



環 境 科 学 会  
Society of Environmental Science, Japan

環境科学会 2019 年会

## 講演要旨集

期日： 2019 年 9 月 13 日(金)～9 月 14 日(土)

会場： 名古屋大学 東山キャンパス

公 益 社 団 法 人  
環 境 科 学 会

# 環境科学会 2019年会

日 程： 2019 年9 月13 日（金）～ 14 日（土）

場 所： 名古屋大学 東山キャンパス IB電子情報館  
〒 464-8601 名古屋市千種区不老町  
<http://www.nagoya-u.ac.jp/access/>

交 通： 地下鉄名城線名古屋大学駅下車すぐ  
※詳細はアクセス案内をご参照ください。  
※お車のご利用はお控えください。

主 催： 公益社団法人 環境科学会

共 催： 名古屋大学大学院工学研究科  
名古屋大学大学院環境学研究科

## 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「事前登録／振込払い」あるいは当日受付での「当日登録／現金払い」のいずれかをご利用いただけます。事前登録では当日登録に比べて参加費・交流会費が少しお安くなります。
- ・事前登録のお申込みは、8月14日（水）17：00までにWEBシステムを利用した【参加登録】と併せて【振込】をお願いします。事前登録をいただいても上記の期日までにお振り込みがない場合には「当日登録／現金払い」扱いになり、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/2019conf/>

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。

※ 事前登録の際に自動返信されるメールが「参加票」になります。メール画面を印刷して当日受付にお持ちください。

※ 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

登録・支払方法	正会員	準会員	非会員	非会員（学生）	シニアフェロー
事前登録／振込払い	6,000 円	3,000 円	9,000 円	5,000 円	無料
当日登録／現金払い	8,000 円	4,000 円	11,000 円	6,000 円	

## 交流会費

登録・支払方法	社会人	学生	シニアフェロー
事前登録／振込払い	5,000 円	3,000 円	2,500円
当日登録／現金払い	6,000 円	4,000 円	3,000円

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：**

日 時：9 月13 日（金）16：45 ～ 17：15

場 所：名古屋大学 東山キャンパス IB電子情報館2階 IB大講義室

受賞者：学術賞（2名），奨励賞（2名），論文賞（2編）

**交流会：**

日 時：9 月13 日（金）17：45 ～ 19：45

場 所：名古屋大学 東山キャンパス ユニバーサルクラブ（豊田講堂・シンポジオン）

会 費：上記をご参照ください。

※若手育成事業における優秀発表賞，優秀研究企画賞の表彰式を合わせて行います。

**※問合わせ先※**

- 1）研究発表・参加登録・プログラム・会場・その他に関するお問い合わせ

公益社団法人 環境科学会 年会委員会（E-mail：nenkai2019@ses.or.jp）

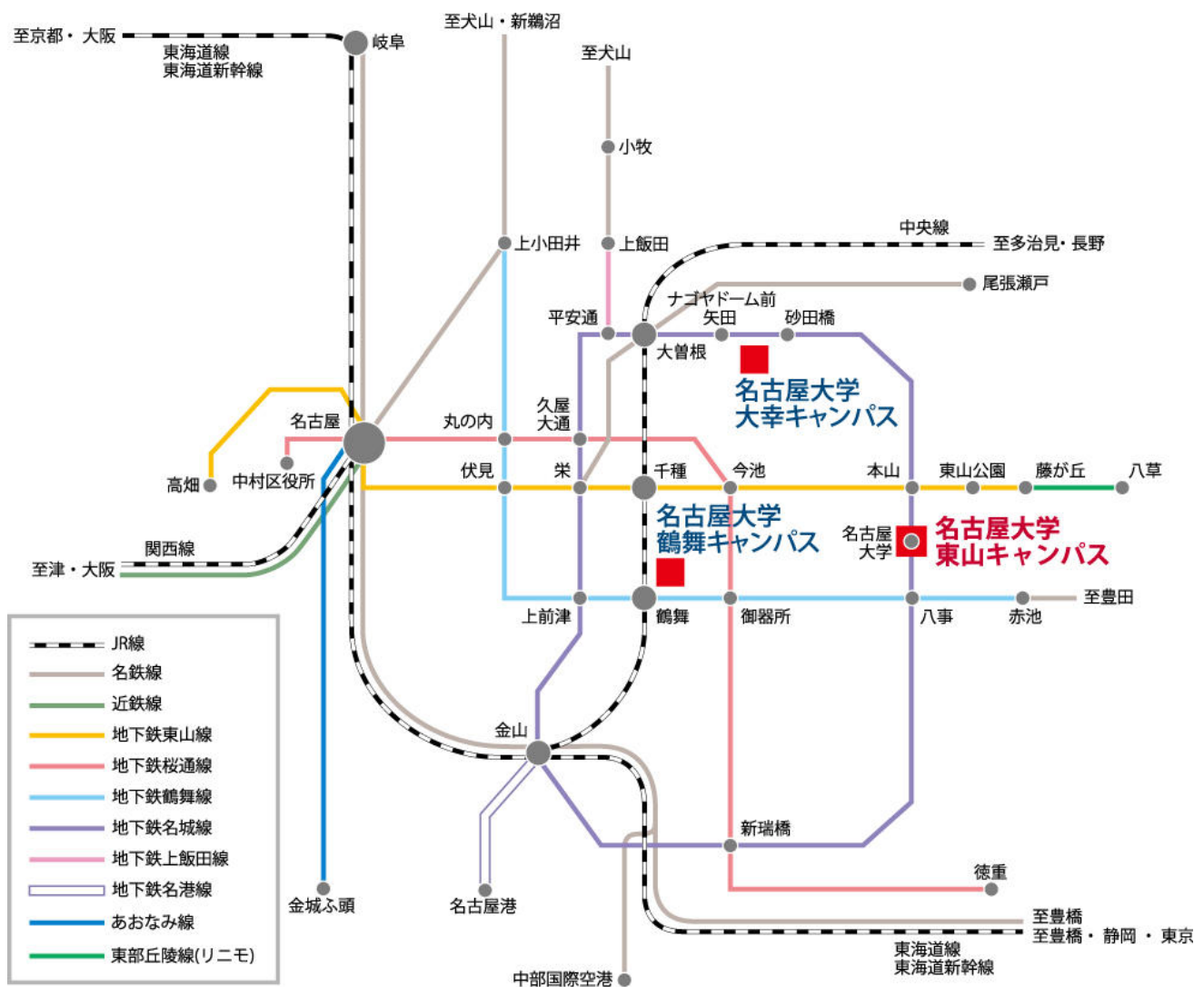
- 2）入会手続きに関するお問い合わせ

公益社団法人 環境科学会 事務局

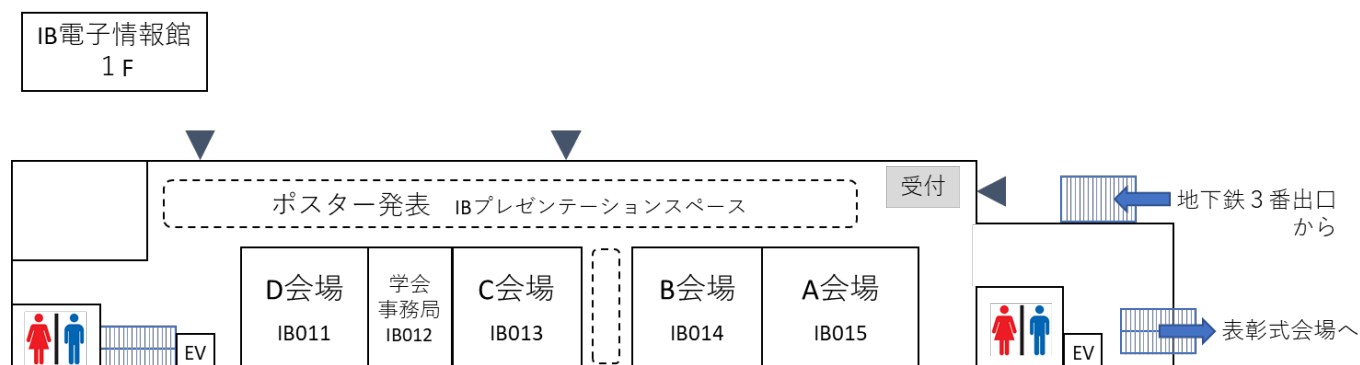
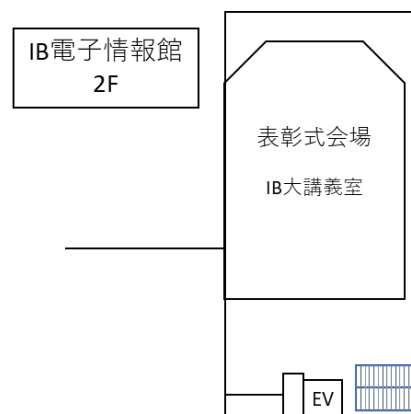
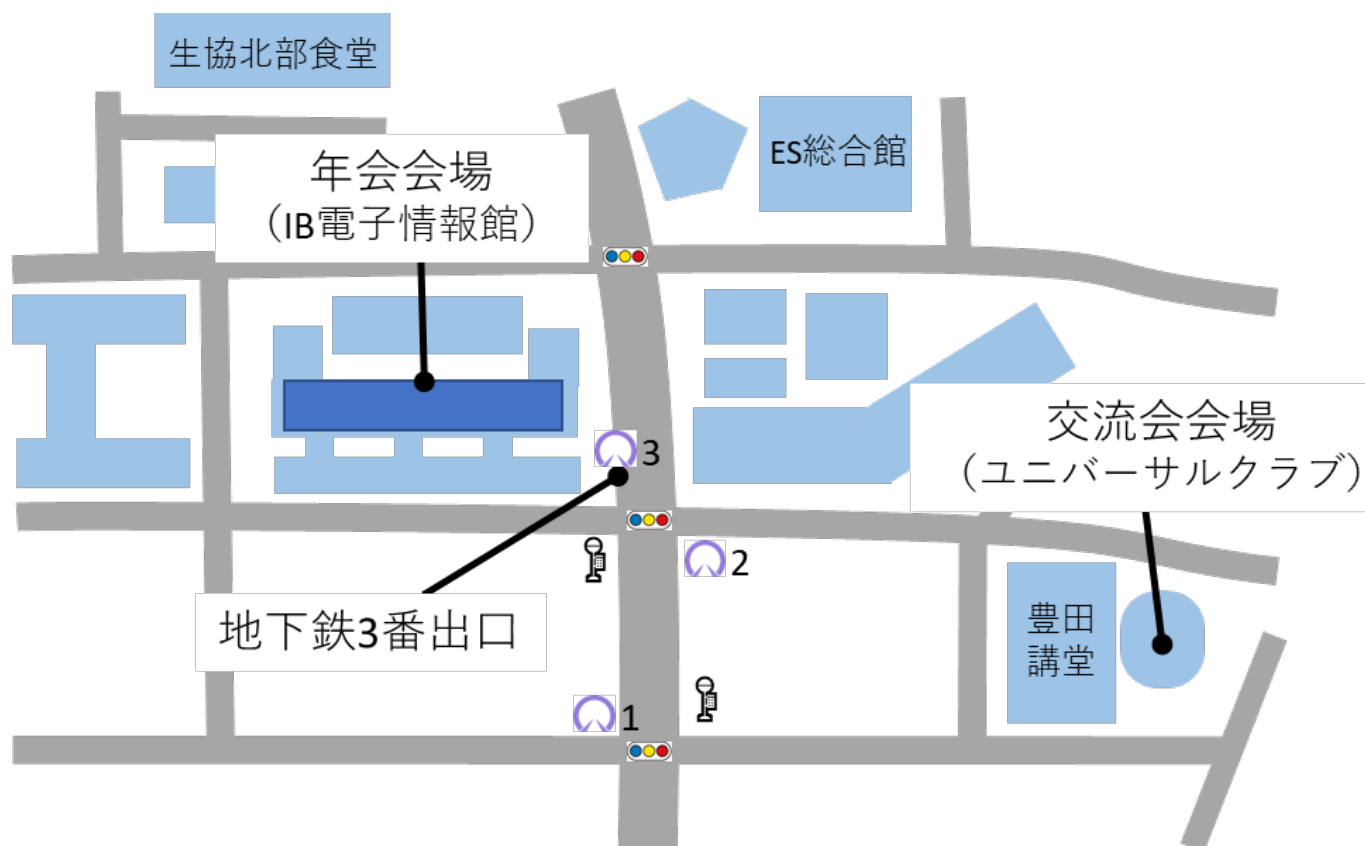
TEL：03-6824-9383 / FAX：03-5227-8631

E-mail：sesj-office@bunken.co.jp

## 名古屋大学 東山キャンパスへのアクセス案内



## 会場案内



## 発表者の方々へ

### 1. 受 付

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

### 2. 発表時間

口頭発表： 15 分（発表10 分，質疑応答及びパソコンの入れ替え5 分）

ポスター発表：9 月13 日（金）11：00 までにポスターを所定の場所に掲示してください。

ポスター発表・討論の時間帯は，9 月13 日（金）12：00 ～ 14：00 です。

このうち，**発表・討論のコアタイムは 9 月13 日（金）12：30 ～ 13：30** です。

この時間帯には，発表者は必ずポスター前にて発表を行ってください。

同時時間帯に『優秀発表賞の審査』（投票〆切14：00）が行われます。

上記以外の時間帯は自由に閲覧できます。

シンポジウム：オーガナイザーにお問い合わせください。

### 3. 発表方法

#### 口頭発表・シンポジウム

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

#### ポスター発表

- ・掲示は受付後に9：00 から行うことができます。
- ・掲示に必要なテープ類は学会事務局で用意致します。
- ・ポスターパネルの掲示面積は**横870mm×縦2070mm（内寸）**です。
- ・ポスターの撤去は，9 月14 日（土）15：00 までに各自でお願い致します。  
（15：00 を過ぎても撤去されていないポスターは，年会実行委員会が撤去，廃棄しますので，ご了承ください）

# プ ロ グ ラ ム

会場名		A会場	B会場	C会場	D会場	ポスター会場	
部屋		IB015	IB014	IB013	IB011	プレゼンテーションスペース	
9月13日 (金)	9:00	9:00 受付開始					ポスター発表 (閲覧のみ)  ※11:00までに掲示 してください。
	9:15						
	9:30						
	9:45	シンポジウム-1	シンポジウム-2	シンポジウム-3	口頭発表1D-1 バイオマス 9:30～10:30 奥田哲士		
	10:00	室内環境における化学物質 管理の課題と最新研究動向	創エネ省エネ活動の実施・ 継続・展開ー自然エネルギー 100%大学におけるハートウェア づくりー	気候変動の緩和・適応策として の都市・地域空間構造変更策 の検討手法			
	10:15						
	10:30						
	10:45				口頭発表1D-2 環境評価とシナリオ 10:45～12:00 田畑智博		
	11:00	雨谷敬史 三宅祐一 9:30～12:00	杉本卓也 江波戸順史 9:30～12:00	加藤博和 北詰恵一 9:30～12:00			
	11:15						
	11:30						
	11:45						
	12:00						ポスター発表・討論 12:00～14:00 コアタイム 12:30～13:30  優秀発表賞審査・投票 14:00 〆切
	12:15						
	12:30						
	12:45	昼休み 12:00～14:00					
	13:00						
	13:15						
	13:30						
	13:45						
	14:00	シンポジウム-4	シンポジウム-5	口頭発表1C-3 リモートセンシング 14:00～15:15 大西暁生	口頭発表1D-3 環境意識と環境行動 14:00～15:15 青木えり	ポスター発表 (閲覧のみ)	
	14:15	環境研究における質量分析の 役割と課題	気候政策に取り組む自治体 ネットワークの動向と課題				
	14:30						
	14:45						
	15:00						
	15:15	高梨啓和 亀屋隆志 14:00～16:30	増原直樹 杉山範子 14:00～16:30	口頭発表1C-4 環境リスク評価・制御 15:30～16:30 三宅祐一	口頭発表1D-4 環境政策・教育 15:30～16:30 村上一真		
15:30							
15:45							
16:00							
16:15							
16:30	表彰式 16:45～17:15 会場:IB大講義室(2階)						
16:45							
17:00							
17:15							
17:30							
17:45	交流会(若手育成事業表彰式を含む) 17:45～19:45 会場:ユニバーサルクラブ						
18:00							

会場名		A会場	B会場	C会場	D会場	ポスター会場	
部屋		IB015	IB014	IB013	IB011	プレゼンテーションスペース	
9月14日 (土)	9:00	9:00 受付開始					ポスター発表 (閲覧のみ)
	9:15						
	9:30	シンポジウム-6  より迅速・簡便な水質検査方法 の開発	シンポジウム-7  パリ協定の気候・排出削減目標 の達成に向けた世界・アジア・ 日本の気候政策の統合分析	シンポジウム-8  超学際的アプローチによる統合 型将来シナリオ手法の開発	口頭発表2D-1 環境意識とエネルギー 9:30～10:45 松本安生		
	9:45						
	10:00						
	10:15						
	10:30						
	10:45						
	11:00	小林憲弘 吉田仁 9:30～12:00	高橋潔 増井利彦 9:30～12:00	馬場健司 増原直樹 9:30～12:00	口頭発表2D-2 評価・分析法 11:00～12:00 徳村雅弘		
	11:15						
	11:30						
	11:45						
	12:00	昼休み 12:00～13:30					
	12:15						
	12:30						
	12:45						
	13:00						
	13:15						
	13:30	シンポジウム-9  化学物質管理促進のための PRTR データの実践的な活用 に向けた課題と取り組み	シンポジウム-10  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	口頭発表2C-3 国際環境問題 13:30～14:45 有村俊秀	口頭発表2D-3 事業所とエネルギー 13:30～14:45 立花潤三		
	13:45						
14:00							
14:15							
14:30							
14:45							
15:00	小口正弘 片谷教孝 13:30～16:00	松橋啓介 高橋潔 13:30～16:00	口頭発表2C-4 持続可能な開発目標(SDGs) 15:00～16:15 亀山康子	口頭発表2D-4 循環型社会 15:00～16:15 佐伯孝			
15:15							
15:30							
15:45							
16:00	後片付け						

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

## 口頭発表（一般発表）

### 【1日目（9月13日）午前】

---

#### 口頭発表 1D-1 「バイオマス」

D会場（IB011）9：30～10：45

座長： 奥田哲士（龍谷大学）

- 1D-0930 小規模普及型メタン発酵システムの稼働状況と今後の展望  
○永幡正憲, Farida Hanum, 熱田洋一, 大門裕之 (豊橋技術科学大学)
- 1D-0945 廃棄物系バイオマスからのアミノ酸単離  
○松本遥加, 薬師寺佑佳, 小林淳 (熊本県立大学), 中島琢自 (北里大学), 石橋康弘 (熊本県立大学)
- 1D-1000 熊本県内におけるバイオマスの基礎的データ収集及び事業評価  
○高崎春花 (熊本県立大学), 甲斐穂高 (鈴鹿工業高等専門学校), 薬師寺佑佳 (熊本県立大学), 中道隆広 (長崎総合科学大学), 石橋康弘 (熊本県立大学)
- 1D-1015 ディスポーザー排水処理槽汚泥からのエネルギー回収に関する環境評価  
○金友舞香, 藤山淳史, 松本亨 (北九州市立大学)

#### 口頭発表 1D-2 「環境評価とシナリオ」

D会場（IB011）10：45～12：00

座長： 田畑智博（神戸大学）

- 1D-1045 不確実性がある場合における消費者の製品選択  
○中野牧子 (名古屋大学)
- 1D-1100 無電柱化事業の経済評価：東京都を対象とした税金と寄付金の比較分析  
○功刀祐之 (松山大学), 有村俊秀 (早稲田大学)
- 1D-1115 中山間地域における木質バイオマスエネルギー利用の経済効果  
○角川公崇, 棟居洋介 (東京工業大学), 増井利彦 (国立環境研究所)
- 1D-1130 PANCES シナリオに基づく土地利用変化に伴う生態系サービスの変化予測とその地域特性  
○服部一紘 (東京工業大学), 芳賀智宏, 松井孝典, 町村尚 (大阪大学)
- 1D-1145 気候変動影響・適応評価のための共通的な気候変動予測情報－農研機構メッシュ気候シナリオ  
○西森基貴, 石郷岡康史, 遠藤伸彦, 桑形恒男, 滝本貴弘 (農研機構)

### 【1日目（9月13日）午後】

---

#### 口頭発表 1C-3 「リモートセンシング」

C会場（IB013）14：00～15：15

座長： 大西暁生（横浜市立大学）

- 1C-1400 高頻度中分解能衛星による植生指数の UAV を用いた精度向上に関する研究  
○松村寛一郎 (東京農業大学), 杉本賢治 (大阪工業大学), 一ノ瀬俊明 (国立環境研究所), Ram Avtar (北海道大学), 井上聡 (農研機構)
- 1C-1415 **優秀研究企画賞受賞記念講演**：東日本大震災からの復興事業に伴う人為的な地形改変量の推計  
○杉本賢二 (大阪工業大学)
- 1C-1430 リモートセンシングデータを用いた 3 次元都市空間の把握方法の検討  
○大西暁生 (横浜市立大学), 坂本美波 (アジア航測株式会社)
- 1C-1445 空中写真判読による土地利用変化の解析 -ヘルシンキおよびその周辺地域を対象として-  
○白木洋平 (立正大学)
- 1C-1500 果樹と土壌のオーバーレイ解析  
○島崎洋一 (山梨大学)

口頭発表 1D-3 「環境意識と環境行動」

D 会場 (IB011) 14 : 00～15 : 15

座長 : 青木えり (東洋大学)

- 1D-1400 インドネシアにおける ESD 実施および環境意識調査  
○谷川彩実 (熊本県立大学), 蒲原新一 (長崎総合科学大学), 早瀬隆司 (長崎大学),  
中道隆広 (長崎総合科学大学), 石橋康弘 (熊本県立大学)
- 1D-1415 環境配慮行動の解釈レベルに関する考察  
○山本充 (小樽商科大学)
- 1D-1430 持続可能な食消費に対する意思・行動とその規定要因に関する分析  
○藤原なつみ (名古屋大学), 辻隆司 (愛知大学)
- 1D-1445 リユース目的のチャリティーショップの利用意図に影響する要因の検討  
○前田洋枝 (南山大学), 渡邊聡 (愛知淑徳大学)
- 1D-1500 高齢者のごみ分別に関する調査: 訪問介護員からみた視点  
○田畑智博, 片桐恵子 (神戸大学)

口頭発表 1C-4 「環境リスク評価・制御」

C 会場 (IB013) 15 : 30～16 : 30

座長 : 三宅祐一 (静岡県立大学)

- 1C-1530 大阪府での地震災害を想定した化学物質取扱事業所周辺におけるの潜在曝露リスクの評価  
○小島直也, 伊藤理彩 (大阪大学), 中久保豊彦 (お茶の水女子大学), Nguyen Thi Hoa,  
田渕裕也, 東海明宏 (大阪大学)
- 1C-1545 自然災害が引き起こす化学物質流出事故の給水機能への影響と対策オプション評価  
○伊藤理彩, 東海明宏 (大阪大学), 中久保豊彦 (お茶の水女子大学), Nguyen Thi Hoa,  
小島直也 (大阪大学)
- 1C-1600 有機物施用による塩類集積土壌の改善—モデル実験  
佟麗敏, ○渡邊彰 (名古屋大学)
- 1C-1615 地域リスク評価のための適正な環境モニタリング頻度等の検討  
○髙島智恵子, 星純也, 加藤みか (東京都環境科学研究所)

口頭発表 1D-4 「環境政策・教育」

D 会場 (IB011) 15 : 30～16 : 30

座長 : 村上一真 (滋賀県立大学)

- 1D-1530 ポスト公害時代の四日市公害を捉える—当事者のオーラルヒストリーを通じて  
○宮野智, 大瀧友里奈 (一橋大学大学院)
- 1D-1545 **奨励賞受賞記念講演**: 環境政策・地域社会における意思決定過程の可視化に関する研究  
○岩見麻子 (法政大学)
- 1D-1600 高等教育論における環境教育研究のレビュー——環境科学シンポジウムを中心に—  
○内山弘美 (大学非常勤講師)
- 1D-1615 継続調査に基づく環境学習プログラムの効果分析 —中学生を対象とした事例—  
○岩川貴志 (循環共生社会システム研究所), 来田博美 (滋賀県地球温暖化防止活動推進セン  
ター), 内藤正明 (循環共生社会システム研究所・滋賀県琵琶湖環境科学センター)

【2日目（9月14日）午前】

---

口頭発表 2D-1 「環境意識とエネルギー」

D 会場（IB011）9：30～10：45

座長： 松本安生（神奈川大学）

- 2D-0930      **優秀研究企画賞受賞記念講演**：街なかの緑のカーテンが住民の節電行動と温暖化防止政策への信頼に与える影響の分析  
○村上一真（滋賀県立大学）
- 2D-0945      地元新電力会社に対する電力購買意思の規定要因についてーみやま市民アンケートを事例に  
○畢亦凡，近藤加代子，譚喬尹（九州大学）
- 2D-1000      ベトナムにおける居場所の選好と持続可能な住まいについて  
○王陳ロウ，近藤加代子（九州大学），加藤尊秋（北九州市立大学），包清博之，井上昭雄，畢亦凡（九州大学）
- 2D-1015      ワークショップ手法を用いたタイにおける持続可能なエアコンの消費と生産に利用に向けた政策オプションの導出  
○田崎智宏，吉田綾（国立環境研究所），マノマイビブールパナテ（メーファールアン大学）
- 2D-1030      洗濯機シェアリングの消費者受容性：日本・タイの比較分析を中心に  
○文多美，天沢逸里（東京大学），田原聖隆（産業技術総合研究所），平尾雅彦（東京大学）

口頭発表 2D-2 「評価・分析法」

D 会場（IB011）11：00～12：00

座長： 徳村雅弘（静岡県立大学）

- 2D-1100      藻類の遅延発光阻害試験を用いた排水管理手法の検討  
○伊津野美貴（熊本県立大学），竹内彩乃，勝又政和（浜松ホトニクス株式会社中央研究所），石橋康弘（熊本県立大学）
- 2D-1115      多変量解析と LC-HRMS および GC-O-HRMS の組み合わせによる水道水中の生ぐさ臭原因物質の探索  
○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）
- 2D-1130      固相抽出を用いた LC/MS/MS によるイプフェンカルバゾンの分析法の検討  
○坂田脩，渡邊弘樹，清野弘孝，吉田栄充，石井里枝（埼玉県衛生研究所）
- 2D-1145      メラノイジン類似生成物の抗酸化能の評価  
○秦野賢一，青柳直和，中村洋平，窪田健二，若松馨（群馬大学）

【2日目（9月14日）午後】

---

口頭発表 2C-3 「国際環境問題」

C 会場（IB013）13：30～14：45

座長： 有村俊秀（早稲田大学）

- 2C-1330      Has Foreign Direct Investment Expanded Environmental Pollution in China?  
○呂冠宇（早稲田大学）
- 2C-1345      中国の鉄鋼産業の生産能力削減への国際社会の影響力と CO<sub>2</sub> 削減への効果  
○堀史郎（福岡大学），何劼（西南学院大学）
- 2C-1400      中国政府の環境財政投資に関する評価  
○朱美華，山下研（アジア大気汚染研究センター），青正澄（横浜市立大学）
- 2C-1415      スペースデブリの国際的規律に関わる宇宙活動法の意義と課題  
○松田芳和（名古屋大学）
- 2C-1430      国外の気候変動影響が国内企業の経済活動に及ぼす影響に関する企業意識調査  
○亀山康子（国立環境研究所），中島光博（パシフィックコンサルタンツ株式会社）



口頭発表 2D-3 「事業所とエネルギー」

D 会場 (IB011) 13 : 30~14 : 45

座長 : 立花潤三 (富山県立大学)

- 2D-1330 オフィスビルにおける CO<sub>2</sub> 削減対策の実施状況 : 東京都排出量取引制度に着目して  
○尾沼広基, 有村俊秀 (早稲田大学)
- 2D-1345 「コミュニティ電力計」を用いた電力消費量の測定と変動要因の分析  
○松本安生 (神奈川大学), 刑部真弘, 川名優孝 (東京海洋大学)
- 2D-1400 東京都排出権取引制度が事業所へ及ぼした影響 : 石油等消費動態統計による分析  
○矢島猶雅, 有村俊秀, 定行泰甫 (早稲田大学)
- 2D-1415 東京都オフィスビルにおける省エネ取組の効果推計  
○鷺津明由, 尾沼広基, 有村俊秀 (早稲田大学)
- 2D-1430 中小規模事業所における省エネポテンシャルの推計  
○片野博明, 藤井康平 (東京都環境科学研究所)

口頭発表 2C-4 「持続可能な開発目標 (SDGs)」

C 会場 (IB013) 15 : 00~16 : 15

座長 : 亀山康子 (国立環境研究所)

- 2C-1500 森林分野を事例とした SDGs 達成のための科学・政策インターフェースの課題  
○森田香菜子 (森林総合研究所), 松本健一 (長崎大学)
- 2C-1515 生産側からの持続可能な消費と生産フレームワーク : タイとベトナムへの適用  
○八木迪幸 (信州大学), 國部克彦 (神戸大学)
- 2C-1530 シェアリング・エコノミーの普及がもたらす環境・社会的影響の検討  
-3R 活動と生活時間の観点より-  
○阿部直也 (東京工業大学), 中村寛樹 (中央大学), 水野谷武志 (北海学園大学)
- 2C-1545 SDGs 達成に向けた地方ガバナンスの分析 : 下川町の事例を中心として  
○片岡八束 (地球環境戦略研究機関), 増田大美 (国連大学サステイナビリティ高等研究所), 森田香菜子 (森林総合研究所)
- 2C-1600 SDGs への対応における認証制度の係わりと課題 : 農業のケーススタディ  
○河瀬玲奈 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター), 中井明日香 (中井医院), 内藤正明 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

口頭発表 2D-4 「循環型社会」

D 会場 (IB011) 15 : 00~16 : 15

座長 : 佐伯孝 (富山県立大学)

- 2D-1500 **論文賞受賞記念講演** : 小売業者のリデュース取組はすすんだのか?  
○碓井健寛 (創価大学), 田崎智宏 (国立環境研究所)
- 2D-1515 IoT センサを用いた生ごみ堆肥化装置内の発酵物堆積状況把握と収集運搬の効率化  
○前田桜我, 松本亨, 藤山淳史 (北九州市立大学)
- 2D-1530 エネルギー回収機能付き廃棄物焼却施設の立地候補地選定システムの開発  
○後藤尚弘 (東洋大学), 藤井実 (国立環境研究所), 大西悟 (東京理科大学), 牧誠也 (国立環境研究所)
- 2D-1545 市町村別プラスチックごみ排出量の推計  
○中口毅博 (芝浦工業大学), 小澤はる奈 (環境自治体会議環境政策研究所)
- 2D-1600 ごみ処理手数料有料化によるごみ排出削減効果  
-関東地方の自治体データを用いたパネルデータ分析-  
○望月文太 (東京工業大学), 日引聡 (東北大学)

## ポスター発表（優秀発表賞応募発表を含む）

1. 掲示可能期間： 9月13日（金）9：00～14日（土）15：00（15：00までに各自にて撤去願います）

※ 13日（金）11：00までに、ポスターを所定の場所に掲示してください。

※ 14日（土）15：00を過ぎても撤去されていないポスターは、年会実行委員会が撤去・廃棄しますので、ご了承ください。

発表・討論時間：9月13日（金）12：00～14：00（うち、12：30～13：30は「コアタイム」とします）

※ 掲示期間中、ポスターは自由に閲覧することができますが、13日（金）昼の時間帯を発表・討論時間として設定しています。「コアタイム」には、発表者は必ずポスター前にて発表を行ってください。

