frac{dC_{S,1}}{dt} = k_S(C_S^* - C_{S,1}) - k'_S(C_{S,1} - C_{S,2}) \quad C_S^* = K_S C_P$$

$$\frac{dC_{S,i}}{dt} = k'_S(C_{S,i-1} - C_{S,i}) - k'_S(C_{S,i} - C_{S,i+1}) \quad i = 2-(l-1)$$

$$\frac{dC_{S,l}}{dt} = k'_S(C_{S,l-1} - C_{S,l}) - k_R(C_R^* - C_R) \frac{V_R}{V_{S,l}} \quad i = l$$

$$\frac{dC_R}{dt} = k_R(C_R^* - C_R) \quad C_R^* = K_R C_{S,l}$$

ここで、 t は皮膚透過試験時間 (h)、 C_S^* は皮膚中 PFRs 飽和濃度 (ng cm^{-3})、 $C_{S,1}$, $C_{S,2}$, $C_{S,i-1}$, $C_{S,i}$, $C_{S,i+1}$, $C_{S,l-1}$, $C_{S,l}$ はそれぞれ槽列モデルにおける皮膚中 1 槽目, 2 槽目, $i-1$ 層目, i 槽目, $i+1$ 槽目, 19 槽目, 20 槽目の濃度 (ng cm^{-3})、 k_S , k'_S は総括物質移動係数 (h^{-1})、 C_P は製品中濃度 (wt%)、 k_R はレセプター溶液への総括物質移動係数 (h^{-1})、 K_S , K_R は平衡定数、 C_R^* はレセプター溶液中の飽

和濃度 (ng cm^{-3})、 C_R はレセプター溶液中濃度 (ng cm^{-3})、 V_R はレセプター溶液の体積 (cm^3)、 $V_{S,i}$ は皮膚の 1 槽分の体積 (cm^3) である。

3. 結果と考察

カーシート中 PFRs の 8 時間における皮膚透過量は、TCEP (77 ng cm^{-3}) > TCPP (34) > CsDPhP (4.5) > TPhP (2.5) > TCsP (< limit of quantification: LOQ) となった。皮膚透過量が最も多かった TCEP について、速度論的解析を行った。国土交通省調査結果を参考に (1 日当たりの平均乗車時間 = 1.7 h)、1.7 時間接触した後に皮膚中に蓄積した TCEP も考慮し、製品との接触面積を大腿部の 2/3 と仮定して、1 日当たりの経皮曝露量を推算した。結果 $1700 \text{ ng kg}^{-1} \text{ day}^{-1}$ となり、既往研究におけるダストを介した 1 日当たりの経口曝露量 ($2.3 \text{ ng kg}^{-1} \text{ day}^{-1}$) より約 750 倍多かった。TCEP の無毒性量 ($192 \text{ mg kg}^{-1} \text{ day}^{-1}$)²⁾ には達しないが、既往研究では考慮していなかった短時間の接触による PFRs の経皮曝露量を考慮する必要があることが示唆された。今後はサンプル数や PFRs の物質数を増やし、包括的に皮膚透過メカニズムの解明を行う。

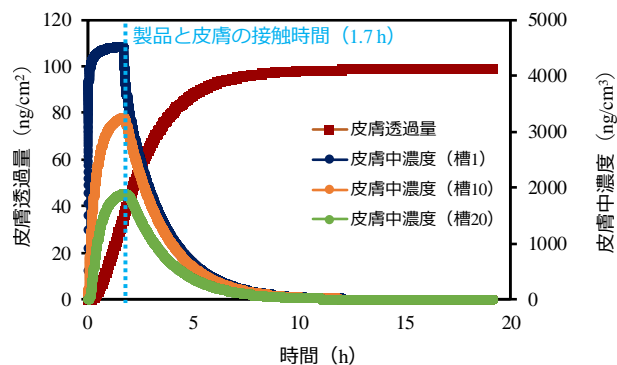


図 1 製品中 PFRs の皮膚透過試験の結果

謝辞 本研究は厚生労働科学研究費補助金、公益財団法人コスメトロジー研究振興財団からの助成金によって実施された。

参考文献

- 1) Wu et al., Chemosphere., **150**, 465-471, 2016.
- 2) ECHA, Summary Risk Assessment Report, 2008.

キーワード リスク評価, 経皮曝露, リン系難燃剤

気象データを用いたトリチウム法による秋田鳥海山麓湧水の年代推定

Dating of Spring Water at the Foot of Mt. Chokai, Akita by Tritium Method Using Weather Data

秋田県立大学大学院システム科学技術研究科 ○宮崎智也, 金澤伸浩

1. はじめに

鳥海山山麓地域では鳥海火山由来の湧水が多く存在する。しかし秋田側の山麓地域における湧水の年代等についての情報は伝聞として存在するのみで詳細な水質調査の報告は少ない。そこで本研究では秋田鳥海山麓湧水の年代を明らかにするため、新たに秋田の地域定数を算出しトリチウム法による湧水の年代推定を試みた。

2. 原理

2.1. トリチウム法

1950年代以降に降水中濃度が急激に上昇したトリチウムは他の物質とは反応せず12.3年の半減期に従って減衰するため地下水の年代推定に用いられる。降水中のトリチウム濃度は、冬季の大陸側気団由来の降水は高く、夏季の海洋側気団由来の降水は低いことが知られている。また地中浸透において、地表流出等で降水の一部のみ涵養すると、降水と涵養水では濃度が異なると考えられており、濃度の修正が必要である¹⁾。

2.2. 地域定数 R と秋田の地域定数 R'

降水の擬似的な浸透を模した実験より、札幌、新潟、東京、松山の4地点の涵養水トリチウム濃度は $T = RT_{max} + (1-R)T_{min}$ として算出されている¹⁾。ここで T は涵養時の年平均トリチウム濃度 (TU)、 R は各地域の差を表す地域定数、 T_{max} はある1年間の月毎の降水中濃度の最大値、 T_{min} は最小値である。秋田鳥海山麓は日本海側であるが、新潟の R を用いると降水量等の気象条件が異なるため推定結果に違いが生じる可能性がある。そこで冬季の降水中の性質から T_{max} に乗ずる R を冬季の降水中トリチウム濃度の比率として解釈し、冬季と夏季の比率を (1) 式として新たに秋田の地域定数 R' を求めた。ここで R_W は冬季中の降水日における最多風向が北北西、北西、西北西のとき、 R_S は夏季中の降水日における最多風向が南南東、南東、東南東のときの日数とした。

$$R' = R_W / (R_W + R_S) \quad (1)$$

3. 方法

2019年9月に秋田鳥海山麓地域の湧水地点である獅子ヶ鼻湿原、百宅、南由利原で採水、水質分析を行い、トリチウムの分析は地球科学研究所に委託した。 R' の導

出は研究地域付近の矢島観測所及び先述した4地点観測所の2009-2019年の降雨日と最多風向のデータを用いた。

4. 結果及び考察

4.1. 秋田の地域定数 R'

先述の4地点は順に $R'=0.66, 0.65, 0.63, 0.58$ と高緯度ほど大きくなり、先行研究¹⁾とほぼ同様な傾向がみられた。秋田は $R'=0.76$ とそれ以上の値であったが、全国的にも冬の降水量の影響が大きいためと推測された。

4.2. トリチウム法による年代推定

東京の降水中濃度²⁾と新潟、秋田の涵養濃度を壊変補正しピストンフローによる年代推定を行った (図1)。1970年代と2010年代において実測濃度と5年間移動平均値が重なった。どちらかを判別するため1961-2018年の東京、千葉、綾里の月毎降水中濃度を用いた5年間移動平均値により再度推定を行ったところ、1970年代で重なったため、40~50年前に涵養されたことが推定された。

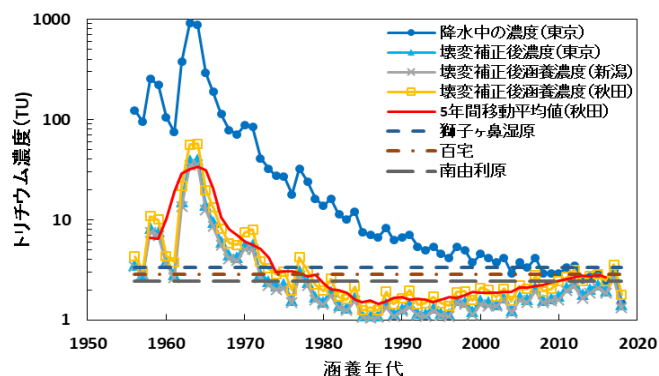


図1 各トリチウム濃度と各地点の実測濃度

5. 結論

気象データに基づいて秋田の地域定数 R' を導出し、トリチウム法による年代推定をした結果、秋田鳥海山麓湧水は40~50年前に涵養されたことが推定された。

参考文献

1) 斎藤正明ら (2013) 全国地下水年代測定のための涵養降水トリチウム濃度評価, RADIOISOTOPES, 62, 819-826.

キーワード トリチウム、年代推定、鳥海山、地域定数

個人曝露量測定のための拡散型サンプラーにおけるサンプリングレート推算法の検討

Estimation method of sampling rates of passive sampler for individual exposure

静岡県立大学 ○大石純菜, 王齊, 徳村雅弘, 三宅祐一, 雨谷敬史, 柴田科学(株) 福島靖弘, 鈴木義浩

1. はじめに

揮発性有機化合物 (VOCs) は、有機溶剤として工業的に広く使用されており、ヒトへの健康影響が懸念されている。ヒトへの健康影響を把握するためには、VOCs の個人曝露量を実測することが必要である。その評価法としては、動力を必要としない可搬型のパッシブサンプラーを用いる方法が有効である。しかし、パッシブ法での個人曝露量測定には、物質ごとにサンプリングレート (SR) の算出が必要であり、実測値がある物質数は限られている。また、SR は環境要因に影響を受けることが知られている。我々の既往研究において、12種類の VOCs で SR の理論的推算法が成立することを示した。しかし、多くの VOCs に適応するために、様々な物性をもち、より広い範囲の分子拡散係数をもつ VOCs で再現性を得られるか検討する必要がある。そこで本研究では、新たに 15 種類の VOCs について、我々の既往研究で開発したチャンバーを使用して、SR を実測し、環境要因の影響を検討した。また、VOCs の物性値から SR を理論的に算出するための推算法を検討した。

2. 方法

ISO16107 に基づき、4つの環境要因 (温度、湿度、風速、VOC 濃度) について、条件を設定 (run1-5) して実験を行った。芳香族炭化水素類、アルコール類、エステル類などの多様な物性をもち、拡散係数の値が異なる 27 種類の VOCs を選定した。アクティブサンプラーとパッシブサンプラーを用い、チャンバー内で同時に VOCs を 4 時間捕集した。本研究では、柴田科学製のパッシブサンプラーであるカーボンビーズパッシブガスチューブ (CBP) とヤシ殻活性炭を充填したパッシブガスチューブ (PAS) の 2 種類を用いて実験を行った。捕集翌日、2 mL の二硫化炭素で 15 分間振とう抽出をした後、GC-MS で分析をした。

3. 結果・考察

4つの環境要因を変化させた条件 (run1-5) において、27 種類の VOCs の SR の変動係数は 1.2-17% であった。一部、アルコール類など水に分配しやすい VOCs は、高湿度条件において SR の変動が比較的大きくなることが

あったが、環境要因の影響は小さく、実環境で十分使用可能であることが示された。

SR の推算式としては、パッシブサンプラーの吸着剤の拡散抵抗が十分に小さく、無視できると仮定するとき、Fick の第一法則より理論的に (1) 式が導かれる。

$$SR = 60 \times 10^{-3} \times A \times D_{12} / Z \quad (1)$$

A はサンプラーの有効面積 (cm^2)、Z は拡散距離 (cm) であることから、同一のサンプラーでは定数と考えられるため、分子拡散係数 D_{12} から SR を算出できる。CBP で実測した SR (L min^{-1}) と分子拡散係数の推算値 ($\text{cm}^2 \text{sec}^{-1}$) との関係を図 1 に示す。VOCs の分子拡散係数の実測値は限られているため、Lydersen の方法¹⁾と藤田の式²⁾を用いて各 VOCs の化学構造式や物性値から分子拡散係数を推算した。PAS を用いた場合には、分子拡散係数と SR との間に相関関係が認められなかったが、より均一な細孔径を持つ CBP を用いた場合には、正の相関関係が認められた ($p < 0.01$)。したがって、各 VOCs の化学構造式や物性値から SR の推算が可能であることが示唆された。

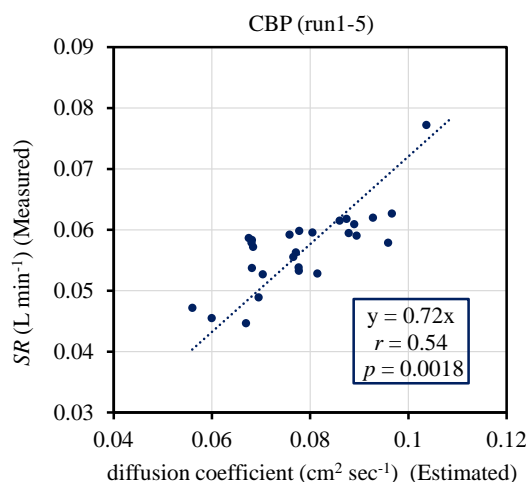


図 1 分子拡散係数の推算値と SR 実測値との関係

参考文献

- 1) J. O. Valderrama and P. A. Robles (2007) Ind. Eng. Chem. Res, 46, 1337-1344
- 2) Fujita S. (1964) Kagaku Kogaku, 28, 251

キーワード VOCs, SR, パッシブサンプラー

木材の地産地消を考慮した都市と人工林の炭素ストック量の将来推計 —福岡県北九州市におけるケーススタディ—

Predicting Carbon Stock in the City and Man-made Forest Considering Local Production for Local Consumption of Timber-Case study for Kitakyushu City, Fukuoka Prefecture-

名古屋大学大学院 ○山田久太・白川博章・谷川寛樹 北九州市立大学 深堀秀敏

1. はじめに

人工林は木材の生産、二酸化炭素の吸収など多様な機能を有している。木材の利用は吸収した炭素を固定することができるだけでなく、間伐や再植林を促し、人工林の健全な成長につながる。また、流通時の環境負荷削減等の観点から、近年では木材の地産地消が推進されており、木材の地産地消を推進した場合の炭素ストック量の推移を把握することは、今後の地域の資源循環を考える上で重要である。本研究では、北九州市を対象に、木造住宅の地産地消を推進した場合における 2018 年から 2072 年までの都市と人工林の炭素ストック量の将来推移を推計した。

2. 研究手法

都市部における炭素ストック量は式(1)を用いて算出した。

$$C_w = stock(t) \cdot MI \cdot D_j \cdot CF \quad (1)$$

ここで、 C_w ：木造住宅による炭素固定量(t-C)、 $stock(t)$ ：木造住宅の延床面積(m^2)、 MI ：単位面積当たりの木材量(m^3/m^2)、 D ：容積密度($t-dm/m^3$)、 CF ：乾物重量あたりの炭素含有率、 j ：樹種である。

将来の延床面積については、減失分と新規着工分を考慮した。将来の減失床面積は小松ら(1992)を参考に区間残存率推計法を用いて推計した。将来の新規着工床面積は、前年の減失床面積に 2000 年比の人口割合を掛け合わせた値を用いて推計した。

次に、人工林における炭素ストック量は、式(2)を用いて算出した。

$$C = \sum_j \{ (V_j \cdot D_j \cdot BEF_j) \cdot (1 + R_j) \cdot CF \} \quad (2)$$

ここで、 C ：炭素蓄積量 (t-C)、 V ：材積 (m^3)、 D ：容積密度 ($t-dm/m^3$)、 BEF ：バイオマス拡大係数 (m^3/m^3)、 R ：地上部に対する地下部の比率 (m^3/m^3)、 CF ：乾物重量あたりの炭素含有率 (t-C/t-dm)、 j ：樹種である。

なお、伐採量は、新規着工による木材需要量に、丸太換算率(1.57)と国内自給率を乗じて求めた。日本の木材自給率は 2018 年で 36.6%であるが、林野庁は森林林業基本計画において 2025 年までに木材自給率を 50%に

することを目標としている。そこで、本研究では、市内の木材自給率が、2018 年から 2025 年までは 36.6%から 50%まで一定の割合で増加し、2025 年以降は 50%を保つと仮定した。木材の回収は齢級の高いものから順に行うことにした。

3. 結果

図 1 に都市と人工林の炭素ストック量の将来推移を示す。2072 年の都市と人工林の炭素ストック量は、それぞれ 2018 年比で 4.7%減の 107.5 万 t-C、同 14.5%減の 43.9 万 t-C であり、合計では同 7.8%減少し 151.4 万 t-C と推計された。また、11 齢級を伐期としたとき、2072 年における再植林した人工林からの木材供給量は、年間の木材供給量の 44%に留まると推計された。

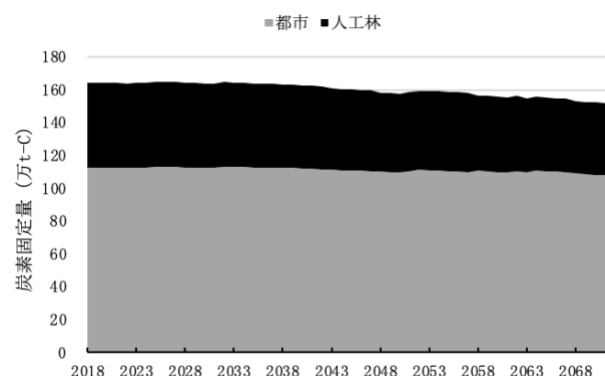


図 1 都市と人工林の炭素ストック量の推移

4. おわりに

本研究では、木材の地産地消を考慮した都市と人工林の炭素ストック量の推移を推計した。今後はより詳細な木材自給率のシナリオ設定や、木材の地産地消を行わなかった場合との炭素ストック量の比較を行う必要がある。

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(JPMEERF20S11816, JPMEERF20201003)により実施した。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 林野庁(2016)：森林・林業基本計画
- 2) 小松幸夫(1992)：わが国における各種住宅の寿命分布に関する調査報告，日本建築学会計画系論文報告集，No. 439，pp. 101-110

キーワード 地域資源循環、木質資源、炭素ストック量

促進酸化法を用いた排水中の抗生物質の処理技術の検討 Wastewater Treatment Process for Antibiotics by Advanced Oxidation Processes

静岡県立大学 ○鰐川 雅花, 徳村 雅弘, 王 齊, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和

1. はじめに

抗生物質の多くは難生分解性のため、下水処理場で使用されている排水処理法（活性汚泥法）では、除去が困難である。そのため、残留抗生物質が水環境中へ放出され、水生生物に対する影響が懸念されている。加えて、低濃度の抗生物質の存在により薬剤耐性菌が発生し、それによる死亡者数の増加が国内外で問題となっている。

促進酸化法は排水中の抗生物質などの生活由来化学物質の除去法として注目されている。しかし、低濃度での分析が困難なことから、実環境中濃度と比較して高濃度で実験が行われることが多い。また、分析中の非意図的な分解反応による影響を抑制する必要があるが、その方法を定量的に評価した研究は限られている。そのため、分解性パラメータの過大評価が懸念される。

本研究では、国内河川からの検出頻度や濃度が高い生活由来化学物質である抗生物質のクラリスロマイシン (CAM) に加え、抗てんかん薬のカルバマゼピン (CBZ)、解熱鎮痛薬のジクロフェナク (DCF)、抗ヒスタミン薬のフェキソフェナジン (FXD) を対象とし、促進酸化法の一つであるフォトフェントン反応を用いて分解実験を行った。

2. 実験方法

初期生活由来化学物質濃度 ($2 \mu\text{mol L}^{-1}$)、pH を調整し、硫酸鉄 (II) 七水和物、過酸化水素を添加し、ブラックライトブルーランプを点灯することで実験を開始した。経時的に溶液を採取し、反応停止処理を行った後、メンブレンフィルターでろ過し、高速液体クロマトグラフまたは高速液体クロマトグラフ-タンデム型質量分析計を用いて、生活由来化学物質濃度を分析した。

3. 結果と考察

フォトフェントン反応による生活由来化学物質の分解において、3つの反応停止剤（リン酸緩衝液、二酸化マンガン、メタノール）を添加しなかった場合、20時間で64%以上の非意図的な分解が見られたが、3つの反応停止剤を同時に添加した場合、その分解は1.9%以下となり、測定結果に影響を与えないレベルまで抑えられた。

フォトフェントン反応による生活由来化学物質の分

解実験の結果を図1に示す。CBZ, CAM, DCF, FXDの分解反応は擬一次反応速度論に従い、反応速度定数は、 $0.12 \text{ (CBZ)}, 0.034 \text{ (CAM)}, 0.060 \text{ (DCF)}, 0.11 \text{ (FXD)}$ min^{-1} となった。生活由来化学物質の種類によって、反応速度定数が数倍程度異なり、これは物性の違いによるものと考えられる。分解性パラメータを収集することで、実用化の際の装置・プロセス設計などに役立てられる。

すべての生活由来化学物質の分解性パラメータを実験的に収集することは、時間的、経済的に困難である。そのため、信頼できる実験データベースを用いた構造物性相関などの技術を用いて、分解性パラメータを予測・拡充することが有効であると考えられる。対象とした生活由来化学物質の既往研究で検討されている最高被占軌道と最低空軌道のエネルギー準位の差などの物理化学的パラメータと分解性パラメータとの関連性を検討したが、現状では有意な相関が見られなかった。今後、対象物質を拡充し、さらなる検討を行っていく。

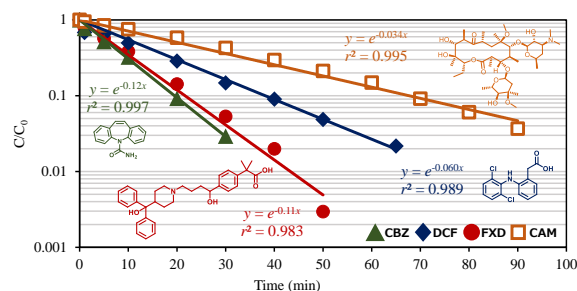


図1 4種の生活由来化学物質の分解実験

4. 結論

フォトフェントン反応により、抗生物質を含む4種の生活由来化学物質が分解され、その反応は擬一次反応速度論に従うことが明らかとなった。

謝辞

本研究は、環境省の環境研究総合推進費（5-1954）、クリタ水・環境科学振興財団の支援により実施された。

参考文献

1) Sudhakaran et al. (2012) Chemosphere, 87, 144–150

キーワード 抗生物質, 排水処理, 促進酸化法

高分解能質量分析計を用いた流入下水中の未知物質の同定

Identification of Unknown Substances in Sewage with High Resolution Mass Spectrometer

鹿児島大学・院 ○酒井俊貴，田中孝昌，高梨啓和，中島常憲，国立研究開発法人土木研究所 鈴木裕識，
村田里美，對馬育夫，いであ株式会社 澤井 淳，宮本信一，後藤康之，戸田美沙，小久保貴幸

1. はじめに

流入下水中には、未規制の未知物質が含まれている。そのような物質のうち、検出頻度が高い物質については、同定することが望ましい。しかし、流入下水には、多種多様で高濃度な夾雑物が含まれており、一般的な同定に必要な単離・精製が困難である。そこで本研究では、液体クロマトグラフ - 高分解能質量分析計を用いることにより、単離・精製を行わずに未知物質を同定することを目的とした。

2. 実験方法

国内の下水処理場より流入下水を 11 日分採取し、固相カラム (Oasis HLB, 日本ウォーターズ) を用いて 250 倍に濃縮した。濃縮液中の有機物を、ESI(+/-)を備えた液体クロマトグラフ - 高分解能質量分析 (UltiMate 3400SD -LTQ Orbitrap XL, Thermo Scientific) を用いて網羅的に探索した。採水日が異なるすべてのサンプルから共通して検出された物質に着目し、多段階質量分析により構造を推定し、コクロマトグラフィーにより同定した。

3. 実験結果と考察

採取した 11 サンプルに含まれる有機物質を探索したところ、1,601 の物質が検出された。検出された物質のうち、すべての流入日から共通して検出され、ピークアリアが大きい 2 物質の構造を同定することとした。

この 2 物質を対象に、質量分析計の内部でエネルギーを与えて開裂させ、得られた第一世代プロダクトイオンスペクトラムを解析した。プロダクトイオン、中性ロスから構造推定を行った結果、物質 1 と物質 2 が推定された。また、共同研究者が行った量子学計算によって、そのプロダクトイオン、中性ロスを生成する開裂反応が起こり得ることが理論づけられた。

そこで、物質 1 と物質 2 の試薬を入手してコクロマトグラフィーを実施した結果、図 1 に例に示すように、流入下水から検出された物質と試薬のカラム保持時間、精密質量、安定同位体パターン、第一世代プロダクトイオンスペクトルのすべてが一致した。このため、物質 1 と物質 2 を同定することができた。物質 1、物質 2 とともに

界面活性剤として用いられており、製造・輸入量は数千トン程度である。これらの物質の流入下水からの検出例は、著者の知る限りでは報告例が見当たらない物質であった。

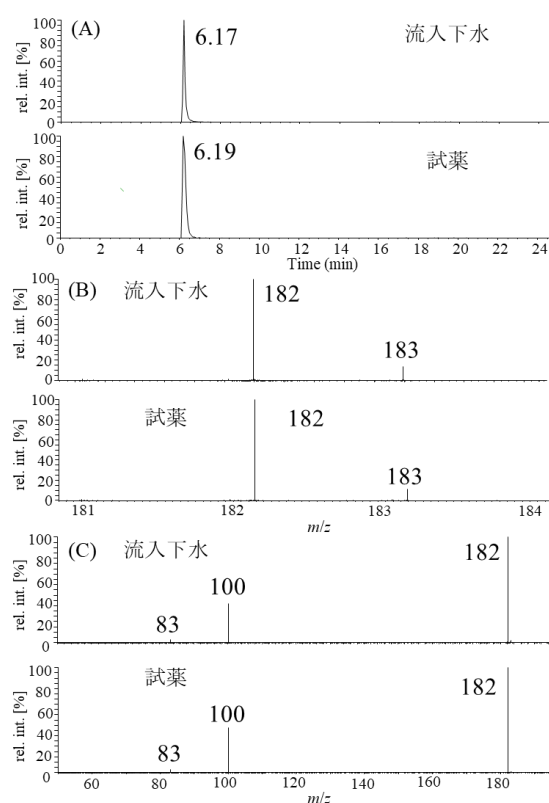


図 1 流入下水中の物質 1 と試薬のコクロマトグラムの例, (A)抽出イオンクロマトグラム, (B)プリカーサーイオンスペクトル, (C) 第一世代プロダクトイオンスペクトル

4. 結論

高分解能質量分析計を用いて流入下水に含まれている有機物を網羅的に探索し、採水日が異なるすべてのサンプルから検出された 2 物質について同定した。

謝辞 本研究の一部は、国土交通省下水道応用研究により実施された。ここに記して謝意を表す。

キーワード 質量分析，網羅分析，構造推定，同定

幼児の自然体験を通じた感受性への影響 The effects on infant's sensitivity through nature experience

神戸大学人間発達環境学研究科 ○水谷早彩香, 大野朋子

1. はじめに

幼児教育では、幼児期の自然を通じた実体験は重要であり、これまで、直接的な自然体験と幼児の健康との関係性やその有効性に関する研究は行われてきたが、野外での自然体験と屋内での間接的な自然体験と比較し、その効果の違いを明らかにした研究はない。

そこで本研究では、幼児に対して野外での自然体験前後に自然物の描画を行わせ、色使いや描画物を分析して直接的、間接的な自然体験が幼児の感受性にどのような影響を及ぼすのかを明らかにした。

2. 研究の方法

2.1. 幼児の自然体験前後の描画実験と描画評価

神戸市の A 私立幼稚園の 5、6 歳児年長クラス a 組（男児 14 名、女児 19 名）と b 組（男児 11 名、女児 20 名）の園児（以下、幼児とする）64 名を調査対象者とした。

自然体験前の 2019 年 10 月 16 日、幼児に対してサツマイモの描画実験を園内教室で行った。描画には A4 白画用紙と 16 色クレヨンを使用し、課題 1 として a、b 組全員に言葉のみでサツマイモの描画を指示した。次に課題 2 として a 組のみサツマイモの写真を見せ、再度サツマイモの描画を指示した。

2019 年 10 月 17 日、神戸大学大学院人間発達環境学研究科実習観察園で幼児らに芋掘り体験をさせた。課題 3 として自然体験後の翌 18 日に a、b 組の幼児らに園内教室で再度課題 1 と同様にサツマイモの描画を指示した。

得られた描画は、描画心理検査に使用される S-HTP 法と色彩バウムテストをもとに表 1 に示す分析項目を設定し、課題 1 と 2、1 と 3 を比較、評価した。描画変化の評価基準に従って、分析項目ごとに相当する評価に 1 点を与えている。

表 1 描画変化における評価基準

描画分析項目	描画変化の評価基準		
	ポジティブ評価	ネガティブ評価	ニュートラル評価
画面の空白率	20%以上減少	20%以上増加	20%未満の増減
付加物の描画*	追加描画	描画削除	増減なし
配色数	増加	減少	増減なし
サツマイモ位置	土の中に変化	土の外以外に変化	変化なし
ひげ根	追加描画	描画削除	変化なし
茎・葉（地上部）	追加描画	描画削除	変化なし
人物数	増加	減少	増減なし

*付加物とはサツマイモ以外の地面、道具、天候、人物の描画を示す。

3. 結果

3.1. 写真による間接的自然体験の効果

言葉のみで描画させた課題 1 では、a、b 組ともにほぼ全員が付加物を描画しており、サツマイモの特徴として、配置や地上部の描画は両組ともに 7 割以上が正しく描いた。その一方、ひげ根は 7 割以上が描画していないことが分かった。

次に課題 1 から 2 の描画変化から間接的な自然体験による効果を調べた。その結果、ポジティブな評価は全ての分析項目で値が 15%以下を示し、非常に低い値であった。配色数や地上部の描画項目を除けば、ニュートラルな評価が最も高いことが分かった。課題 1 で描画されていた配色数、地上部は、課題 2 で描画減少が起こり、ほぼ 9 割の描画がネガティブ評価となったことが分かった。

3.2. 自然体験前後による幼児の感受性評価

課題 1 と 3 を比較して自然体験前後での描画変化を評価すると、a、b 組ともに多くはニュートラル評価だが、詳細に見れば付加物と配色数、人物数にネガティブ評価を上回るポジティブ評価が得られた。特に配色数は a 組が 6 割、b 組が 4 割程度と高い値であることが分かった。

次に間接的な自然体験を追加した効果を検証するため a、b 組を比較する。サツマイモ写真に直接関係するひげ根や地上部に着目すると、ひげ根のポジティブ評価は a 組 0%、b 組 13%、地上部のポジティブ評価は a 組 6%、b 組 10%であり、いずれも低い値ではあるが、b 組の方が高い値を示した。従って写真を提示した描画への影響は認められないことが明らかになった。

4. おわりに

今回の描画実験では、写真を提示した間接的自然体験は幼児の対象物への観察力の向上、すなわち自然物に対する感受性の向上に寄与しないことが分かった。一方、直接的な自然体験後の描画には、人物や配色数が増加する変化が見られ、野外での実体験は、幼児の社会性やパーソナリティの豊かさ向上に影響を与えることが示唆された。

キーワード 環境教育, S-HTP 法, 色彩バウムテスト

浸水深別被害率を用いた洪水浸水被害による水害廃棄物発生量の推計 -名古屋市におけるケーススタディー-

Estimation of Buildings Waste from Floods considering the Damage Ratio by Inundation Depths - a Case Study in Nagoya City -

名古屋大学大学院環境学研究科 ○水嶋彩恵, 白川博章, 谷川寛樹

1. はじめに

近年、日本国内で集中豪雨による水害被害が拡大している。また、将来気候変動に伴う豪雨の頻度・強度が増加することにより、甚大な被害が生じることが懸念される¹⁾。災害廃棄物の迅速で適切な処理及び循環型社会の形成のために、正確な廃棄物量の予測が重要である。将来、拡大する水害被害に適応するためにも、想定される被害データから災害廃棄物発生量を推定する必要がある。そこで本研究では愛知県名古屋市を対象とし、Tanikawa et al²⁾の方法を用いて建築資材ストック量を把握し、洪水浸水想定データ及び浸水深別被害率を用いて、水害廃棄物発生量の推計を行った。

2. 推計方法

建築資材ストック量の推計は、株式会社ゼンリンが提供する「Zmap-TOWNII(2016)」を基盤データとして、また、東岸ら³⁾の資材投入原単位を利用した。水害廃棄物発生量の推計は、表1の浸水深別被害率を用いる。被害率は国土交通省の治水経済調査マニュアルを参考にした。GIS (Geographic Information System/地理情報システム)を用いて、国土地理院が提供する数値標高モデル(5mメッシュ)から地盤勾配を算出し、3つに分類した。また、国土交通省が提供する浸水想定区域データを用いて、水害廃棄物発生量は以下のように計算した。

$$DMS = MS \times \frac{3f}{d} \times r$$

DMS:水害廃棄物発生量, MS:建設資材ストック量, f:建築物の階数, d:浸水深, r:浸水深別被害率である。建築物1階の高さを3mと仮定した。浸水深は想定浸水深が2.0~5.0mは3.5m,その他は想定最大浸水深を用いた。

表1 浸水深別被害率

浸水深 地盤勾配	0~0.5m	0.5~1.0m	1.0~2.0m	2.0~5.0m	5.0m以上
1/1000未満	0.189	0.253	0.406	0.592	0.8
1/1000~1/500	0.219	0.301	0.468	0.657	0.843
1/500以上	0.235	0.325	0.499	0.690	0.865