- P-01 リスク評価を用いた地方自治体におけるアスベスト（レベル3建材）対策の政策目標の検討  
○豊永悟史，宮崎康平，古澤尚英，小原大翼（熊本県，熊本環境政策研究会）
- P-02 メダカにおける亜鉛の酸化ストレスに関する評価  
○甲斐穂高（鈴鹿工業高等専門学校），石橋康弘（熊本県立大学），山口雅裕（鈴鹿工業高等専門学校）
- P-03 地方自治体の施策へのSDGsの導入に関する考察：森林管理を事例として  
○田畑智博，大野朋子，村山留美子，井口克郎，片桐恵子（神戸大学）
- P-04 無機化合物によるめっき排水中の窒素系成分の吸着  
○林朋子，小野さとみ（名古屋市工業研究所）
- P-05 台風（熱帯低気圧）の移動による大気バイオエアロゾル輸送  
○小林史尚，高原亮樹（弘前大学），浅田元子，中村嘉利（徳島大学）
- P-06 水晶振動子マイクロバランス法を用いた気中水銀測定装置の開発とその応用  
○丸本倍美，丸本幸治（国立水俣病総合研究センター），野田和俊（産業技術総合研究所），赤木洋勝（国際水銀ラボ）
- P-07 ラットを用いた水銀蒸気個人曝露モニターの有効性の検討  
○丸本倍美，丸本幸治（国立水俣病総合研究センター），野田和俊（産業技術総合研究所）
- P-08 Qualitative surveys on sustainable lifestyles in Thailand, Vietnam and Myanmar  
○吉田綾，青柳みどり（国立環境研究所）
- P-09 東京都内水域および大気におけるPRTR対象物質のGC/MSによる網羅分析  
○加藤みか，棚島智恵子，星純也，西野貴裕（東京都環境科学研究所），永岡保行，伊藤雄一（東京都環境局），下間志正（東京都環境科学研究所）
- P-10 ミクロネシア連邦ウェノ島における2Rベースライン調査の実施および分析結果  
○碓井健寛（創価大学）
- P-11 室内濃度指針値策定VOC試験法の妥当性評価  
○田原麻衣子，酒井信夫，河上強志，五十嵐良明（国立医薬品食品衛生研究所），大貫文，斎藤育江（東京都健康安全研究センター），千葉真弘，大泉詩織（北海道立衛生研究所），田中礼子，山之内孝（横浜市衛生研究所），大野浩之，若山貴成（名古屋市衛生研究所），横山結子（千葉県衛生研究所），神野透人（名城大学）
- P-12 Socioeconomic Metabolism of the Central Visayas Region of the Philippines  
○Dabon Maria，Tanikawa Hiroki，Okuoka Keijiro（Nagoya University）
- P-13 クロロエチレン等の揮発性有機塩素化合物の土壌溶出濃度と表層土壌ガス濃度との関係の検討  
○小林剛，林知美，末継淳，田小維（横浜国立大学）

- P-14 ミャンマーの無電化地域におけるエネルギー需要の予測手法の構築  
○阮梦依, Pandyaswargo Andante Hadi, 小野田弘士 (早稲田大学),  
Htwe Ei ei (Mandalay Technological University)
- P-15 消毒副生成物間のトレードオフを考慮した高度浄水処理導入による水道水質への影響評価  
○北本靖子, 小島直也, 東海明宏 (大阪大学)
- P-16 浸水状態がヨシ (*Phragmites australis*) 地下茎のシュート発生に及ぼす影響  
○大野朋子 (神戸大学), 前中久行 (NPO 法人緑の地球ネットワーク)
- P-17 飲食店街区における太陽熱・地中熱ハイブリッド熱源システムの実測評価  
吉留大樹, 菊池亮, ○本田亮太, 小野田弘士 (早稲田大学)
- P-18 水道水中の塩素酸・亜塩素酸・過塩素酸・臭素酸の LC/MS/MS 一斉分析法の開発  
土屋裕子, ○小林憲弘, 五十嵐良明 (国立医薬品食品衛生研究所)
- P-19 市民参加型による低炭素かつ気候変動に適応した地域社会のシナリオ作成ー滋賀県高島市の事例ー  
○金再奎, 木村道徳, 河瀬玲奈 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター),  
岩川貴志 (循環共生社会システム研究所), 馬場健司 (東京都市大学)
- P-20 環境システム教育における情報通信技術を活用したアクティブラーニングの可能性  
○青木えり (東洋大学)
- P-21 長崎県対馬市におけるバイオマス熱利用拡大の課題と展望  
○松村悠子 (大阪大学)
- P-22 SOCIAL ACCEPTANCE OF NEWCOMERS IN RURAL MOUNTAINOUS AREAS - CASE STUDIES IN  
SHIRAKAWA TOWN AND HIGASHI SHIRAKAWA VILLAGE  
○HA Thi MinhPhuc, Wendy Wuyts, Guo Jing, Doi Ryuusei (Nagoya University)
- P-23 資源効率戦略と低炭素シナリオの統合化  
○渡卓磨, 中島謙一, 南齋規介 (国立環境研究所)
- P-24 シラルトロ湖におけるヒシの分布の推移と栄養塩吸収能  
○清水日香里, 金澤行宏, 吉田磨 (酪農学園大学)
- P-25 住環境における心理的瑕疵物件の実態調査  
○矢島猶雅, 定行泰甫 (早稲田大学)
- P-26 多変量解析と LC-HRMS および GC-O-HRMS の組み合わせによる水道水中の生ぐさ臭原因物質の探索  
○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)
- P-27 オフィスビルにおける CO<sub>2</sub> 削減対策の実施状況：東京都排出量取引制度に着目して  
○尾沼広基, 有村俊秀 (早稲田大学)
- P-28 Impact of urbanization on CO<sub>2</sub> emissions in China: analysis of 30 provincial administrative units  
○Huang Yuzhuo, 松本健一 (長崎大学)
- P-29 食品の加熱調理による多環芳香族炭化水素とその塩素化体の生成と曝露評価  
○増田美里, 王斉, 徳村雅弘, 三宅祐一, 雨谷敬史 (静岡県立大学)
- P-30 カンピロバクターを対象とした食品媒介性感染症リスクの定量的評価  
○平井宏明, 小島直也, 伊藤理彩, 東海明宏 (大阪大学)
- P-31 バングラデシュにおけるコメ消費に伴う確率論的リスク評価と低減対策の検討  
○宮崎淳平, 徳村雅弘 (静岡県立大学), イスラムムハンマド (バングラデシュ農業大学), 王斉, 三宅祐一, 坂田昌弘 (静岡県立大学), 益永茂樹 (横浜国立大学), 雨谷敬史, 牧野正和 (静岡県立大学)
- P-32 バイオガス発電施設からの着色排水の効率的な排水処理技術の開発  
○村松孝亮, 徳村雅弘, 王斉, 三宅祐一, 雨谷敬史 (静岡県立大学), 水田一枝 (福岡県農業総合試験場),  
矢部光保 (九州大学), 牧野正和 (静岡県立大学)
- P-33 カーシート中主要難燃剤の網羅的調査および直接接触による経皮曝露評価  
○三輪春樹, 王斉, 徳村雅弘, 三宅祐一, 雨谷敬史 (静岡県立大学)

- P-34 名古屋市における道路更新に伴う物質ストック・フローの定量化  
○松尾佑磨, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹 (名古屋大学)
- P-35 観光客数と自然資本の関係について—離島を対象としたパネル・データ分析—  
○横濱柊介, 有村俊秀 (早稲田大学), 功刀祐之 (松山大学)
- P-36 都市・森林間の最適な輸送経路による木質資源循環圏の時空間分析  
—木曽川流域における搬出優先度を考慮したケーススタディー—  
○山下奈穂, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹 (名古屋大学)
- P-37 区間残存率法を用いた将来の建設副産物発生量の推計—4d-GIS による北九州市のケーススタディー—  
○正木晃平, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹 (名古屋大学), 深堀秀敏 (北九州市立大学)
- P-38 かつお節中の多環芳香族炭化水素 (PAH) 濃度低減に向けた製造法の提案  
○清健人, 王斉, 増田美里, 徳村雅弘, 三宅祐一, 雨谷敬史 (静岡県立大学), 高木毅, 鈴木進二, 岡本一利 (静岡県水産技術研究所)
- P-39 メガ FTA の拡大による温室効果ガス排出量への影響分析  
○高野正光 (北海道大学), 赤堀弘和 (秋田県立大学), 澤内大輔, 日田アトム, 山本康貴 (北海道大学)
- P-40 年代間の同一性判定システムを用いた東京都市圏における物質代謝の推計  
○朝隈友哉, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹 (名古屋大学)
- P-41 利用区分に応じた物質ストックデータベースの構築—現役・退蔵を考慮した住宅のケーススタディー—  
○山本大陸, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹 (名古屋大学)
- P-42 Low-carbonization of Water Supply and Sewerage System in Phnom Penh Capital City, Cambodia  
○Yong Roitha, Okuoka Keijiro, Tanikawa Hiroki (Nagoya University)
- P-43 A Study on Relationship between Transportation System and Environmental Impact Indicators in Hanoi, Vietnam  
○Luong Manh Hung, Okuoka Keijiro, Tanikawa Hiroki (Nagoya University)
- P-44 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精緻化と主要曝露経路の推定  
○新堂真生, 徳村雅弘, 王斉, 三宅祐一, 雨谷敬史, 牧野正和 (静岡県立大学)
- P-45 The Sustainable Urbanization of Ulaanbaatar city, Mongolia using time series GIS database  
○Ishdorj Narantsetseg (Nagoya University)
- P-46 中国内モンゴル自治区赤峰市の水道水使用量を定める要因についての研究  
○王荻, 加藤尊秋 (北九州市立大学)
- P-47 超高温可溶化技術に用いる好熱性菌株の可溶化効率の評価  
○浅川侑貴, 石橋康弘 (熊本県立大学), 甲斐穂高 (鈴鹿工業高等専門学校), 中道隆広 (長崎総合科学大学)
- P-48 流入下水中の生態毒性物質のターゲットスクリーニングとリスク評価  
○田中孝昌, 高梨啓和 (鹿児島大学), 亀屋隆志 (横浜国立大学), 澤井淳, 宮本信一 (いであ株式会社)
- P-49 ネオニコチノイド系農薬ジノテフランから生成する環境変化体のアセチルコリン受容体結合親和性評価  
○桐原晃希, 高梨啓和, 大葉佐世子, 中島常憲, 門川淳一, 上田岳彦 (鹿児島大学), 石川英律, 宮本信一 (いであ株式会社)
- P-50 エネルギー利用を考慮した木質バイオマスの物質フロー分析  
○平井満規 (立命館大学), 山下奈穂, 谷川寛樹 (名古屋大学), 橋本征二 (立命館大学)
- P-51 自己組織化マップ (SOM)を用いた集合住宅の電力需要予測  
○堤徹 (北九州市立大学)
- P-52 V2H を指向した PV と EV の連携による電力需給調整への活用可能性  
○田中丸善鴻, 松本亨, 藤山淳史 (北九州市立大学)
- P-53 ポスト公害時代の四日市公害を捉える—当事者のオーラルヒストリーを通じて—  
○宮野智, 大瀧友里奈 (一橋大学)
- P-54 廃棄物系バイオマスからのアミノ酸単離  
○松本遥加, 薬師寺佑佳, 小林淳 (熊本県立大学), 中島琢自 (北里大学), 石橋康弘 (熊本県立大学)

- P-55 インドネシアにおける ESD 実施および環境意識調査  
○谷川彩実 (熊本県立大学), 蒲原新一 (長崎総合科学大学), 早瀬隆司 (長崎大学),  
中道隆広 (長崎総合科学大学), 石橋康弘 (熊本県立大学)
- P-56 藻類の遅延発光阻害試験を用いた排水管理手法の検討  
○伊津野美貴 (熊本県立大学), 竹内彩乃, 勝又政和 (浜松ホトニクス株式会社中央研究所),  
石橋康弘 (熊本県立大学)
- P-57 ディスポーザー排水処理槽汚泥からのエネルギー回収に関する環境評価  
○金友舞香, 藤山淳史, 松本亨 (北九州市立大学)
- P-58 小規模普及型メタン発酵システムの稼働状況と今後の展望  
○永幡正憲, Farida Hanum, 熱田洋一, 大門裕之 (豊橋技術科学大学)
- P-59 IoT センサを用いた生ごみ堆肥化装置内の発酵物堆積状況把握と収集運搬の効率化  
○前田桜我, 松本亨, 藤山淳史 (北九州市立大学)
- P-60 熊本県内におけるバイオマスの基礎的データ収集及び事業評価  
○高崎春花, 甲斐徳高, 薬師寺佑佳, 中道隆広, 石橋康弘 (熊本県立大学)
- P-61 富士山ハリモミ林の枯死の原因を探る  
大島敦子, ○五味真奈美, 中川春菜 (山梨英和高等学校)
- P-62 ミズダニを指標動物とする水質調査  
○大島敦子, 安藤千恵梨, 中澤志歩 (山梨英和高等学校)
- P-63 イソシアネート測定のためのジブチルアミン含浸シリカゲルサンプラーの開発と汚染実態調査  
○深澤英, 王斉, 徳村雅弘, 三宅祐一, 雨谷敬史 (静岡県立大学)
- P-64 仮想的放射線リスクラベルに関する行動経済学的研究  
○八武崎翔太, 順井達哉, 寺田奈央, 常盤ひかり (獨協大学)
- P-65 排水中の生活由来化学物質の環境負荷低減対策技術の開発  
○鰐川雅花, 村松孝亮, 徳村雅弘, 王斉, 三宅祐一, 雨谷敬史, 牧野正和 (静岡県立大学)
- P-66 塩素化多環芳香族炭化水素類の代謝を考慮した有害性評価  
○多田智彦, 天野あすか, 清健人, 王斉, 徳村雅弘, 三宅祐一, 雨谷敬史, 牧野正和 (静岡県立大学)
- P-67 衛星画像を用いた建築物及び道路ストック推計に向けた深層学習によるピクセル分類手法の提案  
○齋藤隆成, 奥丘桂次郎, 谷川寛樹 (名古屋大学)
- P-68 二次資源量推計に向けた GIS による東京都市圏の建設ストックデータベースの構築  
○吉田英立, 朝隈友哉, 奥岡桂次郎 (名古屋大学)
- P-69 北九州市における立地適正化計画が物質ストックに与える影響の定量化  
○森田大登, 正木晃平, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹 (名古屋大学), 深堀秀敏 (北九州市立大学)
- P-70 開発途上国で多量に使用される有機リン殺虫剤クロルピリホスによるエイジング効果の解明  
○船水純那, 五老祐大, 徳村雅弘, 牧野正和 (静岡県立大学)
- P-71 拡散型サンプラーにおける揮発性有機化合物のサンプリングレートの実測と理論的推算法の検討  
○大石純菜, 西尾春菜, 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, 榎本孝紀 (柴田科学株式会社)
- P-72 経皮曝露量測定デバイスを用いた室内製品との直接接触に伴う難燃剤曝露量の推定  
○大石真菜, 新堂真生, 徳村雅弘, 王斉, 三宅祐一, 雨谷敬史, 牧野正和 (静岡県立大学)
- P-73 名古屋市中心部における建築物ストックと空き家の詳細分布の把握  
○大澤啓裕, 正木晃平, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹 (名古屋大学)

## 企画シンポジウム

### 【1日目】

シンポジウムー1 9月13日(金) A会場(IB015) 9:30 ~ 12:00

#### 「室内環境における化学物質管理の課題と最新研究動向」

プロジェクト名：厚生労働科学研究費補助金(H29-化学一般-004)

「室内環境中の化学物質リストに基づく優先取組物質の検索とリスク評価」

オーガナイザー 雨谷敬史(静岡県立大学)教授

三宅祐一(静岡県立大学)助教

挨拶：雨谷敬史(静岡県立大学)教授

趣旨説明：1990年代に社会問題化したシックハウス・シックスクール問題は、建築基準法によるホルムアルデヒドなどの使用制限、13種の化学物質の室内環境指針値の策定により改善されてきた。しかし、規制対象物質の代替物が開発・使用されており、それらがどのような有害性を示し、どのように曝露されているのかについての知見は乏しい。また、2012年よりシックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会が再開され、室内濃度指針値の見直し等が進められている。このような国内外の最新動向を踏まえながら、室内空気汚染に関する未規制物質の問題について本シンポジウムを通して考えてみたい。

講演者：①「室内環境における化学物質管理の課題」

雨谷敬史(静岡県立大学食品栄養科学部)教授

②「室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の策定およびリスク低減化に関する研究」

酒井信夫(国立医薬品食品衛生研究所)室長

③ 奨励賞受賞記念講演：

「リスク評価に基づいた環境汚染物質のリスク低減手法に関する研究」

徳村雅弘(静岡県立大学食品栄養科学部)助教

④「シックハウス(室内空気汚染)対策に関する研究：

ーシックハウス症候群レベルの室内揮発性有機化合物の吸入暴露の際の海馬Percellome トキシコゲノミクスによる中枢影響予測ー」

北嶋 聡(国立医薬品食品衛生研究所)部長

⑤「災害時における化学物質等の管理の現状と課題」

中島大介(国立環境研究所)室長

総合討論

司 会：雨谷敬史(静岡県立大学)教授

シンポジウムー2 9月13日(金) B会場(IB014) 9:30～12:00

**「創エネ省エネ活動の実施・継続・展開ー自然エネルギー100%大学におけるハートウェアづくりー」**

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：原科幸彦(千葉商科大学) 学長

趣旨説明：大学や高校などの高等教育機関においても気候変動への社会的責任は求められており、創エネや省エネ等の低炭素行動は、その具体的な対応の一つである。創エネ省エネ活動が短期的な活動となると、その効果は僅かであり、その活動の意義も活動の終了とともに失われてしまう。しかしその活動が長期にわたって継続すると、その効果は累積され大きくなり、また、社会的な意義を獲得しつつけることができる。

千葉商科大学では、大学が使用する消費電力量と大学が所有するソーラー発電所での発電量を同量にする「RE100 大学」を2019年1月に達成した。このシンポジウムでは各種活動報告を交えながら、創エネ省エネ活動の継続性や展開していく上での方策について検討していく。

講演者：①「自然エネルギー100%大学に向けてー千葉商科大学が実践する創エネ・省エネ活動ー」

手嶋 進 (千葉商科大学) 准教授

②「自然エネルギー100%大学に向けてー学生団体 SONE による取組みー」

江波戸順史 (千葉商科大学) 准教授

③「活動に対する意欲と自己評価ー学生団体 SONE を対象としたアンケート調査ー」

杉本卓也 (千葉商科大学) 准教授

④「社会へつながる環境人材の育成」

竹内彩乃 (東邦大学) 講師

総合討論

司 会：杉本卓也 (千葉商科大学) 准教授

シンポジウムー3 9月13日(金) C会場(IB013) 9:30～12:00

**「気候変動の緩和・適応策としての都市・地域空間構造変更策の検討手法」**

プロジェクト名：環境研究総合推進費 2-1706

「再生可能都市への転換戦略ー気候変動と巨大自然災害にしなやかに対応するためー」

オーガナイザー 加藤博和 (名古屋大学) 教授  
北詰恵一 (関西大学) 教授

趣旨説明：今後数十年にわたる都市戦略では、持続性への重大な脅威となる気候変動に関する緩和・適応策とともに、深く関連するエネルギー危機や巨大自然災害をも考慮

しておく必要がある。これら持続性への脅威に対し、しなやかに対応できる持続性の高い都市を「再生可能都市」と定義し、日本の都市・地域を中長期で漸次的に再生可能都市に転換していく戦略を地域主体で立案し実施するための空間構造変更の検討手法やその可能性および課題等について議論する。

講演者：①「プロジェクト全体紹介」

加藤博和（名古屋大学）教授

②「気候変動に対応した地域のサステナビリティとレジリエンスを同時に考慮できる評価手法」

朴 秀日（名古屋大学）研究員

③「コンパクト化に向けた住宅エネルギー技術導入効果分析」

北詰恵一（関西大学）教授、井ノ口弘昭（関西大学）准教授

④「徳島東部都市圏の居住環境評価」

奥嶋政嗣（徳島大学）教授

総合討論・質疑応答

討論者：盛岡通（関西大学）社会連携部健康まちづくりプロデューサー（関西大学名誉教授、大阪大学名誉教授）、加藤博和（名古屋大学）教授、北詰恵一（関西大学）教授

司 会：加藤博和（名古屋大学）教授、大野悠貴（名古屋大学）研究員

**シンポジウム-4** 9月13日（金） A会場（IB015） 14：00 ～ 16：30

**学術賞受賞記念シンポジウム**

**「環境研究における質量分析の役割と課題」**

プロジェクト名：化学物質管理戦略研究会共同企画

オーガナイザー 高梨啓和（鹿児島大学）准教授

亀屋隆志（横浜国立大学）教授

挨拶：高梨啓和（鹿児島大学）准教授

趣旨説明： 近年の質量分析の技術革新に伴い、環境研究に質量分析が活用される場面が増加したように感じられる。一方で、機器や解析ソフトウェアがブラックボックス化されていることや各種技術の限界により、誤った結果を得てしまうことや、想定した結果が得られないことがある。また、機器の高度化により、本来の性能を発揮させることが困難との声も聞こえてくる。

そこで本シンポジウムでは、水環境、化学物質管理、公定法、要監視項目などをキーワードに、質量分析の活用事例と問題点・限界を紹介し、今後、質量分析を環境研究にどのように活用していくべきかを議論したい。

講演者：①「排水処理プロセス内微生物細胞間シグナル物質の探索」

飛野智宏（東京大学）講師

②「高分解能質量分析計を用いたメタボローム解析による生態毒性評価：適用例と課題」

柳原 未奈（東京大学）特任助教



③「環境省水質要調査項目調査へのスクリーニング分析導入の提案と課題」

栗栖 太（東京大学）准教授

④「未規制懸念物質の包括モニタリングにおける GC-MS AIQS-DB の活用事例」

亀屋隆志（横浜国立大学）教授

⑤「水道水質検査における質量分析の活用」

小林憲弘（国立医薬品食品衛生研究所）室長

⑥「高分解能質量分析を用いた未知物質の構造推定における問題点と限界」

高梨啓和（鹿児島大学）准教授

総合討論

司 会：高梨啓和（鹿児島大学）准教授

**シンポジウム-5** 9月13日（金） B会場（IB013） 14:00 ～ 16:30

**「気候政策に取り組む自治体ネットワークの動向と課題」**

プロジェクト名：科研費基盤C(17K00705)

「気候保護政策に取り組む自治体ネットワークの日欧比較」

オーガナイザー 増原直樹（総合地球環境学研究所）上級研究員

杉山範子（名古屋大学）特任准教授

趣旨説明： 近年、パリ協定等の気候変動に関する国際交渉において、自治体などの都市、事業者、NPOを中心とするノン・ステート・アクター（国以外の主体）の活動へ注目が高まっている。他方、国内においてはSDGs未来都市が選定される等、地域レベルの取組みが世界に影響を与えることが認識されつつある。このような状況下で、日本国内の環境・気候保護政策に取り組む自治体ネットワークは参加自治体数の観点からは低迷しているように見えるが、その内実はどうになっているのか。世界首長誓約（日本）、環境自治体会議、環境首都創造ネットワーク、イクレイ日本等と、それらに参加する会員自治体をケーススタディと比較分析の両面からとりあげ、自治体ネットワークの最新動向と課題を検討する。

講演者：①「イントロ：気候政策に取り組む自治体ネットワークの動向と課題」

増原直樹（総合地球環境学研究所）上級研究員

②「環境自治体会議27年の歩みと新たなステージへの挑戦」

小澤はる奈（環境自治体会議）事務局長

③「環境自治体会議と環境首都創造ネットワークへの参加と自治体間交流」

日比野至（岐阜県多治見市）環境課課長

④「地域から取り組む気候変動対策と自治体ネットワークへの参加」

塩谷 誠（愛知県豊田市）環境部環境政策課課長

⑤「地域気候政策の新たな展開『世界気候エネルギー首長誓約』とその課題」

杉山範子（名古屋大学）特任准教授

総合討論（モデレーター：増原直樹）

司 会：杉山範子

## 【2日目】

シンポジウム-6 9月14日(土) A会場(IB015) 9:30 ~ 12:00

### 「より迅速・簡便な水質検査法の開発」

プロジェクト名：平成31年度厚生労働科学研究費補助金

「化学物質等の検出状況を踏まえた水道水質管理のための総合研究」

オーガナイザー 小林憲弘(国立医薬品食品衛生研究所) 室長

吉田 仁((地独)大阪健康安全基盤研究所) 主任研究員

挨拶：五十嵐良明(国立医薬品食品衛生研究所) 部長

趣旨説明：水道水の安心・安全を確保するためには水質検査が不可欠であるが、その標準検査法である告示法や通知法は、前処理や測定方法が煩雑で、検査に時間を要するものが多い。日本では、人口減による水需要の減少等により、水質管理の人員および予算が削減される状況が続いている。また、年々増加傾向にある突発的な水質汚染事故に対応するためには、より迅速・簡便な水質検査方法が必要である。本シンポジウムでは、水道水および水道原水中の化学物質を効率よく測定するために開発している分析手法とその適用事例について4演題紹介する。さらに総合討論では、これらの分析手法を活用した「未来の水質検査のあり方」について議論する。

講演者：① 論文賞受賞記念講演：

「水道水中のグルホシネート・グリホサート・AMPAのLC/MS/MS一斉分析法の妥当性評価」

小林憲弘(国立医薬品食品衛生研究所) 室長

②「水道水における界面活性剤の固相抽出-LC/MS/MSによる一斉分析法の検討」

木下輝昭(東京都健康安全研究センター) 主任研究員

③「水道原水・浄水試料におけるGC/MSターゲットスクリーニング分析法の定量精度について」

高木総吉(大阪健康安全基盤研究所) 主任研究員

④「イブフェンカルバゾンの分析法に関する検討」

長谷川有紀(大阪健康安全基盤研究所) 研究員

総合討論

司会：小林憲弘(国立医薬品食品衛生研究所) 室長

シンポジウム-7 9月14日(土) B会場(IB014) 9:30 ~ 12:00

### 「パリ協定の気候・排出削減目標の達成に向けた世界・アジア・日本の気候政策の統合分析」

プロジェクト名：環境研究総合推進費 2-1702「パリ協定気候目標と持続可能開発目標の同時実

現に向けた気候政策の統合分析」/ 2-1908「アジアにおける温室効果ガス排出削減の深掘りとその支援による日本への裨益に関する研究」合同報告会

オーガナイザー 高橋 潔(国立環境研究所) 室長

増井利彦(国立環境研究所) 室長

挨拶：増井利彦(国立環境研究所) 室長

趣旨説明： 環境研究総合推進費課 2-1702 (H29-H31) では、パリ協定気候目標 2℃/1.5℃目標と持続可能開発目標 (SDGs) の同時実現に向けた気候政策の統合分析を、世界と日本の 2 つの空間スケールで取り組んできた。一方で、推進費課題 2-1908 (H31-H33) では、日本の技術の貢献可能性、アジアでの支援活動の日本への裨益といった観点に特に注目しつつ、タイ・インドネシア等のアジアの国々を対象に、排出削減目標 (NDC) の深掘りと経済発展の同時達成に向けた気候政策の分析を実施する。本シンポジウムでは、両研究課題ならびに公募講演の知見の交換を通じて、実効性のある気候政策の提案に向けた、世界・アジア・日本のマルチスケールでの分析のあり方について検討する。

講演者：①「世界規模の低炭素政策と持続開発目標」

長谷川知子（立命館大学）准教授

②「アジア主要国における排出構造と削減目標に関する分析」

平山 智樹（みずほ情報総研）コンサルタント

③「アジア主要国を対象とした経済モデルの開発とそれを用いた低炭素シナリオの定量化：インドネシアを例に」

増井 利彦（国立環境研究所）室長

④「アジア域の CCUS 法政策と炭素循環システムの社会実装に関する研究」

小松 英司（明治大学）専門研究員

⑤「パリ協定気候目標を踏まえた日本の長期排出経路に関する分析」

大城 賢（京都大学）助教

総合討論

司 会：高橋 潔（国立環境研究所）室長

**シンポジウム-8** 9月14日（土） C会場（IB013） 9：30 ～ 12：00

**学術賞受賞記念シンポジウム**

**「超学際的アプローチによる統合型将来シナリオ手法の開発」**

プロジェクト名：総合地球環境学研究所コア FS

「超学際的アプローチによる統合型将来シナリオ手法の開発」

オーガナイザー 馬場健司（東京都市大学）教授

増原直樹（総合地球環境学研究所）上級研究員

挨拶：馬場健司（東京都市大学）教授

趣旨説明：科学的に未解決な不確実性の高い課題に起因して発生する地球環境・地域環境問題については、ステークホルダー間で生じるフレーミングギャップを超えて合意を形成し、政策を具現化していくことが求められる。その解決手法の 1 つとして、科学的知見を叙述的なシナリオとして翻訳し、ステークホルダーや一般市民にも分かりやすい形で、地域社会の将来像を提示するシナリオの構築が各地で試みられている。本シンポジウムでは、気候変動、エネルギー、生物多様性の分野において世界や日本全体での定量的な長期シナリオと、これをダウンスケーリングしたデータをベースとしつつ超学際アプローチにより専門知や現場知を統合したロ

一カルなシナリオの双方について共有し、分野間での相違点や共通点、今後の展望について議論を行う。

講演者：①「気候変動予測とそのダウンスケーリング」

石川洋一（海洋研究開発機構）プログラム長

②「気候変動を入口とした長良川流域の地域適応シナリオ」

馬場健司（東京都市大学）教授

③「エネルギー政策における長期シナリオ」

永井雄宇（電力中央研究所）主任研究員

④「別府市におけるエネルギー・水ネクサスシナリオ」

増原直樹（総合地球環境学研究所）上級研究員

⑤「IPBES をはじめとする生物多様性分野における将来シナリオ」

齊藤修（国際連合大学）学術研究官

総合討論

コメンテーター：松井孝典（大阪大学）助教・谷口真人（総合地球環境学研究所）副所長

司 会：馬場健司・増原直樹

**シンポジウム－9** 9月14日（土） A会場（IB015） 13：30 ～ 16：00

### 「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取り組み」

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

片谷教孝（桜美林大学）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）は法制化から20年目を迎える。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 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」の研究内容について各サブテーマから紹介するとともに、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「PRTR データを活用した物質フロー・排出インベントリの把握手法の開発」

小口正弘（国立環境研究所）主任研究員

②「下水道における PRTR 対象物質の排出量推定手法の高度化」

鈴木裕識（土木研究所）研究員

③「PRTR 制度における排出源管理及び環境改善把握の支援ツールの開発  
～簡易に使える実践的なツールに何が求められるか？～」

亀屋隆志（横浜国立大学）教授

④-1「事業者の自主管理を支援するための実践的ツールの開発」

片谷教孝（桜美林大学）教授

④-2「川崎市の化学物質対策と事業者の自主管理支援について」

金井正和（川崎市環境総合研究所）

喜内博子（同上）環境リスク調査課長

時岡泰孝（同上）

重水洋平（同上）

⑤「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」

星 純也（東京都環境公社）副参事研究員

総合討論（研究代表者・分担者・協力者、会場参加者）

司 会：片谷教孝（桜美林大学）教授

**シンポジウムー10** 9月14日（土） B会場（IB014） 13：30 ～ 16：00

**「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」**

プロジェクト名：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」

オーガナイザー 松橋 啓介（国立環境研究所）室長

高橋 潔（国立環境研究所）室長

挨拶：松橋啓介（国立環境研究所）室長

趣旨説明：日本の気候変動影響評価と緩和・適応策の分析をより効果的に行うとともに国際的な貢献を促進することを目指して、日本全体および都道府県における気候変動影響・適応策・緩和策評価に利用可能な社会経済シナリオを構築しています。世界の SSP（共通社会経済パス）を参考に、日本独自の将来見通しを考慮し、都道府県レベルの影響評価や緩和・適応策検討の観点を反映した叙述シナリオと、日本の人口や GDP 等の定量化情報を作成しました。引き続き、都道府県単位およびグリッド単位の定量化情報を計算するにあたって、都道府県等における影響・適応評価の現況と展望について意見交換を行います。

講演者：①「日本の叙述シナリオの構築」

陳 鶴（国立環境研究所）特別研究員

②「日本版 SSPs における人口と地域別動向」

松橋 啓介（国立環境研究所）室長

③「日本版 SSPs 定量化に関するニーズ把握ならびにデータベース構築」

高橋 潔（国立環境研究所）室長・越智 雄輝（E-konzal）研究員

④「Development of land use scenarios for Japan based on downscaling of the global SSP land use scenarios」

WU Wenchao（国立環境研究所）特別研究員

⑤「社会経済シナリオに基づく地域気候リスクの経済評価：埼玉県を事例として」

本城 慶多（埼玉県環境科学国際センター）主任

⑥「埼玉県における適応策の取り組み」

原 政之（埼玉県環境科学国際センター） 主任

総合討論

司 会：高橋潔（国立環境研究所） 室長

## 2019 年度表彰報告

### 表 彰 委 員 会

2019 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、2019 年 9 月 13 日（金）～14 日（土）に名古屋大学 東山キャンパスで開催される環境科学会 2019 年会でご講演いただき、表彰式で表彰します。