3. 結果

水害廃棄物発生量の分布を図1に示す。名古屋市全域における建築資材ストック量は252.9百万トンであった。その内の5.3%にあたる13.4百万トンが水害廃棄物発生量と推計された。区で比較すると、南西の中川区における水害廃棄物発生量が最も多く、全体の23.7%にあたる3.2百万トンであった。また、浸水深別では想定浸水深2.0~5.0mにおいて最も多く、全体の55.5%であった。

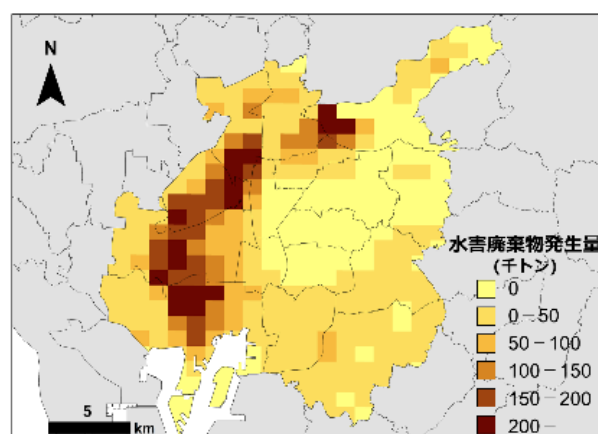


図1 水害廃棄物発生量の分布

4. おわりに

本研究では、浸水深別被害率を用いて水害廃棄物発生量を推計した。今後は、他の方法を用いた推計も行い、本研究との比較・検討が必要である。また、水害廃棄物の循環を加味した物質代謝を考察していく必要がある。

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(JPMEERF20S11816, JPMEERF20201003)により実施した。

参考文献

- 1) 鶴巻峰夫・山本裕吾・吉田登 (2015) 地域の資材ストック量にもとづく災害廃棄物量の予測に関する基礎的検討, 土木学会論文集, 第43巻, pp.241-251
- 2) Tanikawa, H. Fishman, T. Okuoka, K. and Sugimoto, K. (2015) The Weight of Society Over Time and Space; A Comprehensive Account of the Construction Material Stock of Japan, 1945-2010, Journal of Industrial Ecology, Vol.19-5, pp.778-791
- 3) 東岸芳浩・稲津亮・内藤瑞枝・谷川寛樹・橋下征二 (2008) 都市構造物における経年的資材投入原単位の推計に関する研究, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, vol.19, pp.147-149

キーワード 浸水想定, 水害廃棄物, 地理情報システム

高分解能質量分析と密度汎関数理論による流入下水中の未知物質の構造推定

Structural Elucidation of Unknown Substances in Sewage with High Resolution Mass Spectrometry and Density Functional Theory

鹿児島大院・理工 ○田中孝昌, 酒井俊貴, 桐原晃希, 新福優太, 高梨啓和, 中島常憲, 国立研究開発法人土木研究所 鈴木裕識, 村田里美, 對馬育夫, いであ株式会社 澤井淳, 宮本信一, 後藤康之, 戸田美沙, 小久保貴幸

1. はじめに

流入下水中に含まれている未知物質を探索して同定するには、高分解能質量分析が有効である。しかし、高性能な質量分析計を用いても、直接的には分子式情報しか得ることができず、同定には構造解析が必要である。そこで本研究では、共同研究者が発見した流入下水中の未知物質（2物質）を対象に、フラグメンテーション経験則（General Fragmentation Rules, GFR）と密度汎関数理論（Density Functional Theory, DFT）を用いて構造解析することを目的とした。本研究で構造推定された物質は、共同研究者による同定実験に供される。

2. 実験方法

共同研究者が流入下水から発見した物質を、液体クロマトグラフ・高分解能質量分析（UltiMate 3400SD-LTQ Orbitrap XL, Thermo Scientific）を用いて多段階質量分析した。多段階質量分析は、Heを用いた共鳴型衝突誘起解離によって行った。得られたマススペクトルから、GFRにより未知物質の構造を推定した。その構造は、DFTを用いた固有反応座標計算（Intrinsic Reaction Coordinate Calculation, IRCC）により検証された。DFTは、Gaussian 09（Gaussian）を用いて、混成汎関数および基底関数はB3LYP/6-31+G(d,p)として行った。

3. 結果と考察

共同研究者が流入下水から発見した物質の分子量関連イオンは、 m/z 182 と m/z 230 であった。本稿では、このうち m/z 230 の物質を例として記した。この物質を多段階質量分析した結果、第一世代プロダクトイオンとして脱水イオン m/z 212 が観察された。

得られた結果に GFR を適応して構造解析した結果、分子量関連イオンから中性ロスとして脱水する遠隔水素転移反応（rHa）が推定された（図1）。そこで、推定した反応が起こり得るかを検証するために、図1に示した極限構造をもとに IRCC を行った。IRCC は、各原子間の結合距離や結合角を標準的な値を中心に試行錯誤的に変化させた初期構造に対する構造最適化計算、振動

計算により行われた。その結果、虚振動を1つのみ有する遷移状態の構造（Transition State, TS）を発見し、本反応が起こり得ることを理論的に示した。算出された反応原料（reactant）、TS および生成物（product）の自由エネルギーから系の自由エネルギー変化を求め、図2に示す。本反応の活性化エネルギーは、14.3 kJ/mol であった。

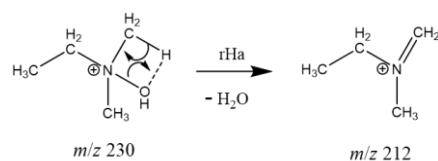


図1 推定された開裂反応

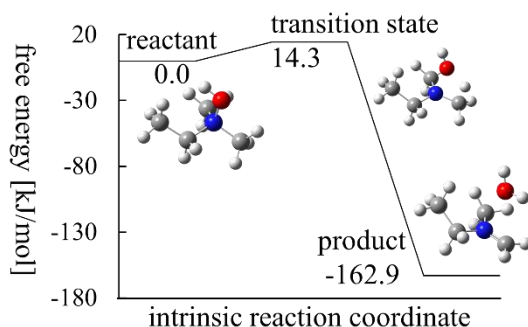


図2 推定された開裂反応の固有反応座標計算結果

4. 結論

流入下水中の未知物質の構造を、フラグメンテーション経験則により推定した。推定した構造から、観察されたプロダクトイオンおよび中性ロスを生成する開裂反応は、固有反応座標計算により検証された。検証の結果、仮定した開裂反応が起こり得ることが理論的に証明され、共同研究者の同定実験により実験的に確認された。

謝辞 本研究の一部は、国土交通省下水道応用研究により実施された。ここに記して謝意を表す。

キーワード LC/HRMS, 量子化学計算, 未知物質

家庭及び施設における衛生管理に有効な炭酸水の条件 Conditions for carbonated water effective for hygiene management in homes and facilities

秋田県立大学大学院システム科学技術研究科 ○工藤優之, 金澤伸浩

1. 背景

炭酸水には殺菌効果¹⁾や血行促進作用などの医療的効果があるとされ、介護施設や温泉などで炭酸水が利用されている事例がある。しかし、炭酸水の殺菌効果についてはその原理や利用条件における殺菌効果は明確でない。そのため本研究では、大腸菌を用いた殺菌試験で pH ごとの次亜塩素酸最小影響濃度を調べ、pH や温度で変化する炭酸水の特性を明らかにした。

2. 実験結果と考察

2.1 炭酸水の殺菌効果

炭酸水の殺菌効果について検証するため、大腸菌(*E. coli*, NBRC3972, NITE)を自製炭酸水と純水に曝露させ、生菌数の測定を行った。炭酸水は HATAMixer (HATA Inc.)で製造した。炭酸 930 mg/L の炭酸水及び純水共に大腸菌に対する殺菌効果は確認できなかった。

2.2 pH を調整した次亜塩素酸水の最小影響濃度

pH 4~6 の次亜塩素酸水は殺菌効果が大きいことが知られている²⁾。pH 調整は塩酸でも可能だが Cl₂ による中毒事故や腐食が生じる。そこで炭酸水を利用して pH を調整した次亜塩素酸水の殺菌効果を確認した。炭酸水に次亜塩素酸ナトリウムを添加して残留塩素濃度 0.03 mg/L~1.15 mg/L, pH4~9 の範囲で調整した水を大腸菌に 3 分間曝露し、生菌数を測定した。図 1 に示したように炭酸水で調製可能な pH 4.0~4.5 程度では水道水の残留塩素濃度の基準値 0.1 mg/L 以下でも殺菌効果が期待できることが明らかになった。また pH 7.5 の最小影響濃度は 0.22 mg/L, pH 9.1 は 0.42 mg/L 程度であり pH が大きいと殺菌効果が低下することを確認した。

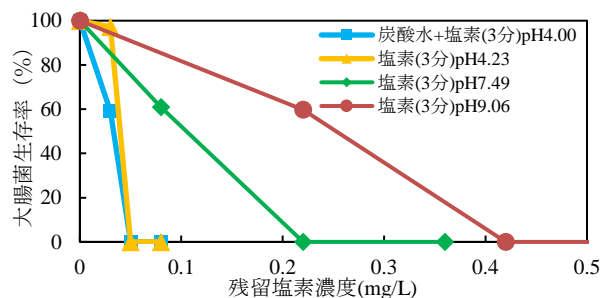


図 1 pH ごとの残留塩素濃度と大腸菌生存率の関係

2.3 炭酸濃度及び pH の経時変化

炭酸水は水温が高いほど容易に気化して炭酸濃度が低下するため、温泉水として利用した場合に pH が上昇して殺菌効果は低下すると考えられる。そこで炭酸水を 40℃に維持した際の炭酸濃度と pH の推移を測定した。pH は pH 計(D-53, HORIBA), 炭酸濃度は TOC 計(TOC-V, Shimadzu)で測定した。図 2 に示したように 40℃の炭酸水は数時間程度であれば pH4.5 以下を維持できることが分かった。また過飽和の状態でも次亜塩素酸が塩素ガスとなる pH に低下することはなく、入れすぎにより塩素ガスが発生する事故も生じないと考えられる。

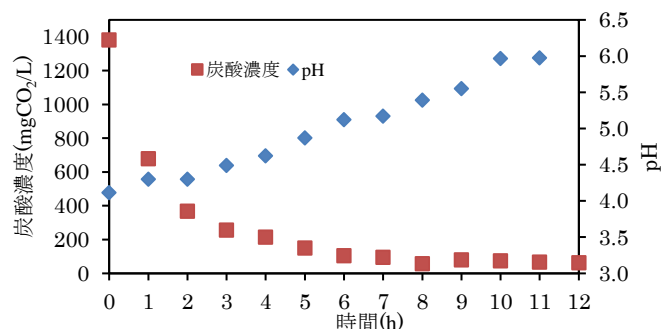


図 2 pH と炭酸濃度の経時変化

3. まとめ

炭酸水自体に殺菌効果は認められなかったが、炭酸で pH を下げた次亜塩素酸水は水道水の残留塩素濃度以下でも殺菌効果を得られた。温水でも暫くは pH を維持できることから、炭酸を加えた水道水を手洗いや入浴に用いても殺菌効果が期待できる。炭酸では pH 調整の失敗による事故の懸念もないことから、施設における衛生管理目的に炭酸水を利用することは有効と考えられる。

参考文献

- 1) 早田保義, 小林史幸 (2008) 低圧条件での二酸化炭素を用いた革新的食品殺菌法の開発, 浦上財団研究報告書, 16, 150-159.
- 2) 福崎智司 (2009) 次亜塩素酸による洗浄・殺菌機構と細菌の損傷, 日本食品微生物学会雑誌, 26(2), 76-80.

キーワード 殺菌, 炭酸水, 次亜塩素酸, 大腸菌

プラスチック樹脂の FT-IR スペクトルの特徴付けと材質の同定手順 Characterization of FT-IR Spectrum and Identification Procedures of Plastic Resins

横浜国立大学大学院・環境情報 ○金 振雅、亀屋 隆志、小林 剛

1. はじめに

近年、海洋・河川・湖沼などに浮遊する廃プラスチックは環境影響が懸念され社会問題化している。特に、5mm 以下の小さなマイクロプラスチック (MP) は、水生生物に誤食されやすいため、消化器官への障害や添加物等の体内への蓄積が懸念されている。プラスチック樹脂には用途によって多様な材質が使用されているが、MP の由来を推定するための材質に関する情報はまだまだ少ない。本報では、プラスチック樹脂のフーリエ変換赤外分光 (FT-IR) スペクトルを特徴付けしてデータベース化し、広範な材質の MP を判別するための判別手法を考案したので報告する。

2. 実験方法

19 種類のプラスチック樹脂 (PP, PE, PET, PS, PC, PVC, PTFE, Polyisoprene, Cellulose, PEEK, ABS, Bakelite, Polyester, Nitrile, EVA, Polyamide, PMMA, PU, POM) のペレットや板材、繊維の素材や、それらを含有する生活製品等入手し、フーリエ変換赤外分光光度計 (FTIR-6200, JASCO) を用いて赤外スペクトルを測定した。一方、文献調査等により各素材の FT-IR スペクトル情報を収集し、上記の測定データと合わせ、材質ごとに持つ特有のスペクトルパターンの特徴づけを行った。また、A 社の自動判別ソフトウェアとの比較により、本報で作成した簡易迅速な判別手順による同定手法の妥当性を検証するとともに、FT-IR 分析において材質判別を困難とするポイントの整理を行った。

3. 結果と考察

計 19 種類の樹脂の赤外スペクトルは、主に波数 3,000~500 cm^{-1} のまでの広範囲に亘るものであった。特に、3,000~2,800 cm^{-1} 付近と 1,700~1,000 cm^{-1} 付近にスペクトルを有する樹脂が多くあり、材質判別の中心領域となった。また PVC と ABS、PE と EVA などでは、FT-IR の主要なピークが多数重複していた。このため、各樹脂が有するスペクトルを相対強度 (スペクトル上ピーク高さの相対値) でそれぞれ st (強), m (中), w (弱), vw (極めて弱) の 4 段階に分類した。これらの各波数におけるピークの有無や相対強度、形状など

の特徴 (非類似性) をまとめた判別表 (図 1) を順序良く参照することにより、複雑な類似度計算などを必要とせず、該当波数でのピーク強度差と有無可否の確認による判別手順に従って 19 種類のプラスチック樹脂の主成分の同定作業を行える判別手法を考案した。

波数 (cm^{-1})	PP	PE	PET	PS	PTFE	EVA	PVC	ABS
3000	st		vw	vw			w-m	
2900	st	st	vw		vw	st	m	w-st
2800	st	m-st		vw		st	w-m	
2200								w
1700			m-st			w-m	w-st	
1600				w				w-m
1500	m	m		w		w-m		w-m
1400	st		w	w		w	w-m	w-st
1300							w	
1200	w		m-st		st	m	m-st	
1100			m-st		st		w	
1000	w		m	w		w-st	m	w
900	w		w					w
800	w							m-st
700		m	st	st		m		m-st
600					m		m-st	
500				m	st			

図 1 FT-IR スペクトルによるプラスチック材質の判別表の例
(セル内の分類はピークの相対強度: st: 強、m-st: 中又は強、m: 中、w-m: 弱又は中、w-st: 弱又は強、w: 弱、vw: 極めて弱)

4. 結論

19 種類のプラスチック樹脂について、最大強度ピークを出発点として、各波数の特徴的なピークを順序良く確認していくことでプラスチック材質を同定できる簡易な判別手法を作成することが可能であった。

参考文献

- 1) Jung M. et al. (2018) Validation of ATR FT-IR to identify polymers of plastic marine debris, including those ingested by marine organisms, *Mar. Pollut. Bull.* 127, 704-716.
- 2) G. Socrates (2004) Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies: Tables and Charts, John Wiley & Sons, pp. 279-280

キーワード マイクロプラスチック, FT-IR, 水環境

化管法見直し対象物質の自動同定定量データベースの開発と環境中濃度解析 AIQS-DB for New Japanese PRTR Chemicals and their Concentration in the Environment

横浜国立大学大学院・環境情報 ○中村ひな、亀屋隆志、小林剛

1. はじめに

化学物質排出把握管理促進法（以下化管法）は PRTR 制度と SDS 制度を柱として、事業者による化学物質の自主的な管理の改善を促進し、環境の保全上の支障を未然に防止することを目的とした法律である。今般、法制定後 20 年を経過して 2 度目の対象物質の見直しが検討される¹⁾。本研究では新規追加候補の物質を対象として GC-MS AIQS-DB を用いた一斉分析法を新たに開発し、旧化管法対象物質と新規追加物質候補それぞれに着目した河川水中での存在状況の解析を行った。

2. 方法

2.1. 対象物質

2020 年 7 月 31 日に行われた中央環境審議会環境保健部会（第 44 回）¹⁾における見直しで新規追加された 258 物質について GC-MS AIQS-DB への適用検討と環境中濃度の再解析を行った。また旧化管法対象で GC-MS AIQS-DB 可能な物質のうち引き続き対象となる 218 物質と、見直し後に除外される 96 物質を合わせた 314 物質も再解析の対象とした。

2.2. GC-MS AIQS-DB

新規追加候補物質をアセトン溶媒で 1mg/L に調製し AIQS-DB 用の標準条件で GC-MS 分析して²⁾、ピークの有無、保持時間、質量スペクトルを得た。相対強度の強い定量イオン 1 つと確認イオン 2 つを設定した。0.001 mg/L～1mg/L の間の 10 濃度区で 3 回繰り返し分析を行い、検量線を作成した。

2.3. 全国河川水データの再解析

本研究室で 2015 年春と 2016 年夏に行った全国河川 50 地点のモニタリングの測定データについて、Total Ion Monitoring により保存されている新旧の対象物質の質量スペクトルの再解析を行った。

3. 結果と考察

3.1. GC-MS AIQS-DB の適用対象物質の拡大

新規追加候補物質のうちアセトン溶媒への溶解性や揮発性などを考慮し、半揮発性の 114 物質についてデ

ータベース作成を試みたところ、新たに 62 物質の AIQS-DB 作成が可能となった。また、これらの物質の保持時間の分布と m/z の重なるの有無を確認した。

3.2. 全国河川水データの再解析結果

全国 50 河川の再解析を行った結果、新旧合わせて 376 物質中 217 物質が検出された。新旧の化管法における対象物質指定の変化を以下表 1 の①～⑤のように分類し、検出状況の整理をした結果、検出事例が確認された割合はそれぞれ①70.7%②66.7%③52.6%④33.3%⑤48.9%であり、見直し後の化管法で第 1 種に指定される①と②の物質が多地点で検出されている傾向が確認された。⑥新規追加候補は 62 物質のうち 24 物質(38.7%)の検出が確認されたが、従来の対象物質に比べて検出割合は小さかった。

表 1 全国 50 河川での新旧化管法対象物質の検出

対象物質 旧化管法→新化管法	検出事例が得られた 物質の割合
① 第 1 種 → 第 1 種	70.7 %
② 第 2 種 → 第 1 種	66.7 %
③ 第 1 種 → 第 2 種	52.6 %
④ 第 2 種 → 第 2 種	33.3 %
⑤ 第 1・2 種 → 除外	48.9 %
⑥ 未指定 → 第 1・2 種	38.7 %

4. 結論

旧化管法対象 314 物質と新規追加候補 62 物質で全国河川水データの再解析を行った結果、見直し後の化管法で第 1 種に指定される物質が多地点で検出されている傾向が明らかになった。

謝辞 本研究は環境総合研究推進費 JPMEERF19S20403 を得て行われたことをここに記し、謝意を表します。

参考文献

- 1) 環境省中央環境審議会環境保健部会（第 44 回）
- 2) 三保紗織 (2017) 河川水中の未規制有害物質一斉分析法の信頼性評価と汚染スクリーニング 横浜国立大学博士論文

キーワード 化管法、GC-MS、AIQS-DB、環境中濃度

塩素化多環芳香族炭化水素代謝物の芳香族炭化水素受容体に関する多段階活性評価 Multiple Activity Assessment for Ah-Receptor of Chlorinated PAH Metabolites

静岡県立大学 ○多田智彦, 清健人, 王齊, 徳村雅弘, 三宅祐一, 雨谷敬史, 牧野正和, 梶山女学園大学 保田倫子

1. はじめに

塩素化多環芳香族炭化水素 (CIPAHs) は, 大気や食品中から検出されることが報告されている環境汚染物質である。PAHs の誘導体である CIPAHs は, 水酸化 PAHs (OHPAHs) とは異なる毒性を上昇させることが知られている。また, CIPAHs は生体内代謝により水酸化 CIPAHs (OH-CIPAHs) を形成することが報告されているが, 標準試薬が市販されておらず, 研究が進んでいない。そのため, OH-CIPAHs に関する詳細な毒性情報や環境中の濃度等の知見がほとんど得られていないのが現状である。

本研究では, 我々の既往研究で合成に成功している, 異性体を含めた 4 種の OH-CIPAHs について, 芳香族炭化水素受容体 (AhR) 活性評価を複数の評価法を用いて行い, CIPAHs の包括的なリスク評価を行うことを目的とする。本稿では, pyrene (Pyr), phenanthrene (Phe) の母核を含む様々な誘導体 (Cl 体, OH 体, OH-Cl 体) について, *in vitro*, *in silico* 試験による, ヒト AhR (*hAhR*) 活性評価を行った結果について報告する。

2. 方法

In vitro 試験として, 酵母 Two-Hybrid Assay 改良評価法を用いて OH-CIPAHs の *hAhR* 活性を評価した。陽性対照物質として, β -naphthoflavone (BNF) を使用した。次に, ヒト肝臓がん HepG2 細胞中の CYP1A 活性評価試験を改良した EROD 活性評価を行った。*In silico* 試験として, AhR に対するリガンドの結合能を評価するため, Ligand-Docking 計算を行った。計算には, AutoDock Vina (The Scripps Research Institute) を用いた。

3. 結果・考察

試験対象物質全てにおいて, *hAhR* 活性を確認した。活性を示した全ての物質の中で, 8-ClPyr-1-ol が最も低い EC_{50} 値 (0.16 ± 0.08) を示し, 10-ClPhe-9-ol が *hAhR* 活性を最も上昇させた。また, OHPAHs や OH-CIPAHs (3-ClPyr-1-ol, 10-ClPhe-9-ol を除く) は, 高濃度側で細胞数の減少が確認できたため, 細胞毒性が高いと示唆された。Pyr, 1-OHPyr, 9-OHPhe, 合成した代謝物 4 種の EROD 活性を確認した。20-50 μ M の濃度範囲で有意な活性を示した物質のうち, 10-ClPhe-9-ol が最も高い活性を示した。

さらに, 6-ClPyr-1-ol は, EROD 活性評価の結果から, 細胞毒性の影響によって *hAhR* 活性が正しく見られていないことが確認された。(図 1) また, Ligand-Docking 計算において, 試験対象物質の結合エネルギーと構造位置関係を比較した結果, 陽性対照物質の BNF はリガンドポケット中心に存在し, 結合エネルギーも高い値を示した。しかし, 3 環の 10-ClPhe-9-ol と 4 環の OH-ClPyr の 3 種はリガンドポケット中心から外れた位置に存在し, 8 種のアミノ酸残基の配向性も異なり, 結合エネルギーも低い値を示した。(図 2) 結合エネルギーと AhR 活性を比較した結果, 相関が得られなかったため, リガンド結合部位とは他の経路を強く活性化していることが示唆された。

4. 結論

OH-CIPAHs の中に, OHPAHs や CIPAHs よりも活性を上昇させるものが存在した。また, *in vitro* 試験と *in silico* 試験で異なる結果が得られたため, CIPAHs の包括的なリスク評価を行うためには, 生体内代謝を考慮した多段階な活性評価を行う必要があることが示唆された。

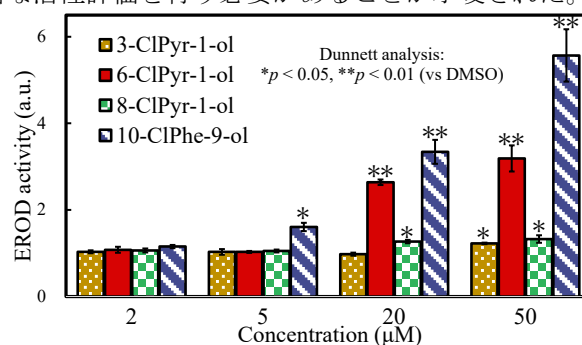


図 1. EROD 活性評価の結果

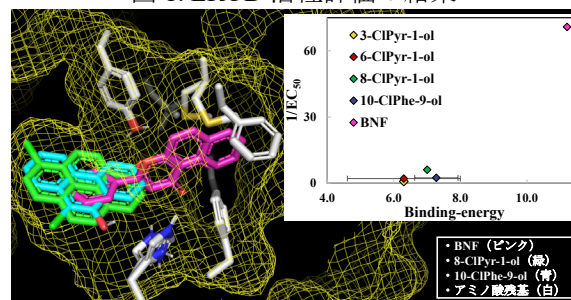


図 2. リガンド構造位置関係 (左) と結合エネルギーに対する AhR 活性の比較 (右) (PDB-ID = 3h7w)

キーワード 塩素化多環芳香族炭化水素代謝物, 芳香族炭化水素受容体活性評価, EROD 活性評価, Ligand-Docking 計算

酸化剤の担持が高分子吸着剤のヒ素(Ⅲ)吸着に与える影響 Effect of Oxidizing Agent Loading on Arsenic (Ⅲ) Removal by Polymer Adsorbent

広島大学 ○宋 玉, 後藤健彦, 中井智司

1. はじめに

ヒ素による水汚染は、非常に深刻な環境問題となっている。現在、有害物質を浄化する広く使用されている方法は吸着法である¹⁾。除去効率はヒ素など酸化数 5 の As(V)の方が高い。したがって、水からのヒ素の除去にはヒ素を酸化する技術も重要である。

そこで、本研究では、カチオン性高分子の 4 級化ジメチルアミノプロピルアクリルアミド (DMAPAAQ) から作製した高分子ゲル吸着剤に酸化剤 (KMnO₄、K₂Cr₂O₇) を担持することにより、有害物質を酸化還元してより吸着されやすい価数に変え、ヒ素の吸着量を増加させることを目的とする。

2. 実験方法

2.1 ゲルの合成

DMAPAAQ を用いてゲルを合成した。合成後、24 時間洗浄し、50℃で乾燥させた。乾燥後のゲルを、0.01mol/L の KMnO₄ 溶液または、K₂Cr₂O₇ 溶液に 24 時間浸漬し、イオン交換水で 24 時間洗浄した。

2.2 吸着実験

ゲル 0.02g を NaAsO₂ 溶液 10ml に 24 時間浸漬し、外部溶液の濃度変化から除去率と吸着量 (平衡吸収容量) を計算した。pH による除去率への変化を検討する場合、初期濃度を 20ppm、pH を 2~6 の範囲で実験を行った。初期濃度による除去率への変化を検討する場合、初期濃度を 10~50ppm の範囲で実験を行った。

3. 結果と検討

3.1. pH による除去率への影響

図 1 は溶液の pH が除去率に与える影響を示したものである。図より、純粋な DMAPAAQ ゲルと比べると、MnO₄⁻を担持した DMAPAAQ ゲルはヒ素の除去率が大幅に増加していることが示された。これは、ゲルに担持されたマンガ酸化物が As(Ⅲ)を酸化した上、酸化生成物である As(V)を吸着するためである²⁾。

また、pH の増加にしたがって除去率も増えることが確認された。しかし、pH が 2 の場合、ヒ素の除去率が非常に少なかった。これは、pH を調整する際に使用した塩酸由来の Cl⁻が多く、AsO₂⁻、酸化生成物である

AsO₄²⁻のゲルへの吸着を抑制したためだと考えられる。

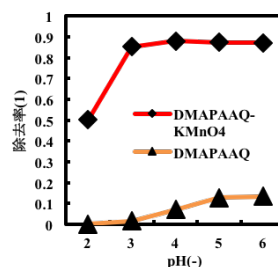


図 1 pH による除去率への変化

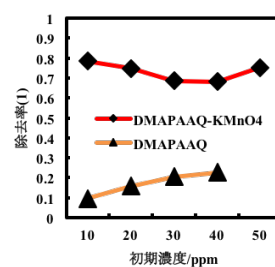


図 2 初期濃度による除去率への変化

3.2. 初期濃度による除去率への変化

図 2 は初期濃度による除去率への変化を示している。図より、初期濃度によらず、除去率を 70%以上に安定して維持できることが示された。これは、ヒ素の最大吸着量に達していないので、初期濃度の増加にしたがって、吸着量も線形的に増加したためと考えられる。

4. まとめ

過マンガン酸カリウムを担持した DMAPAAQ ゲルは三価ヒ素の吸着特性が大幅に増強することが確認された。これは、ゲル内部に存在している過マンガン酸イオンとの酸化還元反応により、三価ヒ素が五価ヒ素に酸化し、吸着効率が増加したことと、ゲル内のマンガ酸化物にもヒ素吸着されたためと考えられた。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 17K06892 ならびに国土交通省建設技術開発助成制度の助成を受けました。

参考文献

- 1) Cao X.S., et al.,(2019), Environ. Int., 131, 104992.
- 2) Manning, B.A., et al., (2002) Environ. Sci. Technol. 36, 976-981.

キーワード： DMAPAAQ、ヒ素、除去率、酸化還元

Classification of Secondary Lead Resources in China

Ritsumeikan University ○Jian Zhang, Xaysackda Vilaysouk, Sébastien Dente, Seiji Hashimoto

1. Introduction

Lead (Pb) has been used extensively in diverse fields because of its relative abundance and low cost. However, Pb is toxic to living organisms: Pb discharged to the natural environment can damage ecosystems. Therefore, promoting the proper treatment and recycling of waste Pb is crucially important. For this study, we applied a secondary resource classification framework¹⁾ to assess secondary Pb reserves and potential Pb waste in China, where Pb consumption has been increasing dramatically.

2. Methods

Secondary resources are classified by the levels of knowledge such as the form and time of recovery or non-recovery and the level of profitability of recovery¹⁾. The Pb stocks of in-use finished products under economic recovery condition are regarded as secondary reserves. Those under subeconomic and other recovery conditions are regarded as potential waste. Secondary Pb reserves $SLR(t,c)$ and potential Pb waste $PLW(t,c)$ in country c in year t are estimated using the following equations²⁾.

$$SLR_{(t,c)} = \sum_i LS_{(t,c,i)} \times SRR_{(t,c,i)}$$

$$PLW_{(t,c)} = \sum_i LS_{(t,c,i)} - SLR_{(t,c)}$$

Therein, $LS(t,c,i)$ represents the Pb stocks of in-use finished product i in country c in year t , $SRR(t,c,i)$ represents secondary reserve ratio of in-use finished product i in country c in year t . The overall national secondary reserve ratio $SRR(t,c)$ was estimated using the following equations.

$$SRR_{(t,c)} = \sum_i REoLS_{(t,c,i)} \div GEoLS_{(t,c,i)}$$

The $REoLS(t,c)$ and $GEoLS(t,c,i)$ therein respectively denote amounts of recovered end of life (EoL) scrap and generated EoL scrap of finished products used in country c in year t .

3. Results and Discussion

China's refined Pb consumption was 0.298 megatons (Mt) in 1994. Then it began to grow rapidly, exceeding 5.000 Mt in 2018. After the stock in China increased slowly before 2000,

Table 1 Classification of secondary Pb resources in China in 2010

	Finished products in use		Waste in managed landfill sites	Dissipated materials	
	Emerging in the year	Not emerging in the year			
Economic	1,412 kt 8%	11,924 kt 71%			
Subeconomic	92 kt 1%	773 kt 5%	735 kt 4%	1,530 kt 9%	Total
Other			315 kt 2%		16,781 kt 100%

it grew rapidly to approximately 25 Mt in 2018. During 1950–2018, the SSR in China was more than approximately 90%. Table 1 shows that there would be 13.336 (=1.412 + 11.924) Mt and 0.864 (=0.092 + 0.773) Mt, respectively, of SLR and PLW in China in 2010. During 1950–2010, 0.735 Mt were accumulated in managed landfills. Approximately 1.530 Mt were dissipated back to environment; 0.315 Mt were lost in mixed metals. The availability of SLR emerging in 2010 in China could meet only about 34% of domestic refined Pb consumption needs, which might be attributable to the huge and growing demand for refined Pb in China. Most secondary Pb resources are currently accumulated in the economy as secondary reserves not emerging in a year in China because of the rapid increase in demand for refined Pb in recent years.

Acknowledgments: This research was supported by Environmental Economics and Policy Studies IV, Grant-in-Aid for Scientific Research (19H04329), and Environment Research and Technology Development Fund (JPMEERF20193002).