#### 学会賞

該当者なし

#### 学術賞（2 名）

高梨啓和（鹿児島大学 准教授）

表彰課題：農薬およびその分解物の環境安全性評価・管理に関する研究

馬場健司（東京都市大学 教授）

表彰課題：環境政策の形成に資する合意形成・社会実装化手法に関する研究

#### 奨励賞（2 名）

岩見 麻子（法政大学 特任研究員）

表彰課題：環境政策・地域社会における意思決定過程の可視化に関する研究

徳村 雅弘（静岡県立大学 助教）

表彰課題：リスク評価に基づいた環境汚染物質のリスク低減手法に関する研究

#### 論文賞（2 編）

小林 憲弘\*, 木下 輝昭\*\*, 鈴木 俊也\*\*, 高木 総吉\*\*\*, 吉田 仁\*\*\*,  
望月 映希\*\*\*\*, 岩間 紀知\*\*\*\*\*, 古川 浩司\*\*\*\*\*, 久保田 領志\*, 五十嵐 良明\*

（\*国立医薬品食品衛生研究所, \*\*東京都健康安全研究センター, \*\*\*大阪健康安全基盤研究所,  
\*\*\*\*山梨衛生環境研究所, \*\*\*\*\*岐阜県公衆衛生検査センター, \*\*\*\*\*三重県環境保全事業団）

対象論文：水道水中のグルホシネート・グリホサート・AMPA の LC/MS/MS 一斉分析法の妥当性評価  
環境科学会誌, 29 巻 3 号, p. 137-148 (2016)

碓井 健寛\*, 田崎 智宏\*\*

（\*創価大学, \*\*国立環境研究所）

対象論文：小売業者のリデュース取組はすすんだのか？  
環境科学会誌, 29 巻 4 号, p. 191-200 (2016)

#### [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 2019 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 2018 年 12 月 21 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、2019 年 1 月 28 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13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、2020年度表彰については、受賞候補者の推薦を2019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。

#### [2019年度表彰委員会]

委員長	藤江幸一	横浜国立大学大学院 客員教授
理事	大塚 直	早稲田大学 教授
	田崎智宏	国立環境研究所 室長
幹事	小林憲弘	国立医薬品食品衛生研究所 室長
	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
	岸本充生	大阪大学 教授
	大門裕之	豊橋技術科学大学 教授
	橘 隆一	東京農業大学 准教授
	田畑智博	神戸大学 准教授
	中井里史	横浜国立大学 教授

#### [2019年度の各賞受賞者]

##### 学術賞

受賞者氏名：高梨 啓和（たかなし ひろかず）

表彰課題：農薬およびその分解物の環境安全性評価・管理に関する研究

所属・職：鹿児島大学・准教授

専門分野：環境リスク制御・評価、環境技術・環境負荷低減、環境保全、環境技術・環境材料

略歴：1991年 横浜国立大学工学部物質工学科 卒業

1993年 横浜国立大学工学研究科物質工学専攻 修了

1995年 大分大学工学部 助手

2000年 博士（工学）取得（東京大学）

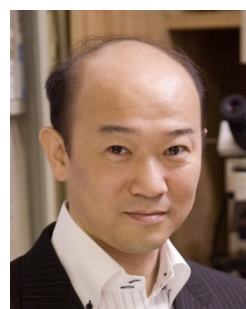
2001年 鹿児島大学工学部 助教授

2007年 鹿児島大学 理工学域工学系 理工学研究科（工学系）准教授

表彰理由：

高梨啓和氏は長年にわたり、環境中に排出される農薬やその分解物の安全性評価や管理方法に関する研究を実施してきた。特に、塩素処理における変異原性物質生成能の動態解析や、精密質量分析を活用した農薬からの環境中分解生成物および未知の環境汚染物質の新たな同定を行うなど、農薬類の環境安全性評価・管理に関する研究において多くの研究成果を得ている。また、精密質量分析計を用いた未知物質の分子式推定などの成果は、環境科学分野に留まらず、関連分野の学術的発展に大きく貢献している。

高梨氏は、これらの多くの先導的研究の成果を環境科学会誌をはじめ国内外の学術雑誌に論文として発表するだけでなく、化学物質の環境安全管理に関する企画シンポジウムなどを通じて専門的な知見の社会への還



高梨 啓和

（たかなし ひろかず）



元・普及に努めてきている。

このような高梨啓和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) Sawai, A., Okamura, T., Miyamoto, N., Kameya, T., Shinfuku, Y., Nakajima, T. and Takanashi, H., A demonstration of mass-spectrometric exploration of organic ecotoxicants from simulated sewage-treatment-plant effluents, *Journal of Water Environment Technology*, in press.
- (2) Takanashi, H., Abiru, K., Hama, T., Shinfuku, Y., Nakajima, T., Ohki, A., Ueda, T., Kondo, T., Matsushita, T. and Kameya, T., Identification of a mutagenic chlorination by-product produced from (*E*)-1,3-dichloropropene (a component of nematocide DD) by using high resolution LC/MS and multivariate analysis, *Water Research*, 146, 187-196, 2018.
- (3) Matsushita, T., Morimoto, A., Kuriyama, T., Matsumoto, E., Matsui, Y., Shirasaki, N., Kondo, T., Takanashi, H. and Kameya, T., Removals of pesticides and pesticide transformation products during drinking water treatment processes and their impact on mutagen formation potential after chlorination, *Water Research*, 68, 67-76, 2018.
- (4) Matsushita, T., Honda, S., Kuriyama, T., Fujita, Y., Kondo, T., Matsui, Y., Shirasaki, N., Takanashi, H. and Kameya, T., Identification of mutagenic transformation products generated during oxidation of 3-methyl-4-nitrophenol solutions by Orbitrap tandem mass spectrometry and quantitative structure-activity relationship analyses, *Water Research*, 129, 347-356, 2018.
- (5) 澤井 淳, 高梨啓和, 排水等の毒性削減・毒性同定手法と下水道への適用の試み, *水環境学会誌*, 41A, 320-323, 2018.
- (6) Furuzono, T., Nakajima, T., Fujishima, H., Takanashi, H. and Ohki, A., Behavior of selenium in the flue gas of pulverized coal combustion system: Influence of kind of coal and combustion conditions, *Fuel Processing Technology*, 167, 388-394, 2017.
- (7) 上田岳彦, 高梨啓和, 衝突断面積の計算化学-イオンモビリティ推定法の歴史と展望-, *質量分析学会誌*, 65(6), 288-296, 2017.
- (8) 高梨啓和, 浜 知広, 中島常憲, 大木 章, 上田岳彦, 松下 拓, 近藤貴志, 亀屋隆志, 農薬およびその環境変化体の変異原性物質生成能における定量的構造活性相関解析, *環境科学会誌*, 29, 229-237, 2016.
- (9) 高梨啓和, 上田岳彦, 精密質量分析計を用いた未知物質の分子式推定, *水環境学会誌*, 39, 360-364, 2016.
- (10) Ohki, A., Nakajima, T., Hayashi, K., Taniguchi, H., Haraguchi, K. and Takanashi, H., Levels of Hg and other chemical elements in volcanic ash fall samples erupted from Mt. Sakurajima, Japan, *Toxicological & Environmental Chemistry*, 98(7), 778-786, 2016.
- (11) Ohki, A., Nakajima, T., Hirakawa, S., Hayashi, K. and Takanashi, H., A simple method of the recovery of selenium from food samples for the determination by ICP-MS, *Microchemical Journal*, 124, 693-698, 2016.
- (12) 高梨啓和, 浜崎賢太, 加藤雄介, 中島常憲, 大木 章, 近藤貴志, 亀屋隆志, 松下 拓, 水環境中で生成する農薬変化体の文献研究, *水環境学会誌*, 36(2), 29-38, 2013.
- (13) 高梨ルミ, 浦野紘平, 亀屋隆志, 高梨啓和, 自動車製造業からの化学物質の排出・移動量およびそれらの発がん物質換算排出量の日米比較, *環境科学会誌*, 24, 159-168, 2011.
- (14) 高梨啓和, 大林慶一, 寺岡行雄, 甲斐敬美, 近藤弘章, 中島常憲, 大木 章, 森林情報を用いた木質ペレット販売原価算出方法の検討, *環境科学会誌*, 24, 180-188, 2011.
- (15) 高梨啓和, 大林慶一, 寺岡行雄, 甲斐敬美, 近藤弘章, 中島常憲, 大木 章, 森林情報を用いた木質ペレット販売原価の試算, *環境科学会誌*, 24, 189-197, 2011.
- (16) 高梨啓和, 大林慶一, 佐潟輝洋, 寺岡行雄, 甲斐敬美, 筒井俊雄, 中島常憲, 大木 章, 木質ペレットの製造に関する原単位および推算式の検討, *環境科学会誌*, 22, 241-246, 2009.

- (17) 松本安生, 高梨啓和, 上村芳三, 甲斐敬美, 燃料電池の社会的受容を規定する心理的要因に関する研究, 環境科学会誌, 15, 435-449, 2008.
- (18) 中島常憲, 福山秀人, 光永弘幸, 高梨啓和, 前田 滋, 大木 章, 環境試料中のアンチモンを測定するための分析法の検討, 環境科学会誌, 15, 399-406, 2002.
- (19) 羽野 忠, 平田 誠, 高梨啓和, 中村和憲, 醤油製造プロセスにおける物質フローの解析と醤油粕の乾留資源化, 環境科学会誌, 14, 325-331, 2001.

など多数

受賞者氏名：馬場 健司（ばば けんし）

表彰課題：環境政策の形成に資する合意形成・社会実装化手法に関する研究

所属・職：東京都市大学環境学部・教授

専門分野：環境影響評価・環境政策, 土木環境システム, 社会システム工学・安全システム

略 歴：1989 年 筑波大学 社会工学類都市計画主専攻 卒業  
 1991 年 筑波大学大学院 環境科学研究科 修士課程 修了  
 1991 年 電力中央研究所 経済研究所 研究員  
 2008 年 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 博士後期課程 修了  
 2011 年 電力中央研究所 社会経済研究所 上席研究員  
 2012 年 東京大学公共政策大学院 客員研究員（兼務）,  
 法政大学 客員研究員（兼務）  
 2013 年 総合地球環境学研究所 共同研究員（兼務）  
 2016 年 東京都市大学 環境学部 教授（現職）, 法政大学 客員教授（兼務）  
 2019 年 総合地球環境学研究所 客員教授（兼務）



馬場 健司  
（ばば けんし）

表彰理由：

馬場健司氏は、環境政策の複数の領域において、政策の波及・形成過程に関する研究および関係主体の意識と態度行動の変容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、深刻化する気候変動リスクに着目し、気候変動の緩和策とともにその影響を回避し低減する適応策の重要性が高まっている現状を踏まえて、自治体による適応策の施策形成過程や温暖化計画書制度の波及プロセス、適応策の社会実装化手法等に関する研究において優れた研究成果を上げており、加えて気候変動影響リスク認知と市民意識及び態度変容のプロセスに関する研究分野などにおいても、この分野をリードする数多くの成果を公表している。具体的には、市民へのアンケート調査、専門家やステークホルダーへのインタビュー調査などを行い、環境政策や地域社会問題におけるステークホルダーの関心事項の可視化に関する研究を実施してきた。また、これらの知見をもとに利害関係の状況分析を行うことで、今後起こり得る利害対立を未然に回避する方策などを提案している。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、合意形成論や政策過程論に関する分野の学術的発展に大きく貢献してきた。

このような馬場健司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) 馬場健司, 吉川真珠美, 大塚隆志, 五十部有紀, 田中充, 気候変動適応策の社会実装化への試みとしてのロールプレイシミュレーション—米国ニューイングランド地方での事例からの示唆—, 環境科学会誌, 31(2), 80-88 (2018)
- (2) 岩見麻子, 木村道德, 松井孝典, 馬場健司, 発言頻度と議論内容に着目したオンライン熟議プロセスの考察, 環境科学会誌, 30(6), 388-400 (2017)
- (3) 小杉素子, 岩見麻子, 馬場健司, 農業分野の気候変動適応策に関するオンライン熟議と態度変化, 環境科学会誌, 30(6), 373-38 (2017)

- (4) 木村道徳, 増原直樹, 馬場健司, 大分県別府市の小規模地熱発電ステークホルダーの共通認識に着目した潜在的な社会ネットワークの可視化, 環境科学会誌, 30(5), 325-335 (2017)
- (5) 小杉素子, 馬場健司, 田中充, 災害に対する地域社会のレジリエンス性評価-質問紙調査データを用いた8地域の比較-, 環境科学会誌, 30(3), 225-237 (2017)
- (6) 川久保俊, 田中充, 馬場健司, 公開統計情報に基づく日本の大都市のレジリエンス性評価, 環境科学会誌, 30(3), 215-224 (2017)
- (7) 増原直樹, 馬場健司, 地下水問題に対する行政関係者と住民の意識調査, 環境科学会誌, 29(6), 315-324 (2016)
- (8) 馬場健司, 高津宏明, 鬼頭未沙子, 河合裕子, 則武透子, 増原直樹, 木村道徳, 田中充, 地熱資源をめぐる発電と温泉利用の共生に向けたステークホルダー分析, 環境科学会誌, 28(4), 316-329 (2015)
- (9) 馬場健司, 松浦正浩, 谷口真人, 科学と社会の共創に向けたステークホルダー分析の可能性と課題, 環境科学会誌, 28(4), 304-315 (2015)
- (10) 市橋新, 馬場健司, 自治体における気候変動適応策の施策化過程に関する課題と解決策, 環境科学会誌, 28(1), 27-36 (2015)
- (11) 白井信雄, 馬場健司, 日本の地方自治体における適応策実装の状況と課題, 環境科学会誌, 27(5), 324-334 (2014)
- (12) 白井信雄, 馬場健司, 田中充, 気候変動の影響実感と緩和・適応に係る意識・行動の関係, 環境科学会誌, 27(3), 127-141 (2014)
- (13) 馬場健司, 田頭直人, 金振, 産業・業務部門における低炭素政策波及の可能性と促進・阻害要因, 環境科学会誌, 25(2), 73-86 (2012)
- (14) 馬場健司, 工藤泰子, 渡邊茂, 永田裕, 田中博春, 田中充, 地方自治体における気候変動適応技術へのニーズの分析と気候変動リスクアセスメント手法の開発, 土木学会論文集 G(環境), 74(5), I\_405-I\_416 (2018)
- (15) 岩見麻子, 木村道徳, 松井孝典, 馬場健司, 地方自治体の適応策立案における行政ニーズと課題の抽出—行政職員と専門家とのコデザインワークショップの実践を通して—, 土木学会論文集 G(環境), 74(5), II\_93-II\_101 (2018)
- (16) 小杉素子, 馬場健司, 田中充, 気候変動リスクに対する日本人の態度-対象者の明確化と情報提供の課題-, 土木学会論文集 G(環境), 74(5), I\_41-I\_52 (2018)
- (17) Kenshi Baba, Masahiro Matsuura, Taiko Kudo, Shigeru Watanabe, Shun Kawakubo, Akiko Chujo, Hiroharu Tanaka, and Mitsuru Tanaka, Climate Change Adaptation Strategies of Local Governments in Japan, Oxford Research Encyclopedia of Climate Science, Sep. 1-27 (2017)
- (18) 馬場健司, 白井浩介, 田中充, レジリエントシティの具現化に向けた施策をめぐる一般市民の認知構造, 土木学会論文集 G(環境), 73(5), I\_211-I\_221 (2017)
- (19) 馬場健司, 高津宏明, オンライン熟議実験を用いた地熱発電と温泉利用の資源間トレードオフを巡るステークホルダーの態度変容分析, 社会技術研究論文集, 14, 58-72 (2017)
- (20) 馬場健司, 土井美奈子, 田中充, 気候変動適応策の実装化を目指した叙事的シナリオの開発-農業分野におけるコミュニティ主導型ボトムアップアプローチと専門家デルファイ調査によるトップダウンアプローチの統合-, 地球環境, 21(2), 113-128 (2016)
- (21) Naoki Masuhara, Kenshi Baba, Akihiro Tokai, Clarifying relationships between participatory approaches, issues, processes, and results, through crosscutting case analysis in Japan's environmental, energy, and food policy area, Environment Systems and Decisions, 36, 421-437 (2016)
- (22) Masahiro Matsuura, Kenshi Baba, Consensus Building for Long - term Sustainability in the Non - North American Context: Reflecting on a Stakeholder Process in Japan, Negotiation and Conflict Management Research, 9, 256-268 (2016)

- (23) Yasuaki Hijioka, Saneyuki Takano, Kazutaka Oka, Minoru Yoshikawa, Arata Ichihashi, Kenshi Baba, Sawako Ishiwatari, Potential of existing policies of the Tokyo Metropolitan Government for implementing adaptation to climate change, *Regional Environmental Change*, 16(4), 967-978 (2016)
- (24) Kenshi Baba and Mitsuru Tanaka, Challenges of implementing climate change adaptation policy for disaster risk reduction - implications from framing gap among stakeholders and the general public -, *Journal of Disaster Research*, 10(3), 404-419 (2015)
- (25) 馬場健司, 田中充, レジリエントシティの概念構築と評価指標の提案, *都市計画論文集*, 50(1), 46-53 (2015)

など多数

#### 【書籍】

- (1) Mitsuru Tanaka and Kenshi Baba eds, *Resilient Policies in Asian Cities: Adaptation to Climate Change and Natural Disaster*, Springer, 208 pp. (2019 in Press)
- (2) 馬場健司, 増原直樹, 遠藤愛子編著, 地熱資源をめぐる水・エネルギー・食料ネクサス学際・超学際的アプローチに向けてー, 近代科学社, 308 pp. (2018)
- (3) Kenshi Baba, Michinori Kimura, Naoki Masuhara, Scenario-based Approach to Local Water-energy-food Nexus Issues with Experts and Stakeholders, in Endo, Aiko, and Oh, Tomohiro eds, *The Water-Energy-Food Nexus Human-Environmental Security in the Asia-Pacific Ring of Fire*, Springer, 321-333 (2018)
- (4) Michinori Kimura, Naoki Masuhara and Kenshi Baba, Making Social Networks Visible: Shared Awareness Among Stakeholders on Groundwater Resources, in Endo, Aiko, and Oh, Tomohiro eds, *The Water-Energy-Food Nexus Human-Environmental Security in the Asia-Pacific Ring of Fire*, Springer, 273-286 (2018)
- (5) 馬場健司, 市民参加と合意形成のプロセス, 諏訪重紀・柴田裕希・村山武彦編著, コミュニティと共生する地熱利用: エネルギー自治のためのプランニングと合意形成, 学芸出版社, 166-177 (2018)
- (6) 馬場健司, 気候変動とエネルギーの選択, 佐藤真久, 田代直幸, 蟹江憲史編著, *SDGs と環境教育*, 学文社, 208-229 (2017)
- (7) 馬場健司, 高津宏明, オンライン熟議実験を用いたファシリテーターの機能の比較検討ー再生可能エネルギー資源の利用を巡る社会的意思決定問題の例, 村田和代編, 市民参加の話し合いを考える, ひつじ書房, 177-198 (2017)
- (8) 池田駿介, 小松利光, 馬場健司, 望月常好編著, 気候変動下の水・土砂災害適応策ー社会実装に向けてー, 近代科学社, 291pp. (2016)
- (9) 田中充, 白井信雄, 馬場健司編著, ゼロから始める 暮らしに生かす再生可能エネルギー入門, 家の光出版, 191 pp. (2014)
- (10) 馬場健司, 自治体低炭素施策の政策波及過程, 田中充編著, 地域からはじまる エネルギー政策の実践, ぎょうせい, 143-162 (2014)
- (11) Masahiro Matsuura, Boyd Fuller, Sanda Kaufman, Dong-Young Kim and Kenshi Baba, Beyond “Negotiation 2.0”: Teaching Negotiation in the Multi-Stakeholder, Multi-Level, and Multi-Processes World of Public Policy, in Christopher Honeyman, James Coben, and Andrew Wei-Min Lee eds, *Educating Negotiators for a Connected World*, DRI Press, 217-245 (2013)

など多数

## 奨励賞

受賞者氏名：岩見 麻子（いわみ あさこ）

表彰課題：環境政策・地域社会における意思決定過程の可視化に関する研究

所属・職：法政大学地域研究センター・特任研究員

専門分野：環境政策・環境社会システム学

略歴：2010年 滋賀県立大学 環境科学部 環境計画学科 環境社会計画専攻 卒業

2012年 滋賀県立大学大学院 環境科学研究科 環境計画学専攻  
博士前期課程修了

2014年 滋賀県立大学大学院 環境科学研究科 環境計画学専攻  
博士後期課程修了

2015年 愛知工業大学 地域防災研究センター ポストドクトラル研究員

2016年 法政大学地域研究センター 特任研究員（現職）



岩見 麻子

（いわみ あさこ）

表彰理由：

岩見麻子氏は公共事業計画策定過程の審議会や委員会などにおいて議論された内容に関する情報公開の支援や、多様なステークホルダー間における利害関心共有の支援を目指し、テキストマイニングを活用した研究を行っている。近年は気候変動適応策に関連して、オンライン熟議実験における学習と参加者間の相互作用について効果を検証したり、自治体職員と専門家によるコデザインワークショップでの両者のフレーミングの相違や自治体職員が抱える課題・ニーズを把握したりするなど、協働に基づいたコデザインベースな適応策の検討や立案に資する研究に取り組んでいる。また、地域のステークホルダーに対するヒアリング調査から彼らが持つ問題意識や関心事項を抽出・可視化した成果は、ステークホルダーで望ましい将来社会像を議論する際の出発点としても活用された。加えて、地域資源を題材としたワークショップから地域住民が地域資源の価値をどのように捉えているかローカル知を把握・可視化し、地域住民による地域資源の活用と未来への継承を目指した取り組みの検討や活動の活性化につながる研究にも取り組んでいる。これらの研究に関連して、2017年に本学会年会において優秀発表賞（富士電機賞）を受賞するなど、研究的・社会的に大きな業績を上げている。

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) 岩見麻子，木村道徳，熊澤輝一，地域資源の価値に対する住民の認識の把握とワークショップの効果の考察 —滋賀県高島市朽木地域の「へしこ」を対象として—，環境科学会誌，31(5)，197-206 (2018)
- (2) 岩見麻子，木村道徳，松井孝典，馬場健司，発言頻度と議論内容に着目したオンライン熟議プロセスの考察，環境科学会誌，30(6)，388-400 (2017)
- (3) 小杉素子，岩見麻子，馬場健司，農業分野の気候変動適応策に関するオンライン熟議と態度変化，環境科学会誌，30(6)，373-387 (2017)

### 【研究論文等】

- (1) 岩見麻子，木村道徳，松井孝典，馬場健司：気候変動適応策の立案において地方自治体が抱える課題とニーズの把握 —コデザインワークショップの実践を通して—，土木学会論文集 G（環境），74(6)，II\_93-II\_101 (2018)
- (2) 岩見麻子，木村道徳，松井孝典，馬場健司，地方自治体における気候変動適応策の関連部局の認識の可視化，環境情報科学論文集，32，275-280 (2018)
- (3) 岩見麻子，木村道徳，松井孝典，馬場健司，気候変動適応策に関する技術シーズと行政ニーズのギャップの可視化，環境システム研究論文発表会講演集，45，287-292 (2017)
- (4) 岩見麻子，馬場健司，岐阜県長良川流域の社会・気候変動をめぐるステークホルダーの関心事項の可視化の試み，環境情報科学論文集，31，29-34 (2017)
- (5) Asako IWAMI, Michinori KIMURA and Terukazu KUMAZAWA: Local Residents' Awareness of the Value of Regional Resources -A Case Study of Traditional Food "Heshiko" of Kutsuki District, Shiga Prefecture -, 10th



International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Proceedings of EcoDesign 2017 International Symposium, B3-2 (2017)

- (6) 小池則満, 森田匡俊, 服部亜由未, 岩見麻子, 倉橋奨: 海上津波避難マップ作成を通じた漁船の避難方法に関する実践研究～三重県南伊勢町を事例として～, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 73(5), I\_45-I\_55 (2017)
- (7) 岩見麻子, 住民の防災意識の把握と可視化 ―愛知県名古屋南区星崎地区を事例として―, 土木学会論文集 G (環境), 72(6), II\_325-II\_331 (2016)
- (8) 岩見麻子, 木村道徳, 松井孝典, 馬場健司, 気候変動適応策に関するオンライン熟議におけるトピック間の関係性の可視化, 環境情報科学論文集, 30, 311-316 (2016)
- (9) 岩見麻子, 木村道徳, 井手慎司, 大規模パブリックコメントの主題に対する態度の把握に関する基礎的研究, 環境情報科学論文集, 29, 315-320 (2015)
- (10) 木村道徳, 熊澤輝一, 岩見麻子, 松井孝典: 地域森林資源活用団体の活動内容と意識の構造的把握 ―滋賀県高島市の森林資源活用事例を対象に, 環境情報科学学術研究論文集, 29, 55-60 (2015)
- (11) 岩見麻子, 宮下知己, 井手慎司, 大規模パブリックコメントの論点把握に対するテキストマイニングの有用性の検討, 土木学会論文集 G (環境), 71(6), II\_13-II\_21 (2015)
- (12) 岩見麻子, 大野智彦, 木村道徳, 井手慎司, 公共事業計画策定過程の議事録分析による意見の協調・対立関係把握のための分析手法の開発, 土木学会論文集 G (環境), 70(6), II\_249-II\_256 (2014)
- (13) 田代尚義, 岩見麻子, 井手慎司, 水道料金格差の是正方法に関する研究, EICA, 18(2/3), 6-13 (2013)
- (14) 岩見麻子, 佐藤寿樹, 木村道徳, 井手慎司, 特定地域を対象とした研究論文からテーマを介した分野間の関連性を把握するための手法の開発, 環境情報科学論文集, 27, 115-120 (2013)
- (15) 岩見麻子, 大野智彦, 木村道徳, 井手慎司, 公共事業計画策定過程の議事録分析によるサブテーマの把握とサブテーマを介した委員間の関係性の可視化に関する研究, 土木学会論文集 G (環境), 69(6), II\_71-II\_78 (2013)
- (16) 岩見麻子, 大野智彦, 木村道徳, 井手慎司, 公共事業計画策定過程の議事録に対するテキストマイニングによる議論内容の把握に関する基礎的研究, 土木学会論文集 G (環境), 68(6), II\_411-II\_418 (2012)
- (17) 岩見麻子, 大野智彦, 木村道徳, 井手慎司, 公共事業計画策定過程の議事録分析のための変動係数を用いた対象語選定手法の開発, 環境情報科学論文集, 25, 55-60 (2011)

など多数

受賞者氏名: 徳村 雅弘 (とくむら まさひろ)

表彰課題: リスク評価に基づいた環境汚染物質のリスク低減手法に関する研究

所属・職: 静岡県立大学食品栄養科学部・助教

専門分野: 環境工学, リスク評価学

略歴: 2010 年 東洋大学 大学院工学研究科 バイオ・応用化学専攻 博士課程  
後期 修了

2010 年 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 環境システム学専攻  
特任研究員

2012 年 横浜国立大学 大学院環境情報学府 日本学術振興会 特別研究員  
PD

2016 年 静岡県立大学 食品栄養科学部 特任助教

2017 年 静岡県立大学 食品栄養科学部 助教 (現職)



徳村 雅弘

(とくむら まさひろ)

表彰理由:

徳村雅弘氏は、室内製品中に含まれる化学物質の経皮曝露を含めた包括的リスク評価や、高効率な排水・排ガス処理技術の開発など、環境汚染物質のリスクを包括的に評価しながら、効率よくリスクが低減できる手法の開発に関する研究に取り組んでいる。定量的なリスク評価に基づいた対策技術は、費用対効果の観点から非常に有用であると考えられる。また、国内のみならず国際的にも精力的に学際的な共同研究を行っている。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、これらの研究に関連して、2016年に本学会「優秀研究企画賞（富士電機賞）」を受賞し、本学会年会でも最優秀および優秀発表賞（富士電機賞）を受賞するなど、環境科学の学術的発展に大きく貢献している。

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) 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 堀井 勇一, 養毛 康太郎, 野尻 喜好, 大塚 宜寿, 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, 336-345, 2017.
- (2) 徳村 雅弘, 達 晃一, 畑山 瑠莉香, 益永 茂樹, 車載ウィンドウウォッシャー液を利用した車室内用簡易空気清浄法の実現可能性に関するモデル研究, 環境科学会誌, 30, 171-183, 2017.
- (3) 徳村 雅弘, 山取 由樹, 畑山 瑠莉香, 根岸 洋一, 益永 茂樹, 車室内ダスト中の指標元素を利用した FE-EPMA による汚染物質のスクリーニングと起源解析, 環境科学会誌, 30, 34-43, 2017.

【研究論文等】

- (1) Masahiro Tokumura, Sayaka Ogo, Kazunari Kume, Kosuke Muramatsu, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Comparison of Rates of Direct and Indirect Migration of Phosphorus Flame Retardants from Flame-Retardant-Treated Polyester Curtains to Indoor Dust, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 169, 464-469, 2019.
- (2) Naohide Shinohara, Masahiro Tokumura, U Yanagi, Indoor fungal levels in temporary houses occupied following the Great East Japan Earthquake of 2011, *Building and Environment*, 129, 26-34, 2018.
- (3) Yuichi Miyake, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Takashi Amagai, Yasuhiro Takegawa, Yoko Yamagishi, Sayaka Ogo, Kazunari Kume, Takeshi Kobayashi, Shinji Takasu, Kumiko Ogawa, Kurunthachalam Kannan, Identification of Novel Phosphorus-Based Flame Retardants in Curtains Purchased in Japan Using Orbitrap Mass Spectrometry, *Environmental Science & Technology Letters*, 5, 448-455, 2018.
- (4) Yuichi Miyake, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Takashi Amagai, Yuichi Horii, Kurunthachalam Kannan, Mechanism of Formation of Chlorinated Pyrene during Combustion of Polyvinyl Chloride, *Environmental Science & Technology*, 51, 14100-14106, 2017.
- (5) Yuichi Miyake, Masahiro Tokumura, Hayato Nakayama, Qi Wang, Takashi Amagai, Sayaka Ogo, Kazunari Kume, Takeshi Kobayashi, Shinji Takasu, Kumiko Ogawa, Kurunthachalam Kannan, Simultaneous Determination of Brominated and Phosphorus Flame Retardants in Flame-Retarded Polyester Curtains, *Science of the Total Environment*, 601-602, 1333-1339, 2017.
- (6) Yuichi Miyake, Masahiro Tokumura, Yuta Iwazaki, Qi Wang, Takashi Amagai, Yuichi Horii, Hideyuki Otsuka, Noboru Tanikawa, Takeshi Kobayashi, Masahiro Oguchi, Determination of Hexavalent Chromium Concentration in Industrial Waste Incinerator Stack Gas by using a Modified Ion Chromatography with Post-column Derivatization Method, *Journal of Chromatography A*, 1502, 24-29, 2017.
- (7) Masahiro Tokumura, Asato Sugawara, Mohammad Raknuzzaman, Md. Habibullah-Al-Mamun, Shigeki Masunaga, Comprehensive Study on Effects of Water Matrices on Removal of Pharmaceuticals by Three Different Kinds of Advanced Oxidation Processes, *Chemosphere*, 159, 317-325, 2016.
- (8) Masahiro Tokumura, Mai Shibusawa, Yoshinori Kawase, Dynamic simulation of degradation of toluene in waste gas by the photo-Fenton reaction in a bubble column, *Chem. Eng. Sci.*, 100, 212-224, 2013.
- (9) Masahiro Tokumura, Risa Morito, Yoshinori Kawase, Photo-Fenton process for simultaneous colored wastewater treatment and electricity and hydrogen production, *Chem. Eng. J.*, 221, 81-89, 2013.
- (10) Masahiro Tokumura, Yuko Wada, Yuri Usami, Takako Yamaki, Atsushi Mizukoshi, Miyuki Noguchi, Yukio Yanagisawa, Method of removal of volatile organic compounds by using wet scrubber coupled with photo-Fenton reaction -Preventing emission of by-products-, *Chemosphere*, 89, 1238-1242, 2012.