References

- 1) Hashimoto, S. et al.: Framework of material stock accounts – Toward assessment of material accumulation in the economic sphere. Proc. Eighth Intl. Conf. EcoBalance 2008, C-08.
- 2) Maung, K.N. et al.: Assessment of the secondary aluminum reserves of nations. Resources, Conservation and Recycling, Vol.126, pp.34-41, 2017

Keywords: urban mining, recycling, material flow analysis

ライフサイクル水銀排出量の分析に向けた LCI データの作成 Development of LCI data for life-cycle mercury emission analysis

立命館大学 ○青木一将, 橋本征二 産業技術総合研究所 田原聖隆

1.はじめに

2002 年に公表された「世界水銀アセスメント」では、水銀汚染に対応するための地球規模の行動の必要性が提言され、2013 年には水俣市において「水銀に関する水俣条約」が採択された。我が国では 2015 年に「水銀による環境の汚染の防止に関する法律」が制定され、日本国内においても水銀管理を適切に行っていくため、各分野からの水銀排出量の把握や様々な製品のライフサイクル水銀排出量の分析等が重要となっている。環境省では、水銀大気排出インベントリーや水銀マテリアルフローを推計・公表しているが¹⁾、LCA (ライフサイクルアセスメント)における LCI (ライフサイクルインベントリ) データにおいて、こうした情報は十分活用されていない。本研究では、ライフサイクル水銀排出量の分析を可能にするため、LCI データの作成を試みた。

2. 方法

LCA に用いられる国内の主要な LCI データとしては IDEA (Inventory Database for Environmental Analysis) がある²⁾。水銀排出量に関しては、化学物質排出移動量届出制度 (PRTR) のデータが利用されているが、データの網羅性や正確性については課題が指摘されている。本研究では、環境省の水銀大気排出インベントリーや水銀マテリアルフロー¹⁾における水銀排出プロセスに対応する IDEAv2.3 のプロセスを同定するとともに、対応する水銀排出量の各プロセスへの合理的な割り付け方法を検討した。対象とする水銀排出プロセスは、環境省の水銀大気排出インベントリーや水銀マテリアルフローで扱われている 41 プロセスのうち、自然由来の排出や排出が検出限界以下のものを除いた 23 プロセスとした。

3. 結果と考察

対象とした 23 プロセスのうち、水銀排出量の多い 2 プロセスの対応例を表 1 に示す。

セメント製造施設については、IDEAv2.3 の 5 つのプロセスが対応する。セメント製造施設における水銀排出源はクリンカ製造プロセスであるため、その排出量を IDEAv2.3 の「セメントクリンカ」プロセスに割り付けた。

表 1 プロセスの対応例

環境省水銀マテリアルフローにおけるプロセス		IDEAv2.3におけるプロセス	IDEA分類コード
セメント製造施設		ポルトランドセメント	222111000
		セメントクリンカ	222112000
		その他の水硬性セメント	222119000
		高炉セメント, B 種	222119200
		フライアッシュセメント, B 種	222119201
鉄鋼製造施設	一次製鉄施設	コークス	183111000
		コークス, 鉄鋼用	183111101
		コークスの燃焼エネルギー	183111801
		コークスの燃焼エネルギー, 鉄鋼用	183111803
		燃料ガス(高炉ガス・コークス炉ガスを含む)	183112000
		コークス炉ガス(COG)の燃焼エネルギー	183112801
		高炉ガス(BFG)の燃焼エネルギー	183112802
		転炉ガス(LDG)の燃焼エネルギー	183112803
		焼結鉱	231111000
		鉄ベレット	231112000
		高炉鉄(製鋼用鉄)	231113000
		高炉鉄	231113100
		鋳物用鉄(高炉)	231114000
		粗鋼	231115000
		粗鋼(転炉法)	231115201
	二次製鉄施設	電気炉ガス(EFG)の燃焼エネルギー	183112804
		粗鋼(電炉法)	231115202

鉄鋼製造施設については、IDEAv2.3 の 17 のプロセスが対応する。一次製鉄施設における水銀排出源は、焼結鉱製造プロセス、コークス炉副生ガス/高炉副生ガス利用プロセスであるため¹⁾、それぞれの排出量を IDEA の「焼結鉱」「コークス炉ガス(COG)の燃焼エネルギー」「高炉ガス(BFG)の燃焼エネルギー」プロセスに割り付けた。また、二次製鉄施設における水銀排出源は電気炉であるため¹⁾、IDEAv2.3 の「粗鋼(電炉法)」プロセスに割り付けた。なお、「粗鋼(電炉法)」プロセスの投入フローには「電気炉ガス(EFG)の燃焼エネルギー」は含まれていない。

謝辞：本研究は、環境研究総合推進費 (JPMEERF 20S20604) の成果である。

参考文献

- 1) 環境省：我が国の水銀に関するマテリアルフロー、<http://www.env.go.jp/chemi/tmms/materialflow.html>、2020 年 8 月アクセス
- 2) 産業技術総合研究所安全科学研究部門：<https://www.aist-riss.jp/softwares/40166/>、2020 年 8 月アクセス

キーワード 水俣条約, LCA, IDEA, セメント, 鉄鋼

クロルピリホス S-アリル異性体の生成機構と神経毒性能評価

Study on the formation mechanism and its neurotoxicity caused by S-aryl Chlorpyrifos isomer

静岡県立大学 ○船水純那、五老祐大、徳村雅弘、牧野正和、常葉大学 山田建太

1. 背景と目的

クロルピリホス (CPF) (図 1a) は、建築基準法の改正 (2003 年) により居住資材への使用が制限される一方、農業用殺虫剤としての使用は継続しており、開発途上国を中心に広範囲に散布されている。このため、ドリフト等により CPF が室内を中心とする生活環境へ拡散流入し、加えてヒトへの暴露が懸念されるため、生体・生態リスクが危惧されている。

一般に、有機リン殺虫剤は、オキソソルホン体へ酸化されることで殺虫作用を示すことが知られており、当該リスクを評価する場合、原体およびそのオキソソルホン体の環境濃度や生体残留量が調査されている。一方、先行研究において我々は、オキソソルホン体とは異なる S-アリル異性体が発見され、有機リン殺虫剤で非意図的に生成することを明らかにしている¹⁾。

本研究では、CPF の S-アリル異性体 (図 1b) が生成するメカニズムを量子化学計算に基づいて明らかにするとともに、ドッキング計算によりそのアセチルコリンエステラーゼ (AChE) 阻害能 (神経毒性能) の予測も含めた研究を実施した。

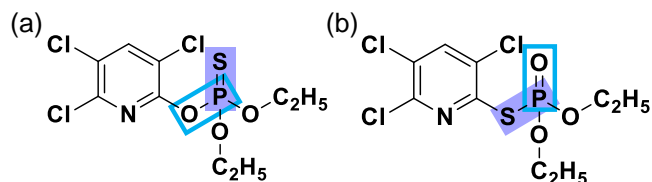


図 1 分子構造模式図

(a) クロルピリホス (b) クロルピリホス S-アリル体

2. 実験および計算方法

3,5,6-Trichloro-2-pyridinol (TCP)と炭酸ナトリウムを *N,N*-Dimethylformamide (DMF)に溶解させ Diethyl Chlorothiophosphate を加え、室温で反応させた。その後、冷却し結晶化させ、ろ過により CPF を得た。

量子化学計算は、Gaussian R 09W (ver.7.0)を使用した。GaussView (ver.5.0)を用いて初期入力データセットを作成した後、密度汎関数法 (base set; B3LYP-6311G(d,p)) により行った。また、TS (Berry)アルゴリズムにより初期遷移状態を最適化し、虚振動数が唯一となる構造を最適遷移構造とした。

ドッキング計算は、The Scripps Research Institute の AutoDock Vina を使用した。AChE は、PDBj より *Torpedo californica* (TC)の構造情報を入手し、計算に用いた。なお、実際に AChE 試験で使用した電気ウナギの AChE と TC の相同性は 100%であることを確認している。

3. 結果と考察

量子化学計算により、CPF の Lowest Unoccupied Molecular Orbital (LUMO)軌道がピリジン環とリン酸エステル間で節面がみられた (図 2)。つまり、光等の電磁波照射によりピリジン環が転移しやすいことが示唆された。そこで、遷移状態を計算した結果、3,5,6-trichloropyridine 基が適切な振動状態 (唯一の虚振動数) を経て、酸素原子から硫黄原子へ転移することが確認できた。一方、Diethyl Chlorothiophosphate と 3,5,6-trichloro-2-pyridinol および 2-pyridinol をそれぞれ反応させた結果、各収率は 55.3%と 26.0%であり、ピリジン環に結合する塩素置換基数がカップリングに大きく影響することも明らかとなった²⁾。最後に、S-アリル異性体のドッキング計算を行った結果、オキソソルホン体と同様に、AChE の Ser 残基へ異性体分子中のリン原子が相互作用することも確認できた。

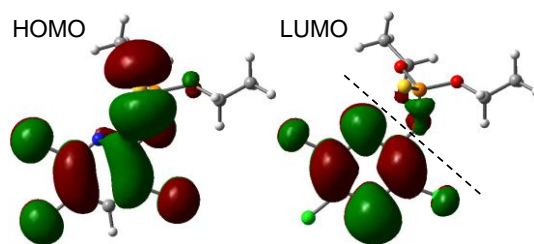


図 2 CPF の Highest Occupied Molecular Orbital (HOMO)及び LUMO を構成する各原子の軌道係数 (点線は節面を意味する)

謝辞 本研究は静岡県立大学 教員特別研究費助成金によって実施された。

参考文献

- 1) Yamada et al. (2010) *J. Hazard. Mater.*, **176**, 685-691.
- 2) 船水純那 (2020) 令和 2 年度 静岡県立大学卒業論文

キーワード S-アリル異性体, 有機リン殺虫剤, クロルピリホス, 神経毒性評価

カーシートとの直接接触に伴う難燃剤の経皮曝露量に及ぼす影響因子の検討 Factors on Dermal Exposure Rates of Flame Retardants via Direct Contact with Car Seats

静岡県立大学 ○大石 真菜, 新堂 真生, 徳村 雅弘, 王 齊, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和

1. はじめに

火災予防のため、室内製品には高濃度の難燃剤が含まれており、ヒトへの健康影響が懸念されている。従来、室内空気を介した経気道曝露や、ハウスダストを介した経口曝露が重要視されてきたが、近年、製品との直接接触に伴う経皮曝露が、難燃剤の主要な曝露経路となり得ることが報告され始めている。

我々の既往研究において、製品との直接接触に伴う難燃剤の経皮曝露量測定のために、シリコンシートを用いた簡易推定法の開発を行った。しかし、製品からシリコンシートへの難燃剤の移行速度に及ぼす影響因子など、詳細な検討（シリコンシートの厚みや製品の表面性状などの影響）は行われていない。

本研究では、製品としてカーシートを対象に、製品との直接接触に伴う難燃剤の経皮曝露量を推定するため、シリコンシートの種類（製造メーカーおよび厚み）およびカーシートの種類（濃度および素材）が移行速度へ及ぼす影響について定量的に評価した。

2. 実験方法

本研究では、カーシートから高頻度で検出される tris(2-chloroisopropyl) phosphate (TCPP) を含むカーシートを用いた。シリコンシート (2.5 cm × 2.5 cm) は、アセトン/ヘキサン (1:1, v/v) で 15 分間の超音波洗浄を 2 回行い、乾燥させてから用いた。シリコンシートの上にカーシートを密着させて置くことで、難燃剤の移行試験を行った。接触させてから適宜シリコンシートをサンプリングした。サンプリング後、200 mL アセトン/ヘキサン (1:1, v/v) を用いてソックスレー抽出を 16 時間行った。抽出液は、エバポレーターおよび窒素パージにより、100 μ L まで濃縮した。アセトニトリルで溶媒置換した後、内標準物質を添加し、最終液量を 1000 μ L とした。難燃剤の分析には、液体クロマトグラフ-タンデム質量分析装置 (LC-MS/MS) を用いた。

3. 結果と考察

4 種類のシリコンシートを用いて、カーシートからシリコンシートへの TCPP の移行試験を行った結果を図 1 に示す。厚さ 5 mm と 2 mm のシリコンシートを用いた難燃剤の移行速度を比較すると、製造メーカーの違いによらず、2 mm のシリコンシートより 5 mm の

方が速かった。2 mm のシリコンシートは 5 mm より体積が小さいため、短い接触時間でシリコン中の難燃剤濃度が上昇し、平衡濃度に近づくことで移行速度が減少したと考えられる。実際のヒトへの経皮曝露では、血液によって希釈され平衡濃度に達しないことから、2 mm のシリコンシートを用いると、経皮曝露量を過小評価する可能性がある。よって、経皮曝露量測定法としては、より体積の大きい 5 mm のシリコンシートが適していることが示唆された。

TCPP 濃度が異なる 5 種類のカーシートを用いて移行試験を行った結果を図 2 に示す。F5 の移行速度は、他のカーシートと比較し、約 140 倍速かった。この要因はカーシート中 TCPP 濃度の違いだけでは説明できない。素材の種類 (F5 のみポリ塩化ビニル [PVC]) に起因する接触面積、平衡定数、表面濃度なども影響因子として考えられる。今後、他の PVC のカーシート等を用いて詳細に検討していく。

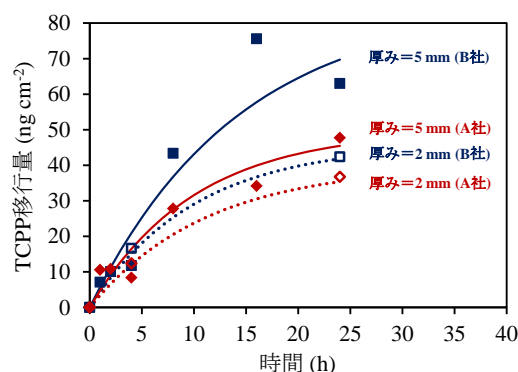


図 1 移行速度へのシリコンシートの種類の影響

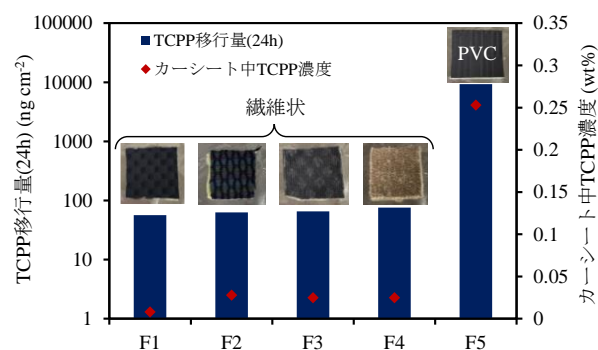


図 2 移行速度へのカーシートの種類の影響

キーワード 難燃剤, 経皮曝露, 測定法

Decomposition of total CO2 emission at Japan's sectoral level using the LMDI method

早稲田大学経済学研究科 ○呂冠宇, 山形大学 杉野誠, 上智大学 堀江哲也, 早稲田大学 有村俊秀

1. Introduction

Climate change is a critical environmental issue posing significant negative externality on the world economy. In order to mitigate the salient impacts of climate change, all the economies are trying to reduce GHG emission. Japan has actively participated in various conventions and have implemented many domestic regulations. However, whether the emission reduction truly comes from changes in industrial structure, technical innovation, or effort of voluntary action plan (VAP) need further clarification, given the evidence that Japan's firm tends to engaging in offshoring and the slowdown of economic growth. Under such circumstances in Japan, it is necessary to investigate whether this reduction in CO2 emission truly comes from regulation or technical innovation. Thus, it is essential to quantify the driving factors of changes in CO2 emission that would provide us information of the effectiveness of current policies. This will thus, enable us to give the options of designing regulations to realize emission reduction targets. In this study, we aim to explore the influencing factors that contribute to the changes in total (direct and indirect) CO2 emission and effectiveness of VAP at the basic sectoral level by using the additive LMDI method from 1980 to 2015.

2. Methodology

To evaluate how each sector contributes to the changes in CO2 emission in the long-term, this paper adopts the additive LMDI method to decompose the changes in CO2 emission and classifies into scale, structure composition, and technique effect in the most detailed sectoral level based on the input-output table of Japan.

$$\begin{aligned} \Delta E_{tot} &= \Delta E_Y + \Delta E_{\varphi_i} + \Delta E_{\theta_i} \\ &= \sum_i L(e_i^t, e_i^{t0}) \cdot \ln\left(\frac{Y^t}{Y^{t0}}\right) + \sum_i L(e_i^t, e_i^{t0}) \cdot \\ &\quad \ln\left(\frac{\varphi_i^t}{\varphi_i^{t0}}\right) + \sum_i L(e_i^t, e_i^{t0}) \cdot \ln\left(\frac{\theta_i^t}{\theta_i^{t0}}\right), \end{aligned} \quad (1)$$

Where the changes in E_{tot} can be represented by three elements, scale (ΔE_Y), composition (ΔE_{φ_i}), and technique effect (ΔE_{θ_i}) in the equation (1) respectively. The e_i^t is emission in the period t. θ is the share of sectoral output

to total output, φ is the CO2 intensity for each sector.

3. Results and conclusions

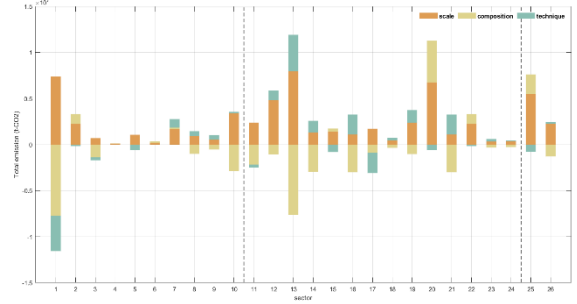


Figure 1 Effects of sectors that were regulated by VAP

Notes: The codes represent sectors as follows, 1-Pig iron, 2-Industrial equipment, 3-Sugar, 4-Railway, 5-Sake, 6-Sanitary equipment, 7-Pharmaceutical, 8-Residential, 9-Electric wire, 10-Glass, 11-Oil product, 12-Chemical related sectors, 13-Paper, 14-Cement, 15-Construction, 16-Mining, 17-Aluminum, 18-Copper, 19-Bearing, 20-Beverage, 21-Limestone, 22-Machine tool, 23-Milling, 24-Ship, 25-Production of car body and parts, 26-Rubber.

In this study, the driving forces of CO2 emission were explored at the sectoral level from 1980 to 2015 in Japan, by adopting the additive LMDI method. Simultaneously, we evaluated the effect of VAP, and analyzed the changes in both of direct and indirect CO2 emission during a long-term period. To data, the total CO2 emission increased by 26.9% from 725 mt-CO2 to 992 mt-CO2. Our result indicated the structure of energy consumption shifted to the electricity from fossil fuels progressively. We observed the sectoral structure of Japanese economy moving toward to the service sector from manufacturing sector by the long-term analysis. The situation of each effect of various sectors was different. We found the emission reduction was attributed to the changes in composition effect, not the technique effect. However, for the sectors that were participated in VAP with higher ratio of market concentration, technique effect showed huge potential of emission reduction. However, contribution of VAP to emission reduction was limited, especially for the sectors with energy intensity target.

Keywords CO2 emission, VAP, LMDI method

ベトナムにおける持続可能な住まいと居場所の選択 Choice of location and sustainable lifestyle in Vietnam

九州大学 近藤加代子, ○畢亦凡, 王陳ロウ, 井上朝雄, 北九州市立大学 加藤尊秋

1.はじめに

熱帯地方に位置するベトナムの経済成長は著しく、エアコンが急速に普及しつつある。ベトナムにおける住宅とそこでの暮らし方の特徴を調べ低炭素なあり方を考察する。

2.研究方法

調査対象地はベトナム中部のダナン市である。ダナン大学の協力で、2017年に農家5軒および都市住宅（ペンシルハウス）9軒に対して、世帯属性、住宅の特徴、使用家電、エアコン設置場所および使用時間、電気代、滞在場所、生活時間、空間認識、価値観・幸福度等について、実地調査およびヒアリングを行った。その結果に基づいて2018年にアンケート調査（農家64軒都市住宅61軒）を行った。

3.調査結果

3.1.住宅の特徴

実地調査では、農村住宅は、伝統住宅の形式を維持して、3連の大きな間口があり、リビングが非常に開放性と通風性の良い空間となっていた。都市住宅（ペンシルハウス）は一部屋分の住宅幅で奥行きがある住宅で2階や3階建てが多い。リビングは、全面的に開口できる大きな間口で外空間に接続し、中央に吹き抜けの階段が設置されは水平および垂直の通風が確保されている。リビングは開放性が高いためにエアコンが設置されず個室に設置されていることが多い。

3.2.アンケート調査

好きな居場所は、農村住宅ではリビングが最も多く、次いで個室、軒下、庭の順であった。都市住宅では個室が最も多く、次いでリビング、庭、軒下の順であった。エアコンの使用時間が最も長く、電気代が最も高いのは、ペンシルハウスの個室選択世帯であった。

好きな居場所の選択を目的変数としてステップワイズ重回帰分析を行った。どの場所も選択者にとっては「気持ちよい」「リラックスできる」と評価されている。リビングは冷房機器がなくても涼しいと評価され、個室はその逆であった。個室滞在を選ぶのは若い人が多く、リビング滞在を選ぶのは年齢層が高い人が多い。庭や軒

下を選ぶ人は、年収が低い世帯が多い。両方とも涼しいと評価されている。行為で関係したのは、リビングはテレビ・PCの使用、個室は昼寝、庭と軒下は近隣関係や雑談であった。幸福度を目的変数とするステップワイズ重回帰分析では、農村住宅では伝統的生活と軒下滞在が有意であり、ペンシルハウスでは便利な生活と庭滞在が有意であった。涼しいところでの近隣との雑談などが幸福度を高めていると考えられる。

	リビング	個室	庭	軒下
(定数)				
性別				.190*
年齢	.402**	-.295**		.304**
年収			-.291**	-.249**
リラックス	.231*	.334**	.389**	.268**
気持ちがい	.355**	.341**	.323**	
冷房機器がなく でも大丈夫	.316*	-.293*		
涼しさ			.309**	.318**
テレビ・PCの 使用	.168*			
昼寝		.203*		
雑談			.218*	.279**
近隣関係			.300*	.184*
	R2=.353	R2=.331	R2=.351	R2=.432

p < 0.05 *, 0.01 **

図 1 好きな滞在場所に関する影響要因

4.まとめ

ベトナム（中部）ではリビングの開放性が高く、エアコンの設置が遅れているが、エアコンなしでも滞在できるという評価が得られている。若者を中心にエアコンを設置した個室滞在を選ぶ層が増えているが、リビング滞在や庭・軒下滞在を選ぶ層も多い。後者は幸福度も高い。リビングの特徴や屋外滞在は、エアコン利用の低減に繋がっている。これらを低炭素で快適な住環境のデザインにつなげていくことが望まれる。

キーワード ベトナム, ライフスタイル, エネルギー消費, 住宅特徴, 居場所選択

離島における再生可能エネルギー導入の経済波及効果：長崎県対馬市を事例として Spillover effect of the introduction of renewable energy in remote islands: A case study of Tsushima

大阪大学 ○松村悠子，長崎大学 松本健一

1. 背景・目的

本土と電力の系統連系がない離島の電力は内燃力発電に依存しており、環境負荷や燃料コストなど多くの問題がある。これらの問題を解決する手段として再生可能エネルギー（再エネ）の導入が注目されている。しかし、再エネ導入を促進するためには、その導入効果を明示する必要がある。本研究の目的は、長崎県対馬市を対象として、離島における再エネ導入の促進による経済波及効果および雇用効果を分析することである。

2. 研究手法

本研究では、産業連関分析により再エネ促進の経済波及効果を分析した。本研究の対象となる対馬市には独自の産業連関表が存在しない。そこで、まず長崎県産業連関表（2011年・108部門表）を用いて元となる対馬市産業連関表を作成した¹⁾。しかし、同産業連関表は再エネ関連部門が分割されていないため、文献2のデータを用いて関連部門を分割した再エネ分析用産業連関表（117部門表）を作成した。なお、本研究では、対馬の現状を踏まえて太陽光発電と風力発電を再エネの対象とした。

次に、対馬における太陽光・風力発電の増加量を設定するために3つのシナリオを構築した。シナリオ1は、対馬における2011～2016年の太陽光・風力発電による発電量の増加に基づくものである。シナリオ2は、文献3に基づくものである。具体的には、対馬における両発電の2030年のシェアが同文献で示されるシェアになるものと想定し、2016～2030年に発電量が線形に増加するものとした。シナリオ3はシナリオ2と類似しているが、文献4のSustainable Development Scenarioで想定される日本での両発電の2030年のシェアを利用したものである。表1に各シナリオにおける太陽光・風力発電の設備容量と発電量の増加量（年間）を示す。なお、再エネ発電が増加しても総発電量は変化しないものとするため、火力発電による発電量が相当分、減少するものとした。

次に、経済波及効果と雇用効果を分析するために、各シナリオにおける設備容量と発電量の増加による最終需要の増加を計算した。本研究では、太陽光・風力発電の建設コストをそれぞれ28.3万円/kW・29.7万円/kW²⁾、電力単価を22円/kWhとした。

表1 分析シナリオ

		太陽光	風力
シナリオ1	設備容量 (MW)	1446.20	60.00
	発電量 (kWh)	1646.93	105.12
シナリオ2	設備容量 (MW)	301.05	27.99
	発電量 (kWh)	342.83	490.39
シナリオ3	設備容量 (MW)	655.13	318.49
	発電量 (kWh)	746.04	557.99

3. 結果

分析結果は表2のとおりである。経済波及効果および雇用効果は再エネ増加量が大きくなるほど大きくなる。本研究で想定したシナリオの下での対馬における再エネの経済効果は、経済波及効果は地域総生産の0.11～0.50%、雇用効果は0.027～0.12%であった。

表2 経済波及効果と雇用効果（年間）

	波及効果（百万円）	雇用効果（人）
シナリオ1	461.44	19.30
シナリオ2	101.13	4.21
シナリオ3	304.49	12.38

4. 結論

本研究より、長崎県対馬市での太陽光・風力発電導入による経済効果は101.13～461.44（百万円/年）、雇用効果は4.21～19.30（人/年）と推計され、対馬市の2011～2016年の増加量に基づいたシナリオの効果が最も高いことが明らかとなった。今後は、離島における系統の制約などを踏まえたシナリオの精緻化し、また熱利用・輸送分野での再エネ導入効果についても分析を拡張する。

参考文献

- 1) 土居英二・浅利一郎・中野親徳（2019）はじめよう地域産業連関分析，日本評論社，212p.
- 2) 次世代科学技術経済分析研究所（2020）拡張産業連関表，<http://www.f.waseda.jp/washizu/table.html>.
- 3) 経済産業省（2015）長期エネルギー需給見通し.
- 4) International Energy Outlook (2019) World Energy Outlook 2019, IEA Publications, 807p.

キーワード 離島，対馬，再生可能エネルギー，産業連関分析

スラウストキトリッドの基質としての高塩分の液状食品廃棄物の利用 Use of Liquid Food Waste with High Salinity as a Substrate for Thraustochytrid

○Nurlaili HUMAIDAH, Satoshi NAKAI, Takehiko GOTOH (Hiroshima University, Grad. School Engineering)
Wataru NISHIJIMA (Hiroshima University, Environment Research Management Center)

1. Introduction

Factories manufacturing food products e.g. pickles, etc. release liquid wastes with a high concentration of salt. Because conventional treatment processes may not be suitable for high salinity liquid waste, utilization of salt-tolerant microorganisms seems to be a reasonable approach¹⁾. In our previous study, a halophilic thraustochytrid was cultivated in the miso-production wastewaters²⁾, and production of valuable fatty acids as well as removal of dissolved organic carbon (DOC) and dissolved nitrogen (DN) were confirmed. In the present study, we investigated usability of higher salinity liquid food waste for cultivation of a thraustochytrid to achieve removal of organic carbon and nitrogen and production of lipids.

2. Methods

Liquid food waste and thraustochytrid

Three liquid food waste samples (A-C) were collected from a food factory in Japan. After overnight settling, the supernatant was filtered through a 0.5- μ m glass fiber filter which then used for cultivation of *Aurantiochytrium* sp. strain L3W²⁾. The characteristics of the liquid food waste samples are summarized in Table 1.

Table 1. Quality data of the liquid food waste samples.

Sample	pH	Salinity [psu]	DOC [mg/L]	DN [mg/L]
A	4.2	28	277500	5500
B	4.5	20	272500	5250
C	3.7	11	387500	300
790By+ medium	7	30	4500	400

Cultivation of strain L3W

To confirm usability for culturing the strain L3W, the samples were diluted with sand-filtered sea water to 25 times and adjusted to pH4 or pH7. After autoclave treatment, 200 ml of each sample was poured into 500 ml Erlenmeyer flasks, followed by inoculation of the precultured strain L3W. The culture flasks were incubated at 25°C in dark under 70 rpm of shaking.

3. Result and discussions

Figure 1 shows biomass and lipid production of strain L3W after 72h, where the sample A and B in pH7 and pH4 have similar amount of lipid and biomass. The sample C could not support biomass and lipid production probably due to a low concentration of available nitrogen. As shown in **Fig. 2**, the removal of dissolved organic carbon (DOC) and dissolved nitrogen (DN) were confirmed. DOC and DN removal were found to be highest from the sample A, and this was consistent with the higher biomass production in the sample A.

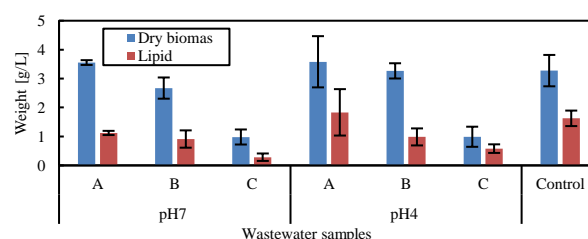


Figure 1. Biomass and lipid production of the strain L3W.

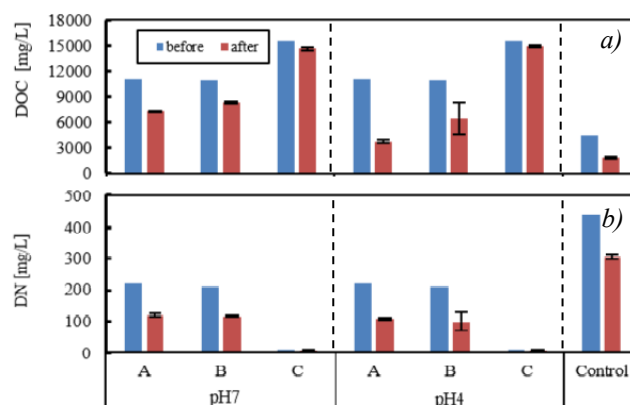


Figure 2. DOC (a) and DN (b) removal by the strain L3W.

4. Conclusion

The saline liquid waste A and B can be used as the substrate for *Aurantiochytrium* sp. strain L3W for removal of DOC and DN as well as lipid production.

5. Reference

- 1) Abou-Elela, S.I., 2010, Desalination 250, 1–5
- 2) Humaidah N., Nakai S., 2020, Science Total of Environment 743, 140735

Advancement of Green Public Purchasing by Category: Do green purchasing policies have any role?

東北学院大学 宮本 拓郎, 早稲田大学 ○矢島 猶雅, 早稲田大学 塚原 孝宙, 早稲田大学 有村 俊秀

1. 背景

グリーン公共調達（及びグリーン公共購入）は、持続可能な消費・生産の推進や気候変動対策の重要な手法として推奨されている。一つの理由は、公共調達市場は世界的に大きな部門だとされているからである。日本でも、2000 年よりグリーン購入法が策定され、グリーン公共調達が注目されている。

グリーン購入法は、市区町村に対し、グリーン調達方針の策定の努力義務を課している。グリーン調達方針とは、どの品目でどの程度のグリーン公共調達を実施するかを具体的に定めるものである。本方針が策定されることで、市区町村のグリーン公共調達の実施、推進が円滑に進むことが期待されている。

本研究の目的は、（１）市区町村のグリーン公共調達の品目別の実態把握、（２）調達方針がグリーン公共調達促進効果を明らかにすること、である。

2. 分析手法

本研究では、環境省の「グリーン購入に関するアンケート調査」のデータを使用する。当該サーベイは、日本の自治体を対象とし、品目別のグリーン公共調達に関する実態を調査したものである。市区町村では、90%以上の高い回答率が得られている。

また、近年のグリーン公共調達の実態に注目するため、2016 年度のデータを使用する。2016 年度サーベイで対象となっているグリーン公共調達品目は、紙、家電、自動車や公共工事など 21 品目である。当該データを用いて、グリーン調達方針の有無によるグリーン公共調達の進捗の違いの記述統計を見るとともに、回帰分析を実行する。

3. 分析結果

図 1 は、品目別のグリーン公共調達の実施割合を示している。実施割合は、品目によって大きく異なることがわかる。紙製品が最も高く（8 割以上）家電製品以下 10 品目が低い（5 割以下）。最も低い品目は携帯電話（スマートフォンなど）で、3 割程度の実施率である。

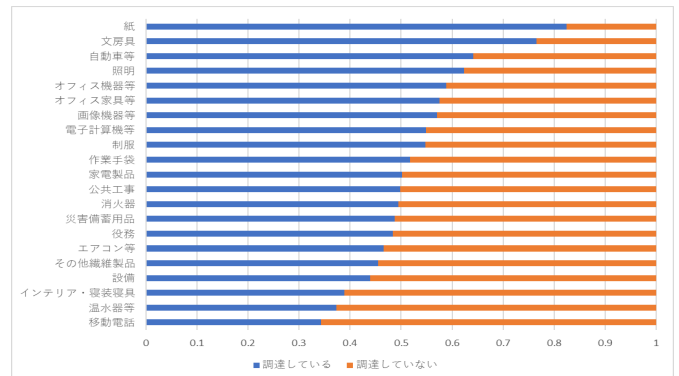


図 1 品目別グリーン公共調達の実施割合

次に、表 1 にグリーン調達方針採用のグリーン公共調達実施に対する平均限界効果（Average Partial Effects, APE）を抜粋して載せている。分析には、ロジットモデルを用いている。その他の説明変数には、各市区町村の人口と標準財政規模の対数値、及び都道府県ダミーを投入した。分析の結果、多くの品目で方針の採用がグリーン公共調達を促進することが示唆された。

表 1 主要な推定結果

品目	紙	空調	照明	自動車	制服	公共工事
APE	0.14***	0.06**	0.15***	0.14***	0.18***	0.04
	(0.02)	(0.03)	(0.03)	(0.03)	(0.03)	(0.03)
N	1602	1578	1595	1590	1582	1585

2. 結論

本分析の結果は、どの品目でグリーン公共調達が進みやすいかを示唆している。まず、紙や制服で APE が高い。一つの理由は、これらの品目では役所内で規格が統一されており、一括購入がしやすいからだと考えられる。一括購入が可能なことで、部署間の調整などが不要になると考えられる。その一方で、空調では APE が低く、公共工事には有意な効果は確認されていない。これは、これらの品目は大規模な工事の伴うテラーメイドな品目であり、環境配慮的なものであるかどうかの判断が難しいものだからだと考えられる。

キーワード グリーン公共調達, グリーン調達方針

シンポジウム

※全てのシンポジウムは、オンラインにて開催されます。

シンポジウムー1

「大学における SDGs の学修活動を地域へ ～大学と中小企業の産学連携への展開～」

9月19日（土） 9：30 ～ 12：00

シンポジウムー2

「カーボンプライシング本格導入に向けた検討：事後評価と制度オプション提案」

9月19日（土） 9：30 ～ 11：30

シンポジウムー3

「わが国における食品ロスの実態と環境・経済・社会への影響」

9月19日（土） 13：30 ～ 16：00

シンポジウムー4

「資源循環社会形成のための支援技術と影響評価手法」

9月20日（日） 9：30 ～ 12：00

シンポジウムー5

「化学物質管理促進のための PRTR データの実践的な活用に向けた課題と最新研究動向」

9月20日（日） 9：30 ～ 12：00

シンポジウムー6

「バックエンド問題の社会的合意はなぜ難しいのか：技術的安全性と社会的安全性から考える」

9月20日（日） 13：30 ～ 16：00

シンポジウムー1

「大学における SDGs の学修活動を地域へ ～大学と中小企業の産学連携への展開～」

オーガナイザー 杉本卓也 （千葉商科大学）准教授
江波戸順歴 （千葉商科大学）准教授

趣旨説明： SDGs への取組みが各主体で始まっているが、大企業と比べて中小企業は、組織の大きさによる人員確保の難しさや SDGs の取組みに関する情報収集能力に差が生じると考えられる。SDGs やそれに関連する取組みは中小企業にとって新しい取組みとなり得るが、そのような中で、実社会の現場で学修と活動を行うアクティブラーニングでは、産学連携の枠組みの中で企業と SDGs に関する取組みを展開できる可能性がある。大学や学生にとっても、企業と関わりながら SDGs の活動を実施する機会は、社会人基礎力や就業力といったキャリア教育として貴重な機会になる。

このシンポジウムでは、大学での SDGs の取組みや中小企業との連携活動の報告を交えながら、産学連携における SDGs の展開方策について検討していく。

大学における SDGs の学修活動を地域へ ～大学と中小企業の産学連携への展開～

Transferring SDGs Learning at Universities to Community – The Progression of Collaborative Work Between Universities and SMEs

オーガナイザー 千葉商科大学 杉本卓也, 千葉商科大学 江波戸順史

1. はじめに

実社会の現場で学修と活動を行うアクティブラーニングでは、産学連携の枠組みの中で企業と SDGs に関する取り組みを展開できる可能性がある。大学や学生にとっても、企業と関わりながら SDGs の活動を実施する機会は、社会人基礎力や就業力といったキャリア教育として貴重な機会になる。

SDGs への取り組みが各主体で始まっているが、大企業と比べて中小企業は、組織の大きさによる人員確保の難しさや SDGs の取り組みに関する情報収集能力に差が生じると考えられる。このシンポジウムでは、大学での SDGs の取り組みや中小企業との連携活動の報告を交えながら、産学連携における SDGs の展開方策について検討していく。

2. 各報告の要旨

2.1 千葉商科大学における共同事業の取り組みと学長プロジェクトの今後の展望

杉本卓也 (千葉商科大学)

千葉商科大学は SDGs 行動憲章を 2019 年 9 月に策定し、その中で「組織統治 (ESG)」「教育・研究」「人権」「環境・エネルギー」「防災・地域発展」の 5 点を社会的責任を果たす際の指針として掲げている。また、地域の拠点として、2008 年より市川市と包括協定を結び、ICT、文化・国際、福祉・健康、環境、まちづくり・産業振興災害の 6 分野で事業を展開している。

千葉商科大学は 5 学部 (商経、政策情報、サービス創造、人間社会、国際教養) を有する社会科学系の大学であるが、それぞれの学部は 2019 年の SDGs 行動憲章策定以前より、各学部の特徴を生かした企業との連携事業を進めている。例えば政策情報学部では、千葉県の銘柄豚の一つである「房総ポーク」のブランディングプロジェクトを実施した。政策情報学部には「地域政策コース」と「メディア情報コース」があり、前者からはマーケティングのゼミと学生、後者からは画像や映像表現のゼミと学生が参加した。学部のカリキュラムや専門性を活かしながら、JA 全農ちばの房総ポーク販売促進協議会と連携したプロジェクトが実施された。

千葉商科大学学長プロジェクトは 2017 年 3 月より開始し、その中の一つが「自然エネルギー100%大学」である。このプロジェクトは「大学が所有するメガソーラーによる発電量」と「使用するエネルギー量 (電気・ガス)」を同量にすることプロジェクトであり、2019 年 1 月に電気についてはそれを達成した。現在、電気・ガス合わせた目標達成に向けた活動を進めている。その取り組みの性質上、学内に向けた活動が主となっていたが、プロジェクト当初より大学の取り組みを一つの事例とし、活動を社会へ広げていくという目標も持っていた。

本報告では、既存学部での産学共同事業を概観した上で、学長プロジェクトの特徴とそれを地域連携に繋げていく方策について、議論したい。

2.2. 中小企業における SDGs への取り組みと大学の役割

手嶋進 (千葉商科大学)

SDGs は、ミレニアム開発目標(MDGs)が開発に焦点を当ててきたのに対し、開発に加え気候変動や格差といった途上国の問題を先進国においても共通するグローバル・イシューとして普遍的に捉えた。そして、SDGs は政府、市民社会、企業などの幅広い参加型の策定プロセスをとっており、その意味で企業の果たす役割は重要性を増している。

折しも、ビジネスと持続可能な開発委員会 (Business & Sustainable Development Commission) は SDGs が少なくとも年間 12 兆 US ドルの市場機会をもたらし、2030 年までに 3 億 8 千万人近い雇用を新たに生むと試算している。このことは、グローバル企業の多くが SDGs を経営に取り入れるインセンティブの大きさを示している。

しかし、この SDGs に対する世界的な潮流にもかかわらず、わが国の企業における SDGs の導入はこれからである。特に、1%の大企業と 99%の中小企業というわが国の産業構造が SDGs の導入を阻んでいる。

その主な理由は、大企業と中小企業との格差があり、中小企業はコストと人材の問題から SDGs の導入

が困難といったジレンマを抱えているためである。

本発表では、中小企業が SDGs に取り組むことの意義と課題を整理し、地域の大学が意欲ある中小企業に対してどのような貢献ができるかの可能性を探る。

これまで大学における産学連携は、自然科学分野の知見を大企業の製品開発等に生かす事例が多かった。一方、社会科学分野における産学連携は成功事例についてのケース研究が主なものであった。

したがって、SDGs へ取り組む中小企業が抱える課題を解決していくためには、地域に根差す大学が社会科学系分野でも、ケースに留まらず支援していく必要性がある。千葉商科大学では自然エネルギー導入や教育活動において SDGs 貢献の実績があるため、本発表を通じて、大学とこれから SDGs に取り組んでいく中小企業との連携の可能性を明らかにしていきたい。

2.3. オンラインによる環境活動推進の取り組み

～ECORUITING プロジェクト～

竹内彩乃（東邦大学）

気候変動問題への対応において、個々人の環境配慮への協力は不可欠であるが、意識はあっても行動が伴わないことが指摘されている。環境配慮行動を促す一つの方法として挙げられるのが、環境配慮行動を選択することにメリットを感じられるような仕組みを構築することである。今回紹介する「ECORUITING プロジェクト」とは、環境活動に関わる学生、中小企業の双方に付加価値をもたらすプロジェクトである。具体的には、学生が、中小企業に環境活動提案を行い、企業が実践した環境活動の成果を他の学生に向けて報告するというものである。環境活動を広げていきたいと考えている学生にとって、環境活動の範囲を大学内から地域に広げることができ、新卒採用に課題を抱える中小企業にとっては、大学や学生との接点を持つことができる。

2019 年度は、東邦大学習志野キャンパスで活動する東邦 Ecolution が、千葉県の中小企業 2 社に環境活動提案を行った。中小企業の環境活動が促進されただけでなく、学生自身の企画力の向上につながるなど、想定されていたメリット以上の成果があった。ただし、中小企業への提案に時間がかかり、学生負担が大きくなってしまったことが課題として挙げられた。このため 2020 年度は、提案する環境活動はメニュー化し、企業との連携や実施準備に時間を割くことを予定している。また、新型コロナウイルスの影響で企業訪問が制限されているため、web 上で 1 回／月の頻度で中小企

業の担当者と話し合いの時間をとり、情報収集、環境活動提案、取り組み状況の把握と評価を行うことにする。2020 年度からは、他大学の学生にも参加してもらい、大学間連携も積極的に行っていく予定である。

Web 上でのコミュニケーションの機会が増えたからこそできる新しい活動として、充実化させていく予定である。

2.4. 産学連携教育と SDGs - 高等教育論の視点から -

内山弘美（サレジオ高専）

報告者は、高等教育論の視点から、大学の環境教育 (SDGs) の俯瞰型研究を行ってきた。その研究成果は、環境省の「持続可能なアジアに向けた大学における環境人材育成ビジョン」(2008)の中核的部分(第 2 章)として掲載され、環境人材育成の理論的基盤にして頂いた。

産学連携教育と SDGs に関連する課題は、伝統的には環境冠学科と職業とのマッチング (内山,1999) が論点であった。その後、1990 年代の大学設置基準大綱化に伴う大学教育改革の潮流の中で(内山,2004)、分野横断的な授業科目やアクティブラーニング等のモード 2 型の教育が増加した。このような中で、「環境」が大学教育のカリキュラムや教育内容に浸透し、環境関連の職業人によるゲスト講義や、環境の現場見学等の教育実践が増加した。

1990 年代後半以降、産学連携が高等教育政策に位置づけられた。産学連携は研究が先行したが、産業界からの要望等もあり、人材育成としての教育にも着目されるようになった。産学連携教育として、インターンシップ、起業家育成のための教育、外部資金等による大学教育プログラム等が展開されており、「環境」関連の産学連携教育も少なくない。

一事例として、茨城大学のサステナビリティ学教育プログラムの関連授業科目において、筑波大学大学院出身者である地域企業経営者が、過去数年間、サステナビリティ学の講義を担当した。

発表当日は、大学と地域企業との間で実践されている産学連携教育と SDGs の動向を整理する。

3. 総合討論

総合討論では、千葉商科大学、東邦大学の学生も交えてディスカッションを行う予定である。会場からも積極的なご意見、ご感想を求めたい。

キーワード SDGs, 中小企業, 産学連携

シンポジウムー2

学術賞受賞記念シンポジウム

「カーボンプライシング本格導入に向けた検討：事後評価と制度オプション提案」

プロジェクト名：「カーボンプライシングの事後評価と長期的目標実現のための制度オプションの検討」

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

趣旨説明： 二酸化炭素の長期削減目標実現のために、カーボンプライシングの本格導入が検討されている。そこで、本シンポジウムは、環境研究総合推進費（2-1707）「カーボンプライシングの事後評価と長期的目標実現のための制度オプションの検討」の研究成果である「Carbon Pricing in Japan」（Nature Springer）の内容を中心に報告する。まず、自治体による排出量取引制度（東京・埼玉）の事後評価研究を紹介する。次に、上・中・下流の 3 つの炭素税課税方法について研究を紹介する。その上で、本格導入に向けた制度オプション（二重の配当政策、国際競争力配慮、家計負担等）について議論する。最後に、公募発表者、フロアも含めた討論を行う。

※本シンポジウムは、環境研究総合推進費 2-1707 および 2-2008 の支援を受けています。

カーボンプライシング本格導入に向けた検討：事後評価と制度オプション提案

An ex-post analysis of carbon pricing and the proposal of policy options to achieve the Japanese Long-term GHG emissions reduction target

早稲田大学 ○有村俊秀, 早稲田大学 ○鷺津明由, 山形大学 ○杉野誠, 京都産業大学 ○武田史郎, 公益財団法人地球環境戦略研究機関 ○浅川賢司, 早稲田大学 ○木元浩一, 青山学院大学 ○松本茂

1. 学術賞受賞記念講演

「カーボンプライシングの効果と可能性：

Carbon Pricing in Japan の紹介」

有村俊秀（早稲田大学）教授

パリ協定が発効されて、カーボンプライシング（以下、CP）が再び脚光を浴びるようになった。日本政府は、温室効果ガス削減の長期的な削減目標を掲げており、効果的な削減方法として CP が再認識されるようになった。しかし、現状、温室効果ガスを十分に削減できるほどの CP は、導入されていない。温暖化対策税は税率が低く、排出量取引については、東京都および埼玉県が導入されているのみである。

本記念講演では、「カーボンプライシングの事後評価と長期的目標実現のための制度オプションの検討（環境研究総合推進費 2-1707）」がベースになって出版される「Carbon Pricing in Japan」の成果を中心としつつ、新しい研究成果を報告するものである。

同研究プロジェクトでは、日本の温室効果ガス削減策として CP に焦点を当てて実証分析を行っており、家計および企業へのインパクトを検証した。さらに、新たに経済モデルを構築した上で、政策オプションの提示も行っている。

本講演では、東京都排出量取引制度の定量的な効果を示す（Arimura and Abe, 2020）。そして、埼玉県の排出量取引の効果を紹介する。その上で、2050 年の削減目標に向けたカーボンプライシングの制度設計について、環境税制改革（二重の配当）の考え方について紹介する。

2. 「炭素税課税段階の検討：2011 年次世代エネルギーシステム分析用産業連関表の応用分析」

鷺津明由（早稲田大学）教授

新しいエネルギーシステムがもたらす経済、環境効果の分析ツールとして、次世代エネルギーシステム分析用産業連関表(IONGES)を開発した。IONGES によ

り、再生可能エネルギー発電設備の導入や上・中・下流の 3 つの炭素税課税方法がもたらす負担の違いについて検討した。検討の結果、各再生可能エネルギー発電施設が火力発電に対して生涯にわたってもたらす CO₂ 削減効果は、地熱、木質バイオマス、中小水力、廃棄物発電のように設備稼働率が高く、耐用年数の長い発電施設について大きいことが分かった。炭素税の効果は、上流課税の場合では下流課税の場合と比べて、輸出によって誘発される課税対象 CO₂ 排出量が大きく、家計によって誘発される量が少ないことが分かった。これは輸出ベクトルに、機械類など、エネルギー多消費財が相対的に多く含まれるためである。また、上流課税の場合には家計は電力消費を減らすことだけに関心を持つが、下流課税の場合にはいろいろなエネルギー集約財の消費削減に関心を持つほか、電源構成比にも関心を持つようになると考えられた。

3. 「有効炭素税率の短期的影響－国際競争力に配慮したカーボンプライシング政策－」

杉野誠（山形大学）准教授

本研究では、すべての産業の実効炭素税率が 4,000 円（30 ユーロ）に設定した際の影響を推定した。得られた知見は以下の通りである。まず、短期的な影響として、エネルギー集約産業のみならず既に高率の実効炭素税率が課されている下流の産業についても、費用上昇率が大きいことが示された。さらに、温対税の導入は、課税された産業と非課税の産業の実効炭素税率の差を拡大し、費用上昇率に大きな影響を与えた。したがって、エネルギー集約産業への免税措置は、経済効率性を引き下げていることが明らかとなった。

4. 「応用一般均衡モデルによる日本の環境税制改革の分析」

武田史郎（京都産業大学）教授

日本政府は、2050年までに温暖化ガスの80%削減目標を掲げているが、達成に向けて採用する政策については明確ではない。政策に関して言えば、排出規制と歪みを伴う租税の減税を組み合わせる、環境税制改革が注目を集めており、本研究では、日本の環境税制改革の効果を検証した。動学的応用一般均衡モデルを用いて、環境税制改革の定量分析を行い、望ましい環境税制改革のタイプを明らかにした。シミュレーションでは排出規制として炭素税を前提とし、炭素税収について以下の5つのシナリオを検討した。1) 家計への一括還元、2) 社会保険料の軽減、3) 所得税減税、4) 法人税減税、5) 消費税減税である。1)は、純粋な炭素税のタイプであり、他4つは、環境税制改革に相当する。シミュレーションの結果、環境税制改革では、二酸化炭素の排出削減に加えて、社会厚生が改善ないしGDPの上昇(二重の配当)がもたらされる可能性があるため、純粋な炭素税よりも望ましいことが明らかになった。特に、GDPないし国民所得という視点から、法人税減税が最も望ましいことが明らかとなった。

6. 「環境税収の雇用保険制度を通じた還元に関する研究」

木元浩一(早稲田大学) 次席研究員

本研究では、環境経済学で議論されている「二重の配当」という概念に着目して、雇用保険制度を通じた還元について考察する。気候変動などの影響もあり、地球環境の保全が叫ばれている中で、高率の環境税が一つの方策として求められている。高率の環境税により、資源配分上の効率性を促すのが主たる目的ではあるが、それには産業構造の変化を伴う。産業構造の変化の過程にあつては、生産要素に対する需要の変化から、失業問題が浮かび上がってくる。雇用保険制度は失業への対策として形成された社会保険制度である。したがって、高率の環境税による税収を、雇用保険制度を通じて還元する方策は、公平性の観点から整合的である。問題は、どの程度、失業が深刻となり、雇用保険制度からの給付が増大するかという定量的な問題である。

7. 「段階料金制度下での家計の電力需要の価格弾力性」

松本茂(青山学院大学) 教授

家計部門の電力需要の価格弾力性は、これまで数多くの研究で推計されてきたが、推計には主にマクロデータが利用されてきた(Espey and Espey 2004)。一方、Baker et al (1989)以降、家計の間の電力の利用の仕方の違いを調べるため、ミクロデータを用いた調査も進められてきている。しかし、後者のタイプの調査ではクロスセクションデータが主に利用されており、パネルデータを利用した調査は数が限られている。また、電力の価格設定では、電力消費量を幾つかのブロックに分けた上で消費量の増加に応じて電力単価を増加させる段階料金制度(block pricing)がしばしば利用されるが、ブロック間で価格弾力性がどう異なるかはきちんと調べられていない。そこで本調査では、アンケート調査から入手した家計の電力消費のパネルデータを用いて、ブロック間で価格弾力性の比較を行った。その結果、電力使用量の少ない(多い)世帯は需要の価格弾力性が低く(高く)、その差はかなり大きいことが明らかになった。CPの省エネ効果の評価するには、その違いを考慮する必要がある。

参考文献

- 1) S. Takeda & T. H. Arimura (2020) A Computable General Equilibrium Analysis of Environmental Tax Reform in Japan, RIEEM Discussion Paper Series, No.2002
- 2) T.H. Arimura & S. Matsumoto ed. (in press) *Carbon Pricing in Japan*, Springer.
- 3) T.H. Arimura and T. Abe (in press) The impact of the Tokyo emissions trading scheme on office buildings: what factor contributed to the emission reduction?, *Environmental Economics and Policy Studies*, published online, 1-17, <https://doi.org/10.1007/s10018-020-00271-w>

キーワード カーボンプライシング, 排出量取引, 環境税

謝辞: 本シンポジウムの研究成果は、(独)環境再生保全機構による環境研究総合推進費(課題番号: 2-1707、体系的番号: JPMEERF20172007)及び(課題番号: 2-2008、体系的番号: JPMEERF20202008)の助成を受けたものである。

シンポジウムー3

学術賞受賞記念シンポジウム

「わが国における食品ロスの実態と環境・経済・社会への影響」

プロジェクト名：（共催）環境科学会、環境再生保全機構

環境研究総合推進費 3-1805

「SDGs12.3 指標の提案に向けた食品ロスの実態の解明」

環境研究総合推進費 3-1903

「我が国の食品ロス削減による環境・経済・社会への影響評価に関する研究」

オーガナイザー 棟居洋介（東京工業大学）助教

増井利彦（国立環境研究所）室長

趣旨説明： 2019年5月に食品ロス削減推進法が公布され、また7月には食品リサイクル法の新たな基本方針が公表され、家庭系食品ロスに加えて事業系食品ロスについても2030年度までに発生量を2000年度レベルから半減させることが目標に定められました。本シンポジウムでは、わが国の食品ロスの削減に向けて、食品ロス発生の実態の解明と環境・経済・社会に及ぼす影響についてこれまでに得られた知見を報告するとともに、研究者、行政、食品関連事業者の各々の立場から削減に向けた課題について提起し、参加者の食品ロス削減に関する理解と関心を深めることを目的とします。

SDGs 12.3 指標の提案に向けた食品ロスの実態の解明

Analysis on the Status of Avoidable Food Waste for the development of an Indicator for SDG 12.3

京都府立大学 ○山川肇, 大正大学 岡山朋子, 帝京大学 渡辺浩平

1. はじめに

FAO の報告によれば生産された食品の約 1/3 にあたる約 13 億トンが毎年食べられずに食品ロスとなっている¹⁾。こうした状況を受け、2015 年には国連の持続可能な開発目標 (SDGs) のターゲット 12.3 において、2030 年までに食品廃棄を半減させるという目標が設定された。食品ロスの問題は、廃棄物・資源だけでなく、気候変動や飢餓、その他種々のゴール・ターゲットと関連しており²⁾、SDGs の重要な取り組み対象だと考えられる。

しかしながらターゲット 12.3 の指標は、長らく「手法や基準が設定中もしくは設定されていない指標」(Tier III)という状況であった³⁾。目標達成に向けて指標を整備し、進捗状況を見える化することは重要である。

私たちの研究グループでは、ターゲット 12.3 指標を念頭に食品ロスの測定と指標に関する研究を行ってきた^{4,5)}。本稿ではその研究を踏まえ、食品ロスの測定の現状と論点及び SDG12.3 指標等について報告する。

2. 食品ロス/廃棄物の定義と指標をめぐる議論

SDG12.3 に限らず、food loss と food waste の定義や境界が国や機関等で異なっている問題はしばしば指摘されてきたが、さまざまな主体による定義のなかで主な違いは、可食部に加えて不可食部を含むのかどうかと、「行き先」を問題にするか (有効利用等されたものを廃棄と見なすか見なさないか) である⁶⁾。私達の研究グループは可食部に限定し、有効利用等されたものも food waste とみなすべきとの立場を取る。これは 1) 発生抑制を最優先とする廃棄物取組の「優先順位」、2) 廃棄物の 3R 全般については SDG12.5 で充当、3) 可食部を無駄なく食べることに焦点を当てる方が賛同を得やすい、4) SDG2 において世界的に適正な食料供給が求められている、5) 測定可能 (日本等で実施)、等を考慮した結果である。

SDGs のターゲット 12.3 の指標は、小売より上流と小売りを含む下流とに分かれるが、このうち小売・消費段階の指標である Food Waste Index は前述の問題もあり手法が確立せず、長らく Tier III とされていた。しかし昨年 12 月によりやく Tier II、すなわち「指標の概念が明確、かつ手法や基準を設定してあるが、定期的なデータ公表

に至っていない指標」となった³⁾。対象は基本的には不可食部も含むものとなったが、可能であれば可食・不可食を分ける方が望ましいとされた。またレベル分けが提案され、Level 1 は都市ごみ量に地域ごとに推定される food waste の割合をかけてモデルで求めるもので、Level 2 は各国の優先順位とカバーする範囲に基づき、小売、外食、家庭等の各ステージにおける food waste のデータを集めるものとされた⁷⁾。ただし詳細は未公表である。

3. 日本の食品ロス指標の課題と提案

3.1. 国の食品ロス指標と測定方法の課題

現在日本では、環境省が収集した自治体の食品廃棄物組成調査データに基づいて、食品ロスを発生要因により直接廃棄 (手付かず食品)、食べ残し、過剰除去に分類して推計し、その合計を家庭系食品ロス量としている。このようなデータの蓄積は国際的にみても進んでいると評価できるが、課題もある。

課題の 1 つは「過剰除去」の取り扱いである。食品ロス量をバイアスの少ない方法で推定する上では組成調査によることが望ましい⁸⁾が、「過剰除去」については組成調査による測定は困難であるためほとんど測定されていない。そのため、ごく少数のデータから全国推計を行っているという問題がある。

そのほか「直接廃棄 (手付かず食品)」と「食べ残し」の境界線、「直接廃棄 (手付かず食品)」と「調理くず」の境界線についての十分な説明がないこと、直接廃棄 (手付かず食品)」を 100%、50~100%、50%未満に分類することで実施困難性を増加させていることも課題と考えられる。

3.2. 食品ロス測定指標の提案

以上のような問題意識を踏まえて、著者らの研究チームは、日本の食品ロス測定指標の改善を試みた^{4,5)}。各種の文献等を調査し、また自治体へのヒアリングや研究者との議論を経て、図 2 のように各分類項目を家庭内の食品フローにおいて位置づけ、表 2 のように基本分類と定義を提案した。食品ロスは A+B+C とした。

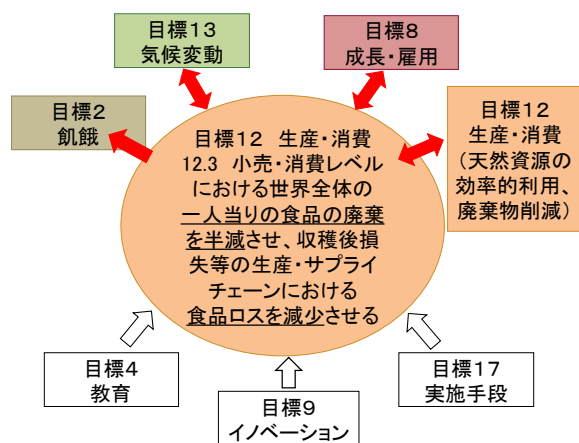
食品ロスと D 不食部との境界は、食べないところとして意図的に取り除かれているか否かで判断する。例えば

我が国の食品ロス削減による環境・経済・社会への影響評価に関する研究 The environmental, economic and social impacts of reducing food loss in Japan

東京工業大学 ○棟居洋介, 国立環境研究所 増井利彦, 金森有子

1. はじめに

2019年5月に食品ロス削減推進法が成立し、7月には食品リサイクル法の新たな基本方針が公表され、家庭からの食品ロスに加えて、事業系食品についても2030年度までに2000年度レベルから発生量を半減させることが目標となった。しかしながら、食品ロスの削減目標が達成された場合に、環境・経済・社会の各側面にどのような影響が生じる可能性があるかについては十分な検討は行われていない。図1に示すように、食品ロスの削減は、SDGsのゴール・ターゲットに掲げられている他の環境・経済・社会に関わる課題（飢餓、気候変動、成長・雇用、天然資源の効率的利用、廃棄物削減など）と密接に関係しているため、その影響は多方面に及ぶことが予想される。そこで、本研究では2030年までの食品ロスの削減策を提示し、その環境・経済・社会に及ぼす影響を明らかにすることによって、我が国の第5次環境基本計画の重点戦略、および第4次循環型社会形成推進基本計画に設定されている食品ロス削減の目標達成に資する情報を提供することを目的とした。



出典：平成29年版 環境・循環型社会・生物多様性白書

図1 SDGsにおける食品ロス削減と環境・経済・社会に関わる他のゴールとの関係

2. 研究の枠組み

図2に本研究の枠組みを示す。まず分析①では、ライフサイクルアセスメントの手法を用いて、食品ロスの発生による環境と天然資源への影響が大きい食品とそのフードチェーンの段階を抽出し、食べられるのに廃棄さ

れた食品の経済的価値の損失を算定する。次に分析②では、高齢化、人口減少、経済成長などの将来の社会情勢の変化を踏まえて、事業系および家庭系食品ロスについて2030年までの成り行き（BAU）の食品ロス発生量を予測し（分析②A）、さらに分析①の結果を踏まえて2030年度の食品ロス削減目標の達成に向けたシナリオを提示する（分析②B）。最後に分析③では、食品ロスの削減が、世界の飢餓人口や環境、天然資源利用に与える影響を食料貿易モデルにより評価し（分析③A）、他方で、応用一般均衡モデルにより国内の経済や環境に与える影響を分析して（分析③B）、食品ロスの削減対策と環境・経済・社会への影響の関係を整理する（分析③C）。

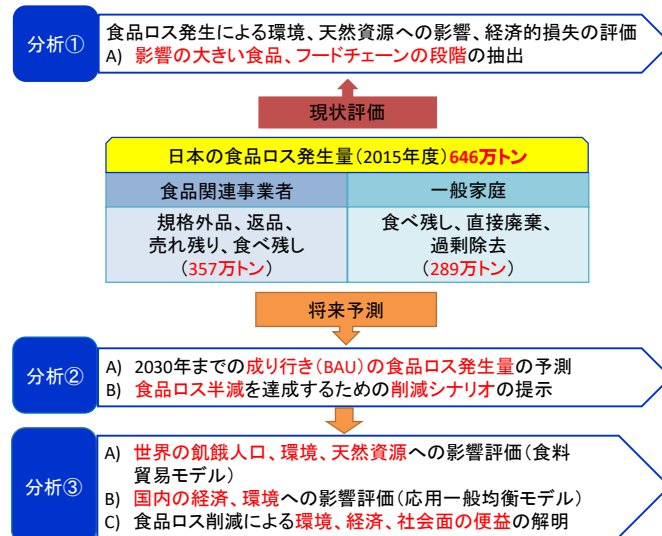


図2 研究の枠組み

3. 分析結果

これまでに得られた成果として、分析①と分析②Aの分析結果を以下に示す。

3.1. 分析①：食品ロス発生による環境、天然資源への影響、経済的損失の評価

2015年の我が国の食品ロスの発生によって、過剰に排出された温室効果ガス、無駄に利用された土地、水資源、および食べられるのに廃棄された食品の経済的価値の推定を行った。温室効果ガスの排出量、および経済的価値の損失の推定では、産業連関表による環境負荷原単位データブック（南斉ら2018）、平成27年（2015年）産業連関表（総務省2019）を各々ベースデータに用いた。

また、土地、水資源の損失の推計については、先行研究（Munesue and Masui 2019）の手法に従って推定した。

分析の結果、2015 年の我が国の食品ロス発生量は 646 万トンであったが、これに伴い温室効果ガスが 1,727 万トン CO2 過剰に排出され、土地資源 116 万 ha、水資源 474 百万 m³が無駄に利用されたと推定された。また、食べられるのに廃棄された食品の価値は、4 兆 6,720 億円と推計された。図 3 に、食品ロス発生量およびその影響について、フードチェーンの段階別割合を示す。温室効果ガス排出量と経済的価値損失の構成比は、食品ロス発生量の構成比に近い値を示しており、これらの影響は、食品ロス発生量に比例して発生すると考察される。一方で、土地資源については、農作物の単位面積当たりの収量が少ない穀物をより多く使用する段階の割合が大きくなっており、水資源についても、米、食肉などの農業生産時に大量の水を必要とする食品をより多く利用する段階の割合が大きくなっていることが示された。

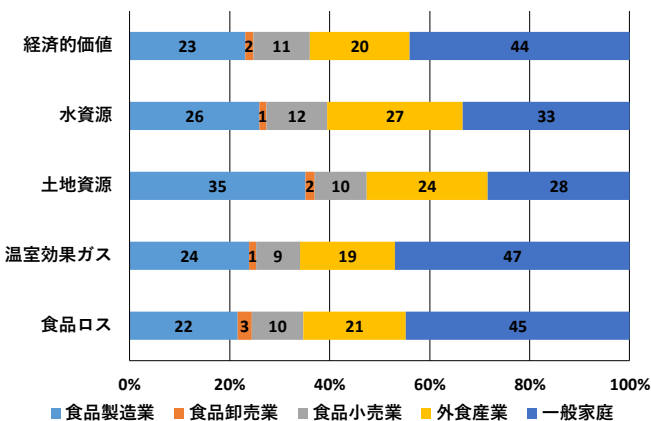


図 3 食品ロスおよびその影響についてのフードチェーンの段階別の発生割合（2015 年）

3.2. 分析②A: BAU における事業系食品ロス発生量の予測

産業連関分析により、以下の前提条件の下で 2040 年までの事業系食品ロス発生量の予測を行った。

- ・ 将来の人口、世帯数は国立社会保障・人口問題研究所の中位推計（2018）に従って変化する。
- ・ 経済成長率は、内閣府（2019）の試算にもとづいて中長期的に実質 1%程度で推移するケース（ベースライン）、2%程度で推移するケース（成長実現）、ゼロ成長ケースの 3 ケースを想定
- ・ 食品価格は予測期間を通して 2015 年レベルで一定
- ・ 食品の輸出額は、東日本大震災以降の 2011 年から 2018 年の拡大のトレンドが継続する。

- ・ 食品関連産業の単位経済活動当たりの食品ロス発生量（発生原単位）は、BAU では 2015 年レベルから改善されない。改善する場合は、食品関連事業者へのアンケート結果（農水省・環境省 2019）にもとづいて 2030 年まで減少する。

図 4 に 2030 年における事業系食品ロス発生量の推計結果を示す。食品ロスの発生原単位が 2015 年レベルから改善しない場合、食品ロスの総発生量は 3 つの経済成長のケースで 340 万トンから 379 万トンとなり、いずれも半減目標の 273 万トンを大幅に上回る結果となった。また、発生原単位が改善する場合でも、食品ロスの総発生量は、ゼロ成長ケースで半減目標に近い 279 万トンまで削減するが、ベースラインと成長実現ケースでは、それぞれ 300 万トン、311 万トンとなり、半減目標の達成は困難であることが予測された。