- (11) Masahiro Tokumura, Risa Morito, Rurika Hatayama, Yoshinori Kawase, Iron redox cycling in hydroxyl radical generation during the photo-Fenton oxidative degradation: Dynamic change of hydroxyl radical concentration, *Appl. Catal. B: Environ.*, 106, 565-576, 2011.
- (12) Masahiro Tokumura, Takashi Katoh, Hiroki Ohata, Yoshinori Kawase, Dynamic Modeling and Simulation of Ozonation in a Semibatch Bubble Column Reactor: Decolorization and Mineralization of Azo Dye Orange II by Ozone, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 48, 7965-7975, 2009.
- (13) Masahiro Tokumura, Hisato Katoh, Takashi Katoh, Hussein T. Znad, Yoshinori Kawase, Solubilization of Excess Sludge in Activated Sludge Process using the Solar Photo-Fenton Reaction, *J. Hazard. Mater.*, 162, 1390-1396, 2009.
- (14) Masahiro Tokumura, Hussein T. Znad, Yoshinori Kawase, Decolorization of dark brown colored coffee effluent by solar photo-Fenton reaction: Effect of solar light dose on decolorization kinetics, *Water Res.*, 42, 4665-4673, 2008.
- (15) Masahiro Tokumura, Rina Nakajima, Hussin T. Znad, Yoshinori Kawase, Chemical Absorption Process for Degradation of VOC gas using Heterogeneous Gas-Liquid Photocatalytic Oxidation: Toluene Degradation by Photo-Fenton Reaction, *Chemosphere*, 73, 768-775, 2008.
- (16) Masahiro Tokumura, Mayumi Baba, Yoshinori Kawase, Dynamic modeling and simulation of absorption of carbon dioxide, *Chem. Eng. Sci.*, 62, 7305-7311, 2007.
- (17) Masahiro Tokumura, Mizuyo Sekine, Maki Yoshinari, Hussein T. Znad, Yoshinori Kawase, Photo-Fenton process for excess sludge disintegration, *Process Biochem.*, 42, 627-633, 2007.
- (18) Masahiro Tokumura, Ayano Ohta, Hussein T. Znad, Yoshinori Kawase, UV light assisted decolorization of dark brown colored coffee effluent by photo-Fenton reaction, *Water Res.*, 40, 3775-3784, 2006.
- (19) Masahiro Tokumura, Mayumi Baba, Hussein T. Znad, Yoshinori Kawase, Neutralization of the Acidified Seawater Effluent from the Flue Gas Desulfurization Process: Experimental Investigation, Dynamic Modeling, and Simulation, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 45, 6339-6348, 2006.
- (20) Masahiro Tokumura, Hussein T. Znad, Yoshinori Kawase, Modeling of an external light irradiation slurry photoreactor: UV light or sunlight-photo assisted Fenton discoloration of azo-dye Orange II with natural mineral tourmaline powder, *Chem. Eng. Sci.*, 61, 6361-6371, 2006.

など多数



## 論文賞

受賞者氏名：小林 憲弘<sup>\*</sup>、木下 輝昭<sup>\*\*</sup>、鈴木 俊也<sup>\*\*</sup>、高木 総吉<sup>\*\*\*</sup>、吉田 仁<sup>\*\*\*</sup>、望月 映希<sup>\*\*\*\*</sup>、岩間 紀知<sup>\*\*\*\*</sup>、古川 浩司<sup>\*\*\*\*\*</sup>、久保田 領志<sup>\*</sup>、五十嵐 良明<sup>\*</sup>

対象論文：水道水中のグルホシネート・グリホサート・AMPA の LC/MS/MS 一斉分析法の妥当性評価  
環境科学会誌, 29 巻 3 号, p. 137-148 (2016)

所 属：<sup>\*</sup>国立医薬品食品衛生研究所、<sup>\*\*</sup>東京都健康安全研究センター、<sup>\*\*\*</sup>大阪健康安全基盤研究所、<sup>\*\*\*\*</sup>山梨県衛生環境研究所、<sup>\*\*\*\*\*</sup>岐阜県公衆衛生検査センター、<sup>\*\*\*\*\*</sup>三重県環境保全事業団

表彰理由：

アミノ酸系除草剤のグルホシネートは、2013 年に水道水の管理目標設定項目の対象農薬リストに追加されたが、その分析方法が確立されていなかった。本論文は、グルホシネートと同系統の除草剤のグリホサートおよびその代謝物のアミノメチルリン酸 (AMPA) について、クロロギ酸 9-フルオレニルメチル (FMOC) による誘導体化後に LC/MS/MS で一斉分析する方法を検討し、衛生研究所や水道事業体等の 9 機関においてバリデーション試験を実施して、その妥当性を評価したものである。

水道水を用いた添加回収試験を行った結果、1 機関は保有する装置の感度が低く、グルホシネートが目標値の 1/100 (0.2 µg/L) まで定量できなかったが、他の 8 機関は 3 農薬いずれも目標値の 1/100 の濃度における添加試料の真度と平行精度が「水道水質検査方法の妥当性評価ガイドライン」の目標を満たす良好な結果が得られたことから、本分析方法は、水道水中のグルホシネート、グリホサートおよび AMPA の一斉分析法として有用であることが明らかになった。

本論文で検証された一斉分析法を用いることにより、グルホシネートだけでなく、グリホサートおよび AMPA の水道水質検査が効率化され、水道水の安全性確保に大きく貢献できることから、本論文は、本会の論文賞に値すると考えられる。



小林 憲弘  
(こばやし のりひろ)



木下 輝昭  
(きのした てるあき)



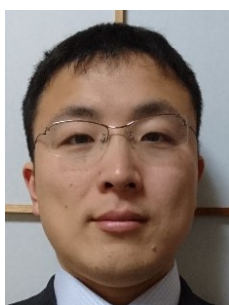
鈴木 俊也  
(すずき としなり)



高木 総吉  
(たかぎ そうきち)



吉田 仁  
(よしだ じん)



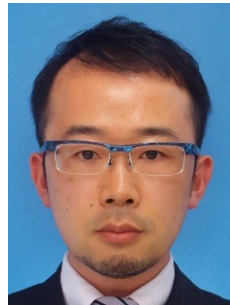
望月 映希  
(もちづき えいき)



岩間 紀知  
(いわま のりとも)



古川 浩司  
(ふるかわ こうじ)



久保田 領志  
(くぼた れいじ)



五十嵐 良明  
(いからし よしあき)

受賞者氏名：碓井 健寛\*，田崎 智宏\*\*

対象論文：小売業者のリデュース取組はすすんだのか？

環境科学会誌，29 巻 4 号，p. 191-200 (2016)

所 属：\*創価大学，\*\*国立環境研究所

表彰理由：

本論文は、小売業者が実施している容器包装のリデュース取組がどれだけ有効であるかをパネルデータ分析によって明らかにしたものである。容器包装リサイクル法においては、容器包装の多量利用事業者に対する取組が強化され、2007 年度以降、年間 50 トン以上の容器包装を利用する事業者にその削減の取組状況を定期報告するよう義務づけている。本論文では、この報告データのうち、コンビニエンスストアとスーパーマーケットの 5 年間の容器包装使用量データを用いて、1)容器包装の有償化、2)景品等の提供、3)繰り返し使用が可能な買物袋等の提供、4)消費者の意思確認、5) 量り売りという 5 つの取組の効果を分析し、有償化だけが有意な減量効果を持つことを明らかにした。

本論文は、研究事例の少ない事業者のリデュース取組について実証的な知見を得ており学術的に意義があるだけでなく、プラスチック資源循環戦略や G7 海洋プラスチック憲章などの最新ならびに国際的な政策動向の方向性にも知見を与える優れた論文であると評価できる。以上より、本論文は、本会の論文賞に値すると思われる。



碓井 健寛  
(うすい たけひろ)



田崎 智宏  
(たさき ともひろ)

口 頭 発 表

9 月 13 日 (金)

# 小規模普及型メタン発酵システムの稼働状況と今後の展望

## Operating Situation and Future Prospects of a Small-scale, Distributed Anaerobic Digestion System

豊橋技術科学大学 応用化学・生命工学系 ○永幡 正憲, Farida Hanum, 熱田 洋一, 大門 裕之

### 1. はじめに

本研究は、メタン発酵システムの普及に向け、国内の養豚農家の過半数を占める中規模養豚農家を対象とした経済性を考慮した小規模普及型メタン発酵システムを開発<sup>1)</sup>し、4ヶ所の養豚農家と1ヶ所の農業協同組合に導入し、約3年間稼働した結果について報告する。さらに、本システムの今後の展望としてメタン発酵の阻害物質であるアンモニアを発酵槽内から除去するシステムを考案した。本研究では、実機で得られたバイオガス発電実績などの稼働状況とラボスケールのアンモニア除去システムの概要および小規模普及型メタン発酵システムの今後の展望を示す。

### 2. 方法

豊橋市の養豚農家（母豚100頭）へ導入した小規模普及型メタン発酵システムの月別バイオガス発電量を2016～2019年の3年間調査した。

アンモニア除去装置は、疎水膜としてポアフロン®チューブ（TB1008, 住友電工ファインポリマー(株)）を消化槽内へ通し、回収液として温水を流すことで遊離アンモニアが疎水膜を透過し消化液から回収・除去できる仕組みである（図1参照）。

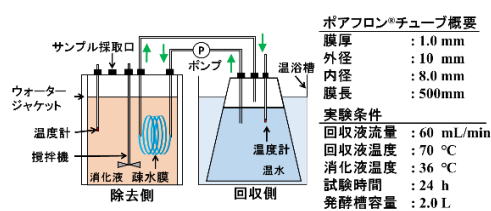


図1 消化液中のアンモニア除去装置概要図

### 3. 結果

小規模普及型メタン発酵システムの月別バイオガス発電量を図2に示す。発電量が8,000 kWh以下の月では発酵槽の立ち上げやメンテナンスにより発電量が低いため、これらを除外した平均発電量は11,200 kWh/月となった。再生可能エネルギー固定買取制度に従い、年間売電収入を算出すると約520万円であり、本システムは約9年で設備導入費の減価償却が見込まれる。

消化液中のアンモニア態窒素濃度の変化を図3に示す。24時間で約30%のアンモニア態窒素が消化液から疎水膜を透過し回収・除去された。

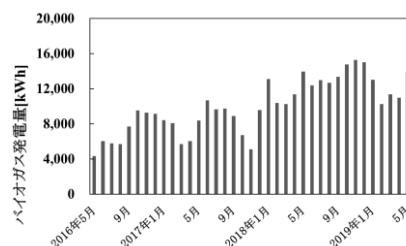


図2 メタン発酵システムの月別バイオガス発電量

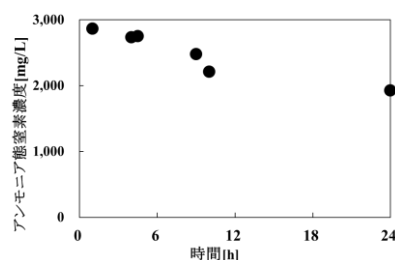


図3 消化液のアンモニア態窒素濃度変化

### 4. まとめ

本研究で小規模普及型メタン発酵システムのバイオガス発電量から設備導入費の減価償却期間を示すことができた。さらに、疎水膜を用いて消化液中のアンモニア除去の可能性が示された。今後の展望として、アンモニア水溶液を用いた生物脱硫装置、基質のpH調整剤として食品循環資源を利用したメタン発酵の添加剤と生物脱窒処理の脱窒反応を促す添加剤の技術を適用し、本システムの改善を行う。

### 参考文献

- 1) 高崎力也・山田剛史・西村宗樹・蒲原弘継・熱田洋一・大門裕之（2019）中規模養豚農家における小規模普及型メタン発酵システムの導入効果，廃棄物資源循環学科論文誌，Vol. 30，95-102

キーワード メタン発酵システム，養豚農家，再生可能エネルギー

# 廃棄物系バイオマスからのアミノ酸単離

## Amino acid isolation from waste biomass

○松本遙加<sup>1)</sup>, 薬師寺佑佳<sup>1)</sup>, 小林淳<sup>1)</sup>, 中島琢次<sup>2)</sup>, 石橋康弘<sup>1)</sup>

(1 熊本県立大学, 2 北里大学)

### 1. 背景

バイオマスの利用方法として、資源作物はバイオエタノール等のバイオ燃料として、有機性廃棄物はメタン発酵させバイオガスとして利用されてきた。さらに近年、バイオマスのさらなる有効利用が試みられ、サツマイモの焼酎もろみからのキシオリゴ糖抽出<sup>1)</sup>など、今まで廃棄されてきたものの残渣を有効利用することによって廃棄物系バイオマスに付加価値をつける研究が行われている。廃棄物系バイオマスには、タンパク質を多く含む有機性廃棄物も多く、それらに含まれるタンパク質は分解酵素によって分解され、アミノ酸とすることができる。そこで、本研究ではタンパク質分解酵素を生産する菌株を用いて、焼酎粕やおから等の有機性廃棄物が含有するタンパク質を分解し、アミノ酸を単離することを目的とした。そして、菌株が生産するタンパク質分解酵素を用いてタンパク質の分解実験を行い、最適な菌株の選択と反応条件について検討した結果および遊離アミノ酸量の分析結果を報告する。

### 2. 材料と方法

#### 2.1 選択菌株

タンパク質分解酵素を生産する好熱菌である MU3 株 (*Anoxybacillus* 属), KK14 株 (*Geobacillus subterraneus* 種) および Kn21 株 (*Bacillus smithii* 種) を用いた。

#### 2.2 スキムミルク水溶液分解実験

菌株を ISP-2 培地で起菌し、ISP-1 培地に植菌して 20 時間培養した後、培養液を遠心分離 (120×100 rpm, 4 °C, 10 分) し、固液分離した。その上清 5 mL とスキムミルク 1% 溶液 5 mL を試験管に添加、攪拌し、その混合溶液を振とう (130 rpm, 60 °C, 24 時間) しながら反応させ、濁度法<sup>2)</sup>により吸光度 (660 nm) を測定した。実験は菌株単体のものと複合させたものの計 7 条件を検討した。

#### 2.3 カゼイン水溶液の遊離アミノ酸量分析

2.2 と同様の方法で実験し、その最終溶液をポリ容器に分注し、一般財団法人日本食品分析センターに分析依頼した。なお、MU3 株および Kn21 株の単体と MU3・Kn21 株の複合条件で実験した。

### 3. 結果と考察

スキムミルク 1% 水溶液のタンパク質分解実験を行った結果 (n=3) を図に示した。コントロールと比較し、KK14 株単体を除く 6 条件の濁度は有意に減少した。また、最も濁度が減少したのは MU3 と Kn21 株の複合サンプルであった。単体サンプルと複合サンプルを比較すると、比較的複合サンプルの方が減少する傾向が見られ、単体よりも複合の方がより効率的にタンパク質を分解できる可能性を示唆する結果となった。

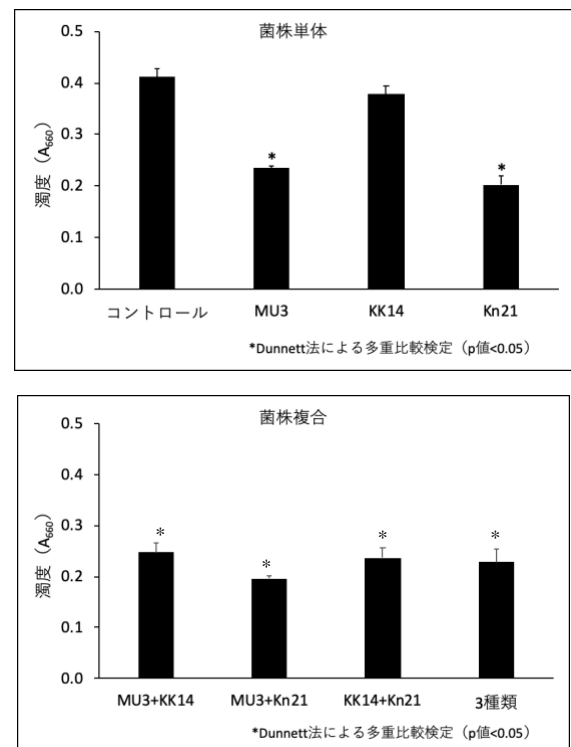


図 スキムミルク分解実験結果

### 参考文献

- 1) 安藤・米元 (2011) サツマイモ焼酎粕からの機能性糖の抽出による健康食品の創製-機能性糖の抽出条件および工業的製法の検討-, 鹿児島県工業技術センターNo.25
- 2) 富岡・丸山 (2017) プロテアーゼの作用を短時間で視覚的に示す実験方法の開発, 科学と教育, 65 巻 8 号

キーワード バイオマス, タンパク質分解, 好熱菌



# 熊本県内におけるバイオマスの基礎的データ収集及び事業性評価 Basic data collection and feasibility evaluation of biomass in Kumamoto prefecture

○高崎春花<sup>1</sup>, 甲斐穂高<sup>2</sup>, 薬師寺佑佳<sup>1</sup>, 中道隆広<sup>3</sup>, 石橋康弘<sup>1</sup>  
(熊本県立大学<sup>1</sup>, 鈴鹿工業専門学校<sup>2</sup>, 長崎総合科学大学<sup>3</sup>)

## 1. はじめに

わが国における産業廃棄物の排出量は年々増加傾向にある。産業廃棄物の総排出量は3億9,119万tとなっている<sup>1)</sup>。業種別・種類別でみると、業種別では製造業、電気・ガス・熱供給・水道業、農業・建設業の順で多い。また、種類別では汚泥、動物の糞尿、がれき類の順で多い。

熊本県の産業廃棄物の排出量は、平成25年度での総排出量は約7,114千tとなっており、種類別で見ると、動物の糞尿が2,961千t、汚泥1,982千t、がれき類1,118千tとなっている。そのうち3,702千tが再生利用され、178千tが最終処分されている<sup>2)</sup>。熊本県内では、平成24年に「熊本県バイオマス活用推進計画」を策定し、国のバイオマス活用推進計画を受けた県計画であるとともに、熊本県環境基本計画の下位計画に位置づけられている<sup>3)</sup>。また、熊本県は県内で発生する下水汚泥は、現在、一部は消化施設によりバイオガスを得て、熱利用されているが、それ以外の下水汚泥は焼却処理されている状況にあるため、将来的には全て資源として再利用し、バイオガス発電によりエネルギー利用できる。熊本県内の下水汚泥を利用したバイオガス発電が推進されれば、バイオマス産業の発展と、国内の下水汚泥の資源化ができ、持続可能な社会の構築に貢献できると考える。

本研究は熊本県内で発生するバイオマス資源の賦損量および利用可能量、熊本県内の発電機連携制約等の基礎的データを収集し、熊本県内で効率よくバイオマス発電ができる地域を提案することを目的とし、今回は熊本県内で排出される下水汚泥の賦損量及び利用可能量の調査結果から試算された事業性について評価した結果を報告する。

## 2. 実験方法

以下に示した内容を調査することにより、熊本県内で排出される廃棄物系バイオマスの基礎的データ収集と事業性評価を実施する。

### 1) バイオマス資源の賦損量および利用可能量

熊本県内で発生する下水汚泥の賦損量および利用可

量を自治体から公表されたデータにより調査する。

### 2) バイオマス資源の物性評価

熊本県内の下水汚泥の含水率及び熱量等の測定を行い、その物性について明らかにする。

### 3) バイオマス資源含有有機物量測定

熊本県内の下水汚泥に含まれる有機物量をCODcr法により測定する。

### 4) 可溶化試験

熊本県内から発生した代表的な下水汚泥をサンプルとして、可溶化試験を実施する。

## 3. 結果

下水汚泥及び集落廃水汚泥の賦損量を図1に示した。熊本県内で発生した下水汚泥の賦損量を元にバイオガス発電の事業性について試算した結果、十分に事業性があることが示されたが、利用可能量についてのデータの入手が不十分であるため、今後検討を要する。

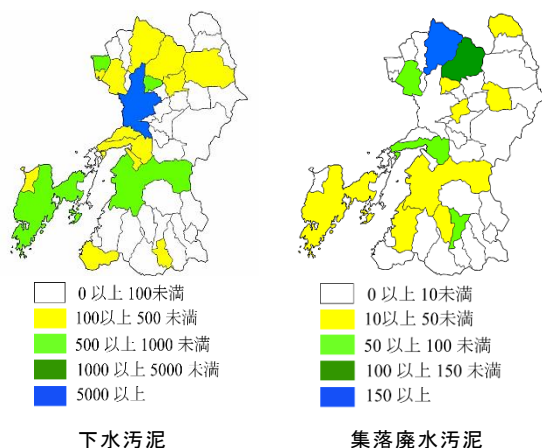


図1 下水汚泥及び集落廃水汚泥の賦損量

## 参考文献

- 1) 環境省―産業廃棄物の排出及び処理状況等（平成27年度実績）について
- 2) 平成30年度（2018年度）版（平成29年度（2017年度）のまとめ）「熊本の環境」～環境白書～
- 3) 「熊本県バイオマス活用推進計画」の策定について

キーワード バイオマス、メタン発酵、可溶化

# ディスポーザー排水処理槽汚泥からのエネルギー回収に関する環境評価 Environmental evaluation on possibility of energy recovery from sludge of disposer waste water treatment system

北九州市立大学 ○金友舞香, 藤山淳史, 松本亨

## 1. はじめに

ディスポーザー排水処理システムとは、ごみを台所のシンクの下に設置したディスポーザーで粉砕し、生物処理槽（以下、ディスポーザー処理槽）で処理を行った後に公共下水道に放流する仕組みである。ディスポーザー処理槽に貯まった汚泥は定期的に回収された後、し尿処理施設等で脱水・焼却処理されている事例が多い。生ごみ由来の汚泥は有機物を含んでおり、バイオガス化によりエネルギーを回収できる可能性を有しているが、現状では必ずしも有効活用されていないのが現状である。

本研究では、マンションに設置されているディスポーザー処理槽から汚泥を採取し、性状およびバイオガス発生量を把握する実験を行うとともに、そのデータを用いてエネルギー回収と温室効果ガス（以下、GHG）排出量削減の観点から、ディスポーザー排水処理システム由来の汚泥のバイオガス化の可能性について検討を行った。

## 2. 実験

採取した汚泥については、基礎データとして汚泥の全固形物量、揮発分の分析を行うとともに、メタンガス発生ポテンシャルを把握するためのバイオガス発生実験を約1ヶ月間行った。実験を行った結果、今回対象としたサンプルのバイオガス発生量は662mL-CH<sub>4</sub>/g-TSであった。

## 3. シナリオ解析

設定したシナリオを図1に示す。解析については汚泥サンプルを採取したマンション（49戸）で年に1回の引き抜きの際に引き抜かれた汚泥を含む汚水量（7m<sup>3</sup>）あたりのエネルギー収支とGHG排出量を解析し、比較を行った。

実験で得られたデータを用いて、エネルギー収支の面からシナリオ解析を行った結果を図2に示す。シナリオ2において、エネルギー消費量は消化過程で汚泥の固形物量が低下し、焼却時の消費エネルギー量が小さくなったことが影響し、シナリオ1に比べて小さくなったものと考えられる。また今回設定したシナリオでの比較においてはディスポーザー処理槽汚泥のバイオガス化で得

られるエネルギー量は、消費エネルギー量を上回る可能性があることが示唆された。

次に、シナリオ解析における GHG 排出量の結果を図3に示す。シナリオ1に比べシナリオ2の汚泥処理過程における GHG 排出量は減少することがわかった。

## 4. まとめと今後の展望

本研究では、ディスポーザー処理槽由来汚泥の性状分析とバッチ試験によってメタンガス発生量を把握するとともに、バイオガス化によるエネルギー回収の可能性について検討を行った。その結果、今回設定したシナリオはバイオガス化によるエネルギー回収のポテンシャルを有している可能性があることが示唆された。今後は既存のバイオガス化施設にディスポーザー処理槽汚泥を投入することを想定した解析へ展開する予定である。

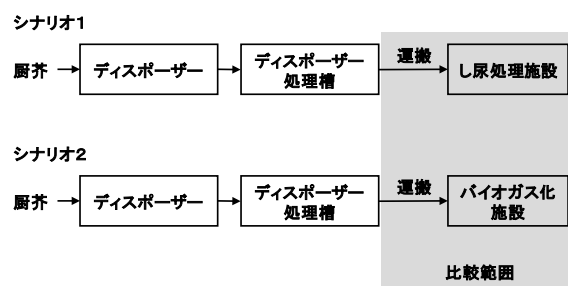


図1 シナリオの設定

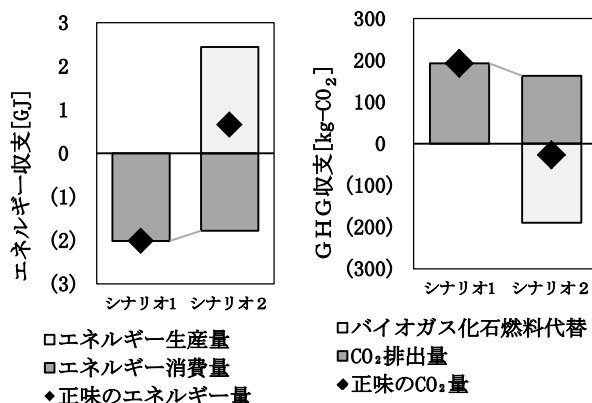


図2 エネルギー収支の比較結果

図3 GHG 排出量の比較結果

キーワード 生ごみ, バッチ試験, GHG 排出量

# 不確実性がある場合における消費者の製品選択 Consumers' choice of products with uncertainty

○中野牧子 名古屋大学

## 1. はじめに

製品の選択に際して、環境問題に関する属性に対する消費者の評価を調べる先行研究は多数存在している。また、途上国が関係する場合には環境問題に加え労働環境の改善も考慮したフェアトレード製品への評価を調べる研究も存在している。しかし先進国における労働環境を併せて考慮する研究は少ない。また、日本において企業の社会的責任に関する取組の中でどのような取組が評価されているかを調べた Nakano and Tsuge (2019)<sup>1)</sup>によると、消費者に直接の便益が発生しない項目の中では、従業員の長時間労働に関する項目と海外における環境・健康問題に関する項目が評価されている。このため、本研究は消費者の製品選択の事例としてタオルを取りあげ、従業員の長時間労働の有無及び有機栽培綿花の使用の有無に対する消費者の評価を明らかにすることを目的として選択型実験を行う。その際、有機栽培綿花については、使用した場合に何らかの表示が行われることが多いのに対し、長時間労働に関しては消費者に対する情報開示が行われず、情報が不明であるケースが多いため、長時間労働については属性に「不明」というレベルを含める。

## 2. 分析方法

選択型実験で用いられる仮想的なタオルは次の三つの属性から構成されると仮定する。価格（300 円、400 円、500 円、600 円）、原料となる綿花の栽培方法（有機栽培、通常栽培）、及びタオルを生産・販売している企業の従業員の中で時間外労働時間が 1 か月 80 時間を超える人の有無（不明、いる、いない）である。80 時間を基準とした理由は労災認定基準において、脳血管疾患や心臓疾患の発症に関して「発症前 1 か月間におおむね 100 時間又は発症前 2 か月間ないし 6 か月間にわたって 1 か月当たりおおむね 80 時間を超える時間外労働が認められる場合は、業務と発症との関連性が強いと評価できるとされている」（厚生労働省、2015）<sup>2)</sup> ためである。アンケートは、2018 年 3 月にインターネット調査の形式で実施し、665 人から回答を得た。

## 3. 分析結果

表 1 に条件付きロジットモデルによる推定結果を示す。*Organic* は原料となる綿花が有機栽培の場合 1、通常栽培の場合 -1 となる変数である。*Longwork1* は従業員の中に時間外労働時間が 1 か月 80 時間を超える人がいる場合には 1、いない場合には 0、不明な場合には -1 となる変数である。*Longwork2* は従業員の中に時間外労働時間が 1 か月 80 時間を超える人がいる場合には 0、いない場合には 1、不明の場合には -1 となる変数である。*Price* は価格である。

表 1 推定結果

	係数	標準誤差
<i>Organic</i>	0.2406***	0.0205
<i>Longwork1</i>	-0.3769***	0.0354
<i>Longwork2</i>	0.4452***	0.0330
<i>Price</i>	-0.0048***	0.0002
<i>ASC</i>	-0.0330	0.0552
サンプルサイズ	5320	
対数尤度	-5421.6398	

注) \*\*\*は 1%水準で有意であることを示す。

## 4. おわりに

平均的に見ると有機栽培の原材料が使用されている場合は、通常栽培の場合と比べて購入確率にプラスの影響がある。また、*Longwork1* と *Longwork2* の係数から不明な場合の係数を算出した結果、長時間労働の従業員がいる場合は、不明な場合と比べて購入確率にマイナスの影響、いない場合は不明な場合と比べてプラスの影響があることが明らかとなった。

## 参考文献

- 1) Nakano, M., Tsuge, T. (2019) Assessing the Heterogeneity of Consumers' Preferences for Corporate Social Responsibility Using the Best-Worst Scaling Approach. *Sustainability*, 11, 2995.
- 2) 厚生労働省・都道府県労働局・労働基準監督署 (2015) 『脳・心臓疾患の労災認定「過労死」と労災保険』

キーワード 企業の社会的責任、長時間労働、有機栽培



# 無電柱化事業の経済評価：東京都を対象とした税金と寄付金の比較分析

## Economic Evaluation of Undergrounding Project: Analysis of tax and donation for Tokyo

松山大学 ○功刀祐之, 早稲田大学・有村俊秀

### 1. はじめに

近年、我が国では地上の電線・電柱を地中に埋める無電柱化事業が注目されている。都市空間における無電柱化は都市景観の向上、安全な交通空間の確保、災害対策といった点から都市に便益をもたらすと言われている（国土交通省、2018）。一方、無電柱化事業は事業のための費用負担の問題などの課題も多く、世界と比較すると我が国における無電柱化事業の実施率は低い状況となっている。そこで本研究は無電柱化事業のための財源の捻出方法について議論するため、地域住民を対象として無電柱化事業の評価について研究している。

### 2. 研究方法

本研究では無電柱化事業がどの程度評価されるかを明らかにするため、インターネットによるアンケート調査を実施した。アンケート方法として、仮想評価法（CVM；Contingent Valuation Method）を用いて無電柱化事業に対する人々の支払い意思額（WTP；willingness to pay）を調査して推計を行った。CVMは環境経済学の分野で用いられる方法で、人々から仮想的な環境変化に対してどの程度のWTPがあるかをアンケートにより推計する手法である（栗山、2011）。

本研究はCVMで無電柱化事業に対する支払い方法の違いで2通りのシナリオによる調査を実施した。支払い方法として、1つ目は税金を払うかどうか、2つ目は寄付金を払うかどうかのシナリオである。我が国でCVM調査を実施した場合、一般的には税金シナリオで推計したWTPは過少になると言われている（栗山、2007）。理由としては、支払いの強制感や用途の不明慮さが抵抗を生むためと言われている。そこで今回、より無電柱化事業に限定して用途がより明確になったシナリオの人々のWTPを寄付金シナリオと比較しながら、より人々の理解されやすい資金の徴収方法について検討する。

インターネットによるアンケート実施場所に関しては、東京都を対象とした。人々になるべく仮想シナリオの状況を正しく想像してもらう必要がある。そこで無電柱化率が低い我が国においては比較的無電柱化が進んでおり、かつオリンピックのための都市・道路整備が注目されている東京都を対象とした。

### 3. アンケート結果

表1はシ提示額に対する回答結果を示している。回答者には税金シナリオか寄付金シナリオ（2通り）で5000円、8000円、11000円（3パターン）のどれかのアンケートを見せてそれぞれ賛成と反対について聞いたが表はシナリオごとの合計を示している。予想と反して、寄付金シナリオよりも税金シナリオの方が、賛成と解答する人が多い結果となった。つまり、今回のアンケート結果からは無電柱化事業に対する支払い意思額は税金の方が寄付金よりも高いことが示された。一般的には用途が不明慮であり無電柱化事業という用途が明確な事業であれば、住民が税金に対しての理解がある程度得られやすい可能性が示された。

表1 提示額に対する回答結果(サンプルサイズ:1002)

	賛成	反対
税金	188	313
寄付金	43	458

### 参考文献

- 1) 国土交通省（2018）「無電柱化推進計画」の策定について～無電柱化法に基づく初の計画を策定～、(<http://www.mlit.go.jp/common/001230699.pdf>)（最終アクセス日：2018年5月9日）
- 2) 栗山浩一（2011）ExcelでできるCVM第3.1版，環境経済学ワーキングペーパー#0703，早稲田大学政治経済学部，（<http://kkuri.eco.coocan.jp/research/workingpaper/WP1101CVM32.pdf>）（最終アクセス日：2019年5月9日）
- 3) 栗山浩一（2007）表明選好法におけるバイアスの経済分析（詳細版），環境経済学ワーキングペーパー#0701-2，早稲田大学政治経済学術院（[http://kkuri.eco.coocan.jp/research/workingpaper/wp0701\\_bias\\_rev.pdf](http://kkuri.eco.coocan.jp/research/workingpaper/wp0701_bias_rev.pdf)）（最終アクセス日：2019年5月9日）