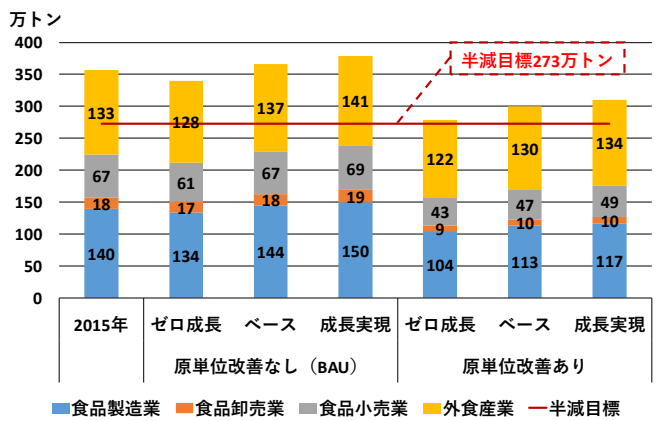


図 4 事業系食品ロスの発生量（2030 年）

謝辞

本研究は、環境研究総合推進費 JPMEERF20193003 により実施された。

参考文献

- 1) 南斉規介・川島一真・森本高司 (2018) 産業連関表による環境負荷原単位データブック (3EID)
 - 2) 総務省 (2019) 平成 27 年 (2015 年) 産業連関表
 - 2) Munesue Y, Masui T. (2019) The impacts of Japanese food losses and food waste on global natural resources and greenhouse gas emissions. J Ind Ecol. 2019;1–15.
 - 3) 国立社会保障・人口問題研究所 (2018) 日本の世帯数の将来推計 (全国推計) (2018 年推計)
 - 4) 内閣府 (2019) 中長期の経済財政に関する試算 (令和元年 7 月 31 日 経済財政諮問会議提出)
 - 5) 農水省・環境省 (2019) 目標設定に関する資料
- キーワード 食品ロス, 環境・経済・社会, 影響評価

シンポジウムー4

学術賞受賞記念シンポジウム 「資源循環社会形成のための支援技術と影響評価手法」

プロジェクト名：環境研究総合推進費（3-1905）
「静脈系サプライチェーンマネジメントのための情報通信技術の導入可能性と効果分析」

オーガナイザー 松本 亨（北九州市立大学）教授
藤山淳史（北九州市立大学）准教授

趣旨説明： 廃棄物処理・資源循環分野において、さらなる 3R の推進と資源効率の向上、労働力不足への対応とそのための労働環境の改善が求められている。本シンポジウムでは、廃棄物の発生、収集から選別・加工・再利用に至るプロセスの最適マネジメントのために、情報通信技術の適用可能性を検討する。具体的導入ステージを想定した上で、IoT・AI 等の支援技術を活用したシステムの提案と、環境面・経済面・安全面から検証するための評価手法について研究成果を共有し、トータルマネジメントを実現させるための社会システムの在り方について議論する。またポストコロナ社会における廃棄物処理・資源循環システムの課題と情報通信技術への期待についても論じる。

廃棄物・資源循環分野でのIoTを活用した排出・処理事業者間インタラクション実現の可能性

Possibility of realization of interaction between waste emission and treatment companies using IoT in the field of waste and resource recycling

北九州市立大学 ○藤山淳史, 松本 亨

1. はじめに

近年、モノとモノをインターネットを介して接続するIoTの活用は様々な分野で広まっており、廃棄物の分野においても効率性の追求による低炭素化や省人化の観点から注目されている。廃棄物・資源循環分野において、IoTを活用した排出・処理事業者間のインタラクションを実現させるための方法としては、関連する事業者間の連携や情報共有を行うことのできる「場」、つまり、情報プラットフォーム（以下、PF）の構築が考えられる。具体的には、産業廃棄物の排出・処理にかかわる排出事業者、収集運搬業者、処理業者それぞれが保持している情報をWEB上のシステムに登録し、そこで情報をリアルタイムに近い形で共有することで、収集運搬、処理の効率化を図る仕組み（図1）である。廃棄物業界および資源循環の分野において、情報PFは存在していないため、導入することによって、どのような効果が表れるのか、また、ニーズについても把握されていない。そこで本研究では、多種多様な事業者が参画する産業廃棄物処理の分野において、情報PFを導入した場合の効果について確認するとともに、ニーズについてアンケート調査を行った。

2. 情報連携による収集運搬効率化のポテンシャル評価

情報PFが導入された場合を想定し、シミュレーションを実施することで、効果の有無およびその程度、効果発生メカニズムを把握することは、情報PFの構築を検討するうえで重要となる。収集の効率化・最適化を発現させるメカニズムとして、本研究では、「集積状況把握による回収タイミングとルート最適化」「配車の最適

化」「処理先の選択まで含めたルートの最適化」を主に想定している。今回、軟質ビニールの収集を対象として2つのシミュレーションを実施した。条件設定を含め、その概要を表1に示す。解析においては、Pythonを使用し、シミュレーションのモデルを開発した。なお、パッカー車の大きさや台数は現状のままとし、さらに、回収タイミング（回収日）は事前に決め、回収ルート最適化のみをシミュレーションによって実施した。

産業廃棄物収集運搬業者の実データを利用して、複数車両の配車配送を最適化する問題（配送計画問題）に対する最適解を算出した。試算した結果、図2に示す通り、

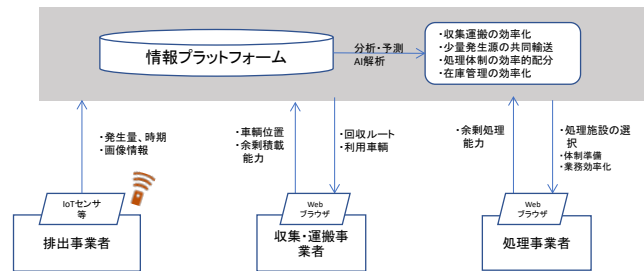


図1 情報プラットフォームのイメージ

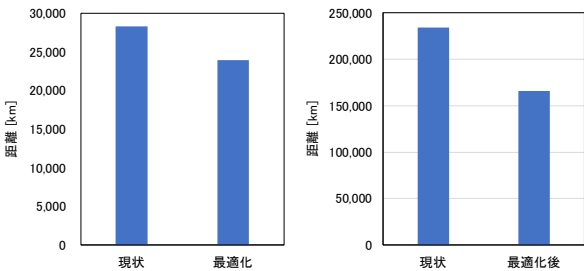


図2 シミュレーションによる試算結果

(左:シミュレーションA, 右:シミュレーションB)

表1 シミュレーションの設定条件

シミュレーションA		シミュレーションB
対象物質		軟質ビニール
対象排出事業者数	94 か所	40 か所
対象期間	2019 年 12 月 1 日～7 日（1 週間）	2019 年 12 月 1 日～30 日（1 か月）
輸送トラック	パッカー車 3 台（最大積載量 8t）	パッカー車 1 台（最大積載量 8t）
回収拠点	福岡市内	北九州市内
解析方法	巡回セールスマン問題の応用である配送計画問題（容量制約付き運搬経路問題）	巡回セールスマン問題
その他	各排出拠点での回収量の 1.5 倍まで貯留できると仮定	

表2 アンケート調査の対象と回収状況

		発送数	有効発送数	回答数	回収率
福岡県内の多量排出事業者		466	456	132	28.9%
福岡県産業資源循環協会の	収集運搬事業者	388	377	70	18.6%
会員企業	処理業者	216	210	31	14.8%
全体		1,070	1,043	233	22.3%

シミュレーションAでは約 15.4%，シミュレーション B では約 29.1%の削減となった。

3. 情報連携のニーズ把握

主なアンケート調査の項目は、「業者間の連携および情報共有の現状」「情報管理の現状」「情報 PF に対するニーズ」についてであるアンケート調査の対象は「福岡県内の多量排出事業者」と「福岡県産業資源循環協会の会員企業（収集運搬業者、処理業者）」であり、回収状況は表 2 に示すとおりである。

情報 PF の利用意向を、産業廃棄物の排出・処理にかかわる排出事業者、収集運搬業者、処分業者に対してアンケート調査をおこなった結果を図 3 および図 4 に示す。なお、ここで想定している情報 PF とは、産業廃棄物処理業に係るステークホルダーそれぞれが保持している情報を WEB 上のシステムを通じてリアルタイムに近い形で共有することで、収集運搬、処理の効率化を図る仕組みを備えたものと想定してもらった。その結果、利用意向については、全体の約 1/4 は興味があると回答しており、一定のニーズがあることがわかった。業種別に見ると、排出事業者が 22%，処分業者が 19%であるのに対し、収集運搬業者は 33%であり、他より高いことがわかった。情報 PF を利用する際の公開レベルについては、Ⅱ：会員登録した事業者であれば誰でもアクセス可能、Ⅲ：会員登録した事業者かつ当該事業に関わる事業者のみがアクセス可能と回答した企業が全体の 80%以上であった。受容できる年間利用料に関しては、興味があると回答した排出事業者のうち約 70%は無償と回答しコスト受容性が低いのに対して、同じく興味があると回答した収集運搬業者の約 60%は年間 10 万円までは受容できると回答しており、ニーズに比例しているといえる。

4. まとめ

シミュレーションにより、情報 PF を導入することで現状よりも効率化に繋がる可能性があることを確認した。また、アンケート調査から中小規模の事業者が多いという産業廃棄物処理業界の状況を考慮すると、情報

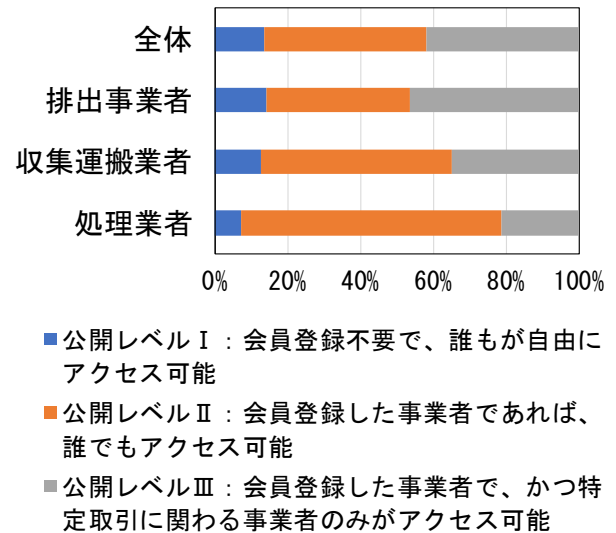


図3 情報 PF の利用意向（公開レベル）

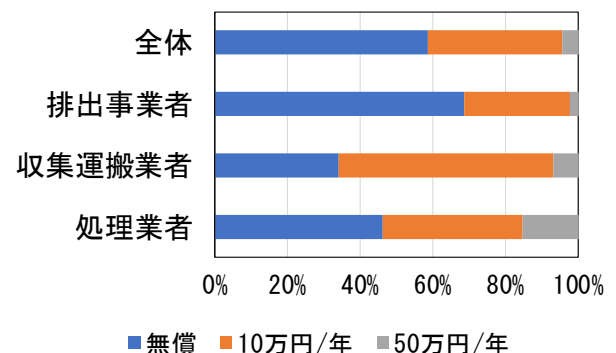


図4 情報 PF の利用意向（年間利用料）

PF には一定のニーズがあり、特にそれを利用することによる業務効率化への期待が高いことがわかった。

謝辞 本研究は、環境研究総合推進費「JPMEERF20193005：静脈系サプライチェーンマネジメントのための情報通信技術の導入可能性と効果分析（代表：松本亨）」の補助を受けて実施した研究成果の一部である。記して謝意を表す。

キーワード 情報プラットフォーム、シミュレーション、アンケート調査

廃棄物の高効率なエネルギー利用とそれを支援する情報技術の検討 Study on efficient waste to energy and supporting information technology

国立環境研究所 ○藤井実, 牧誠也, 孫露, 岡寺智大, 東洋大学 後藤尚弘

1. はじめに

効率的な低炭素化対策と、資源循環対策の推進が急務となっている。マテリアルリサイクルには不向きな雑多で低品質なプラスチックを含む、可燃性廃棄物の焼却熱を製造工場に必要な蒸気供給に利用することができれば、廃棄物からのエネルギー回収方法として一般的な焼却発電（発電効率 20%程度）に比べて、2 倍程度多くの化石燃料消費を削減することが可能である。結果的に 2 倍程度多くの CO₂ 排出の削減と、2 倍程度の経済的なメリットを享受することができ、低炭素化と資源の有効利用を経済的に進めることができる。課題は、製造工場での安定操業を可能にするため、廃棄物を収集して必要な蒸気供給をコンスタントに行えるシステムを構築することであり、これには情報技術を活用することが有用であると考えられる。

2. 焼却施設から工場への蒸気供給

一般的な廃棄物焼却施設では、ボイラーで製造した蒸気をタービンに供給して発電に利用しているが、蒸気配管を通して近隣（なるべく数 km 以内が望ましい）の製造工場に、蒸気の全量または一部、あるいはター

ビンから抽気した蒸気を供給することができれば、製造工場においてボイラーで消費していた燃料を節約することができる。焼却施設での発電効率は、火力発電所における発電効率（40～60%）に比べると大きく劣るが、ボイラー効率には焼却施設と産業用ボイラーの間にそれほど大きな差がないため、効率的に化石燃料消費を削減することができる。ただし、製造工場への蒸気供給が可能な立地の焼却施設は限定されるため、焼却発電の効率向上も引き続き重要な課題である。

3. 蒸気の安定供給のためのシステム

3.1. ハードによる蒸気安定供給

産業廃棄物の固形燃料としての活用や、廃棄物焼却施設から製造工場への蒸気供給にはメリットが大きい。製造工場側では安定してエネルギー供給を受けられることが課題となる。安定供給を実現するための、ハード、ソフト両面のシステムが必要になる（図 1）。物理的な装置で蒸気の安定供給を支える方法としては、スチームアキュムレータと呼ばれる、蒸気を高圧下で高温の水として保存しておく装置を利用することや、バックアップのためのボイラーを活用することが

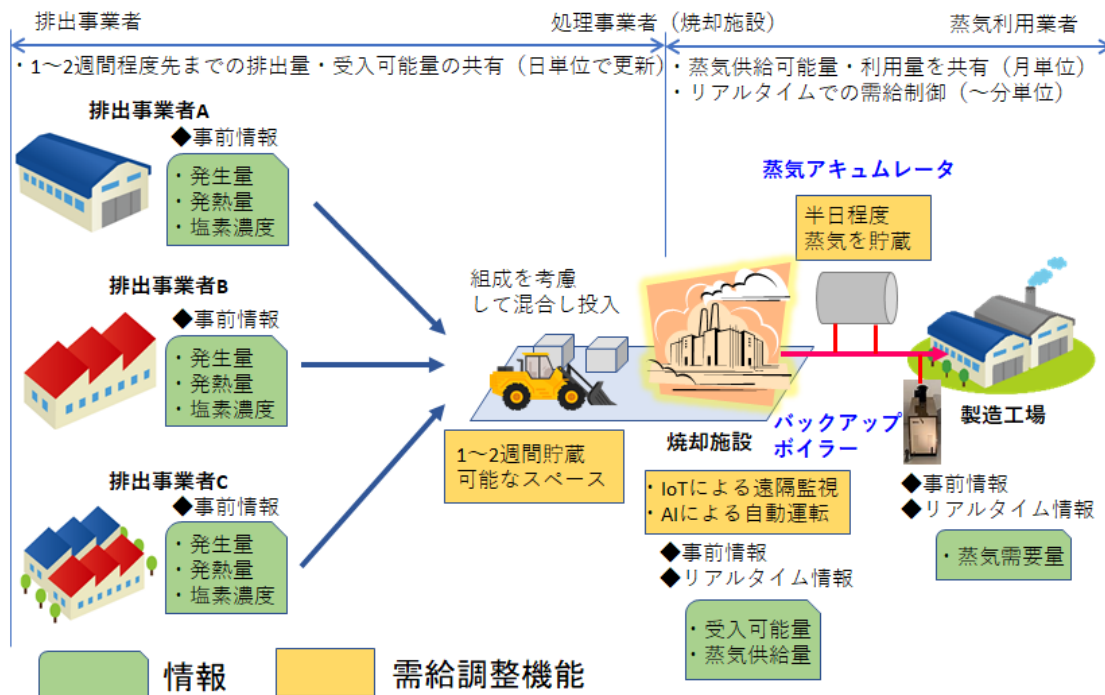


図 1 廃棄物による製造工場へのエネルギー供給を安定化させるシステム

考えられる。焼却施設は定期修繕などのために一定期間運転を停止する場合があるため、工場の操業休止期間と焼却施設の停止期間が合致しない場合には、蒸気供給のためのバックアップの手段が必要である。

3.2 ソフトによる蒸気安定供給

ソフト面では、排出事業者、廃棄物処理事業者、需要家である製造事業者間で、廃棄物の発生量・組成情報やエネルギーの需要情報を共有する、情報プラットフォームを構築し、需給制御に利用することが有用と考えられる。また、特に焼却熱の製造工場での利用は、国内では実施事例が非常に少なく、その有効性が認知されていないのが現状である。情報プラットフォームでは、有効性を知らしめるとともに、事業化が可能なエリアを提示するなどして、事業化を促進する機能を持たせることが有用であると考えられる。表1には、事業の運用段階に必要と考えるデータ項目について整理した。データ共有の実施にあたり、高い機密性が求められること、扱う廃棄物の種類（一廃、産廃）によって機密性のレベルが異なり得ること、データ取得コストはIoT（モノのインターネット）技術で削減可能なため、燃料削減効果で情報プラットフォームの必要経費を賄える可能性があることなども整理された。

情報プラットフォームを事業化している事例としてSedexは、サプライヤーのサステナビリティ情報プラットフォームをグローバルに展開しており、参加企業は、社内の改善に繋がる利点や、企業の資源調達ガイドラインや監査に活用されている実績があり、参加の

インセンティブが明確であれば、情報プラットフォームを維持・発展できることが明らかになった。

焼却施設の遠隔・自動運転も安定供給に寄与する。一定の発熱量で炉に廃棄物を投入することが重要であり、ピットでの異なるごみの判別、攪拌による均質化などが課題となること、産廃の場合は廃棄物の発生場所（工場）ごとに組成が異なるケースが多いため、搬入時期を把握し、適切に混合して炉に投入できると安定燃焼に有効であること、焼却炉が従来備えるセンサー情報を利用して、AI（人工知能）を活用して精密に制御する方向で進んでいることなどが整理された。

4. まとめ

情報プラットフォームの整備と活用により、焼却熱の製造工場での利用の効率性の認知が進んで事業計画策定が促進されるとともに、事業運用に関わる基本的な仕組みが構築されることが期待される。

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（JPMEERF20193005）により実施されました。

参考文献

- 1) 藤井実 (2019), 廃棄物のエネルギー利用の高効率化に向けた展望, 廃棄物資源循環学会誌, 30, (4), 233 – 238

キーワード 焼却, 熱利用, 情報技術

表1 情報プラットフォームのデータ項目（事業運用段階）

情報区分	項目	データソースの最小単位	データベースの集計単位	データベースの時点
エネルギー源排出側	収集可能範囲	排出者所在	町村、区、市、組合	年度当初計画 最新予定 実績
	排出量	g/日/人	年、月、日	
	搬入量	台/時間	台/日、台/年	
	平準化	滞留台数/10分	台/10分、台/時	
	稼働情報	〇～〇時/日	稼働時間、稼働日	
	予備点検・故障	〇～〇時/日	停止時間、停止日	
エネルギー回収・供給側	廃棄物組成	分別項目別の重量/台	wt%/台or日or月or年	
	処理量	t/日	t/週or月or年	
	受入量	t/日	t/週or月or年	
	ストック量	t/日	t/週or月or年	
	改質剤（助燃剤）投入量	kg/t	t/週or月or年	
	施設容量	エネルギーの量	GJ/h	
		エネルギーの質	箇所別の圧力（Pa） 箇所別の温度（℃）	
		年間稼働日数	日/年	
	稼働情報	〇～〇時/日	稼働時間、稼働日	
	予備点検・故障	〇～〇時/日	停止時間、停止日	
エネルギー需要側	エネルギー需要	%/分	月別の時間最大値	
	需要施設の稼働状況	施設別利用者/時間	施設別利用者数/日、週、月、年	
		製造量/日	製造量/日、週、月、年	
	稼働情報	〇～〇時/日	稼働時間、稼働日	
	予備点検・故障	〇～〇時/日	停止時間、停止日	

産業廃棄物焼却施設における機器保全のニーズ調査と 情報通信技術を用いた予兆診断に関する実証試験

A Questionnaire Survey on Maintenance Needs of Industrial Waste Incineration Plants and A Demonstration Test of Predictive Diagnosis Using ICT Technology

和歌山大学 ○吉田登, 和田俊和, 中尾彰文, 山田崇雄

1. はじめに

社会インフラや産業機械の保全の高度化 ICT や AI を適用する取り組みが進みつつある。産業廃棄物の静脈サプライチェーンの中で、産業廃棄物の焼却は特に技術・装置の寄与が大きい。一般廃棄物の場合とは異なり、施設や保有機器や人材に十分な余裕がない中、施設の稼働率を高め、かつ長期にわたり、一定の技術水準・品質を維持しつつ操業する必要があるという課題を抱えている。本研究では、産業廃棄物焼却施設を対象として、機械保全のニーズを把握するためのアンケート調査を行い、さらに情報通信技術を用いてプラント機器故障の予兆診断に関する実証試験を試みた。

2. 方法

2.1. 産業廃棄物焼却施設における機器保全のニーズ調査

産業廃棄物焼却施設の機器保全へのニーズを把握するため、産業廃棄物業者を対象に Google Forms を用いた WEB アンケート調査を行った。

【調査対象】 産業廃棄物処理業者のうち、焼却処理施設を有する優良産廃処理業者 170 社

【実施時期】 2020 年 1 月～2 月 29 日

【回答状況】 回答：31 社（回答率：18.2%）

2.2. 情報通信技術を用いた予兆保全に関する実証試験

産業廃棄物焼却施設（ロータリーキルンストーカー炉、95t/d）に設置されているストーカー冷風送風機に、機器故障の予兆診断用の振動加速度データ計測システムを適用し、実証試験を行った。ストーカー冷風送風機の諸元を表 1 に示す。

表 1 ストーカー冷風送風機の諸元

項目	仕様
型式	#3.75RTC-20
電動機	22 k w 2P 440V 60Hz
風量	100 m ³ /min at 20°C
風圧	7kPa（入口-0.3, 出口+6.3）at 20°C
回転速度	3,520 min ⁻¹

振動加速度データ計測システムは、①計測：一般の 3 軸振動加速度センサ（出力周波数：DC-350Hz）からの信号データを計測し、②処理：アナログ・デジタル変換の精度に影響を及ぼすサンプリングレート（1 秒間あたりのサンプル数）を通常の 10 倍の頻度（500kHz）で安定的に取得する A/D 変換器で処理を行い、③記録：サンプリングデータをより少ない容量で多くのデータを保持できるようデータ圧縮し、バイナリ形式で取得してファイル名を自動付与した後に Solid State Drive（SSD）に記録する、という一連の機能を有する。

本システムは、多機能ゆえ高価な市販のデータロガーを使わず、センサーデータを任意のノートパソコン（ノート PC）に入力して、PC 上で動作し制御可能となるよう、制御プログラムを Linux Live USB に格納した、汎用の振動加速度計測システムのプロトタイプとして構築した。汎用 OS でフリーかつオープンソースな Linux と一般のノート PC を使用したので、補助記憶装置の拡張やサンプリング設定等のカスタマイズが容易である。将来的には通信環境を整えることで、インターネット経由での遠隔データ監視も可能となる。A/D 変換器は、通常のデータロガー水準の 16 チャンネルを備えており、測定対象機器や測定箇所の追加が可能で高い開発容易性と拡張性を備えている。

3. 結果

3.1. 産業廃棄物焼却施設における機器保全のニーズ

(1) 保有焼却炉数

多くの施設（71%）で、焼却炉数が 1 炉のみの保有という状況であった。また、設備担当者は施設当たり 2～4 名が最も多かった（39%）が、設備担当者が 1 名のみという施設もかなりの程度（23%）で確認された。

(2) 処理を停止した原因箇所（複数回答）

操業時に故障等で処理停止した原因箇所は、燃焼設備（31%）、ごみ受入・供給設備（19%）、燃焼ガス冷却設備（14%）、排ガス処理設備（14%）が多かった。

(3) 故障発生の把握方法（複数回答）

故障発生を把握するために行っている方法は、日常点検（62%）、定期点検（51%）、中央制御室での監視（38%）が多かった。一方、例えば38%の施設では日常点検の実施が現状では難しいという状況を示した。

(4)ICT・AIに期待する効果（複数回答）

ICT・AIに期待する効果として、「突発故障の減少による、緊急時の作業員負荷減少や危険の回避」

（26%）、「突発故障の減少による、操業ロスの削減」

（25%）、「突発故障の減少による、機器の延命」

（19%）、「過剰保全を回避した効率的で計画的な保全によるコスト削減」（18%）への期待が寄せられた。

(5)設備を止めず機器異常を予兆するシステムへの意向
価格によっては欲しい（61%）、ぜひ欲しい（13%）という意向が示された。

3.2. 情報通信技術を用いた予兆保全に関する実証試験

ストーカー冷風送風機に、予兆診断用の振動加速度データ計測システムを適用し、約1ヶ月にわたり安定的に3軸（X/Y/Zの3方向）の振動加速度データを取得した（図1）。これに高速フーリエ変換（MRFFT: Multiple Radix Fast Fourier Transform）解析を行い、振幅が卓越する60Hz、120Hz、180Hzの3つの周波数成分を確認した。送風機の回転速度は $3,520 \text{ min}^{-1}$ であり、周波数60Hzとほぼ一致する。実証対象の送風機は、許容値を上回る回転軸ずれ（ミスアライメント）を起こしやすい傾向があり、定期修理ごとに、軸芯出し（シャフトアライメント）により軸ずれの調整を行っている。シャフトアライメントは高度で熟練した技能を有することもあり、この作業のために熟練者の作業時間

をその都度投入している。定期修理から1か月半経過するとX軸（送風機主軸に対し横方向）の振動加速度の振幅は定期修理直後の10倍のオーダーにまで拡大しており、軸ずれとの関係が伺われる。

最も振幅変化が顕著なZ軸120Hzの周波数成分を出力（y）、時間（min）及び残りの3軸3成分の周波数成分を入力（x）として、ノンパラメトリックなカーネルベースの確率モデルである、ガウス過程回帰（GPR: Gaussian Process Regression）モデル¹⁾を用いた機械学習により、異常予兆の診断を行った。図2に示すとおり、レベルに応じた異常度を出力している。

4. 結論

アンケート調査をもとに、産業廃棄物焼却施設での機器保全の高度化ニーズを把握し、情報通信技術を用いて機器故障の予兆診断を行う計測システムのプロトタイプを開発し、実証試験により有効性を検証した。

謝辞

本研究の一部は、環境省・環境研究総合推進費（3-1905）による研究助成の支援を受けて実施された。

参考文献

1) 和田俊和, 尾崎晋作, 前田俊二, 渋谷久恵: Gaussian Process Regression に基づく時系列データの異常モニタリング, 電子情報通信学会論文誌 (D), Vol.J96-D, No.12, pp.3068-3078, 2013

キーワード 産業廃棄物焼却炉, ICT, 機械保全

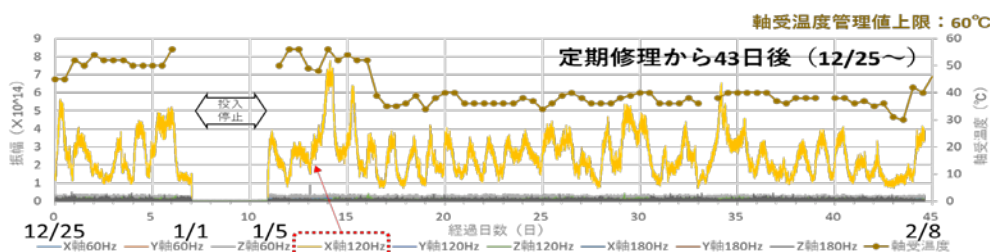


図1 対象周波数振動の経年変化

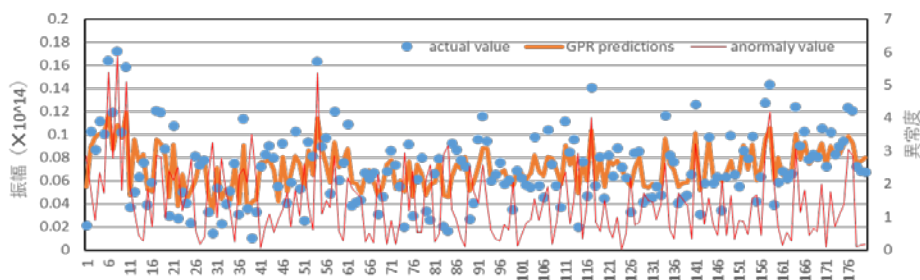


図2 異常予兆の検出を行う機械学習のプロトタイプ

紙マニフェストの入力作業の省力化に向けた現状分析

Analysis of the Current Situation of Labor-saving Input of Paper Manifest

みずほ情報総研株式会社 ○秋山浩之，不破敦，西野京一郎，株式会社グリーン 池田桂太朗，立命館大学 橋本征二

1. 目的と研究内容

産業廃棄物処理業者の事務作業は多岐にわたり，その効率化が課題となっている。本研究では，作業負荷が高い紙マニフェストの入力作業を対象に RPA（Robotic Process Automation）ソフトを導入し，これを自動化する方法を検討するため，作業状況の現状分析を行うとともに，今後，RPA ソフトを用いた自動化の検証を行う準備として，予め電子化した入力データの廃棄物処理業者向けパッケージソフトへの転記作業の自動化を試行した。

2. 結果と考察

2.1. 紙マニフェストの入力作業の現状

廃プラスチックや木くずの再資源化を中間処理事業として行う株式会社グリーンでは，パッケージソフトに入力済みの項目を活かしつつ，台貫データ，排出事業者や運搬受託者に関する情報を入力している。

一日分の処理件数（計測当日分 269 件）に要する作業時間等を計測したところ，表 1 のとおりとなった。マニフェスト入力件数は約 7 万件／年であるため，作業時間の合計は約 10 万分／年（約 1,745 時間／年）で，一人当たり月間作業時間が 20 日×8 時間＝160 時間とすると，約 11 ヶ月人に相当する。

2.2. 電子化した入力データの転記作業自動化の試行

RPA ソフトによるパッケージソフトの動作を確認した上で，電子化したマニフェスト情報の転記作業を自動化することができた。しかし，作業時間を計測したところ，表 2 のとおり，入力データ電子化時間は最速で 57 秒／件，転記時間は 28 秒／件で，入力データ電子化時間は費用対効果が見込まれる 40 秒／件には達しなかった。その理由として，パッケージソフトの入力済みデータの活用機能が優れていたことなどが考えられる。

2.3. 紙マニフェストの定型性・印字率の確認

本試行では，入力データの電子化を暫定的に手作業で行ったものの，今後，AI-OCR（Artificial Intelligence - Optical Character Recognition）を用いてこれを自動化する準備のため，紙マニフェストの定型帳票の割合を計測した。枚数が多い様式の帳票は，OCR されたデータの意味付けのための登録・学習が容易となる。RPA ソフト導入前（計測枚数 418 枚）の帳票について 1 日当たり 5 枚

表 1 導入前の作業時間等の計測結果

	ソフトへの入力	データ確認読み上げ	登録データ確認
作業人員	1	2	1
作業時間	231 分	48 分	105 分
マニフェスト件数	269 件	269 件	269 件
1 件あたり作業時間	52 秒／件	11 秒／件	23 秒／件

表 2 試行結果

入力データ電子化時間（最速）	57 秒／件
転記時間	28 秒／件
導入後の自動化処理率	38%

表 3 導入前後の実証におけるマニフェストの構成

帳票分類	導入前 (枚/%)	印字帳票割合	導入後 (枚/%)	印字帳票割合
定型帳票 A	135/35%	79%	19/46%	100%
定型帳票 B	98/17%	54%	12/17%	58%
定型帳票 C	61/13%	67%	5/10%	80%
定型帳票 D	33/11%	100%	3/7%	100%
その他定型	52/13%	79%	3/7%	100%
非定型	39/11%	82%	5/12%	100%
合計	418/100%	73%	47/100%	87%

以上ある帳票を便宜的に定型と定義すると，表 3 のとおり，導入前の定型帳票の割合は 89%，導入後の定型帳票の割合は 88%であった。さらに，印字帳票の割合は導入前が 73%（うち定型分は 73%），導入後が 87%（うち定型分は 86%）で，AI-OCR が利用しやすい帳票の構成であることが分かった。

3. まとめ

効率化を進めるためには，RPA ソフトのプログラムを精緻化し自動化処理率を上げるとともに，AI-OCR を活用して入力データの電子化時間を短縮することが必要である。

謝辞：本研究は、環境研究総合推進費(JPMEERF 20193005)の成果である。

キーワード マニフェスト，RPA，AI-OCR

ポストコロナを見据えた廃棄物処理・資源循環システムのアプローチ Approaches to waste management and circular system for post-COVID-19

早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科 ○小野田弘士

1. はじめに

ポストコロナを見据えた「非接触」、「オンライン」を念頭においた廃棄物処理・資源循環システムの構築が急務となっている。この場合、AI・IoT等の情報通信技術を活用することが前提となる。本報告では、環境研究総合推進費（3-1905）「静脈系サプライチェーンマネジメントのための情報通信技術の導入可能性と効果分析」における筆者らの取り組みに加え、筆者がまとめた文献¹⁾における提言内容の要点を述べることにする。

2. 環境研究総合推進費（3-1905）における取り組み

活動記録管理（Work Chain Management, WCM）によるトレーサビリティシステムを軸とした検討を行っている。本システムは、QRコードとスマートフォンのみによって、管理可能なエビデンスを自動的に記録するシステムである医療廃棄物の小口回収や自動車リユースパーツの生産プロセスへの応用を念頭においた実証事業を展開していく計画である。

3. ポストコロナを見据えた廃棄物処理・資源循環システムのアプローチ

提案の要点を図1に整理した。ポストコロナを見据えたアプローチを踏まえて、以下に要点を述べる。

(1) VR (Virtual Reality)：筆者らは、労働安全の分野で3D-VRを活用したコンテンツを作成し、その有効性を確認してきた。これらを教育の現場や熟練者の技術伝承に応用する試みを進めている。

(2) ごみ収集の自動化・非接触化：「新しい生活様式」は、宅配の増加による物流業者の業務負担や家庭からのごみ排出量増加を招く。こうした問題に対応するソリューションとして、筆者らが開発に着手したマルチベネフィット型モビリティのコンセプトをごみ収集の自動化への応用を提案している。同図に示すスマートゴミ箱やロボットアームと組み合わせることにより、ごみ収集の自動化に向けた知見を積み重ねていくことを計画している。また、2.で示したWCMは、決済機能と組み合わせることにより、キャッシュレス・非接触を実現することも可能であり、業務効率化にも貢献する。

(3) 遠隔監視・プラント運転の自動化：プラントの運転

を遠隔で行うことは、結果として移動の回避、非接触に貢献する。プラントメーカーを中心に取り組みが進んでいる焼却炉の遠隔監視・運転の自動化はそれに貢献する。また、Drone等を組み合わせて、「現場へ行く頻度」を極力低減する取り組みも考えられる。

産業廃棄物処理等の現場でもロボット導入に向けた動きが活発化している。廃棄物処理・リサイクルの現場は、運転員が感染性の医療廃棄物が封入された容器を手作業で投入するなど衛生面での課題も従来から指摘されてきた。さらなる技術開発・成熟が期待される。

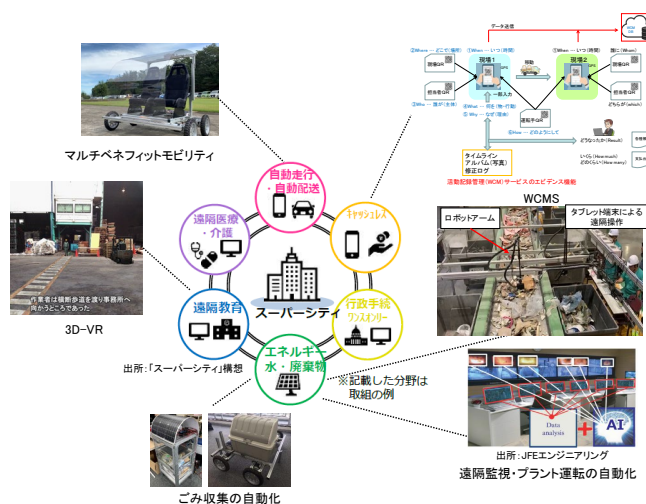


図1 ポストコロナを見据えた廃棄物・資源循環システム

5. おわりに

WCMを核としたトレーサビリティシステムとポストコロナを見据えた廃棄物処理・資源循環システムのアプローチに資する要素技術・システムについて述べた。これらの取り組みが、廃棄物処理・資源循環システムにおけるイノベーションの推進につながることを期待する。

参考文献

- 1) Onoda, H (2020) Smart approaches to waste management for post-COVID-19 smart cities in Japan, IET Smart Cities, Volume 2, Issue 2, 89-94

キーワード AI・IoT, ポストコロナ, 廃棄物処理・資源循環システム

シンポジウムー5

「化学物質管理促進のための PRTR データの実践的な活用に向けた課題と最新研究動向」

プロジェクト名：環境研究総合推進費 SⅡ-4

「ライフサイクル全体での化学物質管理に資する PRTR データの活用方策に関する研究」

化学物質管理戦略研究会共同企画

オーガナイザー 小口正弘（国立環境研究所）主任研究員
亀屋隆志（横浜国立大学）教授

趣旨説明： わが国の化学物質排出・移動量届出制度（PRTR）は2001年の法制化以降、制度の浸透と多くの時系列データの蓄積、排出抑制のための自主管理の改善が行われてきた。一方で、PRTR データをより実践的に活用していくことが次のステップとして求められている。本シンポジウムでは、環境研究総合推進費戦略的研究開発領域課題 SⅡ-4「ライフサイクル全体での化学物質管理に資する PRTR データの活用方策に関する研究」（2019～2021 年度）においてこれまでに得られた成果を報告するとともに、化学物質管理の一層の促進のための PRTR データのより実践的な活用に向けた課題について議論する。

環境排出量としての PRTR データの正確性と捕捉範囲の評価 PRTR data as environmental releases and substance flows of chemicals

(国研) 国立環境研究所 ○小口正弘

1. はじめに

第五次環境基本計画で掲げられている化学物質のライフサイクル全体での包括的管理のための基礎として、化学物質の排出インベントリや物質フローの把握が必要である。「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」(化管法)に基づく PRTR 制度では、現行 462 種の幅広い化学物質について排出移動量を継続的に把握、公表しており、これを化学物質の排出インベントリや物質フローデータの一部として活用できると考えられる。

ただし、PRTR 制度は個々の事業者の自主管理を目的としたものであり、化学物質の排出インベントリや物質フローの把握を主たる目的とはしていないことから、環境排出量や物質フローの把握に活用する際には、PRTR データの特徴をふまえ、その活用可能性を判断することが必要である。実際に、特定の物質や業種を対象とした過去の研究事例から PRTR データの正確性や捕捉範囲の課題が指摘されている¹⁾。

環境研究総合推進費 SII-4-1(1)では、PRTR データの算出方法等の実態把握をふまえ、PRTR データが環境排出量や物質フローの実態をどの程度反映しているか、またそれら全体のどの部分を捕捉しているかを業種・物質群等ごとに明らかにすることを目指している。本稿ではその進捗について紹介する。

2. 算出方法に応じた PRTR 届出データの正確性と捕捉範囲の整理

PRTR 制度において届出されている排出移動量は、経済産業省・環境省の算出マニュアル²⁾に示された物質収支、実測、排出係数、物性値を用いた計算、その他適切

と考えられる方法のいずれかまたは組合せにより算出されている。したがって、個々のデータも基本的に推計値であり、PRTR 届出データが実際の環境排出をどの程度反映しているかは、用いられた算出方法や根拠データに依存する。

算出マニュアルでは、各算出方法を用いた算出にあたっての留意事項、排出ポイントや入手可能なデータなどに応じた算出方法選択の考え方が示されている。それらをふまえて算出方法ごとに算出される排出移動量の正確性の特徴を表 1 のとおり整理した。また、現行の PRTR 制度では原材料や製品の含有率が 1%未満(特定第一種指定化学物質は 0.1%未満)の低含有物質・不純物に由来する排出移動量は届出排出移動量の算定に含める必要はない。ただし、例えば実測による方法では原理的に低含有由来の排出も含まれることになるなど、算出方法によってその捕捉有無が異なるため、この点についても算出方法ごとの整理を行った。なお、この整理は今後のヒアリングやアンケート調査の結果もふまえて必要に応じて適宜修正を行うこととしている。

3. 算出方法の実態をふまえた PRTR 届出データの評価

排出移動量の算出方法や根拠データ等の実態を表 1 の整理に当てはめることで、業種や物質(または物質群)ごとの PRTR 届出データの正確性、捕捉範囲を評価、整理できると考えられる。ただし、現行の PRTR 制度においては届出データの算出方法や根拠データ等は届出項目に含まれていないため、その実態把握が必要である。算出方法の実態は今後ヒアリングやアンケート調査によって把握する予定であるが、PRTR 制度設計時に環境省が実施した PRTR パイロット事業において算出方法が

表 1 算出方法に応じた PRTR 届出排出移動量の正確性と捕捉範囲の整理

算出方法	排出移動率(排出移動量/取扱量)		排出濃度		排出の変動		根拠データ		低含有・不純物由来の捕捉
	大	小	高	低	大	小	自社データ	マニュアル	
①物質収支	○	×	—	—	○	○	—	—	取扱量に低含有・不純物を含むか否かで決まる
②実測	○	○	○	×	△ (実測頻度による)	○	—	—	原理的に捕捉されている
③排出係数	×	○	○	○	△ (元データによる)	○	○ (定期的な見直し必要)	△ (データ精査の有無による)	取扱量に低含有・不純物を含むか否かで決まる
④物性値	×	○	○	○	△ (計算条件設定等による)	○	△ (計算精度による)	△ (データ精査の有無による)	取扱量に低含有・不純物を含むか否かで決まる

報告されていたため、古い情報ではあるがこれを用いて PRTR 届出データの予備的な評価を行った。

図 1 にパイロット事業データ（1999 年度）に基づく届出排出量算出方法の整理（大気排出量／化学工業の例）を示す。算出方法の種類について経験値、文献値の 2 種は、現行マニュアルの排出係数による方法に相当するものと考えられる。

化学工業の例では、物質によらず物質収支と物性値を用いた計算の割合が高い。しかし、実測やその他の方法も一定割合採用されており、同じ物質でも事業所によって異なる方法が用いられていることがわかる。

同パイロット事業で報告された取扱量データから計算した取扱量に対する大気排出量の割合（大気排出率）を見ると、アクリル酸エチル、アクリル酸及びその水溶性塩、アクリロニトリル、酢酸ビニル、スチレンについては大気排出率が平均で 1%未満、個々の報告データでみても 0%~6%と小さい。これらの物質については事業所によらず大気排出率が比較的小さいことから、データの正確性を確保するには、表 1 の整理より物質収支による方法以外の方法を採用することが適切と考えられる。これに対し、報告の 7 割弱では実測、物性値を用いた計算、経験値または文献値が用いられており、それらのデータでは一定の正確性が確保されている可能性が高いと評価される。一方、残りの 3 割強は物質収支による方法が用いられていることから、データの正確性に課題がある可能性がある。

一方、大気排出率が平均で 4%~24%と比較的大きいエチレンオキシド、クロロホルム、塩化メチル、1,2-ジクロロエタン、N,N-ジメチルホルムアミド、トルエンについては、3 割強が物質収支、7 割弱がそれ以外の方法によって排出量が算出されている。個々の報告データでみると大気排出率が 0%~100%と様々であり、その違いによって異なる算出方法が採用されている可能性がある。

このため、個々の事業所における大気排出率との関係を詳細に見ながらデータの正確性を評価する必要がある。

4. おわりに

このように、業種と物質の組合せごとに取扱量に対する排出移動率の大小とばらつきに応じて算出方法の実態を把握することで、届出データの正確性を評価できると考えられる。事業所による排出移動率のばらつきが小さい業種・物質については業種全体として排出移動率に応じた適切な方法が用いられているか否かによって当該業種・物質の届出データの評価が可能である。事業所によって異なる算出方法が用いられているのであればその理由、妥当性の把握を行い、事業所の特徴もふまえた評価を行う必要がある。一方、排出移動率のばらつきが大きい業種・物質については、個々の事業所の排出移動率と算出方法を紐づけた評価が必要となるため、算出方法に加えて取扱量の把握も重要である。なお、大気排出率の大小は化学物質の用途によって異なる傾向も見られる場合があることから、業種・物質・用途の組合せでの分類ごとに評価を行うことも検討している。

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（JPMEERF19S20401）により実施した。

参考文献

- 1) 小口 (2019) 環境科学会 2019 年会講演要旨集、208-209
- 2) 経済産業省・環境省 (2019) PRTR 排出量等算出マニュアル第 4.2 版 第 I 部基本編

キーワード PRTR, 算出方法, 物質フロー, 排出インベントリ, データ評価

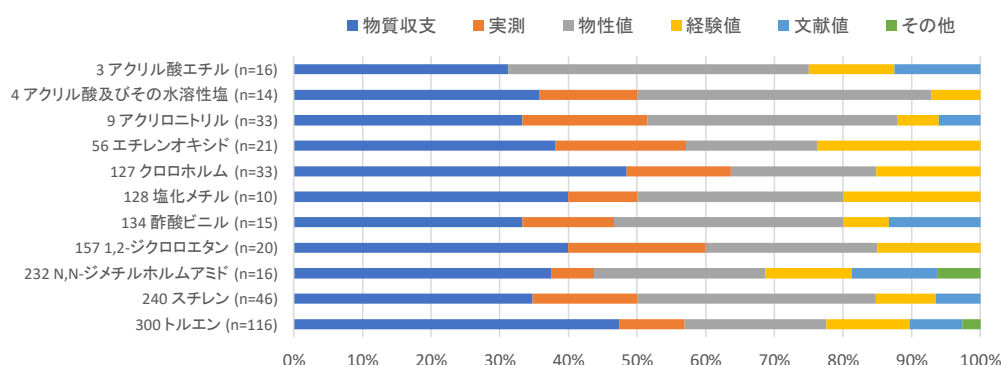


図 1 業種、物質別の届出排出移動量の算出方法の内訳
(大気排出量／化学工業の例、1999 年度パイロット事業報告データ、のべ回答数ベース)

環境多媒体モデル G-CIEMS と PRTR 排出量による環境動態予測と実測濃度範囲との比較

Comparison of Predicted Concentration Ranges by G-CIEMS Model based on PRTR Emission Data to Observed Ranges through Japan

国立環境研究所 ○今泉圭隆, 小口正弘, 鈴木規之

1. はじめに

化学物質排出移動届出 (PRTR) データは環境リスク評価において環境排出推計量としてしばしば活用されているが、その正確性・信頼性の確保・確認は不十分である。リスク評価において排出量から環境濃度分布などを予測する際には、予測結果の信頼性に直結する排出推計量の信頼性を向上させることは常に重要な課題である。また、長年蓄積したデータを有効活用するためにも、その特徴を把握することは必要である。PRTR 制度では、ある一定規模の事業所から排出される化学物質の情報が集約・公表されている。また、届出外推計として、届出対象にならない排出源からの排出量を国が推計し、毎年公表している。

環境リスク評価では、環境中濃度およびその分布を利用する。つまり、排出総量だけでなくその地域分布が重要になる。届出排出量は各事業所から個別に提供されたものであり、届出外排出量は国全体からの排出量を推計したものである。届出外推計排出量をメッシュ配分する際には面的に広がった指標を元に配分するケースが多いため、事業所ごとに提出される届出排出量に比べて、届出外推計排出量の方が広く・薄く分布する傾向になる。

本研究では、その正確性の把握が課題になっている PRTR 情報の信頼性評価の一環として、PRTR 排出量に基づく環境多媒体モデル G-CIEMS¹⁾による河川水中予測濃度分布と、全国的に実施されている環境実態調査による実測濃度分布を比較することにより、PRTR データの特徴把握とその信頼性評価を試みた。

2. 方法

全国規模の調査²⁾より 2008～2017 年度の結果に対して、媒体が水質であり、かつ全ての検体で検出された物質・年度を選定し、比較対象とする実測濃度データとした。なお、当該報告書では検体ごとの測定値は記載されておらず、最小値および最大値のみ記載されているため、比較の際の解釈が容易な検出率 100% のデータのみを対象とした。

G-CIEMS は、著者らが開発・公開している、空間分

解能を有する多媒体モデルであり、化審法のリスク評価にも活用されている。また、様々な化学物質の環境動態を予測し、モデル信頼性を検証してきた^{1,3-4)}。G-CIEMS では、大気 (約 1km または 5km のグリッド)、河川・湖沼 (平均 5.7km の河道ネットワーク、河道は 1 本の線としてモデル内で表現している単位河川)、土壌 (平均 9.3km² の流域ポリゴン)、底質 (全河道の底面に存在すると仮定) などの媒体を設定し、その媒体間を移動・分配する化学物質の挙動を計算する。日本全国の計算をするためのデータ等は公表している⁵⁾。モデル計算に必要な物性値と各媒体中での分解速度は、各種情報源 (環境省「環境リスク初期評価」「水域生活環境動植物農薬登録基準 評価書」、NITE「初期リスク評価書」、EPI Suite⁶⁾ など) から取得した。PRTR データは 2015 年度の届出および届出外排出量の 1km メッシュデータを用いた。届出外排出量に関しては、排出量を排出先媒体別に配分する必要があるため、すそ切り以下のデータは同一物質の届出データの大气と水域への排出量比率を用いて、その他のデータは推計対象項目ごとに排出先媒体を設定して、排出量データを作成した。

G-CIEMS では日本の河川・湖沼を約 4 万の河道に分割し、各河道の濃度を算出する。一方、実測濃度分布は最大濃度と最小濃度のみ得られる。環境省の実態調査は、多くの場合、都市域や人為由来の汚染の影響が及ぶ河川を対象にしており、山地や森林域も含む G-CIEMS の予測濃度分布全体とそのまま比較しても意味がない。実測値の範囲は G-CIEMS での予測濃度分布の高濃度側と重なることが多く⁷⁾、国土の約 7 割が森林であること、前述したように汚染の影響が大きい地点を中心に実態調査がなされていることと関係していると考えられる。そこで、実測値と予測濃度の比較では、予測濃度分布の 90、99、99.9、99.99 パーセンタイルおよび予測最大濃度と、実測濃度の範囲を比較した。ただし、モデルに依存する原因で過大・過小評価になる可能性もあり、また大気経路で河川に沈着した結果、高濃度になる場合もありえるため、解釈・考察には注意が必要である。

3. 結果

比較可能な10物質（表1）について、予測濃度範囲と実測濃度範囲を比較した（図1）。実測濃度の範囲が予測濃度の90～99.9パーセンタイル程度以上・最大濃度以下に概ね収まっていたのはA、B、C、D、Fであった。一方、E、G、H、I、Jは実測濃度の範囲が99.99パーセンタイル以上であった。前者は入力値として用いたPRTR排出量が妥当である可能性を示している。後者は、PRTR排出量で捕捉できていない排出源が存在している可能性を示唆している。Eについては高濃度域（つまり、最大実測濃度付近）の再現性の方が低く、G、H、Iは低濃度域の再現性の方が低かった。前者は点源の大きな排出源、後者は広範囲に存在する小中規模の排出源の捕捉が、それぞれ不十分だった可能性がある。

届出データのみの場合は5物質中4物質でPRTR排出量を捕捉できていない可能性が示唆され、届出外データも含まれる場合に比べて多かった。届出外として推計すべき排出源や届出データで捕捉できていない排出源が存在している可能性が示唆された。

PRTRデータと実測データは数年度程度年度が異なるケースがあるが、オーダーレベルでの違いを比較している今回の解析には大きな影響を及ぼさないと考えている。また、検体数の違いも実測濃度の範囲の大小に影響を及ぼす可能性があるものの、こちらもオーダーレベルで大きく変わる可能性は低いと考えている。

表1 対象物質リスト

記号	物質名称（PRTR 番号）	年度	検体数 ¹⁾
A	トリエチルアミン（277）	2016	13
B	ヒドロキノン（336）	2009	69
C	アクリル酸（4）	2014	17
D	ホルムアルデヒド（411）	2016	20
E	エチレンジアミン四酢酸（60）	2017	26
F	デカブロモジフェニルエーテル（255）	2014–2016	48
G	2,4-ジニトロフェノール（201）	2009	82
H	ニトリロ三酢酸（310）	2017	26
I	テレフタル酸（270）	2016	22
J	PFOS（396）	6年 ²⁾	49

1) 複数年度のデータの場合は平均値

2) 2009–2012, 2015–2016

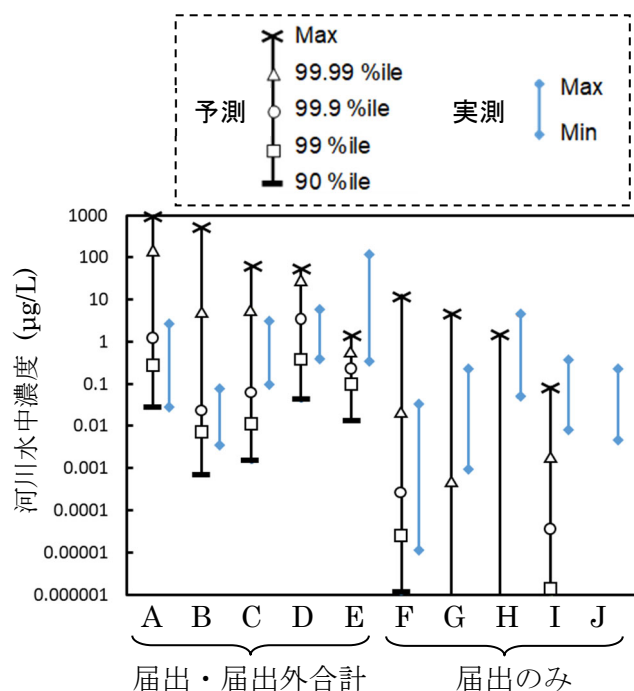


図1 予測濃度と実測濃度の範囲の比較
（アルファベットは表1の記号に対応）

4. 結論

PRTRデータの信頼性を評価するために、全国規模で環境 multimedia モデルを用いた予測濃度分布と実測濃度範囲とを比較した。その結果、一部の物質の排出源・量の捕捉が不十分である可能性が示唆された。特に届出データのみ存在する物質でその傾向が強かった。

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（JPMEERF19S20401）により実施した。

参考文献

- 1) Suzuki N., et al. (2004) *Environ. Sci. Technol.* **38**:5682-5693.
- 2) 環境省（2019）平成30年度版 化学物質と環境。
- 3) Imaizumi Y., et al. (2018) *Environ. Sci.: Processes Impacts*, **20**:120-132.
- 4) Sakurai T., et al. (2019) *Sci. Total. Environ.* 689:843-853.
- 5) 国立環境研究所，環境動態モデル G-CIEMS, https://www.nies.go.jp/rcer_expoass/
- 6) US EPA, EPI Suite, <https://www.epa.gov/tsca-screening-tools/epi-suite-tm-estimation-program-interface>

キーワード PRTR 排出量，環境 multimedia モデル，河川水中濃度分布、全国レベル、多物質比較

下水道における PRTR 対象物質の実測データの取得および公表データとの比較による 排出量推定精緻化の取り組み

Investigation into the Estimated Japanese PRTR Chemicals Releases through Sewerage Systems by Comparing Our Field Measured Data with Published PRTR Data

(国研) 土木研究所水環境研究グループ (水質) ○高沢麻里, 鈴木裕識, 小森行也, 山下洋正

1. はじめに

「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」(化管法)に基づく化学物質排出・移動量届出制度 (PRTR 制度) では, 2020 年 8 月現在, 462 種の化学物質を対象に, 24 業種の事業者からの届出排出・移動量を毎年継続的に把握・公表している。これらのデータは, 環境濃度予測モデルのインプットデータ等へ幅広い活用が期待されるが¹⁾, 届出外の推計値を含むこれら公表データの妥当性は十分に検証されていない。本研究では, 下水道における PRTR 対象物質の排出量推計手法の精緻化を目指して, 下水試料の実測データと公表データを比較し, 推計誤差要因を検討した。

2. 方法

2.1 下水中 PRTR 物質の定量

10 箇所の下水処理施設を調査対象とした。PRTR 届出データにおける上流事業者からの移動量届出物質数が比較的多い (17~83 物質) 6 施設と, 少ない (0~5 物質) 4 施設である。試料は, 2019 年冬期に, 流入下水および放流水をスポットまたは 24 時間コンポジットで採取した (1 処理施設のみ 2 系列のため, 試料数は各 11 検体)。これらに含有される有機物質 (29 物質) と無機物質 (18 物質) を測定対象物質とし, LC-QToF-MS および ICP-MS で測定した。

2.2 公表データとの比較

実測値との比較に使用した公表データ (2016 年) は, 下水処理施設に係る a) 上流事業者からの届出移動量, b) その他の排出源からの流入量, c) 放流水への移行率, d) 特別要件施設からの届出排出量, e) 全国下水処理施設の年間処理水量の総計である²⁻⁴⁾。これらのデータから, (1) 下水処理施設に係る届出外推計排出量, (2) 特別要件施設に係る対象化学物質の届出外推計排出量相当の値, (3) 特別要件施設に係る対象化学物質の届出排出量をそれぞれ放流水濃度に換算した。計算式を式 (1) (2) (3) に示す。なお, 鉛 (304) と鉛化合物 (305) のように区別して指定されている物質は, 1 物質 (全量態) として示した。換算濃度と実測濃度を比較することで,

下水道への移動・流入量および放流水への移行率の妥当性を評価した。

換算濃度(1)= 下水処理施設における届出外推計排出量 (下水道への届出移動量+その他排出源からの流入量) x 放流水への移行率/全国処理水量・・・式(1)

換算濃度(2) = 特別要件施設に係る対象化学物質について本研究で算出した届出外推計排出量相当の値(届出移動量+その他の排出源からの流入量) x 放流水への移行率/全国処理水量・・・式(2)

換算濃度(3)= 特別要件施設に係る対象化学物質の届出排出量/全国処理水量・・・式(3)

3. 結果および考察

3.1 下水中 PRTR 物質の定量

定量された PRTR 物質を表 1 に示す。有機物質の定量値の単位は ng/L, 無機物質は µg/L であることに留意されたい。有機物質は 9, 無機物質は 11 物質, 計 20 物質がいずれかの試料で検出・定量された。有機物質では, フェノールのデータが高頻度かつ高濃度で得られ, 流入水中で最大濃度が 8,560 ng/L (検出頻度 11/11), 放流水中では 1,070 ng/L (検出頻度 9/11) であった。無機物質

表 1 下水中 PRTR 物質の定量値とその検出頻度

		定量濃度 (ng/L)					
政令 番号	物質名	流入 下水	放流水	定量下限値 (LOQ)		流入下水	
						最小値	最大値
25	メトリジン	1	3	1.8	<LOQ	1.3	<LOQ
37	ビスフェノールA	6	7	0.6	<LOQ	76.3	<LOQ
320	ニルフェノール	8	2	0.6	<LOQ	36.0	<LOQ
346	2-フェニルフェノール	0	1	0.6	<LOQ	<LOQ	1.6
349	フェノール	11	9	180	101	8,560	<LOQ
358	テブフェノジド	2	1	0.6	<LOQ	1,290	<LOQ
383	プロマシ	5	5	0.6	<LOQ	162	<LOQ
396	PFOS	1	2	0.6	<LOQ	5.6	<LOQ
403	ベンゾフェノ	3	0	0.6	<LOQ	317	<LOQ

		定量濃度 (µg/L)					
政令 番号	物質名	流入 下水	放流水	定量下限値 (LOQ)		流入下水	
						最小値	最大値
1	亜鉛Zn	11	11	0.2	35.1	316	15.5
82	銀Ag	4	2	0.1	<LOQ	36.7	<LOQ
87	クロムCr	11	11	0.1	1.0	33.8	0.6
132	コバルトCo	6	6	0.1	<LOQ	34.2	<LOQ
272	銅Cu	11	11	0.1	4.3	401	2.2
304	鉛Pb	11	11	0.1	0.8	4.0	0.2
305	鉛化合物	11	11	0.2	0.7	364	<LOQ
308	ニッケルNi	11	11	0.1	2.9	141	0.9
309	ニッケル化合物	11	11	0.1	2.9	141	0.9
321	バナジウムV	10	8	0.9	<LOQ	244	<LOQ
332	砒素As	11	11	4.4	52.2	4,700	44.3
405	ほう素B	11	11	0.3	24.8	184	5.3
412	マンガンMn	11	11	0.3	24.8	184	5.3

は、有機物質と比べ検出頻度が総じて高く、Ag, Co, As を除く 8 物質は全試料から検出された。

3.2. 公表データとの比較

3.2.1 放流水への移行率の妥当性評価

届出外排出量推計における公共用水域への移行率の設定値³⁾と本研究で得られた実測データから算出した放流水への移行率 ($n=11$ の中央値) を比較した。その差が 20% 以内の物質は 20 物質中 11 物質であった (金属: Zn, Ag, Cr, Co, Cu, Pb, Ni, As, B, Mn, 有機物質: ノニルフェノール)。これらはいずれも実測データに基づいて移行率が設定されていた。一方、実測データに基づいていても、その参照データ数が不明または少ない物質 (ビスフェノール A, V, フェノール) や、簡易推計式によって移行率を設定している物質 (テブフェノジド, ベンゾフェノン) は、本研究の実測値と乖離が大きかった。移行率の設定は実測データに基づくこと、またデータを充実することの重要性が改めて示された。

3.2.2 下水道への移動・流入量の妥当性評価

下水道における届出外推計排出量、それ相当の計算値、特別要件施設としての届出排出量の 3 つのデータを放流水換算濃度とし、本研究の実測データと比較した。結果を図 1 に示す。なお、実測データの中央値が取得できた物質のみを示した。届出外推計排出量またはそれ相当の計算値の放流水換算濃度 ((1) または (2)) は、本研究の実測値より一桁程度低い傾向が見られた。その中には、3.2.1 において放流水への移行率の設定値が妥当と判断された物質も含まれていることから、移行率の設定値が妥当であると仮定すると、届出外推計で用いられている下水処理施設への移動・流入量データが過小評価になっている可能性が示唆された。一方、特別要件施設に係る対象化学物質 (Zn, Cr, Cu, Pb, As, B, Mn) については、届出排出量の放流水換算濃度 ((3)) と本研究

の実測データに近い値を示した。多くの物質について実測値を取得することで、推計の精緻化につながる可能性が示された。

4. おわりに

本研究では、PRTR 制度における下水道業を対象に排出量推計手法の精緻化に向け、下水道への移動・流入量および放流水への移行率の妥当性を評価した。その結果、推計における誤差要因の一つとして、推計の設定データに対して実測値の反映が不十分であることが示唆された。引き続き実測データの取得・蓄積を行い、推計における設定データの精緻化が図られることが望ましい。

謝辞

本研究の一部は (独) 環境再生保全機構の環境研究総合推進費 (JPMEERF19S20402) により実施された。

参考文献

- 1) 石川ら(2012). 産総研-水系暴露解析モデル (AIST-SHANEL) による日本全国の 1 級水系を対象とした化学物質濃度の推定. 水環境学会誌, **35**(4), 65-72
- 2) 環境省ウェブサイト: PRTR インフォメーション広場集計結果の概要, (アクセス日 2020 年 8 月 1 日) <https://www.env.go.jp/chemi/prtr/result/gaiyo.html>
- 3) 環境省ウェブサイト: PRTR インフォメーション広場届出外推計資料 21. 下水処理施設に係る排出量, <https://www.env.go.jp/chemi/prtr/result/todokedegaiH29/syosai/21.pdf> (アクセス日 2020 年 8 月 1 日)
- 4) 平成 28 年度版下水道統計第 73 号、公益社団法人日本下水道協会

キーワード 下水道, PRTR 物質, 推計手法精緻化

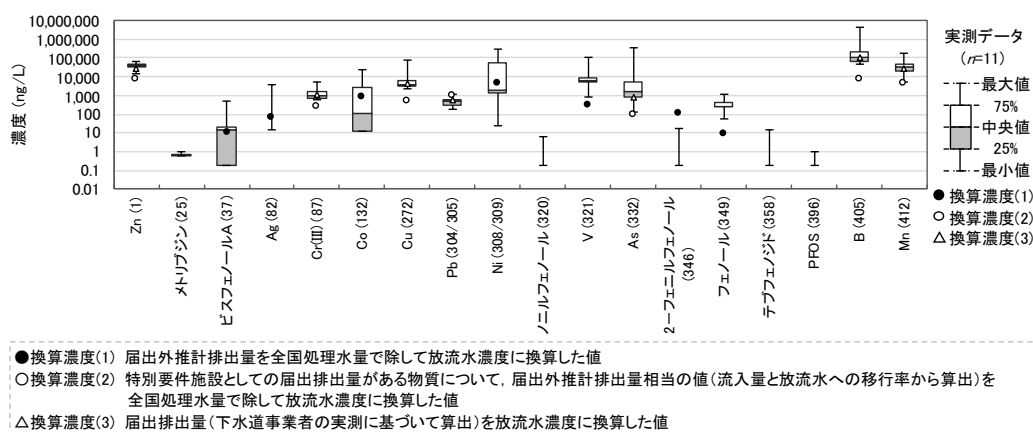


図 1 PRTR 対象物質における実測濃度と公表データを用いた換算濃度 (放流水) の比較

コントロールバンディング法を用いた環境リスクアセスメントシート Assessment Sheet for Environmental Risk of Chemicals using Control Banding Method

横浜国立大学 ○亀屋隆志, 小林剛, 佐藤龍寛, 田島直紀, 木村 星

1. はじめに

化学物質排出把握管理促進法（化管法）をより実践的に活用し、管理の改善の促進を図るためには、事業者が PRTR データをより実践的に活用して管理の改善に向けた自主的取組を実践できることや、排出抑制の取り組みによって実際の環境の状況がどこまで保全や改善がなされているについて国が地方自治体を通じて包括的に把握できることが求められる。筆者らは、環境研究総合推進費戦略的研究開発 SII-4-2(1)において、事業者支援のための簡易排出管理手法の基本設計と、行政支援のための大量の分析データの収集・収録方法の要素技術開発に取り組んでいる。本報では、パラメータを尺度選択することでリスク判定が行えるコントロールバンディング（CB）法¹⁾を用いた簡易なリスク評価手法の開発コンセプトと、これまでに作成したアセスメントシートのプロトタイプの概要について報告する。

2. 方法

2.1. コントロールバンディング（CB）法

CB 法は、必要最小限のパラメータを尺度化し、尺度を順に選択することで評価レベルを判定できる、簡易で実用的なアセスメント手法であり、作業環境リスクの判定においてすでに用いられている。尺度選択のプロセスを逆算的に辿っていくことにより、評価結果に大きな影響を及ぼすパラメータを容易に把握できるので、管理対策メニューを探ることもできる便利な手法である。

本研究では、CB 法を事業所から排出された化学物質の周辺環境における濃度およびリスクの予測に適用することを目指し、パラメータの尺度化の妥当性について精緻な拡散計算モデルとの比較で科学的に検証した。

2.2. 拡散計算モデル

CB 法における簡易濃度推計の検証を行う拡散計算には、経済産業省と産業技術総合研究所が開発した低煙源工場拡散モデル METI-LIS Ver3.02（2020 年 8 月 17 日現在: Ver3.4 にバージョンアップされている）²⁾を用いた。

3. 結果と考察

3.1. 尺度化法による簡易濃度推計の考え方

基準条件での環境濃度 C_{st} に対する変化率 α により各

パラメータを尺度化すれば、各尺度での環境濃度 C_{CB} は (1)式で計算できる。

$$C_{CB} = C_{st} \times \alpha \quad (1)$$

本法では、 α が約 3 倍の幅となるように各パラメータを尺度化し、この各尺度にランクあるいはクラスとしてポイントを与えて、ポイントが 1 だけ変化すると環境濃度 C_{CB} に約 3 倍の変化が与えられるようにした。また、濃度値として与えられる有害性パラメータについても同様に尺度化できる。