キーワード CVM，無電柱化事業，税金，寄付金

# 中山間地域にける木質バイオマスエネルギー利用の経済効果

## Economic effects of utilizing woody biomass energy in hilly and mountains areas

東京工業大学 ○角川公崇, 棟居洋介, 国立環境研究所 増井利彦

### 1. はじめに

山地の多い日本では、人口減少と高齢化に直面している中山間地域が総土地面積の約 7 割を占めている。これらの地域においては、集落を拠点としてバイオマスや地熱などの地域資源を活用した再生可能エネルギーの導入の可能性が高いと思われる。また、それらの導入を通じて温室効果ガスを削減し、地域の雇用や経済にプラスの効果を生み出す可能性がある。そこで本研究では、中山間地域における環境、経済、社会の課題の同時解決の取り組みの例として、群馬県上野村における木質バイオマスエネルギー利用を取り上げ、その経済効果を明らかにすることを目的とした。

### 2. 上野村の概況

上野村は群馬県の最南西部に位置し、森林が村の総面積の 95%を占め、村全体が険しい山岳地帯であり、耕作地は少ない。平成 31 年 2 月 1 日現在の人口は 1,189 人で、県内で最も人口が少ない自治体である。

### 3. 分析方法

#### 3.1. 上野村を対象とした産業連関表の作成

本研究では、上野村における木質ペレット生産と利用による経済波及効果を分析するために、産業連関分析を用いた。このため、入谷（2012）の手法にしたがって、平成 23 年の群馬県産業連関表を基に上野村の 108 部門産業連関表を作成し、さらに 25 部門に統合した。具体的な作成手順としては、はじめに県の産業別生産額を総務省（2016）の経済センサス基礎調査の事業所別従業員数などで按分し、上野村の部門別生産額を推計した（コントロール・トータルの作成）。次いで、中間投入額、粗付加価値額、最終需要額、移輸出額の順に推計して、最後に産業連関表のバランスから移輸入額を推定した。

#### 3.2. 部門の追加

次に、2016 年の木質ペレットの生産と利用による経済効果を分析するために、上野村（2018）による木質ペレットの製造コストの内訳、および製造されたペレットの部門別の投入額の情報を用いて、上記の上野村の産業連関表に木質ペレット生産およびバイオマス発

電部門を追加した 27 部門表を作成した。

### 4. 結果と考察

分析の結果を表 1 に示す。木質ペレット生産と利用による村内経済への波及効果は、第 1 次波及効果が 5,037 万円で、内訳は木質ペレット生産額 3,943 万円、その他部門 1,094 万円となった。その他部門では、生産誘発額の 88%を林業部門が占めた。また、これによる村内の家計消費の誘発額は、消費転換率を 0.735（平成 23 年の関東地方の値を使用）として 1,090 万円に達したが、消費における村内製品の比率が低いため、村内製品向け需要は 155 万円に留まり、第 2 次波及効果も 172 万円と小さくなった。総合効果は 5,209 万円で、木質ペレット生産の波及効果倍率は 1.32 と推定された。

表 1 木質ペレット生産による経済波及効果

区分(単位: 万円)	生産誘発額	雇用者所得誘発額
第 1 次波及効果	5,037	1,483
木質バイオマス	3,943	1,290
その他部門	1,094	193
消費誘発額	1,090	
第 2 次波及効果	172	
うち村内生産品	155	
総合効果	5,209	

### 5. 結論

本研究では、上野村における木質ペレットの生産と利用による村内経済への波及効果を推定した。環境や社会面への影響評価が今後の課題である。

謝辞：本研究の実施にあたり、日本サステイナブルコミュニティ協会顧問の竹林征雄氏、小野コンサルティング事務所の小野春明氏、上野村役場の佐藤伸氏から貴重なご意見を頂戴した。ここに記して謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 総務省統計局（2016）平成 26 年経済センサス - 基礎調査
  - 2) 群馬県（2016）「平成 23 年（2011 年）群馬県産業連関表」
- キーワード 産業連関分析, 木質バイオマスエネルギー

# PANCES シナリオに基づく土地利用変化に伴う生態系サービスの変化予測とその地域特性

## Prediction of Changes in Ecosystem Services due to Land Use Change and its Regional Characteristics

東京工業大学 ○服部 一紘, 大阪大学 芳賀 智宏, 松井 孝典, 町村 尚

### 1. 背景と目的

日本では将来、人口減少や高齢化の影響で自然資本の管理が減少し、ESs (Ecosystem Services, ESs) が損失することが懸念されている。日本の各地域における ESs の傾向を把握し、ESs の減少の対策を立てるためには、広範囲の定量的なシナリオ分析が必要である。本研究では、将来シナリオ別の ESs の応答を予測し、地域特性を評価することを目的とした。

### 2. 分析方法

#### 2.1. PANCES シナリオの概要

本研究では、PANCES プロジェクトが開発した日本の 2050 年の将来シナリオ<sup>1)</sup>を表現した土地利用図<sup>2)3)</sup>を用いた。この将来シナリオは、将来の人口の分散度 (Compact vs. Dispersed), および食料・木材自給率といった自然資本・人工資本の活用度の違い (Natural vs. Produced) の 2 つの不確実性で説明される 4 つの将来像で構成されている。それぞれ、自然資本・コンパクト型社会 (NC), 自然資本・分散型社会 (ND), 人工資本・コンパクト型社会 (PC), 人工資本・分散型社会 (PD) である。これに、現状の傾向が続く Business as Usual (BaU) を加えて 5 つのシナリオが提供されている。

#### 2.2. InVEST を用いたシナリオ別の生態系サービスの将来予測

InVEST<sup>4)</sup> モデルを用いて、沖縄県を除く九州地方各県を対象に、(1) 炭素貯蔵・(2) 食糧供給・(3) 栄養塩保持サービスを計算し、BaU からの差分を評価することで、シナリオの応答特性を評価している。InVEST は任意の土地利用図と ESs 種別の生物学的データを入力することで ESs を計算するモデルである。

### 3. 結果・考察

九州全体の傾向として、人口の分散度の違いにおいては、炭素貯蔵サービスのはっきりした傾向が見られない一方で、資本の活用度の違いにおいては、自然資本に依存した社会の方が、炭素貯蔵サービスが大きくなることが分かった。また、九州全体と比較して、宮

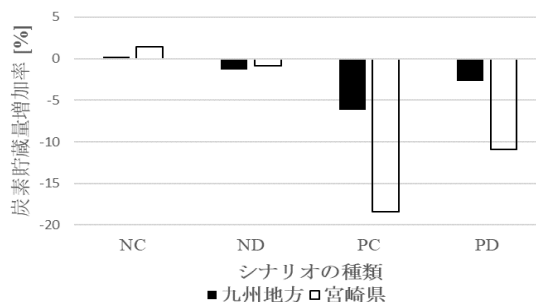


図 1 BaU と比較したシナリオ毎の九州地方と宮崎県の炭素貯蔵量の増加率 (2050 年)

崎県の炭素貯蔵サービスは、資本の活用度の違いの影響を大きく受けることが分かった(図 1)。

### 4. 結論

以上より、ESs の変化が、シナリオごとに異なって応答すること、及び地域特性の存在が確認された。一方で、地域別に生じる ESs 変化の要因分析や政策評価が可能となるモデルの開発が今後の課題である。

### 謝辞

環境省環境研究総合推進費 (S-15) 「社会・生態システムの統合化による自然資本・生態系サービスの予測評価」、JSPS 科研費 18J20266 「陸域生態系の将来シナリオシミュレーション評価システムの開発」からの支援を受けた。ここに感謝の意を表する。

### 参考文献

- 1) Saito O et al. (2019): Co-design national-scale future scenarios in Japan to predict and assess natural capital and ecosystem services, *Sustainability Science*, Vol.14, pp.5-21.
- 2) Shoyama K et al. (2019): Development of land-use scenarios using vegetation inventories in Japan, *Sustainability Science*, Vol.14, pp.39-52.
- 3) Matsui T et al. (2019): Spatially explicit residential and working population assumptions for projecting and assessing natural capital and ecosystem services in Japan, *Sustainability Science*, Vol.14, pp.23-37.
- 4) Natural Capital Project, InVEST <<https://naturalcapitalproject.stanford.edu/invest/>> (2019/02/05 閲覧).

キーワード シナリオ分析, InVEST, 人口減少

# 気候変動影響・適応評価のための共通的な気候変動予測情報－農研機構メッシュ気候シナリオ Regional climate projection dataset on a 1-km grid for impact and adaptation researches of Japan

農研機構農業環境変動研究センター ○西森基貴・石郷岡康史・遠藤伸彦・桑形恒男・滝本貴弘

## 1. はじめに

気候変動への適応が法制度化されたことで、自治体の適応計画策定が進展しており、地域詳細な気候変動予測情報が必要とされている。影響・適応研究に関しては人々の食を支える農業分野への関心が最も高く、またその関心は農業を基幹産業とする地方においてより強い。災害・水資源分野では短時間の極端降水量に特化した大容量シナリオに関するニーズが高いが、農業分野では比較的少数の、中庸かつ日射や湿度を含む多要素のシナリオを好む。本発表では主に農業分野を対象とする気候変動の影響・適応研究のためのメッシュ気候シナリオについて、その歴史とニーズの変化について取り纏め、現状利用可能なシナリオとその適切な利用法を述べる。

## 2. メッシュ気候シナリオの概念とデータセットの概要

地域農業への影響予測のためには、予測の空間解像度が農家の一圃場であることが理想だが、全球気候モデル（GCM）の空間解像度（約 100～300km 四方）の制約から、国土数値情報第 2～3 次メッシュに対応した東西南北およそ 10km または 1km の単位（メッシュ）が現実的である。そこで農研機構農業環境変動研究センターでは影響評価研究のために、過去 20 年以上にわたり、GCM 出力値を距離逆数加重線形法によりメッシュ内挿した気候シナリオ作成に取り組んできた。

農業研究で利用される湿度要素や地上風速の需要に対応した「農環研シナリオ 2015」<sup>1)</sup>は、バイアス補正された月値からウェザージェネレータで日値を生成したもので、数多くの農業品目や地域研究に利用された。特に日本のコメ影響研究では、品質低下に関連する高温リスク指標（ヒートドース値）を作成し公開した<sup>2)</sup>。そして現在、全国影響評価や地域適応用のデータセットとして、多様な農作物の生育生産に係る気象気候指標の時空間変動解析も可能なように、GCM 日単位出力に準拠しかつ極端指標の再現性が向上するよう、平均値に加え分散を観測統計値に合わせて補正した文科省 SI-CAT「農研機構シナリオ 2017」<sup>3)</sup>が開発されている（表 1）。

## 3. データセットの特徴と利用法

「農研機構シナリオ 2017」の特徴として、気候モデルや従来のメッシュ気候シナリオで不十分だった年間最

大レベルの日降水量の再現性が向上する等、一般に日々／年々変動の弱い気候モデル出力の欠点が改善されている。ただこれら気候シナリオの利用に関しては、注意すべき点も多い。そもそも気候変動といっても各気象要素が毎年一定の割合でトレンド変化するわけではなく、年々の変動が大きいため、1～数年程度のメッシュ値を抽出した評価では影響を見誤る。従って、将来の 20 年程度を対象とし、各年の気象要素値や各種指標値および影響結果等は、出現のパーセンタイル確率を示す箱ひげ図 (box-and-whisker plot) 等で表現することを推奨する。

表 1 「農研機構シナリオ 2017」の諸元

ファイルフォーマット	NetCDF4(CF1.6準拠)
使用した全球モデル	MIROC5, MRI-CGCM3, GFDL-CM3, HadGEM2-ES, CSIRO-Mk3-6-0, IPSL-CM5A-LR, GFDL-ESM2M, MIROC-ESM-CHEM, bcc-csm-1, MIROC-ESM
温室効果ガス排出シナ	historical, RCP2.6, RCP8.5
バイアス補正手法	正規分布型スケーリング法 (Haerter et al., 2011)
計算領域と空間分解能	日本全国3次メッシュ (新座標系[JGD2000]1km)
計算期間と時間分解能	月値、日値／現在 (1981-2005)、近未来 (2006-2055)、将来 (2056-2100)
計算領域と空間分解能	日本全国3次メッシュ (新座標系[JGD2000]1km)
出力要素	日降水量、日平均気温、日最高気温、日最低気温、日積算日射量、日平均相対湿度、日平均地上風速

謝辞：本研究は、農林水産省気候変動対応プロジェクト（A8/A11）、文部科学省 SI-CAT および環境省他による「地域適応コンソーシアム事業」の支援を受けた。

## 参考文献

- 1) Ishigooka, Y. et al. (2017) Large-scale evaluation of the effects of adaptation to climate change by shifting transplanting date on rice production and quality in Japan. J. Agric. Meteorol., 73, 156-173, 2017.
- 2) 西森基貴ほか（2018）コメの収量および品質低下リスクの将来変化に関するデータセット、<https://niaesvic.dc.affrc.go.jp/dataset/gwrice>
- 3) 西森基貴ほか（2018）日本における影響評価・適応研究のためのメッシュ気候シナリオデータセット群について．日本農業気象学会 2018 年全国大会．

キーワード 気候変動、適応、メッシュ気候シナリオ

# 高頻度中分解能衛星による植生指数の UAV を用いた精度向上に関する研究

## The necessity of UAV and Satellite acquired data on Cloud system

東農大 ○松村寛一郎, 大工大 杉本賢二、国環研 一ノ瀬俊明  
北大 Ram Avtar、農研機構 井上聡

### 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リアルタイムにモニタリングする仕組みの構築が求められている。

### 2. 高頻度中分解能衛星

プラネット社は、3m の分解能で毎日、地球上のあらゆる地点における地表面から約 100km の植生指数とカラー画像を同社のアルゴリズムに基づいて提供している（雲があると取得できない）。同社の衛星情報を提供するスペースアグリ社<sup>1)</sup>から、北海道の道東地域における小麦畑、デントコーン畑、牧草地の植生指数を毎日取得している（図1）。

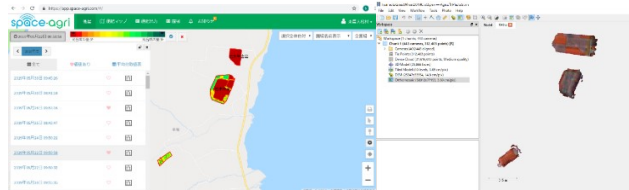


図 1. スペースアグリ社提供の植生指数（左）と無人航空機により撮影した連続画像を合成したもの（右）

### 3. 無人航空機とハンドヘルドセンサーによるデータ

近赤外線カメラを搭載した無人航空機（以下：UAV）により上空から重なりを持つように自動操縦により位置情報を持つ連続写真を定期的に撮影している。連続写真から同一地点を三次元空間で合成し、これらの連続写真をより高い地点から撮影されたように空間補正し、連続写真をデータ化（オルソ化）し、植生指数を合成している。農家で幅広く使われている Nikon Trimble 社が提供する赤色・近赤外光センサーを搭載したハンドヘルドセンサー<sup>2)</sup>を用いて、対象地点の一部において植生指数を測定する。同センサーは、トリガーをひくと一時的に赤外線を放射して、センサーに放射したそれぞれの光の量を測定するために、天候の影響を受けにくく、安定して植生指数を計測することができる。オルソ画像中の植生指数情報の白板地点における植生指数を 0 として

調整を行った。UAV に搭載されたカメラを用いて撮影したハンドヘルドセンサーによる植生指数が正しいものとして、オルソ画像による植生指数の調整を行なった。

図 2 は、図 1 での左下に位置する秋まき小麦畑におけるプラネット社提供の植生指数（下左：2019 年 4 月 21 日）（下中：2019 年 5 月 6 日）（下右：5 月 6 日の値から 4 月 21 日を空間的に除算したもの）である。小麦は成長しているために一様に植生指数は増加すべきだが、増加していない箇所もみられ、調整が必要とされる。

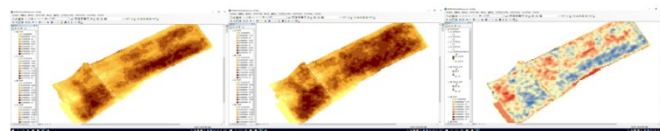


図 2. プラネット社による小麦畑の植生指数

植物資源量を把握するために、UAV を使えば、対象地域の拡大により、運用にあたり変動費が増加するために、コスト高の要因になる。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。プラネット社のデータは、同一時点であれば、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、農業の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広がりつつある。プラネット社と UAV による植生データを取得し、クラウドシステム上に展開し、空間統計と機械学習から得られる調整係数を求め、精确な農業資源量の把握を試みている。本稿は、文部科学省科学研究費の JP16K07979 および JP16K00658 の研究計画において得られた知見の一部を紹介したものである。

### 参考文献

- 1) SpaceAgri Company Ltd., (2018): <https://www.space-agri.com/>, accessed 2019, Jan
- 2) GreenSeeker handheld crop sensor, <https://agriculture.trimble.com/precision-ag/products/greenseeker/>, accessed 2019, Feb the 26th.

キーワード 高頻度中分解能衛星、植生指数、ハンドヘルドセンサー、ドローン

# 東日本大震災からの復興事業に伴う人為的な地形改変量の推計

## Anthropogenic disturbance estimation induced by the East Japan Earthquake Reconstruction Plan

大阪工業大学 ○杉本賢二

### 1. 背景と目的

東日本大震災の被災地域では、丘陵地を掘削して造成した住宅団地への高台移転や、津波浸水想定地域である低地を嵩上げする等の復興整備事業が現在も実施されている。しかし、こうした復興事業により確かに津波浸水リスクは低減するが、広域で大規模な人為的な地形改変に伴う様々な影響が懸念されている。例えば、掘削・運搬重機の使用による燃料消費、土石資源や植生の喪失、地盤災害リスクの増大、などである。したがって、復興事業による地域の防災・減災力の向上だけでなく、工事に伴う環境負荷や資源利用の観点からも、地形改変を定量的に把握する必要がある。本研究は、東日本大震災からの復興事業に伴う人為的な大規模地形改変を定量評価することを目的とする。

### 2. 手法

復興事業による丘陵地の掘削や低地嵩上げにより標高が変化することに着目し、複数年次の DEM(Digital Elevation Model；数値標高モデル)を用いて地形改変量を推計する。表-1 に、推計に用いた DEM の詳細を示す。復興事業前の DEM として、発災後に航空レーザ測量により作成された「基盤地図情報 5m メッシュ」を用いた。復興事業に伴う地形改変量は、「基盤地図情報 5m メッシュ」による標高値と、以降に観測された DEM との比較により標高変化を計算し、それに DEM の解像度を乗じた体積差分として算出される。

### 3. 結果

大規模な復興事業が行われている宮城県南三陸町の志津川地区を対象として、復興整備計画地区における地形改変量を推計した。図-1 に、復興事業後の DEM として「基盤地図情報 10m メッシュ」を用いた場合の標高変化を示す。復興整備計画区域(約 60ha)において

表-1 推計に用いた DEM の詳細

データ名	解像度	年
a) 基盤地図情報 5m メッシュ <sup>1)</sup>	5m	2011
b) 基盤地図情報 10m メッシュ <sup>1)</sup>	10m	2016
c) SRTM-I <sup>2)</sup>	30m	2017
d) ASTER <sup>3)</sup>	30m	2019

地形改変量は 128.8[万 m<sup>3</sup>]と推計された。また、STRM を用いた場合は 207.3[万 m<sup>3</sup>]、ASTER を用いた場合は 254.9[万 m<sup>3</sup>]となった。用いた DEM の測量年次や精度が異なるため単純な比較は困難であるが、志津川地区では長期に渡り嵩上げ事業が行われていることから、推計値の増大は妥当であると考えられる。

なお、この体積は標高差分によるものであり、一般的に盛土工では建物荷重や圧密沈下相当高を考慮した締固めが行われるため、推計された体積より多くの土砂移動が行われていると考えられる。そこで、掘削土量(地山度量)に対する締固め後土量の比率を 0.8<sup>4)</sup>とすると、ASTER を用いた場合の土砂移動量は 318.6[万 m<sup>3</sup>]と推計された。今後の課題として、特に衛星観測による DEM の高さ精度を考慮することが挙げられる。

### 参考文献

- 1) 国土地理院，基盤地図情報数値標高モデル。
- 2) USGS, Shuttle Radar Topology Mission (SRTM)。
- 3) 産総研，衛星データ検索システム MADAS。
- 4) 土木工事積算研究会 (1999) 平成 11 年度建設省土木工事積算基準，建設物価調査会。

謝辞 本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金(19K12434)の助成を受けて行われた。

キーワード DEM，復興事業，人為的な地形改変

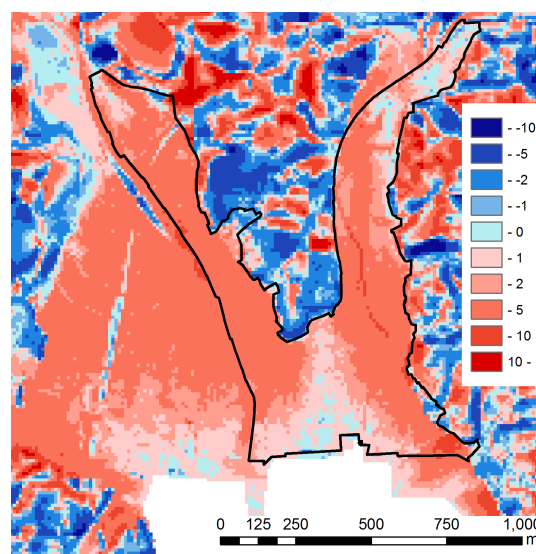


図-1 基盤地図情報 10m メッシュを用いた場合の標高変化



# リモートセンシングデータを用いた 3 次元都市空間の把握方法の検討

## A study on grasping method of 3D urban space using remote sensing data

横浜市立大学 ○大西暁生, アジア航測株式会社 坂本美波

### 1. はじめに

都市の緑地には、熱環境や雨水流出の緩和、生物多様性の保全等の多種多様な機能があり、私たちの生活を支えている。このような緑地は、都市開発が進み、徐々に減少している。そのため、緑地の保全と増加を図るため、まずは都市の土地被覆の面積や体積等の現状を把握し、計画的に都市・緑地の整備を行う必要がある。

本研究では、筆者らの従前の研究<sup>1)</sup>による高分解能衛星画像から取得した詳細土地被覆情報と、航空レーザ測量データを組み合わせることで、都市の 3 次元空間データを作成し、都市空間の現状を 2 次元並びに 3 次元で把握することを試みる。

### 2. 分析方法

本研究の対象地は、名古屋市の中心部であり、都市公園を含む住宅街（対象地①）と、商業地域（対象地②）である。頁制約のため対象地①の結果のみ記す。

使用したデータは、筆者らの従前の研究<sup>1)</sup>で得られた詳細土地被覆情報と、DSM データ、DEM データである。DSM データは国際航業製 LiDAR レーザデータ RAMS-c から 2016 年 8 月に計測されたものを、DEM データは国土地理院基盤地図情報ダウンロードサービスから 2016 年 10 月更新されたものを用いる。DSM データと DEM データは航空レーザ測量を用いて計測される。DSM データは、地面だけではなく建築物や樹木にも反射して戻ってくるため、得られるデータはこれらの高さを含む標高値である。DEM データは、DSM データから建築物や樹木等の高さを取り除いた地表面の高さを示す。本研究では、DSM データと DEM データの差を樹木や建築物等の被覆の高さとする<sup>2)</sup>。

### 3. 分析結果

対象地①の土地被覆カテゴリー面積と体積の算出結果を図 1 に示す。この結果、対象地①には多くの公園が存在するため、面積、体積共に樹木が一番大きい結果となった。また、アスファルトの面積は樹木の次に大きい結果となった。しかし、アスファルトは主に道路の被覆であり、地表面に近いことが起因し体積は小

さいことがわかる。これは面積のみの把握ではなく、本研究の手法によって体積も把握したためわかることである。

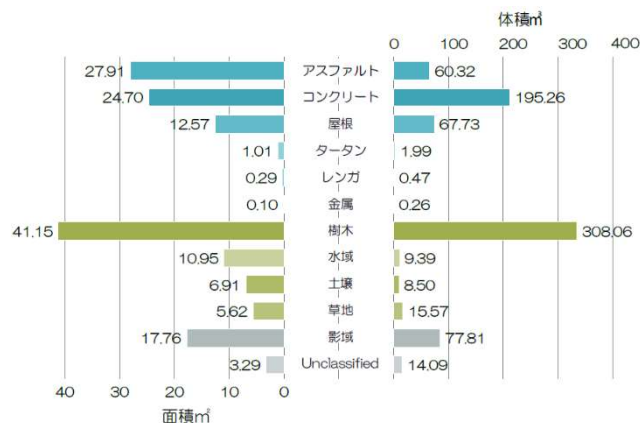


図 1 対象地①の面積と体積算出結果

### 4. まとめ

本研究では、詳細土地被覆情報と航空レーザ測量データを組み合わせることで、3 次元空間データの取得が可能であることを示した。

今回、土地被覆カテゴリー別、用途地域別及び樹木植栽の場所別の面積と体積の把握のみ行ったが、都市緑地の二酸化炭素吸収量の把握や地表面温度との関係、粗度係数の取得等、様々な情報をこの 3 次元都市空間データを用いることで得ることができる。そのため、3 次元都市空間の現状把握の手段として、その実用性は十分期待できると考えられる。

### 参考文献

- 1) 坂本美波, 大西暁生, ブライアン・ジョンソン (2019) WorldView-2 衛星画像を用いた詳細土地被覆情報の把握と屋上緑化施工箇所の把握, 環境科学会, Vol.32, No.3, pp. 91-102.
- 2) 国土交通省国土地理院, 第 12 回航空レーザ測量について その 2, <http://www.gsi.go.jp/chubu/minichishiki12.html>

キーワード 3 次元都市空間データ, 詳細土地被覆情報, 数値表層データ, 数値標高データ, 都市・緑地整備

# 空中写真判読による土地利用変化の解析 -ヘルシンキおよびその周辺地域を対象として- Analysis of Land Use Change using Aerial Photograph: A Case Study of Helsinki Region

立正大学 ○白木洋平

## 1. はじめに

2018年の夏季は世界各地、特に北半球で記録的な猛暑が観測された。夏季は比較的過ごしやすいたことが知られている北欧に着目してみると、たとえば北極圏に近いスウェーデンのクビックヨックでは1945年7月17日に記録された日最高気温の32.0℃を更新する32.5℃が、フィンランドでは7月の平均気温が1941年に記録された測定史上最高気温の19.2℃を0.4℃上回る19.6℃が記録されている<sup>1)</sup>。このような異常気象が常態化することは住民の健康に大きな問題を引き起こすことが考えられるが、これに人為的な要因によって引き起こされる高温化、いわゆるヒートアイランド現象が加わった場合、都市化あるいは市街地拡大の進度によっては、これまで熱環境の悪化に伴う住民の健康問題が深刻化していなかった地域においても今後健康問題について議論を行っていかねばならない可能性が出てくる。そこで本論では、都市の熱環境悪化に伴う健康被害についてはこれまで大きな問題とはなっていないものの、近年土地利用の変化、すなわち市街地の拡大が著しいフィンランドの首都ヘルシンキおよびその周辺地域を研究対象地域とし、熱環境の悪化と健康問題に関する有効な施策を検討する際に必要となってくる重要な情報の一つである土地利用データの作成および変化の傾向について解析を行ったので報告を行う。

## 2. 土地利用データの作成方法および土地利用変化の抽出方法

本研究では、地理情報システム（以下、GIS）を用いて土地利用データの作成および土地利用変化の傾向について作成、解析を行うこととした。一般的に、GISを用いて解析することが可能な形式を持つ土地利用情報の取得方法として、①既存の土地利用データを用いる方法、②リモートセンシングより得られた画像から土地利用分類を試みる方法、③紙地図（土地利用図）からデジタイズを施すことによって作成する方法などが考えられる。しかしながら、①の場合は近年の情報しか取得することは出来ず、②の場合は遡れる年代に限りがある。また、紙地図の場合は地図の精度や信頼性に問題点がある場合が多い。そこで、本研究では

1932年、1964年の空中写真を用いて目視にてデジタイズを行い、詳細な土地利用図の作成を試みた。さらに、既存の土地利用データより2000年、2012年を使用し、土地利用変化の傾向について解析を行った。

## 3. 結果

図1および図2に1932年と1964年のヘルシンキ周辺地域の土地利用図を示す。これによると、土地利用が大きく変化している様子が見て取れる。詳細な土地利用変化の傾向については発表時に説明を行う。

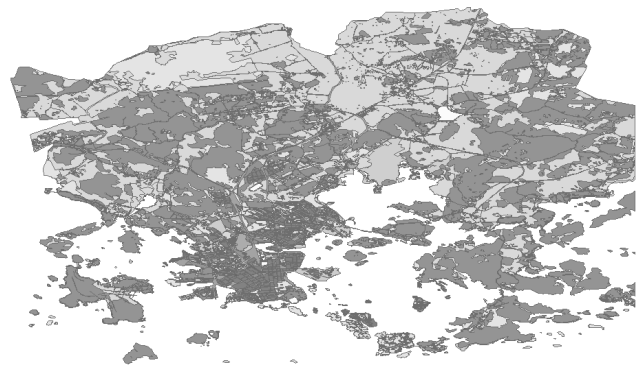


図1 ヘルシンキ周辺地域の土地利用分布（1932年）

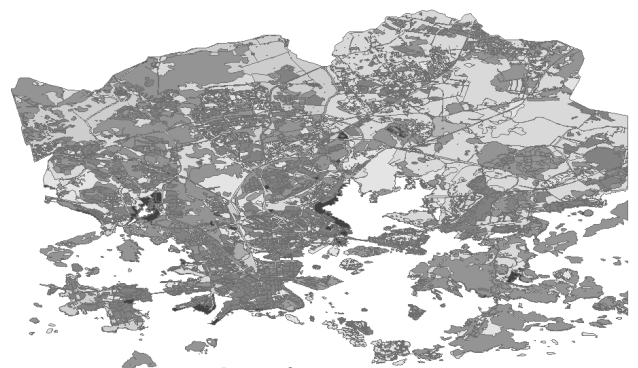


図2 ヘルシンキ周辺地域の土地利用分布（1964年）

## 参考文献

- 1) NOAA, Global Climate Report - July 2018,  
<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201807>

キーワード 地理情報システム, 土地利用変化



# 果樹と土壌のオーバーレイ解析 Overlay Analysis of Fruit and Soil

山梨大学 ○島崎 洋一

## 1. 研究目的

農業は気候変動の影響が最も及ぶ産業といわれている。特に、果樹は永年性作物であり、水稻や野菜などに比べて、適地適作や適品種が重要である。近年の気温上昇により、果実着色不良、果実軟化、日焼けなどの果実障害の問題が顕在化している。Sugiura et al.<sup>1)</sup>は年平均気温の上昇シナリオを適用し、ブドウの栽培適地の北限と南限を示した。今後、果樹の栽培適地の条件として、気温などの気象条件だけではなく、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、持続可能な農業の観点から、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。地理情報システムを用いて、山梨県峡東地域(山梨市・笛吹市・甲州市)における作付面積と土壌面積のオーバーレイ解析を行う。果樹と土壌の因果関係を統計的に解析することは、将来、気温上昇により果樹の栽培適地の変更が生じた際に役立つ可能性がある。

## 2. 解析方法

対象地域の山梨県峡東地域は、日本のブドウ栽培発祥の地とされる。また、モモやカキも少なくとも100年以上前から栽培されている。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に向けて申請の準備をしている。

本解析では、航空写真を参照することにより、8種類(モモ、ブドウ、カキ、サクランボ、リンゴ、田、畑、

その他)の作付面積を識別することを試みた。さらに、日本土壌インベントリー<sup>2)</sup>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。

## 3. 解析結果

図1に山梨県峡東地域におけるオーバーレイ解析の結果を示す。モモとブドウを比較した場合、モモはアロフェン質黒ボク土と褐色低地土が、ブドウは褐色森林土が、それぞれ高い割合となった。

## 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。ここに記して、深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) Sugiura T, Shiraishi M, Konno S, Sato A (2018) Prediction of Skin Coloration of Grape Berries from Air Temperature, The Horticulture Journal, Vol.87, No.1, 18-25
- 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ー, <https://soil-inventory.dc.affrc.go.jp/> (アクセス日: 2018年2月28日)