3.2. 感度分析による重要パラメータの抽出

排出量が環境濃度の計算値に与える変化率を縦軸にとり、パラメータの感度分析を行った。観測地点や拡散条件などが同じであれば環境濃度は排出量に比例するため、排出量の変化はそのまま環境濃度の変化として尺度化できた。一方、煙突高さは変化率に比例しないので、環境濃度の変化幅に応じて尺度化した。煙突高さの分布は排出量の分布に比べて小さく、割り当てられる尺度の数が少なかった。環境濃度に対して重要な変化を与えるパラメータを抽出して尺度化した（表 1）。煙突高さと評価地点の煙源までの距離については、相互に強く依存するため、両者の組み合わせで尺度化した。

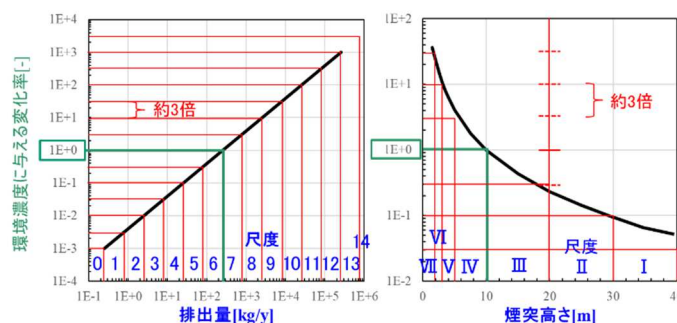


図 1 パラメータの濃度変化率に対する感度と尺度化
(左：排出量，右：煙突高さ)

表 1 パラメータの尺度

パラメータ	ランク	レベル
1. ハザードレベル (HL)		0～14
2. 曝露レベル (EL=③+④+⑤)		0～24
①煙突高さ	I～VII	
②評価距離	i～vi	
③=①×②	0～7	
④排出量	0～14	
⑤風向頻度	0～3	
3. リスクレベル (RL=HL+EL)		0～38

3.3. アセスメントシートの作成

尺度化法による事業所周辺環境リスクのアセスメントシート（プロトタイプ）を作成した（図2）。ハザードレベル、煙突高さ、煙源までの評価地点距離、排出量、風向頻度の計5つのパラメータについて該当する尺度を順次選択し、簡単な足し算のみでリスクレベルが判定できる。約3倍の尺度幅の幾何平均値を用いて実際に排出のある24ケースについてMETI-LISでの検証を行ったところ、理論的には最大で $(\sqrt{3})^5 \approx 16$ 倍の誤差が発生する可能性があるところ、10倍を超える誤差や3倍を超える過小評価はほとんど発生しないことが確認された。

4. まとめ

使用者の解析技能レベルに応じた簡易濃度推計ツールとして、コントロールバンディング法に基づき、各パ

ラメータの尺度を選択し、単純な足し算で事業所周辺の環境リスクレベルが判定できるアセスメントシートを作成した。今後さらにケーススタディを増やし、リスク判定精度の改善と操作性の向上を検討する。

謝辞 本研究は環境総合研究推進費 JPMEERF19S20403 を得て行われたことをここに記し、謝意を表します。

参考文献

- 1) 厚生労働省，化学物質のリスクアセスメント実施支援，<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/kag/ankgc07.htm>
- 2) 産業技術総合研究所，METI-LIS（経済産業省一低煙源工場拡散モデル），<https://meti-lis.aist-riss.jp/>

キーワード PRTR，リスクアセスメント，尺度化

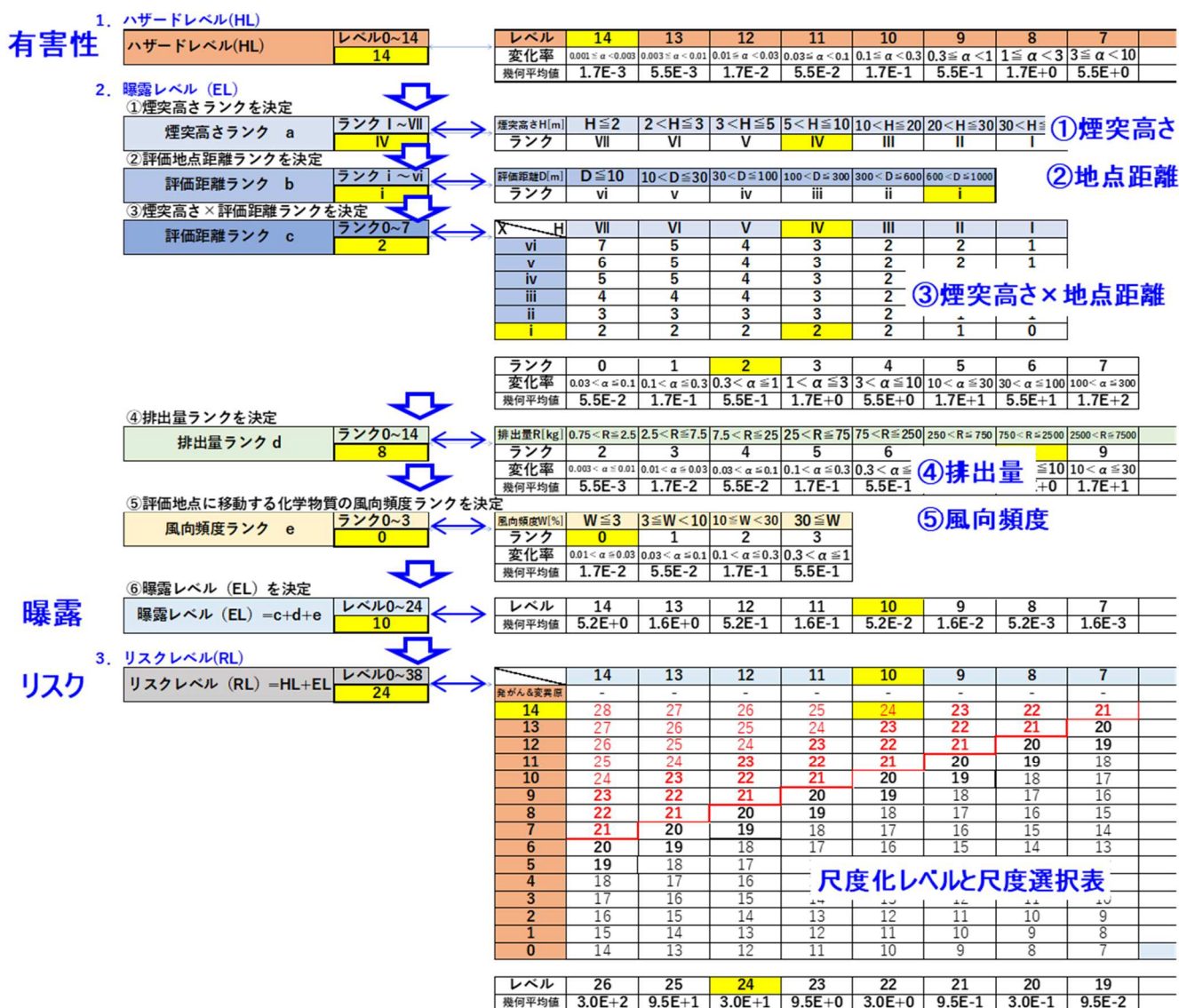


図2 事業所周辺環境リスクのアセスメントシート（プロトタイプ，一部を抜粋）

簡易濃度推計ツールの検証に向けた川崎市内の大気環境濃度について Atmospheric environmental concentration in Kawasaki City for verification of simple concentration estimation tool

川崎市環境局環境総合研究所 ○菊地美加, 金井正和, 重水洋平, 今村則子, 桜美林大学 片谷教孝

1. はじめに

本研究では、PRTR データを活用した簡易なシミュレーション手法により、事業者が地域環境に与えている影響（濃度・リスク）と排出削減による効果を把握できるツール（簡易濃度推計ツール）を開発することとしている。開発する簡易濃度推計ツールの精度の検証及び化学物質濃度の実態把握を目的として、川崎市内の PRTR 対象物質大気排出事業所の近傍等において、大気環境調査を実施したので、その結果について報告する。

2. 調査概要

2.1. 調査物質

調査物質は簡易濃度推計ツールの精度の検証への有用性を考慮し、川崎市内の PRTR 届出排出量（大気）において、特定の事業所からの大気排出量が突出している物質、狭い区域に大気排出事業所が集中している物質として、7 物質を選定した。対象物質と主な事業所からの大気排出量を図 1 に示す。

ナフタレン(I-302)		酸化プロピレン(I-68)		クロロメタン(I-128)	
事業所	大気排出量[kg]	事業所	大気排出量[kg]	事業所	大気排出量[kg]
A	12,000	J	5,200	M	130,000
B	92	L	820	J	10,000
C	48	H	220		
D	30	I	100	四塩化炭素(I-149)	
E	7.2			事業所	大気排出量[kg]
F	5.2	ジクロロメタン(I-186)		P	240
G	0.3	事業所	大気排出量[kg]	アクリル酸(I-4)	
エチレンオキシド(I-56)		N	8,100	事業所	大気排出量[kg]
事業所	大気排出量[kg]	J	1,200	Q	120
H	1,900	O	850	H	24
I	1,000				
J	420				
K	300				
L	30				

図 1 対象物質と主な事業所からの大気排出量
(2018 年度 PRTR データ)

2.2. 調査地点、調査回数

調査地点は、市内調査地点として 2 地点、排出事業所の近傍の調査地点として 8 地点の計 10 地点または、排出事業所近傍の 8 地点を選定した。調査は、2019 年度に年 4 回から 12 回、実施した。調査地点を図 2 に示す。



図 2 調査地点

3. 調査結果及び検証への有効性

各調査地点での調査物質別の月別濃度推移を図 3.1～図 3.3 に示す。

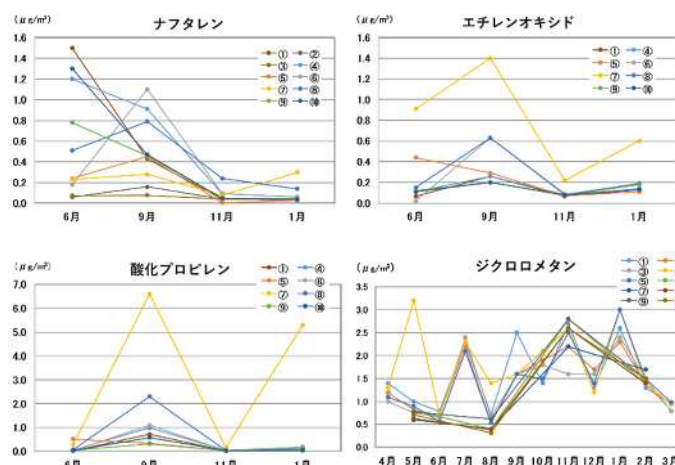


図 3.1 月別濃度推移
(ナフタレン, エチレンオキシド, 酸化プロピレン, ジクロロメタン)

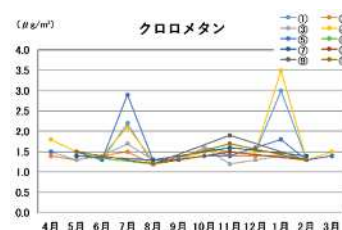


図 3.2 月別濃度推移 (クロロメタン)

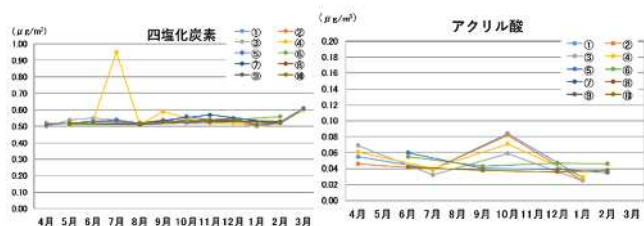


図 3.3 月別濃度推移（四塩化炭素，アクリル酸）

簡易濃度推計ツールの精度の検証においては，排出事業所による影響が明確な物質が適している。

ナフタレン，エチレンオキシド，酸化プロピレン，ジクロロメタン（図 3.1 参照）は，排出事業所と調査地点の位置関係が反映された調査地点間の濃度差，風向の影響が明らかな調査地点間の濃度差が大きく，排出事業所の影響が明確であることから，検証に適切であると考えられた。

クロロメタン（図 3.2 参照）は，調査地点間による濃度差が若干みられるものの，事業所の影響は明確ではなく，再調査により検証への適性を確認する必要があると考えられた。

また，四塩化炭素，アクリル酸（図 3.3 参照）は，調査地点間による濃度差が小さく，風向の影響も見られないことから，検証に不適切であると考えられた。

本調査により，検証に適した物質の選定や排出事業所近傍の濃度推移等の把握を行うことができた。さらなる検証データ蓄積のために，2 年目の環境調査では，調査回数を増やすことも有効であると考えられた。

4. 簡易濃度推計ツールの検証方法

開発する簡易濃度推計ツールの精度の検証のイメージを図 4 に示す。

1 事業所の PRTR 排出量の検証として，簡易濃度推計ツールによる推計値は，経済産業省一低煙源工場拡散モデル（以下，METI-LIS）による 1 事業所の推計値，産業技術総合研究所一曝露・リスク評価大気拡散モデル（以下，ADMER）による 1 事業所の推計値と比較し，検証する。また，全 PRTR 排出量の検証として，千葉県，東京都，神奈川県 の PRTR 排出量データを使用し，METI-LIS と ADMER を足し合わせて算出する川崎市方式による市内の大気環境濃度の推計値，ADMER による推計値及び今回調査した実測値を比較し，検証する。

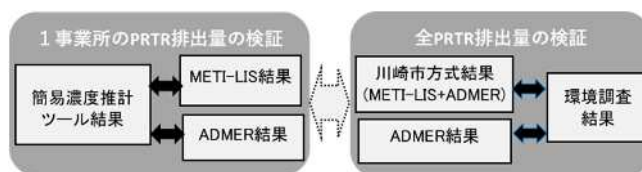


図 4 検証イメージ

5. 川崎市内の大気環境濃度の推計

簡易濃度推計ツールの開発に先立ち，排出事業所近傍の 8 地点で調査を実施したエチレンオキシドについて，川崎市方式で市内の大気環境濃度の推計値を算出した。PRTR データは，最新の 2018 年度のデータを使用し，評価対象地域近傍の PRTR 届出事業所の影響を METI-LIS，その他の PRTR 届出事業所及び PRTR 届出外排出量を ADMER により計算し，両者を足し合わせた濃度を推計値とした。（約 500m×500m メッシュ）。

実測調査地点と同一メッシュの推計値と実測値の比較，主な排出事業所からの距離を表 1 に示す。

表 1 推計値と実測値の比較

調査地点	推計値／実測値	H 事業所からの距離(km)	I 事業所からの距離(km)
①	0.16	3以上	2.0-2.5
②	0.12	3以上	2.0-2.5
⑤	0.28	3以上	2.0-2.5
⑥	0.26	2.5-3.0	1.0-1.5
⑦	0.44	1.5-2.0	0-0.5
⑧	0.31	2.5-3.0	0.5-1.0
⑨	0.38	2.5-3.0	1.0-1.5
⑩	0.23	3以上	1.5-2.0

エチレンオキシドの推計値は，実測値よりも低くなる傾向があるものの，排出事業所との距離が近い調査地点においては，推計値と実測値の差が小さく，2 km 以内において推計精度が良い傾向が見られた。

今後は，1 事業所からの PRTR 排出量による推計を実施し，全 PRTR 排出量による推計値や実測値も踏まえながら，開発する簡易濃度推計ツールの精度の検証を行っていく。

謝辞 本研究は環境総合研究推進費 JPMEERF19S20404 を得て行われたことをここに記し，謝意を表します。

キーワード PRTR データ，シミュレーション

PRTR データ、東京都条例報告データ及び環境モニタリングデータを用いた都内大気中化学物質濃度低減の検証

Verification of the reduction of chemical substance concentrations in the air in Tokyo using PRTR data, data from Tokyo's ordinances and environmental monitoring data

(公財) 東京都環境公社 東京都環境科学研究所 ○星純也, 櫛島智恵子, 加藤みか

1. はじめに

「特定化学物質の環境への排出量の把握及び管理の改善の促進に関する法律（化管法）」に基づく化学物質排出・移動量届出制度（PRTR: Pollutant Release and Transfer Register）は、化学物質管理政策の基盤となる情報インフラとなっている。しかし、そのポテンシャルに比べて地方自治体での活用は不十分と言える。そこで行政の監視・指導に PRTR データを実践的に活用していくための科学的基盤を提供することを目的として、環境総合研究推進費 S II -4-2(3)「行政が実施する環境改善の状況把握を支援するためのデータベースの開発」を実施している。この研究テーマでは①PRTR データを活用した地域環境リスク推定の効率的な手法開発、②排出量データ及び環境モニタリングデータを用いた地域環境改善の検証、③時空間的モニタリングデータの収集方法の検討とデータ蓄積の3つの研究項目とそれらを統合する形でのデータベースの開発に取り組んでいる。本講演ではこのうち②を中心に報告する。東京都では PRTR 制度とは別に都の条例によって 2001 年度から化学物質の使用量等の把握を行っている。また、大気中化学物質濃度についても有害大気汚染物質モニタリングに合わせて法定以外の幅広い物質のモニタリングが行われてきた。これらのデータを解析し、大気中化学物質濃度の経年変化とそれに影響を及ぼす排出源の解析を行ったので報告する。

2. 使用データ

2.1. PRTR データ

PRTR データは都道府県別の届出及び届出外排出量のデータを用いた。届出外排出量は排出媒体別の排出量が推計されておらず、現在入手できるデータでは大気モニタリングデータとの比較が困難である。そのため、本研究では物質別、需要用途別に各々排出率を設定し、大気排出への割り振りを行った。制度開始当初には事業者の届出、届出外推計ともに年々の排出量が大きく変動する物質があり、推計精度に疑問が残った。そこで、本解析ではデータが比較的安定していると考えられる 2003 年以降のデータを用いた。

2.2. 都条例報告データ

都条例での報告対象物質は 59 物質であり、PRTR 制度より少ないが、PRTR 制度の対象よりも規模の小さい取扱量 100kg 以上の事業所からの化学物質排出量等の報告データがあり、対象事業所も事実上ほとんどの業種となっている。また、都条例では使用量の報告もされている。本研究では PRTR データと同様に 2003 年度以降のデータを用いた。

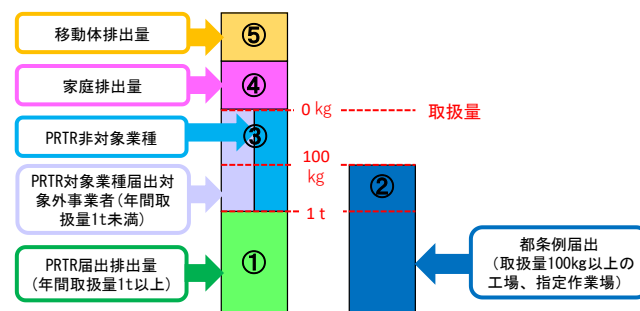
2.3. 大気中化学物質濃度モニタリングデータ

大気中化学物質濃度は都内 12 ヶ所の一般環境の有害大気汚染モニタリングデータを平均して用いた。2008 年度からはモニタリング物質が拡張され、最大 120 物質の化学物質のモニタリングを行っており、このうち PRTR 対象物質は 48 物質である。

3. 結果と考察

3.1. カテゴリ別の大気排出量と環境濃度の関係

PRTR と都条例の排出量データを組み合わせ、大気排出量を 5 つのカテゴリに分けて経年変化を算出して検証した。大気排出量のカテゴリの分類方法を図 1 に示した。ここでは 2003 年度から 2017 年度までのデータを用いて解析を行った。届出、届出外の合計で都内での排出量があり、かつ大気モニタリングデータがある物質は 36 物



- ① PRTR届出排出量：取扱量1t以上の事業所からの排出
- ② 都条例届出-①：取扱量100kg～999kgの事業所からの排出
- ③ (PRTR届出対象外事業所(裾切以下)+PRTR非対象業種)-②：取扱量0～99kgの事業所からの排出+非対象事業所からの排出
- ④ 家庭排出量
- ⑤ 移動体排出量

図 1 PRTR および都条例排出量を用いた大気排出量の分類

質であった。このうち排出量合計値と大気濃度の相関が有意水準1%で得られたのが11物質、5%で得られた物質が6物質となった。36物質のうち20物質が都条例の対象物質であり、図1の①から⑤のカテゴリに分類して大気濃度との関係を解析することができた。残りの16物質は①、②+③、④、⑤の4つのカテゴリに分類した。36物質のうち、大気濃度と①との相関が強かった物質($p<0.01$)はキシレン、トリクロロエチレン等の7物質、④との相関が強かった物質が5物質、⑤との相関が強かった物質が8物質となった。条例対象の20物質のうち大気濃度と②との相関が強かった物質は5物質、③との相関が強かったのは2物質であった。図2に例としてジクロロメタン等3物質のカテゴリ別の排出量と大気濃度の経年変化を示した。ジクロロメタン、トリクロロエチレンは①の排出量、トルエンは③の排出量の減少が大気濃度の低減に寄与していることが示唆された。また、トリクロロエチレンでは③の排出量がすべてマイナス値

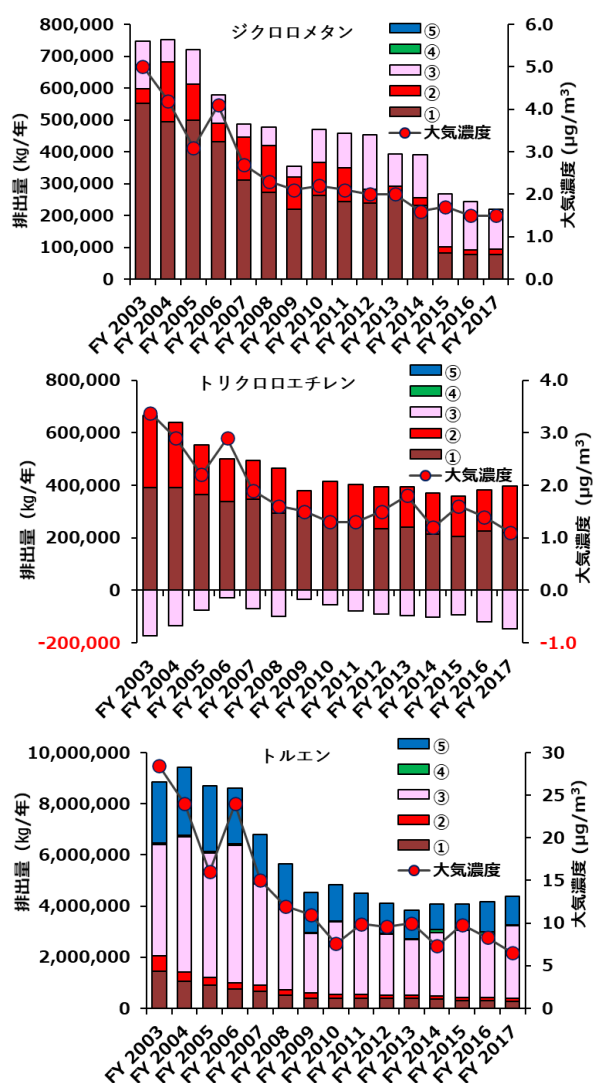


図2 カテゴリ別の排出量と大気濃度の経年変化

となっている。これはPRTRの「届出排出量」+「対象業種届出外事業所(裾切り以下)」+「非対象業種」の合計値が都条例での届出量より少ない(①+③が②より少ない)ためであり、トリクロロエチレンについては届出外排出量の推計に大きな誤差があることが考えられる。

3.2. 産業別排出量の経年変化

届出対象事業所からの排出の多いジクロロメタンを例に対象業種の中でも排出量の多い出版・印刷・同関連産業の排出量変化を図3に示した。ここでは使用量のデータも得られている都条例の報告データ(取扱量100kg以上の事業所)を用いて解析した。図のように経年的に1件当たりの使用量と排出量が減少しているが、排出率(排出量/使用量)はほぼ100%で変化していない。このため、同産業では生産工程の中での使用そのものを減らすことによって対策が進められてきたと考えられる。しかし、1件当たりの使用量の減少よりも排出量の減少幅が大きくなっている。これは報告件数が2003年度の71件から2016年度の30件に減少しているためと考えられる。同産業では1件当たりの使用量の削減と報告件数の減少(取扱量の100kg未満への減少、事業所の移転等)の双方の要因でジクロロメタンの排出量を大きく減少させてきたと考えられる。

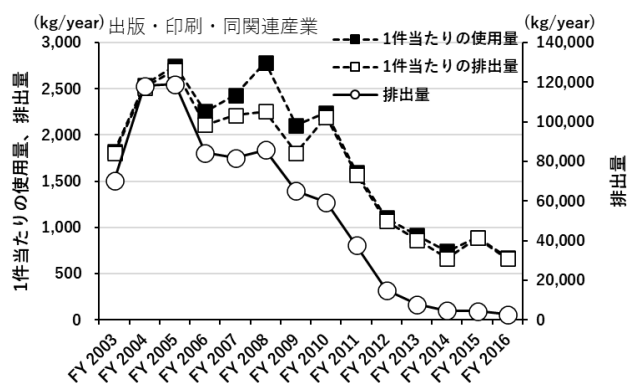


図3 ジクロロメタンの産業別の排出量変化

本推進費研究の中で今後、同様の解析を各物質、各産業について実施し、大気環境改善に寄与してきた排出源や排出削減要因を整理していく。

【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(JPMEERF19S20405)により実施した。

キーワード PRTR、化学物質排出量、大気中化学物質濃度

シンポジウムー6

「バックエンド問題の社会的合意はなぜ難しいのか ：技術的安全性と社会的安全性から考える」

プロジェクト名：科学研究費補助金・基盤研究（B）課題番号：19H04342
「可逆性アプローチによる高レベル放射性廃棄物（HLW）管理政策と世代間公平性」

オーガナイザー 松岡俊二（早稲田大学）教授
松本礼史（日本大学）教授

趣旨説明： 高レベル放射性廃棄物（HLW）の最終処分方法や処分地の選定プロセスをめぐる問題がバックエンド問題である。バックエンド問題の解決策としては国際的に地層処分が試みられてきた。日本では、2000年にHLW地層処分の枠組みを定めた最終処分法が制定されているが、立地選定プロセスの第1ステップの文献調査にも着手できていない。本シンポジウム企画は、バックエンド問題の社会的合意がなぜ難しいのかを、技術的安全性と社会的安全性との関係に焦点を当て、日本における市民のHLW管理政策への政策選択の要因分析やフランス、イギリスなどの市民参加の熟議プロセスの事例分析から検討する。

バックエンド問題への社会的受容性アプローチ

Social Acceptance Approach on the High-Level Radioactive Waste (HLW) Management Policy

日本大学 ○松本礼史，早稲田大学 松岡俊二

1. はじめに

バックエンド問題の解決策に関し、日本では、2000年に制定された「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律（最終処分法）」において、HLW 地層処分の枠組みが定められている。また、地層処分事業の実施機関として、原子力発電環境整備機構（NUMO）が設立されている。2017年5月には、「科学的特性マップ」が公表され、NUMOによりその説明会が開催されている。しかし、現在のところ、処分地選定プロセスの第1ステップの文献調査にも着手できていない¹⁾。

本研究プロジェクトでは、バックエンド問題の社会的合意がなぜ難しいのかを探るため、市民と専門家による市民会議を3回実施した。市民会議参加者へのアンケート調査の解析結果から、市民の地層処分政策に関する選好を規定する要因について報告する²⁾。

2. 社会的受容性アプローチと市民会議の実践

松岡(2018)では、Wüstenhagenら(2007)や丸山(2014)の、再生可能エネルギーに関する社会的受容性モデルを発展させ、分析フレームとして4つの社会的受容性要因（技術、制度、市場、地域）を示している。アンケート調査の設計・分析・評価には、社会的受容性4要因と関連項目を採用した。

3回の市民会議への参加者に対して、会議の前後で合

計6回のアンケート調査を実施した。質問票は、6回とも同じものを用いている。表1に、本報告の社会的受容性分析フレームの評価項目と、市民の評価を測定するための質問票の主要質問を示す。

市民会議は、全3回の会議を通して同一の市民12名と地層処分政策に対する立場の異なる専門家3名、ファシリテーター1名で構成した（表2）。市民参加者は、地層処分の専門知識を有しないこと、および、原子力産業および反原発団体と利害関係のないことを前提に、首都圏と地方（福島）、世代、ジェンダーの3つのバランスを考慮して、研究代表者や研究会メンバーの人的つながりの中で、協力を依頼した。

専門家は、地層処分に推進・慎重・中立という3つの立場から市民に説明することとし、理工学系と社会科学系の専門分野で構成した。これは二項対立を避け、市民参加者に、主体的に地層処分政策についての判断を促すことを意図したものであり、既往研究（八木ほか 2007；中村ほか 2016）にはない本研究の特徴である。

3回の市民会議は、毎回4時間程度の時間をかけて行った。第1回会議は、専門家から市民への一方的な説明のみを行った。第2回会議は、専門家と市民が議論する形式で、第3回会議は、市民主導の議論に、専門家が加わる形式で行った。また、第1回会議の1週間前には、市民参加者の顔合わせと、バックエンド問題の概要を説明する事前説明会を開催している。なお、第2回会議と第3回会議に欠席者があったため、本報告では、3回全ての会議に参加した市民10名のアンケート結果を分析対象とする。

表1 評価項目とアンケートの問い

評価項目	アンケートの問い
地層処分政策の選好	高レベル放射性廃棄物の地層処分政策についてどのような考えですか
政策選好の回答選択肢	①賛成 ②どちらかといえば賛成 ③どちらでもない ④どちらかといえば反対 ⑤反対
社会的受容性の4要因	技術 高レベル放射性廃棄物の地層処分は安全だと思いますか。
	制度 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律（最終処分法）」（2000年）にしたがって地層処分を実施すべきであると思いますか。
	市場 地層処分は中間貯蔵（乾式地上保管）よりも経済的にみて合理的であると思いますか。
	地域 2000年の最終処分法では4万本のガラス固化体を一箇所（一地域）に処分することになっていますが、このことは地域間のバランスから見て公平だと思いますか。
4要因の回答選択肢	①そう思う ②どちらかといえばそう思う ③どちらでもない ④どちらかといえばそう思わない ⑤そう思い

表2 市民会議参加者と会議日程

市民参加者	年齢層	男性	女性	首都圏	福島
	18-29歳	1	2	3	0
	30-50代	2	2	3	1
	60代以上	2	3	3	2
	計	5名	7名	9名	3名
専門家	地層処分に推進の立場（研究機関所属・理学）				
	地層処分に慎重の立場（大学教員・物理化学）				
	地層処分に中立の立場（大学教員・科学技術社会学）				
ファシリテーター	研究代表者（大学教員・環境経済政策学）				
会議日程	事前説明会	2019年3月16日（土）			
	第1回会議	2019年3月23日（土）			
	第2回会議	2019年5月12日（日）			
	第3回会議	2019年7月20日（土）			

3. アンケート結果からみた政策選好の規定要因

3.1. 参加者一括集計による政策選好の規定要因

3回の市民会議の前と後の6時点で実施したアンケート調査結果は、5件法の回答であったが、これを「肯定的評価（①+②）」「どちらでもない（③）」「否定的評価（④+⑤）」の3段階に再集計し、(+1, 0, -1)にスコア化した。

10名の参加者の6回分のアンケート結果を一括して集計した結果を表3に示す。政策選好の平均スコアは0.133と、若干肯定的な評価である。社会的受容性の4要因の評価では、技術的要因の平均値が高い。政策選好との相関をみると、技術的要因や制度的要因は、政策選好と正の相関となっている。技術的要因では、地層処分は安全だと思うから政策に賛成、安全だと思わないから政策に反対、という関係がうかがえる。制度的要因では、法律に従って処分すべきだから賛成、法律に従うべきと思わないから反対という関係である。技術と制度の2つの要因が、政策選好に強く影響を及ぼしている可能性が考えられる。

3.2. 積算プロット図による参加者個別集計

個人別の政策選好と各要因の関係を分析するため、個人ごとの積算プロット図を作成した。これは、6回のアンケート調査における評価スコアを順次積算し、横軸に

各要因や関連項目の積算スコア、縦軸に政策選好の積算スコアをとった散布図である。図1に、個人Aの積算プロット図を示した。個人Aは、図の第一象限にプロット点が存在しており、各要因の評価と政策選好が合致していることがうかがえる。また、各要因と政策選好の相関係数を求めた（表4）。技術要因、制度要因では、8人に正の相関が見られ、個人単位で見ても、技術と制度が政策選好に強く影響を及ぼしている可能性が示唆された。

注

- 1) 2007年には、高知県東洋町が文献調査に応募するが、その後取り下げられている。また、2020年8月には、北海道寿都町が、文献調査に応募すると報道された。
- 2) 第1回市民会議でのアンケート調査結果については、山田ほか（2019）で発表済みである。

参考文献

- 1) 山田美香, Yunhee CHOI, 松岡俊二（2019）バックエンド問題における社会的受容性の要因分析—高レベル放射性廃棄物（HLW）処分の欠如モデルによる市民会議の事例, 環境情報科学 学術研究論文集 33, pp.175-180.
- 2) 松岡俊二編（2018）社会イノベーションと地域の持続性 場の形成と社会的受容性の醸成, 有斐閣, 295p.
- 3) Wüstenhagen et al. (2007) Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept, Energy Policy, 35, 2683–2691
- 4) 丸山康司（2014）再生可能エネルギーの社会化：社会的受容性から問いなおす, 有斐閣, 242p.