キーワード: 気候変動, 果樹, 土壌, オーバーレイ解析

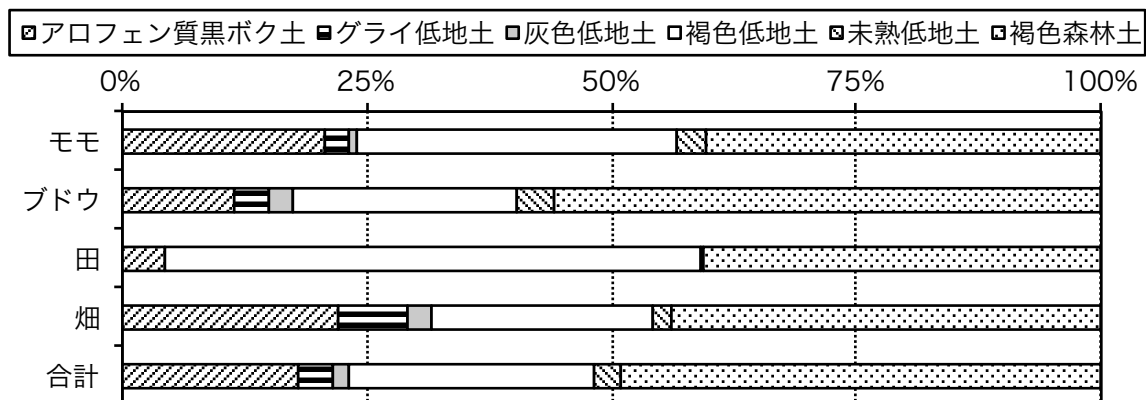


図1 作付面積と土壌面積のオーバーレイ解析の結果

# インドネシアにおける ESD 実施および環境意識調査

## Environmental consciousness survey for ESD implementation in Indonesia

○谷川彩実<sup>1</sup>, 蒲原新一<sup>3</sup>, 早瀬隆司<sup>2</sup>, 中道隆広<sup>3</sup>, 石橋康弘<sup>1</sup>  
(1.熊本県立大学, 2.長崎大学, 3.長崎総合科学大学)

### 1. はじめに

21 世紀において人類は地球環境問題、資源保全、人口増加問題、地域紛争やテロなど様々な世界的課題に直面している。これらの課題は、現在の開発が持続不可能であることを示し、持続可能な社会システムへの移行が重要であることを示唆している。2015 年 9 月の国連サミットでは、持続可能な社会の構築のために 17 の目標を定めた「持続可能な開発目標 (SDGs)」が採択された。その中の目標 4 の「教育」は、17 の目標すべての達成に貢献するものであり、この目標 4 のターゲット 4.7 に「持続可能な開発のための教育 (ESD)」が明示されている。ESD は SDGs の達成に直接・間接的関わる重要な活動であり、現代社会の課題を自らの課題として捉え、身近なところから取り組むことにより、それらの課題の解決につながる新たな価値や行動を生み出すこと、そしてそれによって持続可能な社会を創造していくことを目指す学習や活動のことである。また、ESD はさまざまな分野にまたがる活動であるため、環境、経済、社会の統合的な発展に寄与するものであると考えられる。

そこで、本研究では、ごみ問題が深刻なインドネシアにおいて、ごみの分別方法および回収方法を試験的に導入し、対象地域の住民のごみに対する問題意識および環境保全に対する関心について調査した。ごみの分別方法および回収方法導入前後の対象地域の住民のごみに対する問題意識や環境保全に対する関心と行動の変化について明らかにすることを目的とした。

### 2. 調査方法

#### 1) 調査地域

インドネシア共和国を対象国とし、その首都であるジャカルタ特別州の南ジャカルタ市のレンテンアグン (Lenteng Agung) 地域の第 9 町内会を調査対象地域とした。なお、この第 9 町内会は、ジャカルタ特別州の環境清掃局の職員住宅のある地域であり、住民全員がジャカルタ特別州の環境清掃局の職員およびその家族が居住しており、様々な環境活動が地域内で実施され、「Climate village」と呼ばれている。

#### 2) 調査方法

調査は記述式のアンケートにより行った。調査地域を

訪問してアンケートを依頼し、後日回収を行った。質問内容は、回答者の属性 (性別、年齢、学歴)、ごみの分別に関する質問、および環境保全に関する質問である。調査対象者は調査対象地域の住民とし、各家庭に 1 部配布することとした。アンケートは日本語で作成した後、英語およびインドネシア語に翻訳を行った。

### 3. 結果および考察

アンケートは 2018 年の 8 月および 11 月の 2 回実施し、回収率は 55.9% (8 月) および 85.5% (11 月) であった。8 月のアンケートは英語で記述したため、回収率が低くなったが、11 月の調査はアンケートをインドネシア語で記述したため、高い回収率となったと考察された。98.7% の住民が環境保全に興味があると回答し、88.0% の住民が環境保全活動を実施していると回答し、「Climate village」と呼ばれている地域であることが改めて確認できた。また、ESD やエコツーリズムという言葉を知っているかとの間に対しては、住民の約 60% が知っているまたは単語だけと回答し、学歴が高くなるとその割合が高くなっていた。今回のアンケート調査では、ジャカルタ特別州の南ジャカルタ市のレンテンアグン地域の第 9 町内会の住民は環境意識、エコツーリズムに対する意識が高いことが確認された。また、最終学歴が高いほど環境意識、エコツーリズムに対する知識が高いことが示された。

### 参考文献

- 1) Nea Pakarinen (2015) Transition Practices: Education for Sustainable Development in Ecotourism, Master thesis in Sustainable Development 267.
- 2) Yuejun Zheng (2010) Association Analysis on Pro-Environmental Behaviors and Environmental Consciousness in Main Cities of East Asia, Behaviormetrika, Vol.37 No.1, 55–69
- 3) Manuel Jiménez-Sánchez, Regina Lafuente (2010) Defining and measuring environmental consciousness, Revista Internacional de Sociologia, Vol.68 No.3, 731-755

キーワード 環境意識, 持続可能な開発のための教育, SDGs

# 環境配慮行動の解釈レベルに関する考察

## A study of construal level on environment-conscious behavior

小樽商科大学 ○山本充

### 1. はじめに

環境に優しい態度を持っていたとしても、実際の行動選択では必ずしも環境に配慮した行動を実践するとは限らない。環境配慮行動の選択・実践を促す情報提供やコミュニケーションを行うためには、態度と行動の不整合をもたらす要因を明らかにする必要がある。そこで本研究では、家庭用のお米の購入行動を対象に広瀬(1994)の要因関連モデルと Trope & Liberman(2003)の解釈レベル理論を援用し、環境配慮の態度形成と行動判断における解釈レベルの影響を明らかにすることを目的とした。

### 2. 調査および分析方法

調査は、2019年9月にインターネット調査会社のモニター2,722名を対象に家庭用のお米の購入行動と生物多様性保全に関するWEBアンケートにより行った。調査項目は、家庭用のお米の購入基準に加え、要因関連モデルに従い目標意図（環境配慮の態度：水田地帯では多様な生きものが生息できる環境を保全した方が良いと思う）とその規定因として環境リスク、責任帰属、対処有効性の認知に関する項目、行動意図（環境配慮行動：環境に配慮した栽培方法で作られたお米を購入したいと思う）とその規定因として実行可能性、便益・費用、社会規範の評価に関する項目で構成した（回答は5件法）。また、18個の行為に関する回答（提示した行為に対して具体的な解釈と抽象的な解釈のいずれかを選択）から Vallacher & Wegner(1989)の BIF (Behavioral Identification Form) 指標を作成して解釈レベルを計測した。この BIF 指標値の大きさを比較することで解釈レベルの高低（心理的距離の大小）を判断した。

### 3. 結果と考察

環境配慮の態度（目標意図）形成がみられたのは72.8%であったが、環境配慮行動を行う意思（行動意図）を示したのは59.5%であった。①環境配慮の態度と行動の一致がみられたのは50.8%で、④態度も行動も環境配慮がみられないのは18.6%であった。また、②22.0%の人は環境配慮の態度を示しながらも行動の意思がみられなかった。残りの③8.7%の人は環境配慮の態度は示さなかったものの結果的には環境配慮行動を行う意思を

示した。そこで、環境配慮の態度形成があり環境配慮行動を行う意思がある人①と、態度形成はみられるが環境配慮行動を行う意思がない人②に着目して BIF 指標（0～18の値をとる）により解釈レベルの違いを分析した結果、BIF 指標の平均値は①の人で12.61、②の人は11.64となり②の人の解釈レベルは①の人よりも低いことが明らかとなった（ $t(1979) = -6.4833, p < 0.001$ ）。解釈レベル理論では、解釈レベルが高いと対象を望ましさの観点で解釈して判断を行い、解釈レベルが低いと実行可能性の観点から解釈して判断を行うと考えられることから、②の人は環境配慮行動の実行可能性の観点から行動実践が困難であると判断したものと考えられる。

一方、要因関連モデルでは環境配慮行動実践の行動意図形成は行動の実行可能性、行動に伴う便益・費用および社会規範の評価が規定因と考えられている。そこで、これらの項目に対する①と②の人の評価の違いを評点平均により確認した。その結果、表1に示すように解釈レベルが低い②の人は環境配慮行動に伴う費用（家計の負担や購入の手間等）を重視することが明らかとなった。

表1 行動意図の規定因に対する評価

行動意図規定因	①	②	<i>t</i> 値	<i>p</i> 値
実行可能性評価	2.872	2.753	-3.268	0.001
便益評価	3.877	3.233	-23.748	0.000
費用評価	2.743	3.109	13.202	0.000
社会規範評価	2.892	2.491	-13.881	0.000

注）すべて Welch 近似による。

### 参考文献

- 1) 広瀬幸雄（1994）環境配慮行動の規定因について，社会心理学研究，10(1)，44-55
- 2) Trope, Y. and Liberman, N. (2003) Temporal Construal, Psychological Review, 110(3), 403-421
- 3) Vallacher, R.R. and Wegner, D.M. (1989) Levels of personal agency: Individual variation in action identification, Journal of personality and Social Psychology, 57(4), 660-671

キーワード 環境配慮行動，解釈レベル，要因関連モデル，BIF 指標

# 持続可能な食消費に対する意思・行動とその規定要因に関する分析

## Analysis of intentions, actions, and determinants for sustainable food consumption

名古屋大学 ○藤原なつみ, 愛知大学 辻隆司

### 1. はじめに

「持続可能な消費」の概念は、国連環境開発会議（1992年）のアジェンダ 21 において初めて提起された。本研究では、持続可能性に配慮した消費行動の中でも、特に身近な消費行動である「食」消費に注目する。

持続可能な食消費がどのような要素で構成されるのかについて明確な定義は存在していないが、例えば Mason & Lang (2017) は、持続可能な食消費を検討する際に、品質（味など）、経済（手頃な価格など）、環境（気候変動、生物多様性など）、健康（栄養、食品の安全性など）、社会的価値（文化、動物福祉）、ガバナンス（意思決定システム）の要素を含んだフレームワークを提案している。こうした先行研究を踏まえて、本研究では持続可能な食消費に関する要素として、環境、社会、安全、健康、品質（味）の5つに着目した。

食消費の選択においては、その過程において外部的要因（生産流通システム、文化的背景、慣習など）の影響を強く受けること、健康、おいしさといった多様な要素が検討されることから、その規定要因は多様で複雑となっている。本研究では、それらの中で特に社会関係資本（ソーシャル・キャピタル）に着目し、持続可能な食消費への意思にどのような影響を及ぼしているかについて分析・考察を行った。

社会関係資本については、Putnam (2006) をはじめ多くの研究が行われているが、食と社会関係資本との関係性については、山下 (2016) が文献研究を踏まえて両者に密接な関係があることについて指摘しているものの、先行研究は少ない。特に、食のサステナビリティとの関係性を論じた研究はほとんど見られない。本研究では、社会関係資本の醸成が、環境や社会への影響を含めた食の多面性に対する気づきを与えている可能性があると考えた。そして、両者の関係について今後さらに考察を進めていくための仮説探索的研究として、アンケート調査に基づく分析を行った。なお、社会関係資本に関する設問項目は、埴淵 (2018) を参照した。

### 2. 研究の方法

本研究で使用するデータは、全国の18歳以上の男女を対象に実施したインターネットアンケート調査（「日

常についてのアンケート」）の個票である。調査設計と調査票の作成は筆者らが行い、インターネット調査の回答依頼・回収等はインターネット調査の専門会社に委託した。調査内容は、食への意識に関する質問に加えて、年齢、性別、所得、資産、学歴、職業、価値観、社会関係資本などの個人属性要因を様々な観点で把握した。そして、持続可能な食消費に関する意識の決定要因を探るべく、持続可能な食消費を構成する5つの要素を、社会関係資本等を含む様々な個人属性要因で説明する関数を想定し、アンケート調査結果の個票データをもとに順序プロビットモデルを用いて関数の推定を行った。

### 3. 結果と考察

推定の結果、持続可能な食消費に関する意識は、性、年齢、所得、価値観などの様々な個人属性要因の影響を受けていることが明らかになった。また、その傾向は、持続可能な食消費の5つの要素ごとに差異がみられた。さらに、社会関係資本などの外部的要因を組み入れた関数の推定も行ったが、その結果、持続可能な食消費に関する消費者の意識と社会関係資本との間には、一定の関係性を見出すことができた。持続可能な食消費に対して、社会関係資本などの外部的要因の重要性が示唆された。

### 参考文献

- 1) P. Mason., and T. Lang. (2017), Sustainable Diets: How Ecological Nutrition Can Transform Consumption and the Food System, Routledge.
- 2) Putnam R. D. (2000), Bowling Alone: the Collapse and Revival of American Community, Simon & Schuster, (柴内康文訳 (2006), 孤独なボウリング——米国コミュニティの崩壊と再生, 柏書房.)
- 3) 山下三香子 (2016) 日本におけるソーシャル・キャピタルと食の一考察, 鹿児島県立短期大学紀要, 第 67号, p49-62.
- 4) 埴淵知哉編 (2018), 社会関係資本の地域分析, ナカニシヤ出版.

キーワード 食消費, サステナビリティ, アンケート調査, 社会関係資本

# リユース目的のチャリティーショップの利用意図に影響する要因の検討

## Factors Affecting Intention to Using Charity Shop for Reuse

南山大学 ○前田洋枝, 愛知淑徳大学 渡邊聡

### 1. 問題

市民が不用品を寄付し、売り上げは運営団体が行なう環境保全活動など多様な社会問題の解決に使われるチャリティーショップが近年国内でも見られるようになり、2015年に日本チャリティーショップ・ネットワークも設立された。市民は、不用品の寄付やリユース品の購入の他、運営ボランティアとしてもチャリティーショップに関わることができる。ボランティア活動参加の規定因は例えば、前田他<sup>1)</sup>が参加者自身のエンパワーメントを挙げているが、チャリティーショップそのものの活動達成度なども含めて、行動意図とその規定因を検討する。

### 2. 方法

#### 2.1. 対象者と手続き

名古屋市内で認定NPO法人中部リサイクル運動市民の会が運営するチャリティーショップ3店舗の利用者を対象とした。各店舗に質問紙と回答封入用封筒を入れた配布用封筒を用意し、来店した利用者に回答を依頼した。回答は店頭で回収し、回答お礼として3店舗共通お買物券200円分を渡した。2018年7月～8月に計185名に配布し、148名が回答した(回収率80.0%)。

#### 2.1. 質問紙の構成

本稿で分析に使用したのは、1) 活動達成度評価9項目、2) 収益の使途に関する意向(活動の範囲6項目、活動内容12項目、3) チャリティーショップ利用によるエンパワーメント評価6項目、4) 今後のチャリティーショップ利用意図6項目であった。1)は「全くできていない」～「とてもできている」の5段階評価、2)～4)は「全くそう思わない」～「とてもそう思う」の5段階評価で尋ねた。

### 3. 結果と考察

#### 3.1. 因子分析

主因子法、プロマックス回転により因子分析を行なった。活動達成度評価は、リユース品橋渡しと運営NPOの活動資金獲得(2項目)、情報提供・発信と地域拠点(4項目)、他のNPO/NGOの支援・協働(3項目)の3因子が抽出された。収益の使途に関する意向(活動の範囲)は、東海地方まで(4項目)と国内・途上国(2項目)の2因子が

抽出された。収益の使途に関する意向(活動内容)は、リユースの仕組みづくり(5項目)、情報発信・外部との協働、他NPO/NGOへの寄付(2項目)の3因子であった。エンパワーメントは有能感、連帯感、地域に対する有効感(各2項目)の3因子が抽出された。チャリティーショップ利用意図は、運営ボランティア行動意図、自身のリユース行動意図、家族または友人・知人に対するリユース勧誘意図(各2項目)の3因子が抽出された。各因子( $\alpha=.664\sim.958$ )に含まれる項目の単純加算平均を尺度得点として分析に使用した。

#### 3.2. 重回帰分析による要因間の関連の検討

チャリティーショップ利用意図の各因子を基準変数、活動達成度評価、収益の使途に関する意向、エンパワーメントの各下位因子を説明変数として重回帰分析を行なった。自身のリユース行動意図( $R^2=.376$ )に最も強く影響したのはリユース品橋渡しと運営NPOの活動資金獲得( $\beta=.417, p<.01$ )、次に情報発信・外部との協働( $\beta=.367, p<.05$ )であった。家族または友人・知人に対するリユース勧誘意図( $R^2=.458$ )に最も強く影響したのは、情報発信・外部との協働( $\beta=.330, p<.05$ )、次いで国内・途上国( $\beta=.238, p<.05$ )と地域に対する有効感( $\beta=.234, p<.05$ )がほぼ同程度に影響していた。運営ボランティア行動意図( $R^2=.242$ )に最も強く影響したのは、情報発信・外部との協働( $\beta=.476, p<.01$ )、次に他のNPO/NGOの支援・協働( $\beta=.394, p<.05$ )であった。エンパワーメントが行動意図に影響したのは家族または友人・知人に対するリユース勧誘意図のみであった。外部との協働による活動が本人のリユース行動意図および家族・友人のリユース勧誘意図に比較的強く影響した。

#### 参考文献

- 1) 前田洋枝・広瀬幸雄・安藤香織・杉浦淳吉・依藤佳世(2004) 環境ボランティアによる資源リサイクル活動とエンパワーメント——参加者の有能感・連帯感・有効感の獲得と今後の活動意図—— 廃棄物学会論文誌 15(5), 398-407,

キーワード リユース品購入, 不用品寄付, ボランティア, 利用者, 行動意図

# 高齢者のごみ分別に関する調査: 訪問介護員からみた視点

## Survey on Waste Segregation Behavior of Aged Persons: A Perspective of Home Care Workers

神戸大学 ○田畑 智博, 片桐 恵子

### 1. はじめに

超高齢社会の進行は様々な行政サービスに影響を及ぼすと予想されるが、その一つがごみ処理である。筆者らはこれまで高齢者のごみ分別行動に関する調査を行い、高齢者ほどごみ出し・ごみ分別が困難になる可能性があること、心身の健康状態の維持がごみ出し・ごみ分別に影響することを見出してきた<sup>1-2)</sup>。本研究では訪問介護員の視点から、高齢者でかつ要支援・要介護者のごみ出し・ごみ分別の状況を調査することを目的とする。

### 2. 研究の方法

調査会社が保有する職業が訪問介護員(経験者含む)のモニターを対象として、Web アンケート調査を実施した。対象者は全国 103 名、調査実施日は 2018 年 10 月 18 日~19 日である。主な質問は、①要介護度別に担当している高齢者の人数、②担当している高齢者のうち、ごみ分別・ごみ出しを自分でできないと思われる方の割合、③担当している高齢者の住まいが、ごみ屋敷あるいはごみ屋敷に近い状態であると思う家はあるか、である。得られた結果のうち、適切に回答していた 75 人の結果を有効回答とし、統計処理を施して結果を考察した。

### 3. 結果と考察

訪問介護員は、要支援 1~2 で 5.7 人、要介護 1~2 で 6.4 人、要介護 3~5 で 4.3 人の高齢者(いずれも平均)を担当していた。上述②の質問では、要支援 1~2、要介護 1~2 とも過半数がごみ分別・ごみ出しできるという回答だったのに対し、要介護 3~5 はできないという回答が 70%近くとなった。要介護 3 の判断は、「身の回りのことを自身のみでできないこと」が目安とされるが、多少は自身でできる高齢者も存在した。上述③の質問では、回答者の約半数が、ごみ屋敷あるいはごみ屋敷に近い状態であると思う家があると回答した。その理由として、「賞味期限切れの食品が放置されている」、「ごみ箱に捨てたものがタンスの中に入っていた」等があった。

### 4. まとめ

要介護度の悪化はごみ分別・ごみ出しに強く影響することが伺えた。このような状態はごみ屋敷の発生にも関

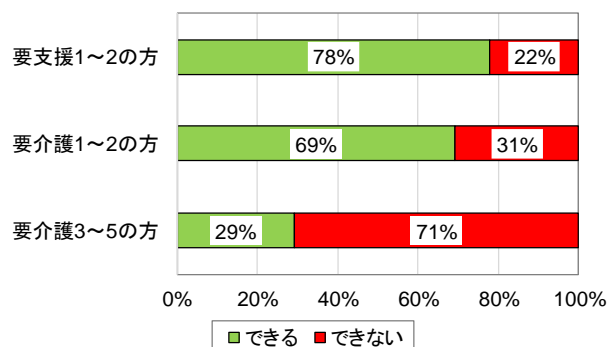


図1 日常のごみ分別に関する質問

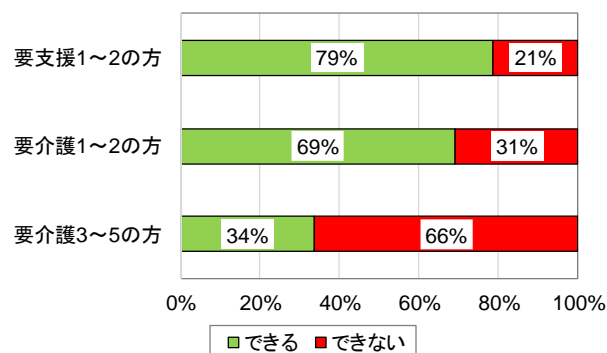


図2 日常のごみ出しに関する質問

係してくるといえる。心身の健康維持は、福祉の増進だけでなく、自治体のごみ処理サービスの維持にも大きな影響を及ぼすものと考えられる。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費(16K12687)の助成のもと実施した。調査に協力頂きました皆様に、厚く御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 田畑, 片桐 (2017) 後期高齢者の容器包装プラスチック分別行動の調査, 環境科学会 2017 年会予稿集, 7
- 2) Tabata ,T. et al. (2018) Plastic packaging waste segregation behavior of residents and its environmental effect on municipal solid waste management, Int J Therm Environ Eng, 16, 73-79

キーワード 高齢者, ごみ分別, 訪問介護員, 要介護者

# 大阪府での地震災害を想定した化学物質取扱事業所周辺における潜在曝露リスクの評価 Potential Exposure Assessment Triggered by the Earthquake around the PRTR Registered Chemical Plant in Osaka Prefecture

大阪大学 ○小島直也, 伊藤理彩, Nguyen Thi Hoa, 田渕裕也, 東海明宏, お茶の水女子大学 中久保豊彦

## 1. はじめに

大阪府<sup>1)</sup>では、化学物質の貯蔵量と事業所位置情報を用いて、化学物質取扱事業所の空間分布を作成し、これに将来想定される地震の分布を重ね合わせ、自然災害に起因する産業事故 (Natech: Natural hazard triggered technological accident) の予測や対策立案, 例えば避難訓練のシナリオ作成や事故被害が重篤になりうる地域の推定, などに利用している。そこで, 本研究では化学物質の取扱量に加え, その毒性の強さと, 大気拡散に関する物理・化学特性の3つを用いて, 事業所周辺における化学物質の潜在曝露リスクを推計することを試みた。

## 2. 方法論

### 2.1. 取扱量・毒性・拡散能に係るパラメータを用いた化学物質の相対リスク評価

Harold et al.<sup>2)</sup> は化学物質の相対的なリスクの大きさを式 1 で表し, 世界で貿易される 350 の危険物質・有害物質のうちで優先してリスク管理されるべき物質を化学物質の取扱量, 毒性の強さ, 大気拡散能から評価した。Harold et al.<sup>2)</sup> の目的は厳密なリスク比較ではなく, 管理の優先順位の設定であるため, 取扱量や毒性の強さをスコアに換算し, リスク評価, その比較を行った。

以上から, この3指標を用いることで化学物質の取扱によって潜在的に生じうるリスクを示せると考えた。

$$\begin{aligned} \text{(Relative) Risk} &= (\text{Toxicity} \times \text{Behaviour}) \\ &\times (\text{Annual Tonnage} \times \text{Frequency shipped}) \end{aligned} \quad \text{式 1}$$

### 2.2. 解析対象地と解析用データセットの作成

本研究は大阪府下の事業所を対象に, ケーススタディを実施した。大阪府は, 国の化学物質排出移動量管理 (PRTR: Pollutant release and transfer registration) 制度<sup>3)</sup> に加えて, 府条例を通じて大規模災害に備えた化学物質による環境リスクの低減対策の提出を事業者に求めており, 災害と化学物質管理の議論に最適な地域と考えた。

PRTR 対象 462 物質の取扱量は, 既に公開されている排出・移動量から推計した。災害時には化学物質や事業所の状態に依らず, その取扱量に比例した曝露が生じる

との安全側の仮定で, 潜在曝露リスクとして評価した。1~5 の取扱量スコアへの換算はその記述統計量から設定した。毒性に関して, PRTR では慢性曝露指標が主に懸念される。しかし, 災害時には急性曝露が懸念されるため, 参照可能な範囲で急性曝露ガイドライン濃度 (AEGL: Acute Exposure Guideline Level) あるいは脱出限界濃度 (IDLH: Immediately Danger to Life and Health) から毒性クラスへと換算した。拡散能に関するパラメータは EPI Suite<sup>TM</sup> などのツール推計結果, あるいは化学物質のデータベースから収集し, Harold et al.<sup>2)</sup> と同様のスコアへ換算した。

事業所の位置情報は PRTR<sup>4)</sup> で公開されているものの, シナリオを前提としたリスク評価結果を事業所位置上に表示することは, 誤解を生じうると考えられる。そのため, 評価結果はリスクスコアが最大となった物質情報を, 1km×1 km メッシュ上に表示することとした。

## 3. おわりに

大阪府下における化学物質の取扱分布, および安全側のリスク想定シナリオとしてそれらの大気拡散が起こった際の曝露リスクを 1 km×1 km メッシュの地図情報として可視化した。これらの情報は, 対策を優先すべき地域や物質・事業所に有用と考えられ, 将来の Natech リスク低減に寄与すると見込まれる。

## 参考文献

- 1) 大阪府 (2007) 大阪府自然災害総合防災対策検討 (地震被害想定) 報告書。
- 2) Harold, P.D., de Souza, A.S., Louchart, P., Russell, D., Brunt, H. (2014) Development of a risk-based prioritisation methodology to inform public health emergency planning and preparedness in case of accidental spill at sea of hazardous and noxious substances (HNS), *Env. Intl'*, 72, 157-163.
- 3) 環境省: PRTR インフォメーション広場, [www.env.go.jp/chemi/prtr/risk0.html](http://www.env.go.jp/chemi/prtr/risk0.html) (最終閲覧日:2019年7月10日)。

キーワード 防災, Natech, ヒト健康影響, 急性曝露, 化学物質管理



# 自然災害が引き起こす化学物質流出事故の給水機能への影響と対策オプション評価

## Assessment of water supply function and measures for chemical release accidents caused by natural disaster

大阪大学 ○伊藤理彩, 東海明宏, お茶の水女子大学 中久保豊彦, 大阪大学 Nguyen Thi Hoa, 小島 直也

### 1. 序論

近年、自然災害が引き起こす産業事故の影響が懸念されており、東日本大震災でも高濃度のフッ化水素酸などの有害な化学物質の流出が確認された<sup>1)</sup>。その一要因として、平常時の化学物質管理は比較的整備されている一方で、突発的な事象が引き金となって起こる産業事故に対する対策は、未だ不十分であったことが考えられる。そこで本研究では、事故後を想定した化学物質の環境動態解析を行うとともに、河川水中の水生生物保全と浄水場の給水機能停止の2つをエンドポイントとして、事故による被害を低減するための対策について評価した。

### 2. 方法

事故が起きた場合に給水システムへ大きな影響を及ぼし得る物質に対し、平常時の事業所からの排出量が把握可能なPRTR(Pollutant Release and Transfer Register)対象の462物質からi)毒性、ii)浄水場での除去困難性、iii)取扱量の3軸を基準としてスクリーニングを行った。

評価対象として、上水道の給水人口が日本最大である淀川の付近に位置する事業所を選定した。また上町断層由来の直下型地震発生時に、淀川流域の事業所から甚大な化学物質流出事故が発生し得る件数とその確率を、過去の地震で発生した流出事故の統計<sup>2)</sup>とポアソン分布を用いて算出した。次に化学物質流出量、事故発生時期等の観点から、最悪のケースを想定した流出シナリオを構築し、事故後の化学物質の河川水中の濃度計算を行った。また対策オプションの有無によって、どれだけ被害を削減することが可能であるか考察を行った。(図1)

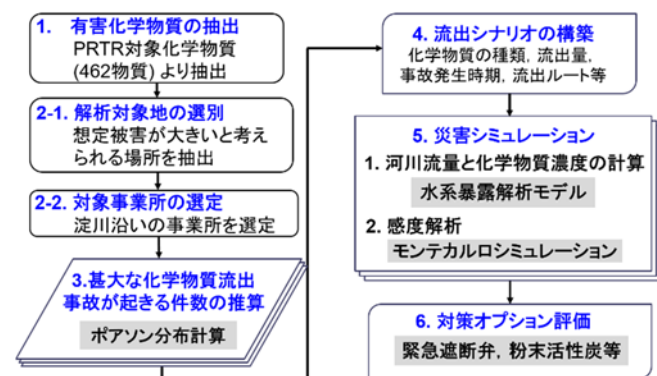


図1 研究の枠組み

### 3. 結果と考察

化学物質が全量流出した場合、選定した14物質中の12物質が、水生生物(*Daphnia magna*)の予測無影響濃度(PNEC)を超えることが分かった。給水停止の判断基準は、厚生労働省より進められている亜急性毒性に基づく管理基準<sup>3)</sup>に従った。その結果、下流で取水された原水が到達する浄水場で活性炭処理が行われたとしても、流出物質のうちの4物質は基準値を超過する可能性が高いことが分かった。一方、対策オプションの1つである緊急遮断弁が正常に機能した場合(流出量=タンク貯留量×2%以下と設定した場合)、亜急性毒性値を超過する濃度が出現するケースは認められなかった。PNECを超過する物質も1物質に抑えられることから、本対策は給水の確保と生態系保全の双方に有効であることが分かった。

### 4. 結論

平常時のリスク管理において、生物濃縮の観点からリスクが低いと評価されている物質は、その特性が浄水場での除去困難性に結びつき、災害時には新たなリスクを生み出す側面をもつことが明らかとなった。一方、対策オプションの1つである緊急遮断弁は流出そのものを抑えることができ、自然災害による突発的な事故時のリスクの削減手段として、非常に有効であることが分かった。

### 参考文献

- 1) 大阪府環境農林水産部環境管理室(2014)大阪府化学物質管理制度 届出マニュアル, p. 18.
- 2) Santella, N., Steinberg, L. J., and Aguirra, G. A. (2011) Empirical estimation of the conditional probability of Natech events within the United States. *Risk Analysis*, 31(6), 951-968.
- 3) 厚生労働省 平成28年度第1回水質基準逐次改正検討会 [www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/0000136178.html](http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/0000136178.html) (2019.7.3 閲覧)

キーワード Natech (natural hazard-triggered technological accidents), 化学物質, 対策オプション, 環境動態解析



# 有機物施用による塩類集積土壌の改善—モデル実験

## Reclamation of saline-sodic soils by organic matter application: A model experiment

名大院生命農（現(株)ランドソリューション） 佟 麗敏，名大院生命農 ○渡邊 彰

### 1. 背景および目的

乾燥地土壌の化学的劣化は主に塩類集積であり，特にソーダ質化は，土壌の化学性と物理性を著しく低下させる。ソーダ質土壌の主な改良法は，石膏等の Ca 資材を施用し，Na の排出を促進する方法であるが，経済的により入手しやすい他の資材の開拓が待たれている。本研究では，K 資材として，生物生産性の改善も期待できる堆肥に着目し，各種堆肥の Na 除去能と土壌物理性の改善効果をモデル実験により明らかにすることを目的とした。

### 2. 試料および方法

土壌は中国内蒙古自治区通遼の塩性ソーダ質土壌 (pH, 10.1; EC, 0.51 dS m<sup>-1</sup>; CEC, 78 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; 土性, 砂壤土; 粘土鉱物, カオリナイト/雲母) 堆肥は牛糞, 稲わら, 菜種油かす, バーク各堆肥 (<2 mm) を用いた。

土壌に各堆肥を重量比 0~10%の割合で添加混合し，5 倍量の超純水を加えて室温で一晩静置，1 時間振とう後，遠心分離によって土壌を回収し，上澄液の pH と EC を測定した。土壌中に残留した水溶性塩基を 70%エタノール，10%エチレングリコール溶液で抽出除去した後，1 M 塩化コリンを含む 70%エタノール溶液，1 M NH<sub>4</sub>Cl を含む 60%エタノール溶液を (pH 8.5) を用いて，外圏型および内圏型吸着カチオンを逐次的に抽出し (Tucker, 1985)，抽出液中の Ca, Mg, K, Na) 濃度を ICP，原子吸光または炎光光度法で測定した。堆肥中の水溶性塩基含量も測定した。

堆肥添加が土壌透水性に与える影響を評価するために，分散率の変化を調べた。通遼土壌 10 g に上記の比率で牛糞，稲わら，菜種油かす各堆肥を混合し，蒸留水 50 mL を加えて一晩静置した。その後，蒸留水 950 mL を添加，振盪し，静置後の土壌沈降速度から分散率を求めた。

### 3. 結果

堆肥中の水溶性 K 含量は，牛糞（以下“堆肥”略），稲わら，菜種油かす，バークの順に高く，水溶性 Na 含量は，牛糞，バーク，稲わら，菜種油かすの順であった。未添加土壌と比較してバーク以外の堆肥の添加は，交換性 Na 量を減少させ（牛糞 5 および 10%添加は内圏型の

み減少），交換性 K 量を増大させた。特に菜種油かすは，2~10%の添加で内圏型吸着 Na 量を 78~93%減少させ，外圏型吸着 Na も最大で 73%減少させた。交換性 K 量の増大は堆肥添加率が高いほど大きかった。一方，交換性 Ca および Mg 量は，堆肥の添加によりやや減少するか変化しなかった。これらの結果は，堆肥中の K の一部が土壌中の Na を置換溶出させたことを示唆した。

また，各堆肥添加土壌の pH は，無添加時の 9.3 から 6.6~8.4 まで低下しており，いずれの堆肥においても添加率が高いほど pH の低下が大きくなる傾向を示した。

各種堆肥の添加は，通遼土壌の蒸留水中における分散率も低下させ，添加率が高いほど分散率が低下する傾向が認められた。分散率と EC の間には負の相関があり，Na 占有率の低下を伴う EC の増大が透水性を向上させたと考えられた。

以上より，堆肥の施用は，土壌を分散させることなく，塩性ソーダ質土壌中の交換性 Na を減少させ，pH を矯正することができ，その効果は水溶性 K 含量が高く，水溶性 Na 含量が低い堆肥ほど大きいと考えられた。

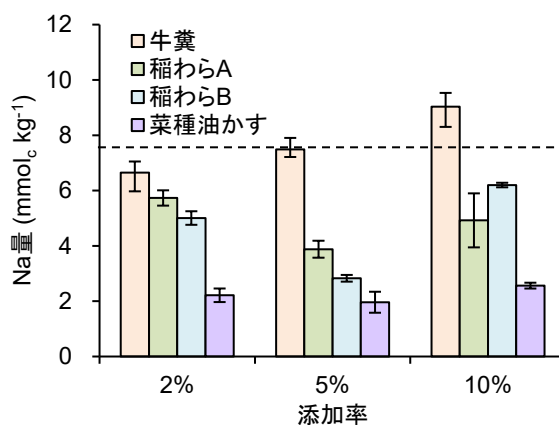


図 1 堆肥添加による通遼土壌中の 1 M 塩化コリン抽出 Na 量の変化

### 参考文献

1) Tucker BM (1985) A proposed new reagent for the measurement of cation exchange properties of carbonate soils. Aust. J. Soil Res. 23, 633-42.