キーワード 高レベル放射性廃棄物, 地層処分政策, 社会的受容性

表3 アンケート調査結果の要約

	政策選好	技術	制度	市場	地域
肯定的評価（①+②）	27	31	16	15	12
どちらでもない（③）	14	13	14	21	12
否定的評価（④+⑤）	19	16	30	24	36
評価スコアの平均値	0.133	0.250	-0.233	-0.150	-0.400
政策選好との相関係数	1.000	0.522	0.750	0.272	0.149

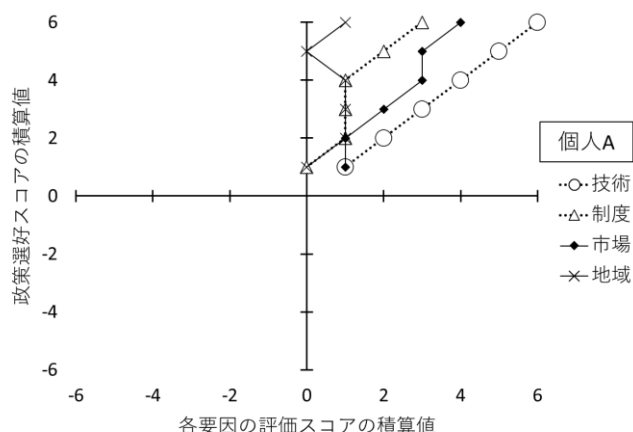


図1 アンケート結果の積算プロット図（個人A）

表4 政策選好と各要因間の相関係数

	技術	制度	市場	地域
個人A	1.000	0.932	0.971	0.207
個人B	0.833	0.833	0.554	0.554
個人C	-0.734	0.934	-0.866	0.866
個人D	0.872	-0.194	0.692	-0.211
個人E	0.982	0.944	-0.922	-0.982
個人F	0.739	0.857	0.612	0.463
個人G	0.685	0.983	0.983	0.983
個人H	1.000	-0.322	—	-0.841
個人I	1.000	1.000	0.524	0.207
個人J	-0.959	0.959	0.973	0.853

（注）個人Hの市場的要因は、6回全ての評価が「③どちらでもない（スコア0）」であったため、相関係数は算出できない。

高レベル放射性廃棄物（HLW）の地層処分政策に関する社会的受容性分析： 市民会議による質問票調査から

Social Acceptance Approach on the Policy Preference of the High-Level Radioactive Waste (HLW) Disposal Policy – Analysis of the Experimental Public Meetings

早稲田大学大学院 ○山田美香

1. はじめに

原子力発電をおこなっている各国で共通の解決困難な課題の最たるものが、発電後の使用済み燃料、高レベル放射性廃棄物（HLW）の取り扱いである。日本では、2000年に「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律（最終処分法）」が制定され、実施主体である原子力発電環境整備機構（Nuclear Waste Management Organization of Japan: NUMO）が設立された。そして、2002年から文献調査対象地方自治体の公募を開始し、国民対話を重ねているが、立地調査は進んでいない。

高レベル放射性廃棄物問題については、1970年代半ばから社会科学的研究が本格的に始まる（Solomon *et al.* 2010）。そして、近年の研究から、開かれたプロセス、市民参加などの、その手続きのあり方が問われている（Lidskog and Sundqvist 2004, Krütti *et al.* 2010, Di Nucci *et al.* 2017）。

本報告は、地層処分の社会的議論がなぜ難しいのかという問題意識から実施した、専門家と市民による対話形式の市民会議の評価・分析の報告である。具体的には、市民がどのように地層処分政策の選好をするのか、その判断要因を社会的受容性4要因（技術・制度・市場・地域）を中心に、市民個人の政策選好に着目し、3回の会議を通じた市民の変化に焦点を絞り、制度的側面を中心に報告する。実施内容およびフレームについては、本企画シンポジウム要旨、松本報告にて詳述する。なお、実施した3回の会議の第1回会議の評価・分析については、山田ほか（2019）で報告をしている。

2. 積算プロット図分析による3つのグループ

3回の会議、計6回の回答をスコア化し再集計し、6時点のスコアを順次積算し、政策選好と各要因に対する評価の関係を積算プロット図として可視化した。なお、対象は3回の市民会議に参加した10名の市民である。その結果、次の3つのグループに分類が可能となった（図1～3）。

地層処分政策に賛成あるいは反対でほぼ一貫するグループ（A, E, I, G：積算プロット図で最大値と最小値のレンジが $R \geq 4$ ）政策選好と比較的相関性の良い評価項目が存在する。
賛成で一貫（A, E, I）：共通して政策選好とよい相関を示したの

は技術と制度であり、これらが政策選好の判断に影響し、地層処分の安全性を認め、処分法に従うことも認めているという解釈ができる。図1に、Eの結果を示す。

反対で一貫（G）：ほぼ一貫して反対を示したGは、制度、市場、地域、信頼が政策選好とよい相関を示していることから、これらが選好に影響をしたという可能性が考えられる。すなわち、地層処分の安全性に疑問があり、また、処分法に従うことも、経済的な合理性も認められず、政府・実施主体への信頼もないことから、地層処分に反対しているという解釈が可能となる（図2）。

政策選好が反対から賛成へ変化するグループ（C, D：レンジ $R=3$ ）政策選好と相関性のある評価項目が存在する。C, Dは、政策選好と相関のよい項目は一致していない。Cは、早い段階に技術を肯定的に評価しており、政策選好と制度の評価が類似傾向にあることから、制度が判断に影響をしていると解釈できる。Dは、政策選好と技術の評価が類似の傾向であり、制度は否定的な評価が続くことから、Dの選好には、技術が影響をしているという解釈が可能となる（図3）。

政策選好が都度変化し、選好の傾向が一貫しないグループ（B, F, H, J：レンジ $R \leq 3$ ）このグループは、政策選好と相関性のある評価項目は積算プロット図からは確認できない。政策選好が一貫せず変動することから、レンジが狭くなったことに起因する可能性がある。このグループに関しては、会議内変化・会議間変化での分析を行い、政策選好に技術あるいは制度が影響していることを確認している。

3. 制度的要因の変化

先行研究からも、HLW管理政策において、その手続き、制度的側面は非常に重要なテーマとなっている指摘をした。質問票には、制度の主要項目（最終処分法に従い地層処分を行う）の他に5つの制度に関する設問があり、制度的要因を市民がどのように捉えているのか検討するため、6つの制度的要因の積算プロット図分析を行った。

すると、選好の肯定的・否定的評価に関わらず、「政府の積極的関与の妥当性」と「段階的な処分方法の検討」は、肯定

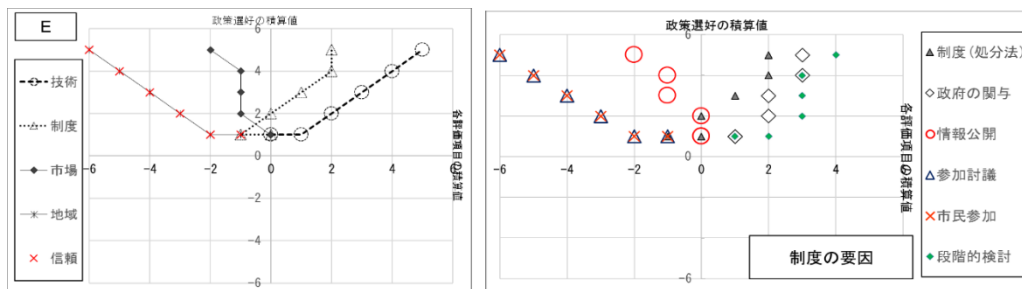


図1 選好が一貫のグループ：賛成

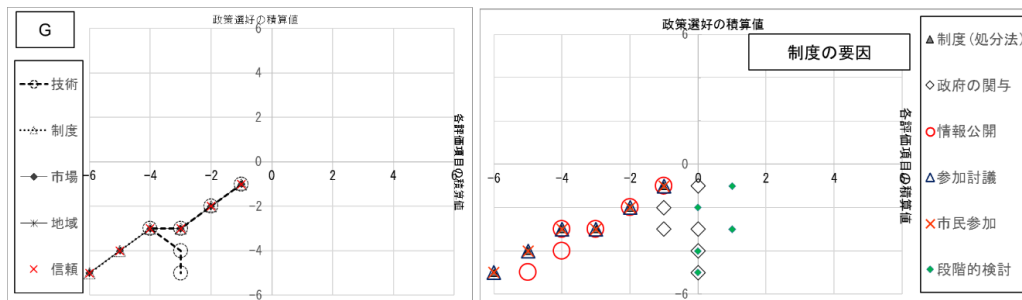


図2 選好が一貫のグループ：反対

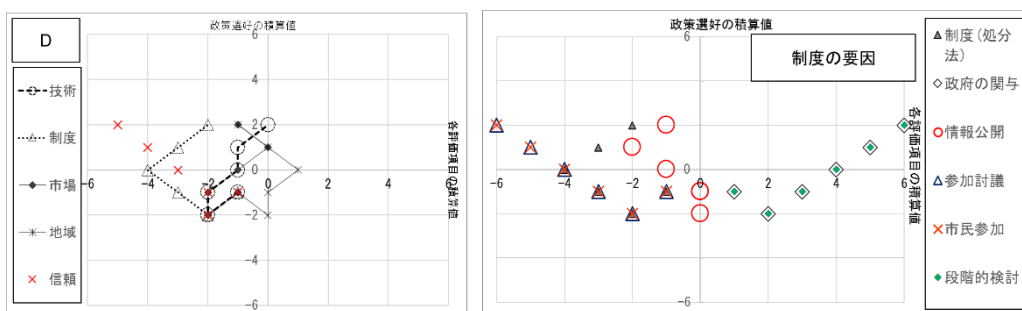


図3 選好が反対から賛成に変化したグループ

的な評価の傾向が示される。しかし、「国・NUMOの十分な情報公開」、地層処分での「市民参加の討論」、「市民参加のしくみ」においては、否定的な評価であった。信頼（国・NUMOの説明責任）も、同様に否定的な評価であり、制度的な課題が示唆される。

4. おわりに

HLW管理政策の問題は、科学的な不確実性から、いわゆるトランス・サイエンスの問題といわれ、科学的側面からだけの解決は難しい。本研究から、市民が地層処分を考える際、技術的な安全性も政策選好に影響をするが、制度的側面も、その判断に影響を与えていることが示された。また、国・実施機関への信頼は低く、市民参加のしくみの整備も必要と考えられる。それは、「パブリック・コメント」や「対話」という名前だけの参加ではなく（Lidskog

and Sundqvist 2004）、抜本的な政策の見直しが必要であり、継続的かつ積極的な社会科学研究が求められる。

主要参考文献

- Solomon, D, M. Andrén, U. Strandberg (2010) Three Decades of Social Science Research on High-Level Nuclear Waste: Achievements and Future Challenges, *Risk, Hazards & Crisis in Public Policy* Vol. 1, pp.13-47.
- 山田美香, Yunhee CHOI, 松岡俊二 (2019) バックエンド問題における社会的受容性の要因分析—高レベル放射性廃棄物（HLW）処分の欠如モデルによる市民会議の事例, *環境情報科学 学術研究論文集*33, pp.175-180.

キーワード 高レベル放射性廃棄物, 地層処分政策, 社会的受容性アプローチ, 市民会議

技術的要因からみた高レベル放射性廃棄物地層処分の社会的合意に向けた課題 Issues for social consensus on geological disposal of HLW from the technical aspects

日本大学 ○竹内 真司

1. はじめに

我が国の高レベル放射性廃棄物の地層処分については、2000年に「最終処分法」が制定され、実施主体の原子力発電環境整備機構（NUMO）が設立されたものの、処分地選定の最初の段階である文献調査にも至っていない状況が続いている。山田ほか（2019）では、地層処分事業が難航する要因を、専門家と市民による対話形式の市民会議におけるアンケートの結果を松岡（2018）の社会的受容性の4要因に基づいて分析した。その結果、地層処分の政策選好が技術的要因および制度的要因と高い相関性を有することを示した。山田ほか（2019）では、「地層処分の安全性」を技術的要因の代表的な問いとして分析したが、技術的要因に関する質問項目は、この他にも「処分技術の確立」、「中間貯蔵の安全性」、「超長期の安全性」、「地質環境の安定性」、「地下水の安全性」の5つの項目から構成されている。これら6つの技術的要因に組織への信頼性に関する項目「情報公開の透明性」と「市民参加による熟議」を加えた8つの項目は、一般市民が地層処分の受容性を判断する上で最も重要な項目である。見方を変えれば、地層処分事業が停滞する技術的な要因を明らかにすることになり、このことは、国やNUMOなど処分事業を推進する組織において今後解決すべき重要な課題を提示することになる。

2. 実施内容

2.1. 地層処分の政策選好と技術的要因等の関係の検討

上述の6つの技術的要因、および2つの組織への信頼に関する項目と地層処分の政策選好との関係を明らかにするため、3回の市民会議を通じた市民の認識（肯定、中間、否定）の変化を積算プロット図分析により可視化しグルーピングを試みた。

2.2. 多変量解析による検討

積算プロット図分析の対象とした9項目を用いて多変量解析（主成分分析とクラスター分析）を実施し、統計的な観点からグルーピングを行い、2.1.の積算プロット図との比較によりグルーピングの論理的解釈を試みた。

2.3. 「地層処分の安全性」の構造についての検討

「地層処分の安全性」を市民がどのように捉えているかを明らかにするため、本項目とその他の5つの技術的要因との関係を検討するため積算プロット図を作成した。

3. 結果

3.1. 政策選好との関係

地層処分の政策選好（縦軸）と技術的要因および組織への信頼性に関する項目（横軸）との積算プロット図のうち、技術的要因の4象限への分布傾向はいくつかのグループに分けられた（図1）。すなわち、政策選好も技術的要因も肯定的な見方をする個人（A）、地層処分の政策選好は肯定的だが、技術的要因は肯定・否定両方の見方が混在するグループ（E, H, I）、政策選好も技術的要因も否定的な見方をするグループ（B, F, G）、政策選好は否定的であるが、技術的要因は肯定・否定両方の見方が混在する個人（C）、政策選好は原点付近に分布し、技術的要因を否定的に見る個人（D）と肯定的に見る個人（J）である。特筆すべきは、政策選好に肯定的な市民は「地層処分の安全性」も肯定的に捉えていることである。なお、組織への信頼性に関わる2項目についてはいずれの個人も、政策選好に関わらず否定的に捉えていることが示された。

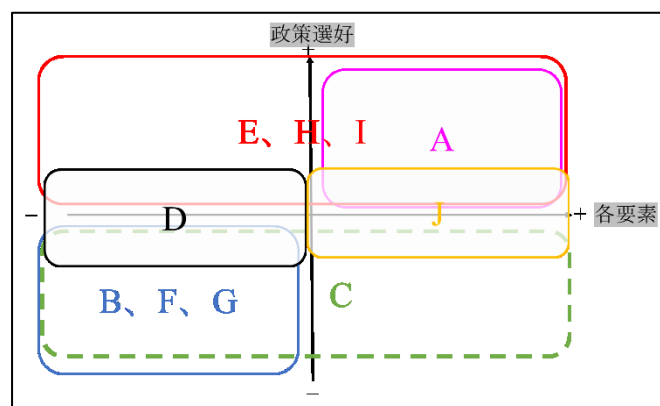


図1 政策選好と技術的要因の積算プロット図に基づくグルーピング

3.2. 多変量解析

3 回目の市民会議までのアンケートの積算値に基づくクラスター分析と主成分分析を実施した。クラスター分析では、A と J, B と F と G, C と H, E と I がそれぞれ統計的な距離が近いという結果を得た（図 2）。この結果は 3.1. の積算プロット図に基づくグルーピング（図 1）と概ね整合した。このうち、A と J のグループは、積算プロット図で全ての技術的要因を肯定的に捉えている点で共通している。また C と H から成るグループは、肯定的および否定的と判断している技術的要因の項目数がそれぞれ同程度であり、積算値もゼロに近いという特徴がある。

主成分分析の結果では、A, E, I は多くの技術的要因を肯定的に捉える傾向を示す一方で、B, F, G は否定的に捉える傾向を示した。特に「地層処分安全性」、「地質環境の安定性」、「超長期の安全性」などの項目を否定的に捉える傾向を示した。また、C と H はどちらも主成分得点が低い点で共通している。

以上のように多変量解析によって積算プロット図のグルーピングの根拠を概ね論理的に説明可能である。

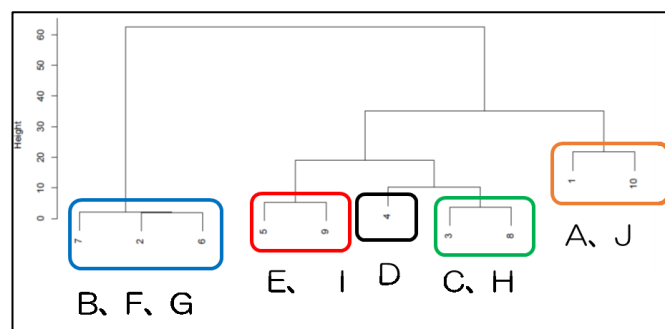


図 2 クラスター分析によるグルーピング

3.3. 地層処分の安全性

政策選好に肯定的な市民が「地層処分の安全性」をどのように捉えているのかを検討するため、「地層処分の安全性」とその他の技術的要因を軸とする積算プロット図を作成し、それぞれの関係を検討した（表 1）。その結果、上述の市民は「処分技術の確立」を肯定的に捉えていることが示された。一方で、その他の要因については、個人によって異なる見解を示した。特に「地下水の安全性」についてはほとんどの市民が否定的であった。また、「地層処分の安全性」に否定的な市民はほぼ全ての要因について否定的に捉えた。

表 1 地層処分の安全性とその他の技術的要因の関係

	地層処分の安全性に肯定的な市民						地層処分の安全性に否定的な市民			
	A	C	E	H	I	J	B	D	F	G
処分技術	肯定的	肯定的	肯定的	肯定的	肯定的	肯定的	否定的	中間的	否定的	否定的
中間貯蔵	肯定的	肯定的	否定的	否定的	否定的	肯定的	否定的	否定的	否定的	否定的
超長期	肯定的	否定的	肯定的	否定的	肯定的	肯定的	否定的	否定的	否定的	否定的
地質環境	肯定的	否定的	否定的	否定的	肯定的	肯定的	否定的	否定的	否定的	否定的
地下水	中間的	否定的	否定的	否定的	中間的	否定的	中間的	否定的	否定的	否定的

4. まとめ

「地層処分の安全性」に肯定的な全ての市民が「処分技術の確立」を肯定的に捉えている一方で、その他の技術的要因については処分技術と関連するにも関わらず、要因によっては否定的な見解を示したことは市民の「地層処分の安全性」の捉え方を考察する上で重要なポイントである。一つの解釈として、直接確認することができない超長期の安全評価の結果や、地下深部での地質環境の変化や地下水流動に伴う放射性物質の詳細な動きに関しては不安要素が残るものの、市民会議での専門家による地層処分に関する研究成果や現状の説明を好意的に受け入れたと考えることができそうである。一方で、直接確認できないような上記の要因について市民の不安を払拭することは、国や NUMO 等が地層処分の社会的合意を得ていく上で重要な課題である。地質環境調査や安全評価の結果の提示方法の工夫や、調査・評価手法そのものの発想の転換が必要であることを示唆していると見ることもできよう。

さらに、ほとんどの市民が国や NUMO への信頼を否定的に捉えていることは、地層処分を進める上で大きな障壁となる。国や NUMO 等は今後、社会からの信頼を得るための対話活動等の在り方を真摯に見直すことも必要ではないか。

参考文献

- 1) 松岡俊二編（2018）社会イノベーションと地域の持続性 場の形成と社会的受容性の醸成、有斐閣、東京、pp.1-29.
- 2) 山田美香, Yunhee CHOI, 松岡俊二（2019）バックエンド問題における社会的受容性の要因分析—高レベル放射性廃棄物（HLW）処分の欠如モデルによる市民会議の事例、環境情報科学 学術研究論文集33, pp.175-180.

キーワード 高レベル放射性廃棄物, 社会的受容性, 技術的要因

高レベル放射性廃棄物地層処分に関する信頼の構造：海外事例からの実証的分析

The Structure of Trust in Social Acceptance of High-level Radioactive Waste Management : Empirical Analysis based on the European Cases

早稲田大学大学院 ○YUNHEE CHOI

1. INTRODUCTION

The substantive role of trust in risk management has been proven in many studies (Cvetkovich and Löfstedt, 2013). Therefore, many countries implemented public participation as a means of trust-building in high-level radioactive waste (HLW) management. However, nuclear states still experience the stalemate in proceeding with HLW management policy, despite employing well-designed public participation.

The United Kingdom implemented the Public and Stakeholder Engagement (PSE) program in the policy-making process for HLW management. As a result, the level of support for the deep geological disposal (DGD) policy improved. However, the siting process of the repository at the Cumbria country failed in 2011. In France, an institutionalized platform called National Commission for Public Debate (CNDP) exercised public deliberation three times about HLW management since 2005. Nevertheless, the DGD as a national policy is still controversial, and the local conflicts are being escalated. Meanwhile, Finland became the world's first country achieved social acceptance of the HLW repository, despite critiques on the EIA process in terms of the level of participation.

The given situation indicates the necessity of an in-depth understanding of trust and its mechanism within the public participation platform in HLW management. Therefore, the current study explores the trust dimension by focusing on Finland and comparing it with the other European context. Finally, the study derives the policy implication for Japan.

2. ANALYTICAL FRAMEWORK AND METHOD

This study adopts the two-dimensionality of trust as an analytical framework following Choi (2018): 'competence-and care-dimension of trust.' The study employed ordered-logit regression technique by using the data collected by the Finnish

Energy. The question of asking the acceptability of the repository in their community was selected as the dependent variable; the questions fit the competence- and care-dimension of trust effect were selected for the explanatory variables.

Investigating the Finnish case is important as it has already won social acceptance and have the contextual evidence. It allows reducing the research gap, which the empirical studies cannot address, and supports the in-depth interpretation of the analysis. Previous studies focus on Eurajoki, where acceptance achieved. However, the current study examines the four candidate municipalities selected for the repository's siting process, by assuming that the different level of pre-existing trust influenced the way of how trust-dimensionality functions for social acceptance.

3. RESULTS

The result of the analysis (Table 1) shows that the competence dimension has an explicit causal relation with the acceptance of the repository in all four candidate municipalities. Statistically, people are likely to accept the repository in their backyard when they hold a higher perception of competence in science and technology. However, interpretation based on the Finnish context indicates two aspects. Firstly, accepting repository does not solely rely on the competence-dimension of trust without pre-existing trust between the community and the nuclear industry throughout 'the direct interaction.'

Earle (2010) discussed that people pay less attention to ensuring procedural justice through public participation when there is existing trust. By contrast, securing procedural justice becomes crucial when there is no trust. In the same vein, competence-dimension was important for Eurajoki and Loviisa, with existing trust in the nuclear industry. In Äänekoski and Kuhmo without trust in the nuclear industry, however, respondents evaluated the information provided

through the EIA process, yet the repository was not accepted in practice.

Table 1 Result of the analysis

	Acceptance of the repository			
	Eurajoki	Loviisa	Äänekoski	Kuhmo
TRUST EFFECT				
Competence_safety of DGD	0.985***	0.972***	0.952***	1.169***
Competence_good record of NPPs	0.493***	0.256**	0.441***	0.678***
Competence_S&T for HLW managem	0.485***	0.407***	0.520***	0.0420
Care_referendum	-0.109	-0.128	-0.400***	-0.233**
Care_opinion	-0.0411	-0.0575	-0.0685	-0.0429
Care_info	-0.0490	0.226**	-0.205**	-0.0948
RISK EFFECT				
Risk_health	-0.0944	-0.264**	0.0270	-0.103
Risk_uncertainty	-0.235*	-0.159	0.0554	-0.312**
Risk_future generation	-0.170	-0.168	-0.463***	-0.110
Log likelihood	-415.925	-422.857	-435.736	-392.836
Pseudo R2	0.3871	0.3622	0.3505	0.3982
Observations	468	476	473	471

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Secondly, the information variable's result supports the importance of the direct interactions between the community and the nuclear industry. People in Loviisa hold trust in the nuclear industry. Nevertheless, they did not have direct experience with the Posiva. Therefore, the low level of trust in Posiva required information, and the provided information throughout the EIA functions positively based on their existing trust in the nuclear industry. Meanwhile, information correlated negatively in Äänekoski without pre-existing trust.

The result from the Finnish case suggests that repository acceptance is unlikely to be achieved, relying on scientific and technological expertise, knowledge, and safety assessment.

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

The findings from the Finnish case overlap with the UK and France. The UK's case shows the dynamic within the care-dimension of trust, such as issues concerning procedural and distributive fairness, depending on the level of trust. The UK's PSE program showed that ensuring procedural justice by implementing the PSE program helps restore trust. Nevertheless, when the interest of the stake becomes more influential in the siting process, preparing for the mechanism to reflect the local people's needs becomes more important, especially when there is no pre-existing trust.

The French case further provides insights on the importance of care-dimension of trust. The French government politically

tackled the care-dimension of trust in the early 1990s when the trust was eroded. Indeed, the reversibility concept was emerged by reflecting the local people's opinion. As a result, Bure decided to accept the underground research laboratory (URL) under the condition not pursuing the repository in their community. However, fairness issues, such as having the second URL, have been gradually ignored. Meanwhile, the public debate focuses on competence-dimension. As a result, the skepticism over the debate and conflicts have been being escalated.

The findings suggest that public participation set up in a normative manner, which focuses on competence-dimension of trust, is unlikely to positively affect trust-building and social acceptance. The findings suggest policy implications for the Nuclear Waste Management Organization (NUMO). When the "Specified Radioactive Waste Final Disposal Act" established in 2000, the public attitude toward nuclear utilization was positive even after JCO's critical accident (Kitada, 2016). Nevertheless, the siting process has been unsuccessful as it requires another level of trust. Meanwhile, the occurrence of the Fukushima accident severely eroded trust in the nuclear industry. In the given condition, the NUMO may need to intensify its approach to search for the needs and concerns of people, along with the process disseminating the scientific and technological information.

REFERENCE

- 1) Choi, Y. (2018). Trust in nuclear companies and social acceptance of a nuclear waste repository in Finland. *Journal of Environmental Information Science*, 2018(1), 44-55.
- 2) Cvetkovich, G., & Lofstedt, R. E. (2013). Social trust and the management of risk. Routledge
- 3) Earle, T. C. (2010). Trust in risk management: A model-based review of empirical research. *Risk Analysis: An International Journal*, 30(4), 541-574.

Keywords Trust, HLW, Social acceptance, European cases

バックエンド問題の社会的安全性からみた社会的合意の必要条件

What conditions will make people accept the geologic disposal site of HLW in their area?

早稲田大学 黒川哲志

1. はじめに

本報告は、2000 年の「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」(以下、最終処分法)の制定から 20 年経過した現在も、最終処分施設の立地の合意に至らないことについて、社会的合意と社会的安全性の観点から検討する。最終処分施設の立地の決定には、誰のどのような内容の合意が必要であるのであろうか。施設の安全性について有する立地地域住民の法的地位の普遍性について明らかにする。

2. 最終処分法による制度的決定

2000 年制定の最終処分法が、「地下三百メートル以上の政令で定める深さの地層において、特定放射性廃棄物及びこれによって汚染された物が飛散し、流出し、又は地下に浸透することがないように必要な措置を講じて安全かつ確実に埋設することにより、特定放射性廃棄物を最終的に処分すること」を、意思決定している。これは、高レベル放射性廃棄物を「人間の生活環境から隔離して安全に最終処分」(特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針)することを選択したものである。法律によって、国民の意思が示されたので、高レベル放射性廃棄物の地層処分は制度的な正統性を有する。したがって、少なくとも人々が地層処分に反対の意思を有していたとしても、法律の改正によって地層処分政策そのものの放棄がなされない限り、地層処分政策に基づいて政府は行動せざるを得ない。

3. 社会的安全性と社会的合意

これを前提に地層処分に関する社会的合意を検討するとき、地層処分に用いられる具体的技術に対して、これが安全性の高い技術であるとして社会的に受け入れられているか否かということが問題となってくる。未熟な技術での地層処分は、将来的な環境汚染の原因となる可能性が高いからである。地層処分の技術的安全性について関心を持ち、そこに含まれるリスクの受容の可否について意思表示する資格を有しているのは、将来世代も含めた抽象的な国民である。

数万年にも及ぶ地層処分の時間は、不確実性に満ちたものであり、技術的安全性を越えたところにある。したが

って、これを安全であるとして扱うためには、安全であること、すなわちリスクを許容するということについて、社会的に合意するというプロセスが必要になる。立地選定を含む技術的側面などに関する社会的安全性の承認が必要である。このときに、基本方針にも記述されているように、「現世代の責任として将来世代に負担を先送りしない」という観点から、数千年後、あるいは一万年後の環境汚染リスクについて考慮しなければならない。

これに対して、最終処分施設の立地予定地域の周辺住民にとって、安全性と社会的合意の風景は異なる。国民全体として安全として受容された技術であっても、自分の住む地域にこれを受け入れることは容易ではない。

「高レベル放射性廃棄物」とその「最終処分施設」というネガティブなイメージが NIMBY シンドロームの温床となりやすい。東海村 JCO 臨界事故や福島第一原発事故にともなって生じた農産物等に関する風評被害も生じるおそれもある。したがって、受入れ地域での社会的合意の中心は、技術的な安全性にかかわるものに加えて、施設受入れにともなって地域に生じる便益と費用についての事柄が重要になる。

このとき、数千年後に生じるかもしれない環境汚染リスクを無視して、施設受入れ決定後の数十年間にもたらされる経済的利益を重視することの問題性に留意が必要である。地層処分施設の受入れ決定によってもたらされる経済的利益を重視するなら、原子力発電所そのものや使用済み核燃料の再処理工場に比べて事故による汚染のリスクの少ない地層処分施設は、現世代の地域住民にとっては必ずしも NIMBY 施設ではない。

4. 受入地域住民の法的地位

最終処分施設の立地は、概要調査地区、精密調査地区及び最終処分施設建設地の選定というプロセスで進められる。しかし、現在までのところ、概要調査地区の選定のための文献調査の申請ですら、2007 年に高知県東洋町がしたのみである。2020 年 8 月 17 日現在、北海道寿都(すつ)町が文献調査への応募を検討している。高知県東洋町では、反対派の町長の当選によって申請が取り下げられ、北海道寿都町のケースでは、北海道は「特定

放射性廃棄物に関する条例」で「特定放射性廃棄物の持込みは慎重に対処すべきであり、受け入れ難いことを宣言する」としており、また、漁業関係者らの反対の意思表示もされており、複雑な状況が存在する。

高レベル放射性廃棄物は、ガラス固化体とされてオーバーバックに詰められ、ベントナイトで覆われ(以上、人工バリア)、地下深い岩盤の中に埋められる(天然バリア)ので、人工・天然バリアが機能を失って地上に環境被害をもたらすとしても、数千年後のことである。すると、現在の受入れ地域住民らの引き受ける環境汚染リスクは、最終処分施設の建設工事に伴う公害および廃棄物搬入時の事故リスクであり、超長期に及ぶ地層処分のリスクとして議論されているものとは異なる。すると、立地地域住民の法律上の利益は、建設工事公害と廃棄物運搬事故リスクからの保護ということになり、必要ならばその補償がなされる。風評被害も発生すれば、これに対する補償も必要であろう。

しかし、最終処分施設の受入れ地域の住民は、より普遍的な利益を主張すべき地位にあると考えられる。文献調査に応募するなどして最終処分施設の潜在的な引き受け地となった地域は、高レベル放射性廃棄物の最終処分に対して最も真剣に向き合う地域として、地層処分のやり方をはじめ技術的安全性について社会的判断をする資格を獲得すると考えることは、我々の社会通念に合致する。施設周辺の将来世代住民の環境利益は、現在では公益としてしか扱われなく、個人の権利あるいは法的利益として主張する主体を持たない。しかし、潜在的受入れ地域の住民が、この権利利益を代弁することには、社会的な共感を得やすい構造が存在する。

5. 社会的合意の必要条件

数万年単位の地層処分のリスク評価は不確実性に満ちており、技術的な予想の限界を超えるので、社会的なリスク受容が安全性の評価にとって重要な要素になる。このリスクの受容は、リスクとトレードオフされる便益とのバランスの中で意思決定されるものであり、国内で発生する使用済み核燃料の適切な処分によってもたらされるリスク低減の便益との利益衡量の中でなされる。

本報告は、このようなマクロのリスク意思決定と、地層処分施設の受入れ地域の行うミクロのリスク評価の乖離から出発したが、地層処分立地地域の将来世代の環境利益という公益の代弁者として、地域住民を位置づけ、両者の再接近のロジックを見るに至った。すなわち、施設を受入れる現在の地域住民のリスク判断において、彼

らの生存する数十年単位のリスク評価と、そのリスク評価に対比される経済的便益との間の費用便益分析にとられることなく、それを乗り越え、時間軸を数万年単位に伸ばした費用便益分析によって正当化される安全性の社会的評価が求められている。すると、バックエンド問題の社会的安全性からみた社会的合意の必要条件としては、常識的な要件、すなわち、国民と基本的な価値観を共有する信頼できる組織や人が、人々と誠実にコミュニケーションしながら、公正で透明なプロセスを経て、安全性にかかわる事項を決めていくことに立ち戻ることになる。

キーワード 高レベル放射性廃棄物、地層処分、社会的合意

エネルギー・環境事業で、
持続可能な社会の実現に貢献します。



公益社団法人 環境科学会 2020 年会

年会委員会

委員長	松橋 啓介	国立環境研究所 社会環境システム研究センター
理事	大西 暁生	横浜市立大学 データサイエンス学部
幹事	徳村 雅弘	静岡県立大学 食品栄養科学部
幹事	田畑 智博	神戸大学大学院人間発達環境学研究科
幹事	佐 伯 孝	富山県立大学 工学部
幹事	青 木 えり	東洋大学 情報連携学部
事務局	林 信宏・村瀬 彩子	環境科学会 事務局

公益社団法人 環境科学会 2020 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:03-5389-6291

E-mail:sesj-office@bunken.or.jp

URL:http://www.ses.or.jp/