キーワード 塩類土壌，塩類除去，堆肥，イオン交換

# 地域リスク評価のための適正な環境モニタリング頻度等の検討 Analysis of appropriate environmental monitoring frequency for regional risk assessment

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

## 1. はじめに

大気汚染防止法に基づき、健康に対するリスクが懸念されるベンゼンやトリクロロエチレン等の有害大気汚染物質について、自治体により、月1回等の環境モニタリングが行われているが、地点数や測定回数など測定データに限界がある。そこで、東京都が1時間値を通年で収集してきたVOC連続測定データを用いて、測定頻度等による測定値の誤差やリスク評価に与える影響を解析した。

## 2. 使用データ

東京都環境局が、2013～2015年度に毎日1時間ごとにVOCモニタリングシステム※により観測したVOC16成分のデータを用いた。観測地点は都内6地点で、①大田区、②板橋区、③江東区、④町田市、⑤東大和市、⑥道路沿道（世田谷区）である。

※VMS-2 (TD-2/GCMS-QP2010Plus) (株)島津製作所

## 3. 解析手法

解析は、吉門ら<sup>1)</sup>の手法を参考に、上記2を日平均濃度に換算した値について、物質かつ地点ごとに行った。

まず、2013及び2014年度は各365個、2015年度は366個の時系列データについて、毎日測定した場合の平均値を真の年平均値とした。次に、 $n$ 日周期で間欠的にデータを抽出した場合の年平均値 $n$ 個を算出し、年平均値 $n$ 個の標準偏差を求め、標準偏差を真の年平均値で除した値を変動係数とした。

## 4. 解析結果

有害大気汚染物質モニタリング指針「原則として月1回以上」に相当する30日周期データにおいて、変動係数の大きい物質は6地点平均で、アクリロニトリルや塩化ビニルモノマー、変動係数の小さい物質は、四塩化炭素やベンゼンであった（図1）。また、ジクロロメタンやトルエンでは、30日周期の変動は大きくないが、7日周期（曜日ごと）では、地点別の変動や曜日ごとの大気濃度の差が大きく、地点によって事業活動に伴う排出の影響が異なることが示唆された（図2）。

各物質の標準偏差へ、大気への排出の人による毒性重み付け係数<sup>2)</sup>を乗じ、年平均値の誤差によるリスク評価に与える影響を比較した結果、アクリロニトリル、ベン

ゼン、1,3-ブタジエンで大きかった。

【謝辞】 VOC連続測定データを御提供くださいました東京都環境局に感謝いたします。また、本研究は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費（SⅡ-4）により実施しました。

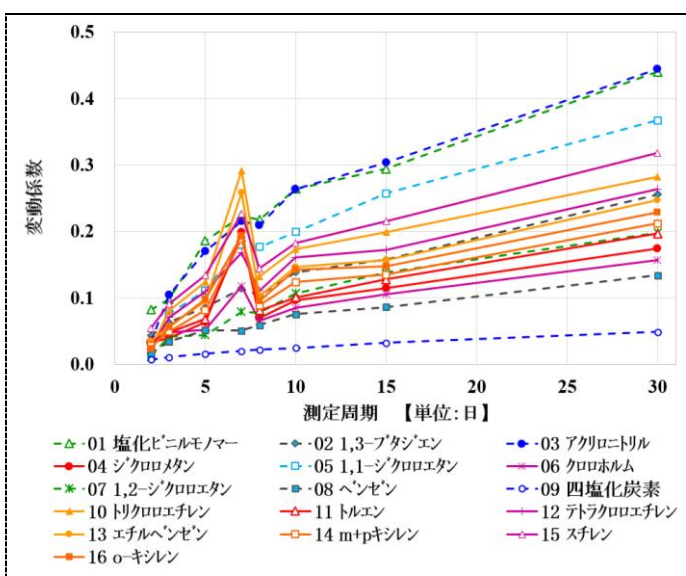


図1 測定周期の違いによるVOC成分の年平均値の変動係数

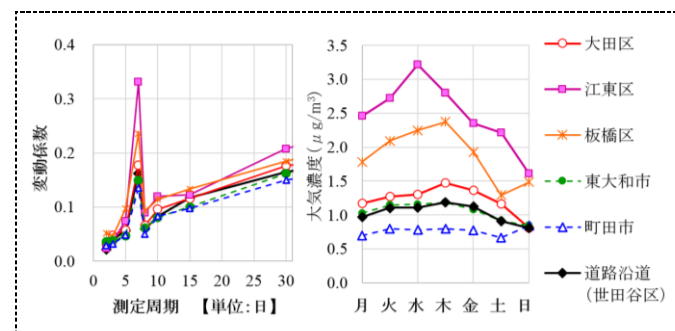


図2 測定周期の違いによる地点別の年平均値の変動係数及び曜日別平均濃度（ジクロロメタンの例）

## 参考文献

- 1) 吉門洋ら (2000), 大気環境学会誌, 35(6), 368-376
- 2) エコケミストリー研究会,  
(<http://www.ecochemi.jp/PRTR2017/prtr-index.html>)

キーワード モニタリング頻度、VOC、年平均値

# ポスト公害時代における四日市公害を捉える—当事者のオーラルヒストリーを通じて

## A Study of Yokkaichi Pollution in the post-Pollution era: Through the Oral History of the People

一橋大学大学院 ○宮野智、大瀧友里奈

### 1. 研究の背景と目的

本研究の目的はポスト公害時代の四日市（裁判判決が出た 1972 年から現在まで）を、当時公害を経験した方々のオーラルヒストリーを通じて捉えることで、ポスト公害時代の住民運動の実態を理解し分析することが目的である。

四日市公害は、被害者を中心とした住民運動が大きな役割を担い、その結果四日市コンビナート 6 社を被告とする裁判が起こり、住民が勝訴した民主主義運動と言われている<sup>12)</sup>。しかし、大きな役割を果たしたとされる住民運動に関する資料と研究は少なく、ポスト公害時代に至っては皆無であり、水俣病が現在も被害患者や遺族への聞き取り調査を続けていることとは対照的である。また公害を後世に伝えるための資料館が住民側からの要望で 2015 年に完成したが、他の四大公害病が 20 世紀内に完成していたのと比較すると非常に遅い。このように裁判終了後には、研究や住民の活動に関する記述史料の空白期間が存在し、ポスト公害時代の全容が不明確であるのが四日市研究の実情である。そのため、当事者へのオーラルヒストリーにより、その全貌を明らかにした。

### 2. 調査方法

公害時代から現在まで住民運動を継続している人々を中心にオーラルヒストリー調査を行った。彼らは被害住民ではなく外部から参加した人々で、住民運動におけるリーダー的な存在ではない。しかし、裁判終了後から現在まで、資料館で語り部として四日市公害の記憶の風化を阻止するため精力的に活動しており、ポスト公害時代の四日市を捉えるためには、最適な調査対象である。対象者関係者からのスノーボウルサンプリングで信頼関係を築いた 3 名を対象に、半構造化インタビュー方式で行った。一人当たりのインタビュー時間は約 2 時間で、これまでに 5 回の調査を行った。

### 3. 調査結果と考察

調査の結果、ポスト公害時代の住民運動や支援団体の動きについて以下の二点が明らかになった。

#### ① 被害者に主導権がなかった運動

裁判中の運動は一貫して外部の支援団体の連合が中心であり、被害者や地元民が主導権を握ることは少なかった。勝訴後、支援団体は解散し、継続して運動していたのは小規模団体程度であったが、地元民や被害者の支持は得られなかった。そのため二回目の裁判や抗議運動が縮小化し、ポスト公害時代の運動は全体的に衰退した。

#### ② 行政に取り込まれた運動

運動側の被害者支援や救済活動、そして現在行っている語り部運動は当初は自分たちの計画で行動でき、四日市の学校とも交流が生まれた。しかし前者は法整備と補償金支払いのための財団の成立、後者は資料館完成後にシフト制で予定が管理されるようになったことで行政の都合で動かざるを得なくなり、語り部活動で築いた関係は弱まった。この現状を、「行政に取り込まれた運動」と表現している。以上のように現在の調査段階から一般的に言われていた被害者らが中心となって成功した住民運動とは大きくかけ離れたポスト公害時代の現状が明らかになった。

### 参考文献

- 1) 宮本憲一『地方自治の歴史と展望』自治体研究社 1986 年
- 2) 遠藤宏一・除本理史・岡田知弘著『環境再生のまちづくり 四日市から考える政策提言』ミネルヴァ書房 2008 年

キーワード 四日市公害、オーラルヒストリー、環境市民運動、ポスト公害時代

## 環境政策・地域社会における意思決定過程の可視化に関する研究 Visualization of the discussion in the fields of environmental policy

法政大学 ○岩見麻子

### 1. はじめに

本研究では、環境政策分野におけるテキスト情報の提供や共有を支援するための手法を開発することを目的として、公共的意思決定過程の委員会の議事録や、気候変動適応策に関するオンライン熟議実験およびワークショップ(以下、WS)、地域資源を主題とした住民WSなどの発言録に対してテキストマイニングを適用し、議論されたテーマやその変遷、発言者の属性によるテーマへの言及傾向の違いなど議論内容の可視化・把握を試みるとともに、一部では議論の設計について検討してきた。ここでは2つの事例について紹介する。

### 2. 気候変動適応策を主題としたオンライン熟議<sup>1)</sup>

気候変動の影響は地域によって様々であり、国全体だけではなく地方自治体や地域社会などで主体的に取り組む必要がある。気候変動のような長期的なリスクは人々には認知され難い傾向があり、専門家の方が人々よりも先んじて警鐘を鳴らす問題についてはコンセンサス会議や討論型世論調査などの熟議による学習がしばしば行われる。本研究では、気候変動適応策を主題として農業と防災の分野それぞれで実施されたオンライン熟議実験の発言者数や発言頻度の推移を把握するとともに、議論されたテーマの推移をテキストマイニングによって可視化し把握することで、同実験において専門家からの情報提供による学習や参加者間の対話による相互作用の有無を検証することを試みた。

その結果、農業と防災の両分野で発言者数は徐々に減少し、農業分野では議論が低調化するコミュニティも見られたが、防災分野では議論が徐々に活発になり、適応策オプションの検討時に最も深まったと推察された。また、たとえば農業分野においては、まず自身と気候変動のテーマを中心とした自己紹介がなされ、議論は気候変動の要因や影響に関するものから、気候変動の適応策や就農者支援、農家の課題、農産物流通など複数のテーマが中心のおよび継続的に議論されたことなどを定量的に把握することができた。さらに、両分野について専門家から提示された情報や参加者間の対話によって、参加者が気候変動影響の社会的課題について多面的に認識したり、興味関心が広がったりするなど、熟議において学習と相互作用があったと考えられた。

### 3. 地域資源の活用に向けたワークショップ<sup>2)</sup>

近年、人口減少や少子高齢化の進行に伴う地域コミュニティの縮小あるいは消失によって、地域に継承されてきた地域資源が受け継がれず消失してしまうことが危惧されている。地域資源の活用や継承を目指した取り組みは全国各地で行われており、WSが広く活用されている。本研究では、滋賀県高島市朽木地域を対象に、同地域において伝承されてきた地域資源である発酵食品の「へしこ」を題材とした住民WSを実施し、参加者の発言に対してテキストマイニングを適用、話し合われた内容や話題の流れを把握することで、へしこの価値が地域住民にどのように捉えられているかを明らかにするとともに、地域資源の活用や継承などのまちづくり活動を進めていくための第一段階の場として、同WSの効果を考察することを目的とした。

その結果、へしこは伝統的な食材としてだけではなく災害時の保存食という新たな価値が見出されていることや、社会状況の変化によって技術が工夫され変化してきたこと、朽木地域全体を意識した議論のきっかけとなり得ることを明らかにすることができた。また、WSによって参加者間のつながりが拡大するとともに、地域資源であるへしことその活用法を認識した上で、多様な人が集まる場の重要性に関する気づきや、参加者の仕事や取り組んでいる、あるいは今後取り組みたい活動へ発言内容の広がりや意識の具体化が見られたことから、本研究で実施したWSは地域資源の活用や継承などのまちづくり活動を進めていくための第一段階として効果的であったと考えられた。

### 参考文献

- 1) 岩見麻子・木村道徳・松井孝典・馬場健司(2017) 発言頻度と議論内容に着目したオンライン熟議プロセスの考察, 環境科学会誌, 30(6), 388-400.
- 2) 岩見麻子・木村道徳・熊澤輝一(2018) 地域資源の価値に対する住民の認識の把握とワークショップの効果の考察 ―滋賀県高島市朽木地域の「へしこ」を対象として―, 環境科学会誌, 31(5), 197-206.

キーワード テキストマイニング, 情報共有, 気候変動適応策, 地域資源, ネットワーク分析

## Review of Higher Education Research about Environmental Education at Japanese Universities - Focusing on Environmental Science Symposium -

大学非常勤講師 ○内山弘美

### 1. 本報告の背景と目的

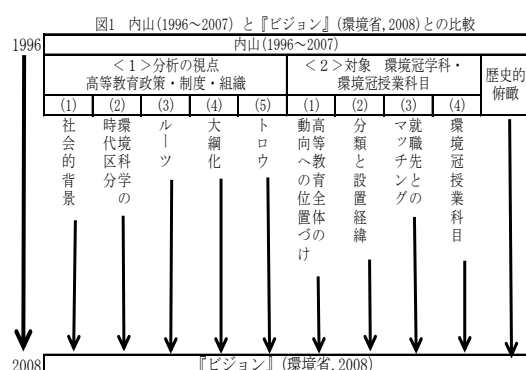
報告者の学問分野は高等教育論(教育学)であり<sup>1)2)</sup>、旧師範系の教育学部の環境教育とは一線を画している<sup>注1)</sup>。

本報告では、本学会の環境科学シンポジウムで報告された、大学の環境教育の研究・実践報告のレビューを行う。これらの研究が、環境省の持続可能な高等教育の政策文書や日本学術会議の提言等に影響を与えたことを明らかにすることを目的とする。

### 2. 2007 年までの環境科学シンポジウム

内山<sup>3)4)</sup>の枠組みを用いて環境科学シンポジウムの分析を行ったところ、シンポジウムのテーマあるいは講演の一部で、大学の環境教育を対象にしていた。2007 年までの発表を整理したところ、高等教育論のアプローチ<sup>注2)</sup>とそれ以外にきれいに区分された。前者のシンポジウム等を「分析の視点」と「研究対象」に区分して、その特徴にもとづき類型化したところ、環境教育研究において、多くのオリジナリティがあることが判明した。これらを繋ぎ合わせることで、日本の大学の環境教育のマップ<sup>注3)</sup>(歴史的俯瞰)を行った。

これを、環境省「持続可能なアジアにおける高等教育人材の養成検討会」の報告書「ビジョン」(2008)と比較検討し、内容を吟味したところ、図1のように、両者には類似点が多いこと、および環境科学シンポジウム等が時系列的に先行していることが明らかとなった。とりわけ、



「ビジョン」(2008)の中核である第2章の殆どは、環境科学シンポジウムの成果が使用されていた。さらに、日本学術会議提言「高等教育における環境教育」(2011)のタイトルおよび内容に、「ビジョン」2章が引用されていることが明らかとなった。

このことから、これらは環境教育学会関係者や環境省の成果ではなく、環境科学シンポジウムの新しい知見であることが明らかとなった。

### 3. 2008 年以降の環境科学シンポジウム

2008 年以降の環境科学シンポジウムを整理した結果、大学の環境教育をテーマにしたシンポジウムが5回開催されている。そのうちの一つは、高等教育論を「ビジョン」から引用している<sup>注3)</sup>。

### 5. 考察

以上の結果より、(1)2007 年までの高等教育論のアプローチを用いた環境科学シンポジウムが、「ビジョン」や学術会議「高等教育の環境教育」に大きな影響を与えたことが明らかとなった。(2)すなわち、「ビジョン」は環境省・環境教育学会の成果ではなく、環境科学シンポジウムの新たな知見であることが明らかになった。(3)換言すれば、「ビジョン」で使用されたアプローチが、2008 年以降の環境科学シンポジウムで使用されているが、そのオリジナリティは 2007 年以前の環境科学シンポジウムにあると結論づけられる<sup>注4)</sup>。

### 参考文献

- 1)内山弘美(2008)「国立大学教員養成系の環境冠学科(課程)の設置動向-高等教育政策の視点から」『環境教育学会東京支部年報』。
- 2)内山弘美(2010) 高等教育論における「日本の大学の環境教育」研究レビューと今後の展望 - 「サステイナビリティ学教育プログラム」を事例として -, 茨城大学大学教育センター年報
- 3)内山弘美(1998) 環境科学の進歩 10 年の軌跡, 環境科学会誌 11(1), 87-101.
- 4)内山弘美(2003) 環境科学の進歩 15 年の軌跡, 環境科学会誌 16(1)
- 5)内山弘美(2015) 高等教育論(教育学)の視点による「日本の高等教育の環境教育」研究の俯瞰-環境共生学会を中心に-, 日本環境共生学会第 18 回学術大会発表論文集

### 注

- 注 1) 例えば、小澤紀美子(2016)環境科学会誌 29(2)
- 注 2) 環境科学シンポジウム「全体と要素」(1990 年代~1999 年および「科学史」(2003 年)の講演、「環境科学と大学の環境教育の体系化」(2004 年~2014 年)のテーマ
- 注 3) 環境科学シンポジウム「理工系学生のための環境教育」後藤尚弘(2010)
- 注 4) 例えば、環境科学シンポジウムの成果を使用した研究として、荒巻(2019)「東洋大学国際学部の取り組み」の講演がある。

キーワード 高等教育, 環境教育, 日本学術会議, 環境省

# 継続調査に基づく環境学習プログラムの効果分析 ―中学生を対象とした事例― Continuous Surveys on Environmental Education: A Case of Junior High School Students

循環共生社会システム研究所 ○岩川 貴志, 滋賀県地球温暖化防止活動推進センター 来田 博美  
琵琶湖環境科学研究センター 内藤 正明

## 1. はじめに

中学生を対象に、環境への知識・意識・配慮行動などを問うアンケートを継続的に実施した。入学から卒業までの3年間の結果の推移と、環境学習プログラムの実施時期や内容などを対照し、環境学習が生徒たちの環境に対する意識や知識、そして配慮行動の実践に対して及ぼす影響を考察した。

## 2. 調査の概要

環境に関する「知識」「意識」「行動」等を問うアンケート用紙を配布し、授業時間の一部を利用して実施した。表1に各設問の概要を示す。2016年度に滋賀県内の市立中学校に入学した生徒約190名を対象とし、毎年5～6月および卒業前の4回にわたり調査を実施した。

表1 アンケート調査の概要

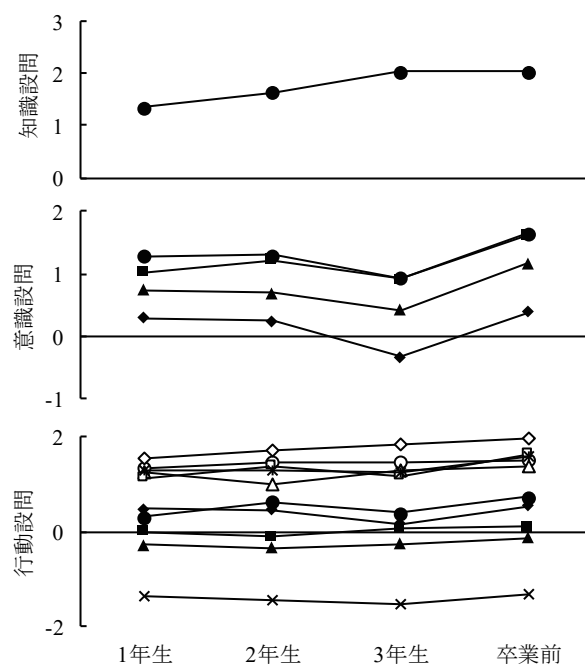
知識設問の内容(5項目、一部抜粋)	
滋賀県で最も多い温室効果ガス排出源は？	
(1) 田畑	(2) 工場 (3) 家庭 (4) 自動車
現在、最も発電量が多いのは？	
(1) 火力	(2) 水力 (3) 原子力 (4) 太陽光
意識設問の内容(4項目)	
地球環境問題について	エネルギーについて
ごみについて	自然環境・生き物について
意識設問の選択肢(すべて共通)	
(1) つねに意識している	(2) ときどき意識している
(3) あまり意識していない	(4) まったく意識していない
行動設問の内容(10項目、一部抜粋)	
冷房の設定温度を28℃以上、暖房を20℃以下に	
すでに持っているものや、あまり使わないものを買わないように	
決められたルールを守ってごみを分別する	
琵琶湖や河川、森林などで自然環境を守るための活動に参加する	
行動設問の選択肢(すべて共通)	
(1) いつもしている	(2) ときどきしている (3) あまりしていない
(4) まったくしていない	(5) わからない

## 3. 結果の推移と環境学習プログラムとの関係

1年生での結果を基準に統計的有意差( $p<0.05$ )を確認すると、知識設問の平均正解数は2年生以降常に向上しているのに対し、意識設問の評点は3年生で4項目中2項目が低下したが卒業前には3項目が向上、行動設問の評点は卒業前のみ10項目中3項目が向上していた。

教員へのヒアリングと併せて考察すると、定期的に環境学習の授業を実施することで知識は着実に身に付く

が、意識向上や行動実践には至り難く、卒業前に向上が見られたのは、地元小学校に赴いて学習成果発表会を実施したことによる所が大きいと考えられる。



※ 知識設問の数値は、5つの設問の平均正解数。  
 ※ 意識設問の数値は、4つの設問について、つねに意識している=3点、ときどき意識している=1点、あまり意識していない=-1点、まったく意識していない=-3点とした時の平均点。  
 ※ 行動設問の数値は、10の設問について、いつもしている=3点、ときどきしている=1点、あまりしていない=-1点、まったくしていない=-3点、わからない=0点とした時の平均点。

図1 知識設問(上)、意識設問(中)、行動設問(下)の結果

## 4. まとめ

環境に対する「知識」は、授業で伝えることにより一定の向上が見込めるが、「意識」の向上や「行動」の実践につなげるには、生徒たちが自分なりに考え、その成果をとりまとめるような機会をもつことが重要である。生徒たちが主体となる取組の場を持つことが、実効的な環境学習プログラムに求められる。

## 謝辞

本稿は平成28～30年度 地域における地球温暖化防止活動促進事業(滋賀県)の成果を基にしたものであり、関係者各位に深く謝意を表します。

キーワード 環境学習, 環境意識, 環境配慮行動

口 頭 発 表

9 月 14 日 (土)



街なかの緑のカーテンが住民の節電行動と温暖化防止政策への信頼に与える影響の分析

A causal analysis of the influence of green curtains in town on the power saving behavior of the residents and the trust in the global warming prevention policy

滋賀県立大学 環境科学部 村上一真

1. 研究の背景・目的

緑のカーテン普及施策の影響も含む街なかの緑のカーテンの知覚が、他者の緑のカーテン実施の背景にある節電意図や施策の貢献を住民に推測させることを通じ、自宅内での節電行動に影響を与えるか、また温暖化防止に取り組む自治体への信頼評価に影響を与えるかを検証する。街なかの緑のカーテンの外部性として、自宅内での節電行動促進によるCO<sub>2</sub>削減という直接効果、温暖化防止政策主体としての信頼に基づく他の温暖化施策への住民の賛同や協力意識向上というCO<sub>2</sub>削減につながる間接効果の有無を明らかにする。

2. 研究方法

緑のカーテン普及施策の実施状況の異なる地域間での比較検討のため、福知山市（施策が活発）とZ市（あまり活発でない）それぞれの住民への質問紙調査を行い、分析を行った。加えて、緑のカーテン普及施策の認知度の違いによる前述の影響の異同を検証した。

3. 結果・考察

図1の分析モデルについて、共分散構造分析を実施した。結果、表1のように、[市内緑カーテン推移知覚]から、[緑カーテン普及施策の評価]および[温暖化防止政策の評価]へのパスは、両市ともに有意である(p<0.01)。

[市内緑カーテン推移知覚]に自治体の取組みの貢献があると住民に判断されることで、緑のカーテン普及施策が評価されている。加えて、自治体の取組みが温暖化防止政策としても認識され、かつ評価されている。

次に「節電行動」へのパスである。両市ともに、[緑カーテン普及施策の評価]、[温暖化防止政策の評価]から「節電行動」へのパスは、いずれも5%水準で有意でない。Z市のみ「市内緑カーテン推移知覚→節電行動(エアコン)」が有意となった(p<0.05)。自治体の取組みへの賛同・協力としてではなく、街なかの緑のカーテン実施の背景にある、他者の冷房に係る節電意図を連想することで、[節電行動(エアコン)]が促進されると解釈できる。

「温暖化防止政策に係る自治体への信頼」へのパスである。福知山市では[温暖化防止政策の評価]でコントロールした上でも、[緑カーテン普及施策の評価]から[能

力]および[価値類似性]へのパスは有意である(p<0.01)。また両市ともに、[能力]、[誠実さ]、[価値類似性]から[信頼]へのパスはいずれも有意である(p<0.01)。これらより福知山市では、温暖化防止政策の一部である緑のカーテン普及施策への評価は、[能力]と[価値類似性]の評価を通じて、温暖化防止政策に係る自治体への信頼につながっている。また両市ともに、[市内緑カーテン推移知覚]からの直接のパスは、いずれも5%水準で有意でない。公共施設等での緑のカーテンの実施状況や、緑のカーテン普及施策の影響も含む事業所や家庭での緑のカーテンの実施状況からは、「温暖化防止政策に係る自治体への信頼」は判断されているとはいえない。

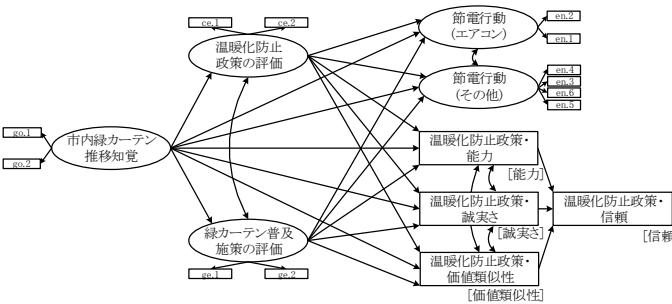


図1 分析モデル

表1 分析結果

	福知山市 (N=403)	Z市 (N=550)
市内緑カーテン推移知覚→緑カーテン普及施策の評価	0.61 **	0.60 **
市内緑カーテン推移知覚→温暖化防止政策の評価	0.55 **	0.51 **
市内緑カーテン推移知覚→節電行動(エアコン)	0.01	0.17 *
市内緑カーテン推移知覚→節電行動(その他)	0.12	0.08
緑カーテン普及施策の評価→節電行動(エアコン)	-0.07	-0.14
緑カーテン普及施策の評価→節電行動(その他)	0.04	0.11
温暖化防止政策の評価→節電行動(エアコン)	0.14	0.13
温暖化防止政策の評価→節電行動(その他)	0.13	0.05
市内緑カーテン推移知覚→能力	-0.06	-0.07
市内緑カーテン推移知覚→誠実さ	0.02	-0.06
市内緑カーテン推移知覚→価値類似性	0.00	0.03
緑カーテン普及施策の評価→能力	0.19 **	0.04
緑カーテン普及施策の評価→誠実さ	-0.01	0.05
緑カーテン普及施策の評価→価値類似性	0.20 **	0.10
温暖化防止政策の評価→能力	0.67 **	0.76 **
温暖化防止政策の評価→誠実さ	0.85 **	0.79 **
温暖化防止政策の評価→価値類似性	0.63 **	0.63 **
能力→信頼	0.20 **	0.26 **
誠実さ→信頼	0.30 **	0.25 **
価値類似性→信頼	0.41 **	0.38 **
モデルの適合度	CFI=0.991, RMSEA=0.036	CFI=0.980, RMSEA=0.049

\*\* p<0.01, \* p<0.05。係数は全て標準化係数。

キーワード 緑のカーテン、節電行動、信頼、知覚



# 地元新電力会社に対する電力購買意思の規定要因について—みやま市民アンケートを事例に—

## The regulative factors on power purchasing intention to the local Power Producer and Supplier

### —An analysis on the questionnaire of Miyama City

九州大学 ○畢亦凡, 譚喬尹, 近藤加代子

#### 1. 初めに

2016 年電力自由化以後、地域新電力会社が全国に広がっているが、契約件数及び地域住民の協力意思が低いという問題が現れている。

日本で初めて地域新電力会社みやまスマートエネルギー株式会社(以下みやま SE)を設立したみやま市でも同じような問題が存在する。本研究ではみやま SE に着目し、みやま SE に対する協力行動「市民の電力購買意思」を対象にそれを影響する要因を調査し分析した。

#### 2. 調査の経緯

##### 2.1 調査の流れ

まず、みやま市のデータや資料を収集するとともに、みやま市エネルギー政策課にヒアリングし、みやま SE および再エネの発展における現状を把握し、みやま SE との電力購買契約をより多くの市民が選んでいくための要因について仮説を構築した。

次に、仮説に基づいて住民アンケートを作成し、市役所の協力の下、500 戸を無作為抽出し、郵送法で調査を実施した。有効回収率は 27.2%であった。

##### 2.2 仮説

みやま SE に対する市民の電力購買意思に関する影響要因のモデルは一般的な環境意識や環境行動条件だけでなく、「社会関係資本」、「地域愛着」と「まちの現状認識」、「まちの将来像に対する期待」を加えて構成した。

#### 3. 調査結果

##### 3.1 アンケート集計結果

みやま SE から電力の購入について「既にしている」または「購入したい」の回答は 26%であった。電力購入意思がある人はみやま SE への評価は高かった。みやま SE に関する認識は環境にやさしい地元の新電力会社であるという一般的な認識は高いが、雇用創出効果や収益の市民サービスへの還元などの具体的な認識は低かった。しかしみやま SE に関する具体的な情報を提供してから評価を聞いたところ、好評価が全体的に 50%を越え

た。

さらにみやま SE から電力を購入する場合重視することについて、市民が重視することは環境意識、費用便益評価、地域貢献、地域愛着、実行可能性の順であった。社会規範評価への重視は低かった。

##### 3.2 共分散構造分析

みやま市民の電力購買意思への影響要因に関する共分散構造分析を行った。変数が多いため、すべての変数を 19 項目に合成し信頼性検定を行った。

その結果( $X^2=16.188$ ,  $df=10$ ,  $GFI=.976$ ,  $AGFI=.932$ ,  $RMSEA=.058$ ) について電力購買意思に影響を与える要因は「みやま SE の料金や市民サービスなどの取り組みへの評価」と「将来の環境への期待」であった。前者の影響要因は「みやま SE 地域効果に対する評価」であった。後者の影響要因は「将来像 人口の増加、まちづくりの増進」「将来像 再エネ、経済発展」と「近隣関係」であった。

#### 4. まとめ

以上のことを踏まえて、結果を以下にまとめる。

(1)具体的な情報の提供によって、みやま SE に対する市民の評価は高くなる。

(2)みやま SE の取り組み(料金が安い、サービスなど)と地域効果に対する評価は電力購買意思に影響する。今後は市民に便益が感じられる取り組みと多様な地域効果が生み出すような仕組みを充実させ、それらの周知を行うことが重要である。

(3)まちの将来像に対する期待は電力購買意思に影響することが明らかになった。市の将来の発展にもたらす効果(環境、経済効果、人口の増加やまちづくり面)を明確にすること、みやま SE は将来のみやま市の中の位置づけを明らかにすることが重要である。

(4)社会関係資本に属する近隣関係は電力購買意思に影響するので、個人レベルだけではなく、コミュニティレベルでみやま SE への協力を醸成する取り組みが有効と考えられる。

キーワード 地元新電力会社, 電力購買意思, みやま市

# ベトナムにおける居場所の選好と持続可能な住まいについて

## Choice of location and sustainable lifestyle in Vietnam

所属 ○王 陳ロウ（九州大学芸術工学府）、近藤 加代子（九州大学芸術工学研究院）、包清 博之（九州大学芸術工学研究院）、井上 朝雄（九州大学芸術工学研究院）、加藤 尊秋（北九州市立大学）、畢 亦凡（九州大学芸術工学府）

### 1. 研究背景

熱帯地方のベトナムでは、経済成長の中で生活環境が大きく変容し、居住の習慣と住宅形態は大きく変化した。本研究は、ベトナムの住民と住宅を対象として、住環境、居場所選択、電力消費の関係に関する調査結果を報告する。

### 2. 調査概要

2017年9月にベトナムのダナン市で農家の一軒家および都市のペンシルハウスを実地調査し、その結果に基づいて2018年12月、125世帯について、連携先のダナン大学がヒアリング型のアンケート調査を実施した。

#### 2.1 住宅類型と主な居場所

ベトナムの住宅は、主に一戸建てとペンシル住宅がある。一戸建ては、樹木を有する庭がある一軒家で、間口がリビングの幅に及ぶ広さがあるところが多い。ペンシル住宅は一部屋分の住宅幅で奥行きがある多層住宅で隣家と壁が接している。この場合も間口はリビング幅の場合が多い。一戸建てに比べると狭いが前庭やベランダに多くの緑を植える習慣がある。リビングには屋上に繋がる階段が有り吹き抜けとなっていることが多い。実地調査では一戸建ておよびペンシルハウスともリビングへのエアコン設置例は少なかった。

### 3. 結果

#### 3.1. 好きな居場所と電気消費

表1 住宅類型によって一番好きな場所と電気代

一番好きな場所	住宅類型	平均電気代 (VND)	滞在場所のエアコン使用時間 (昼) (h)
リビング	一戸建て	390909.1	0.45
	ペンシル	683333.3	0.83
個室	一戸建て	652250.0	1.18
	ペンシル	748611.1	2.39
軒の下	一戸建て	365625.0	0.00
	ペンシル	500000.0	0.00
庭	一戸建て	412500.0	0.00
	ペンシル	490000.0	0.00

好きな居場所は、リビング、個室、軒下、庭に大別された。それらについて電気代およびエアコン使用時間を見ると、総じてペンシル住宅が一戸建てよりも多かった。そして最も電気代が高いのが、個室滞在であった。リビ

ング滞在と屋外滞在を好む世帯は、電気代とエアコン使用時間が低い(表1)。ベトナムではエアコンの使用が電気使用量に大きく影響すると言われており、今回の調査結果はそれを裏付ける結果となった。エアコンが設置されていないリビングと屋外空間への滞在が電気使用量とエアコン使用を低減すると考えられる。

#### 3.2 居場所の選択理由

リビングは、テレビ・PC、会話、涼しさの順、個室はリラックス、昼寝、気持ちがいい順、軒下は、会話、涼しい、電気節約の順、庭は、涼しい、リラックス、会話の順であった。

#### 3.3 滞在場所選択への影響要因

表2 滞在場所選択への影響要因（重回帰分析）

	性別	年齢	年収	テレビ・PCの使用	冷房機器がなくても大丈夫	広さ	涼しさ	気持ちがいい	リラックス	雑談	昼寝	近隣関係
リビング		.402**		.168*	.316**	.228*		.355**	.231**			
個室		-.295**			-.293**			.341**	.334**		.203*	
庭			-.291**				.309**	.323**	.389**	.218*		.300*
軒下		.190**	.304**				.318**		.268**	.325**		.184*

p < 0.05 \*, 0.01 \*\*

居場所選択を目的変数に、その他の変数を従属変数にしたステップワイズ重回帰分析を行った(表2)。リビングを好むのは年齢が高い層で個室を好むのは若い層であった。どの場所も気持ちがいい、リラックスが影響していた。屋外の庭や軒下の選択には、涼しさ、会話、近隣関係重視が関係していた。個室は昼寝、リビングはテレビやPCの使用が関係していた。リビングは冷房がなくても良いと関係し、個室はそれに負の関係であった。年齢の高い層は、リビングと軒下を好み、若い層は個室を好む。

### 4. まとめ

リビングと屋外空間への滞在は電気消費とエアコン使用を低減する。これらへの滞在理由は、涼しさや会話などがある。これらの空間の滞在性についてさらに調査し、滞在性を上げていく工夫を生み出すことが重要である。

キーワード ベトナム、ライフスタイル、滞在場所選択

# ワークショップ手法を用いたタイにおける 持続可能なエアコンの消費と生産に向けた政策オプションの導出 Ideation of policy options/alternatives for sustainable production and consumption of air conditioners in Thailand using a workshop technique

国立環境研究所 ○田崎智宏、吉田綾、メイファールアン大学 Panate Manomaivibool

## 1. はじめに

エアコンならびにその使用に伴うエネルギーの需要は世界的に急増しており<sup>1)</sup>、特に、熱帯・亜熱帯地域における需要増は、持続可能な消費と生産（SCP）の実現の上で極めて大きなインパクトがある。本研究では、エアコンの消費・生産による便益を享受しつつも可能な限りエネルギー消費を減少させる政策オプションを導出するため、タイを対象に、ワークショップ手法を用いて需要増加の様々な要因と介入策を議論した。

## 2. 方法

ワークショップは2019年1月15日にバンコクで実施した。ワークショップは3部構成で、①趣旨説明ならびにタイのエアコンの利用と環境負荷などの概況の説明を行った後、2つのグループ作業、②ブレインストーミング方法によるエアコン利用増加の要因抽出と③ハニカムシート（図1）を用いた問題－関係者－原因－介入策という構造化作業を含む政策オプションの導出、を実施した。タイの行政、企業（家電、電気住宅、リサイクル）、研究機関、環境NPOに所属する10名に日本人研究者・タイ人共同研究者を加えた20名程度が参加し、議論は英語で行った（一部でタイ語が用いられた）。

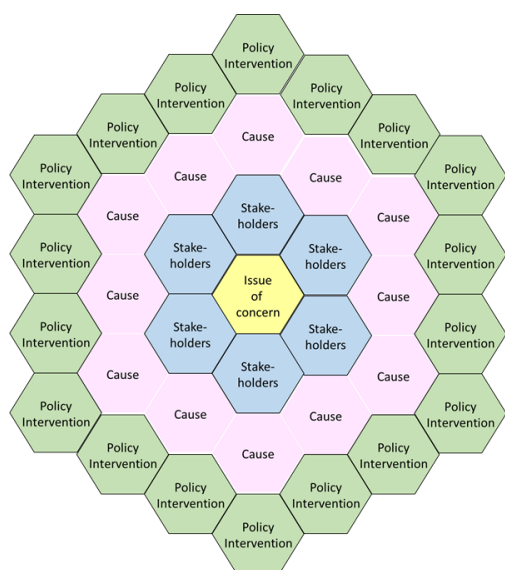


図1 政策オプション発案に用いたハニカムシート

## 3. 結果

グループ作業（②と③）はグループAとBに分かれて行った。タイにおけるエアコン利用増加は、グループAではライフスタイルと社会の将来変化、グループBでは所得増加と快適性の追求がそれぞれ主要因とされた。これらはさらに技術開発（省エネ技術、追加機能）、地球温暖化、エアコンへのアクセシビリティ（ネット販売）、隣人のエアコン所有、住宅設計、周辺環境（日陰となる程度）などに影響を受けるとされた。エアコンのメンテナンス不備や温度設定が低すぎることもエネルギー消費増加の要因と考えられた。若年層は、エアコン利用を当然だと考える一方、環境教育が行われるため、エアコン利用の増大と抑制の両要因になると考えられた。

ハニカムシートを用いた構造化作業では幅広い関係者が特定され、その上で多くの介入策が提示された。例えば、エネルギー消費にかかる教育・情報提供、製品規格と環境ラベル、認証制度、グリーン購入、環境配慮型のエアコンと住宅・建物への税控除もしくは補助金、優良生産者の表彰、クールビズなどであった。日本や先進国で実施されている介入策が多く、これらの国との政策経験の共有・移転が重要と考えられた。また、クリーンな電力へのシフトや都市計画についても指摘され、エアコンに対する環境製品政策にとどまらない政策オプションが今回のグループ作業で議論できた。日本の政策との違いは、第三者機関等による監視など、政策実施を確実にする方策がタイの参加者から強調されていた点である（自動化による強制的な製品コントロールといった技術的な手段も含む）。タイでのSCP政策を進めるうえでの留意点といえた。

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(S16-2)のもとで実施した。

## 参考文献

- 1) IEA (2018) The Future of Cooling, 88p.

キーワード 冷房、環境製品政策、アジア

# 洗濯機シェアリングの消費者受容性：日本・タイの比較分析を中心に

## Consumer acceptance of sharing washing machine: focusing on comparative analysis of Japan and Thailand

東京大学 ○文 多美, 天沢 逸里, 平尾 雅彦  
産業技術総合研究所 田原 聖隆

### 1. はじめに

本研究では、人間の日常生活の中で大きな負担になる洗濯行動において、洗濯機のシェアリング（洗濯機シェア）に関する消費者の受容性を評価することを目的とする。ここで、洗濯機シェアは、コインランドリー(CL)の利用に定めた。具体的には、家庭用洗濯機(Private Washer, PW)の所有状況とコインランドリー(Coin-operated Laundry, CL)の利用状況が異なる日本とタイを対象に、洗濯機シェアに対する意識と行動の違いを分析した。

### 2. 研究方法

日本とタイで洗濯機の所有とシェアに対する意識調査を実施した。日本では、20歳～69歳の男女(全国)を対象にWebアンケート調査(2017年11月, n=613)を実施した。タイでは、バンコクに居住する男女(18歳～)を対象にアンケートとインタビューによる対面調査(2018年10月, n=171/61)を実施した。PWの所有有無, PW・CLの使用頻度, CLを使い続ける理由, CLの具体的な用途, CLのみの生活への移行可能性などを質問した。二国間でPWの所有と洗濯機シェアの利用状況の違いを明確に分析するため、回答者をPWのみ利用者(PW only), PWと洗濯機シェアの併用者(Multi), PWを持っているが洗濯機シェアのみ利用者(CL only w/ PW), 洗濯機シェアのみ利用者(CL only w/o PW)の4タイプに分類した。

### 3. 研究結果

洗濯行動別タイプの割合(図1)を見ると、日本ではPW only, Multi, CL onlyで各33.6%, 41.8%, 24.6%であり、タイではそれぞれ39.2%, 32.2%, 28.7%であった。タイプ別国間の違いは統計的に有意な差が得られた( $\chi^2 = 16.340, df = 3, p = 0.001$ )。PWの所有者は、日本とタイでそれぞれ88.9%と79.5%で日本の方が多かった。CLの利用者も、各66.4%と60.8%で日本の利用者数が多かった。しかし、「CL only w/ PW」「CL only w/o PW」の割合には両国で差が見られ、日本では前者(各13.5%と11.1%)が、タイでは後者(各8.2%と20.5%)が、大きい割合を占めた。一方、洗濯機シェアの使用理由について、「洗濯機

を持っていないから」の回答者の割合は、日本とタイで各5.4%と78.4%を占め、タイでは洗濯行動の中でPWの代替として洗濯機シェアが用いられることが明らかになった。洗濯機シェアの使用のきっかけについて、日本は「近所にCLがあるから」の回答者が全体の37.1%で最も多かった。これにより、日本ではCLに対する興味やPWとは異なる用途としてCLを使うことが考えられる。他に、「生活スタイルが変わったから」「自宅の洗濯関連機器が壊れたから」と答えた人がそれぞれ32.4%と28.3%であった。一方、タイの場合、勉強や仕事のために他地域から上京するなど、「生活スタイルが変わった」理由により洗濯機シェアを利用する回答者が全体の39.3%を占め、最も多かった。「近所にCLがあるから」と「洗濯機の設置に十分なスペースがない」の回答者は各1.6%と3.3%を占め、日本と異なる結果が見られた。

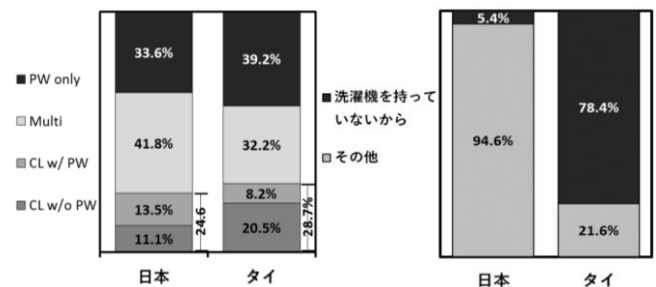


図1 洗濯行動別タイプの割合(左)と洗濯機シェアを利用している理由(右)

### 4. まとめ

これらの調査結果により、洗濯機シェアは、日本では日常生活で用いられるPWとは異なる用途として、タイではPWの代替として利用していることが明らかになった。洗濯機シェアの利用に伴う国別の特徴に基づき、持続可能な洗濯行動に向けた、各国での適切な洗濯機シェアの推進方向を今後検討したい。

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)により実施された。

キーワード：消費者、受容性、シェアリング、洗濯行動、Web.アンケート

## 藻類の遅延発光試験を用いた排水管理手法の検討

### Study on wastewater management method using delayed luminescence test of algae

○伊津野美貴<sup>1)</sup>、竹内彩乃<sup>2)</sup>、勝又正和<sup>2)</sup>、石橋康弘<sup>1)</sup>

1)熊本県立大学、2)浜松ホトニクス株式会社中央研究所

#### 1. 背景および目的

現在、排水管理は水質汚濁防止法により定められた特定の化学物質（排水基準項目）を対象とした個別の化学物質の濃度分析により行われている。しかし、この手法では排水基準項目に指定された各々の物質の濃度による評価はできるが、毒性情報が未知のものや排水規制に至らない化学物質が排水中に含まれている可能性があり、これら化学物質の水環境中への放出による水生生物への影響が懸念される。そのため、このよ

うな排水管理の現場では物応答を利用した排水管理手法（WET：Whole Effluent Toxicity）が提案されており、多種の化学物質を一統として評価することが可能で、既に米国などで採用されている<sup>1)</sup>。

本研究は排水基準と遅延発光試験による毒性発現レベルの比較のための基礎的データの収集を目的としており、これまで、重金属単体の毒性評価および複合試験を実施した<sup>2)</sup>。今回は、大学構内及び大学病院から発生した実排水サンプルの毒性評価を行った結果について報告する。

#### 2. 実験方法

本試験で用いた藻類は *Pseudokirchneriella subcapitata* であり、OECD（藻類成長阻害試験）で推奨されている代表的な供試藻類であり、多くの毒性試験で用いられている。また、培養液は OECD 培地を採用した。藻類（ $20 \times 10^6$  cell）は藻類懸濁液として  $-80^\circ\text{C}$  で凍結保存されており、凍結藻類キット解凍装置により解凍後、9.6 mL の OECD 培地を含んだガラスチューブ（ $25\text{ mm}^2 \times 85\text{ mm}$ ）に約  $400\text{ }\mu\text{L}$ （ $0.4\text{ mL}$ ）の藻類懸濁液を注入し、1 時間前培養を行った（ $24 \pm 1^\circ\text{C}$ ， $50\text{ }\mu\text{ mol/m}^2/\text{s}$ ）。前培養後、サンプルと OECD 培地、藻類  $500\text{ }\mu\text{L}$  をチューブに注入し、培養（ $24 \pm 1^\circ\text{C}$ ， $50\text{ }\mu\text{ mol/m}^2/\text{s}$ ）を行い、曝露時間 3、24 時間後に発光量を計測した。

サンプリングは自然科学系学部のあるキャンパスと大学病院の 6 か所でサンプリングを行った。

#### 3. 結果

病院キャンパスからの排水を 40%、80% に希釈したサ

ンプルは、コントロール区（0%）と比較して発光量が有意に減少し、光合成の阻害が確認された（図 1）。この地点では機器分析の結果でもヘキサン抽出物の値が基準値を超えていたため、その影響が考えられる。

また、自然科学系学部の実験系排水でも 80% 区においてコントロール区と比較して発光量の有意な減少が確認された（図 2）。

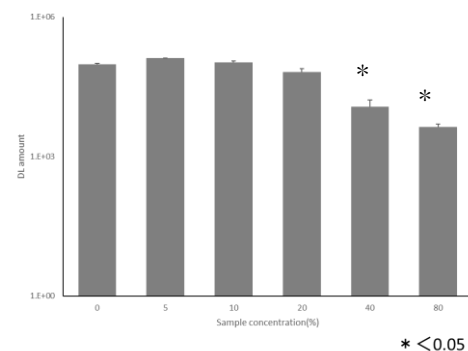


図 1. 大学病院構内排水による発光量

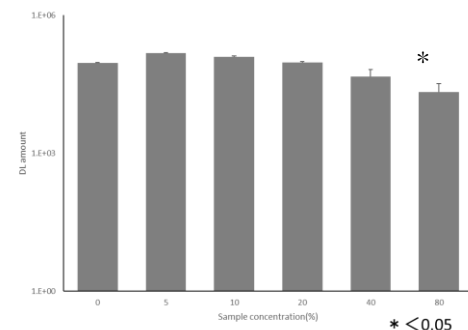


図 2. 自然科学系学部実験排水による発光量

#### 4. 参考文献

1)USEPA (2004) WET Implementation Guidance, EPA 832-B-04-003.

2)Omagari.R.,Takeuchi.A,Katsumata.M.,Nakamura.M,Arizono.K,Ishibashi.Y.: Toxicity effects of heavy metals on Delayed Luminescence in the green alga *Pseudokirchneriella subcapitata*. Academic Concentration of Environmental Safety and Waste Management, Japan 8(3), 2017.

キーワード：遅延発光，排水，生態影響評価

# 多変量解析と LC-HRMS および GC-O-HRMS の組み合わせによる 水道水中の生ぐさ臭原因物質の探索 Exploration of the Causative Substance of Fishy Smell in Raw Waters for Taps by Combining Multivariate Analyses with LC-HRMS and GC-O-HRMS

鹿児島大学大学院理工学研究科 ○新福優太, 高梨啓和, 中島常憲, 国立保健医療科学院生活環境研究部 秋葉道宏

## 1. はじめに

カビ臭および生ぐさ臭による水道水異臭味被害が各地から報告されている<sup>1)</sup>。カビ臭の原因物質はすでに特定されており、水道水質基準値が設定されている。一方、生ぐさ臭については、原因生物は *Uroglena americana* と特定されているが、同生物が産生する原因物質が特定されていないことなどから、基準値が設定されていない。

そこで本研究では、水道原水や *U. americana* 培養液に含まれる多種多様な物質の中から、臭気強度および *U. americana* の細胞数と相関関係が認められる物質を特定し、その構造を部分的に推定することを目的とした。

## 2. 実験方法

2016 年 4 月～2019 年 4 月に、官能試験により生ぐさ臭の発生が認められた関西地方の水道原水を 15 検体採取した。検体採取後、検体中の *U. americana* 中群体数を速やかに計測した。また、関東地方の水源から採取された *U. americana* を Ur-1 培地で培養した。得られた検体と培養液を Sep Pak PS2 と AC2 (日本ウォーターズ) を用いた SPE により濃縮し、濃縮後の画分を LC-ESI(-)-HRMS (U3000-LTQ Orbitrap XL, Thermo Scientific) および臭い嗅ぎ機能を付与した GC-O-APCI(+)-HRMS (A7890B-Synapt G2-Si HDMS, Waters) を用いて分析した。この時、生ぐさ臭の性状から原因物質をアルデヒド類と仮定し、LC-ESI(-)-HRMS での分析を行う画分のみ、2,4-dinitrophenylhydrazine (DNPH) による誘導体化を施した。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1. 生ぐさ臭原因物質の回収確認

濃縮液は溶媒の臭いが強く、原因物質が回収されているか否かの確認ができなかった。そこで、分離能を持たない fused silica capillary tube を GC に接続し、検体の GC-O 分析を行った。その結果、気化速度の違いによると考えられる溶媒と原因物質との分離が生じ、生ぐさ臭を再現性良く確認できた。このことから、試料調製時に原因物質を回収できていることが確認された。

### 3.2. 多変量解析による候補物質の探索

検体の LC-MS 分析を行ったところ、同位体イオンや付加体イオンを除いた物質が 6,810 物質検出された。これらの物質には、濃縮時に混入した不純物や移動相中の不純物が含まれるため、純水を SPE で処理したブランクサンプルの測定結果との差異解析により、それらの不純物を除去した。その結果、117 物質となった。

次に、検体の *U. americana* 中群体数と各物質のピーク面積に相関関係が認められる物質を、Interval Orthogonal Projections to Latent Structures (iOPLS) 回帰分析により探索した。変数選択の結果、117 物質中 18 物質が選択され、良好なモデル ( $R^2 \text{ cal} = .999$ ,  $R^2 \text{ CV} = .996$ , # of LVs = 2) が得られた。このモデルにおいて最も大きい VIP Score を有していたのは  $m/z$  403.1620 の物質であった。同物質は、水系の異なる水源 (関東地方の水源) から採取された *U. americana* 培養液からも検出されることを確認した。さらに天然同位体パターンから、DNPH 誘導体の可能性が高いことが示された。

次に、LC-MS 分析と多変量解析で発見された物質 ( $m/z$

403.1620) が GC-MS 分析でも検出されることを確認したところ、未誘導体化物の明確な抽出イオンクロマトグラムを再現性よく描写することができた。

### 3.3. 多段階精密質量分析による構造推定

LC-MS の多段階精密質量分析機能を用いて、発見された物質の構造を推定した。精密質量および天然同位体パターンに基づき、同物質が DNPH で誘導体化される前の分子式を  $C_{13}H_{20}O_3$  と推定した。また、DNPH と反応してシッフ塩基を生成することから、カルボニル基を有していると推定される。

多段階精密質量分析の結果、特徴的なニュートラルロスとして、 $H_2O$ 、 $HNO_2$ 、 $C_2H_2O$ 、 $C_3H_6O$  が観察されたことから、それぞれ図 1 の式 1～4 に示すアルコール性ヒドロキシ基の遠隔水素転位反応 (rHa)<sup>2)</sup>、ジニトロベンゼン部分の rHa<sup>2)</sup>、不飽和ケトンの逆エン反応 (RE)<sup>2)</sup>、逆 Diels-Alder 反応 (RDA) によるアリルアルコールの脱離<sup>2)</sup>が生じたと予想した。これらの事実を鑑み、同物質の誘導体化前の構造を図 1 のように推定した。

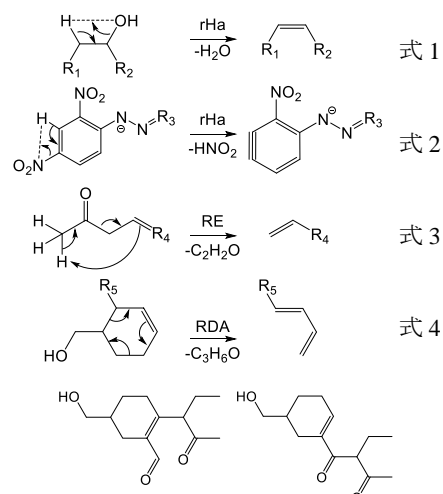


図 1 推定される構造の例

## 4. 結論

水道原水および *U. americana* 培養液を MS にて分析した結果、生ぐさ臭原因物質の候補として、分子式  $C_{13}H_{20}O_3$  の物質が得られた。多段階精密質量分析による構造推定の結果、同物質はカルボニル基、アルコール性ヒドロキシ基、不飽和ケトン部位、シクロヘキセン環を有すると推定された。

参考文献 1) *J. Water Supply: Res. T.*, **64**(7), 832–838, 2015., 2) *Natural Product Report.*, **33**, 432–455, 2016.

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、培養にご協力いただいた皆様に謝意を表す。

キーワード 臭気物質, 高分解能質量分析計, 多変量解析, 多段階精密質量分析

# 固相抽出を用いた LC/MS/MS によるイプフェンカルバゾンの分析法の検討

## Examination of analytical method of ipfencarbazone by LC / MS / MS using solid phase extraction

埼玉県衛生研究所 ○坂田脩，渡邊弘樹，清野弘孝，吉田栄充，石井里枝

### 1. はじめに

当所では，2015 年に農産物及び畜水産物におけるイプフェンカルバゾン（以下，IPC）の分析法<sup>1)</sup>（以下，埼玉法）を開発した。その後，2019 年 3 月，水道水において IPC が要検討農薬に追加されたため，埼玉法を参考に水道水における IPC の分析法を検討した。また，水質管理目標設定項目の検査法<sup>2)</sup>（以下，通知法）である別添方法 18 及び 19 についても検討し，若干の知見を得たので報告する。

### 2. 実験方法

#### 2.1. 標準溶液の調製

IPC を 1000 mg/L となるようにアセトンで溶解したものを標準原液とし，さらにアセトンで 10 mg/L に希釈したものを標準溶液とした。これをアセトニトリル（以下，ACN）及び水（6:4）混液で希釈し，検量線を作成した。

#### 2.2. 前処理

本法では，水道水 500 mL に L-アスコルビン酸ナトリウム（以下，L-SA）を加えて残留塩素を除き，コンディショニング済みの Sep-pak tC18 Plus Short Cartridge 400mg に 15 mL/min で通水した。通水後，試験溶液が入っていた容器を ACN および水（3:7）混液 5 mL で洗い，洗液も固相に通水した。その後，ACN および水（6:4）混液 10 mL を注入し，溶出液を同混液にて 10 mL に定容としたものを LC/MS/MS へ供した。

別添方法 18 及び 19 では，水道水 500 mL に L-SA を加えて残留塩素を除いた後，通知法どおりに前処理を行い（固相は InertSep SlimJ PLS-3 230 mg を使用），最後に 1 mL に定容するところで ACN および水（6:4）混液を用いて定容し，LC/MS/MS へ供した。

#### 2.3. 測定条件

LC/MS/MS による測定条件を表 1 に示す。

#### 2.4. 添加回収試験

本法，別添方法 18 及び 19 では，IPC を水道水へ

表 1 LC/MS/MS による測定条件

LC装置	Agilent 1290 LC
カラム	InertSustain C18 (3 µm HP, 2.1 mm×100 mm)
流速	0.2 mL/min
注入量	1 µL
カラム温度	40 °C
移動相	A: 0.01% 酢酸水溶液, B: 0.01% 酢酸含有アセトニトリル A: B=50: 50 (0.5 min hold) → 7.5 min → 20: 80 (4 min hold) → 0.1 min → 50: 50 (3.9 min hold)
MS装置	AB Sciex QTRAP4500
イオン化法	ESI(+)
測定イオン	定量: 427 > 198 定性: 429 > 198
キャピラリー電圧	4.5 kV

20 ng/L となるように添加し，5 併行で分析を実施した。検量線は本法で 0.5～10 µg/L の 5 点，別添方法 18 及び 19 の一部改法で 5～100 µg/L の 5 点で作成した（検水として 10～200 ng/L）。

### 3. 結果及び考察

本法，別添方法 18 及び 19 の一部改法で，それぞれ回収率が 95.3 %，107.5 %，96.8 % であり，良好な回収率（70～130 %）であった。また，併行精度は 11.8 %，2.1 %，4.1 % であり，良好な結果（RSD<30 %）であった。なお，検量線の繰り返し測定においても真度，RSD とともに水道水質検査方法の妥当性評価ガイドラインを満たし，キャリーオーバーも認められなかったことから，いずれの方法においても IPC の分析に有用であることが示された。

謝辞 本研究の一部は厚生労働省科学研究費補助金（19LA1005）の助成を受けたものです。

#### 参考文献

- 1) 今井浩一他 (2015) LC-MS/MS による農産物および畜水産物中のイプフェンカルバゾン分析法の開発，食品衛生学雑誌，56(5)，205-210
- 2) 厚生労働省：平成 15 年 10 月 10 日健水発第 1010001 号[最終改正平成 31 年 3 月 29 日薬生水発 0329 第 3 号]

キーワード イプフェンカルバゾン，固相抽出，LC/MS/MS



# メラノイジン類似生成物の抗酸化能の評価 Evaluation of the anti-oxidation ability of melanoidin-like products

群馬大学 大学院理工学府 分子科学部門 ○秦野 賢一、青柳 直和、中村 洋平、窪田 健二、若松 馨

## 1. はじめに

精糖工程で発生する廃糖蜜から、脱色された廃糖蜜とメラノイジン類似生成物 (melanoidin-like products; MLP) を分離・回収するシステム<sup>1)</sup>を当研究室において開発した。これまでの研究によって MLP は廃糖蜜 1 リットルから約 60 g も回収可能<sup>1)</sup>で、MLP の特性解析<sup>2-3)</sup>をしつつ、その活用法<sup>4)</sup>を模索してきた。本年会では、MLP またはメタノールで分画した MLP 試料の三種類のラジカル種に対する抗酸化能を報告する。

## 2. 方法

サトウダイコンとサトウキビ由来の廃糖蜜 (国内二社の精糖会社より提供) を用いて、親水性吸着樹脂 XAD7 に吸着させて糖と分離してからアルカリ溶出させた MLP を準備した。これを XAD7 または疎水性吸着樹脂 XAD4 に吸着させた後、各メタノール濃度で段階的に溶出させた MLP 試料を調整した。

各種 MLP と positive control としてアスコルビン酸とトロロックス、そして negative control としてスクロースの抗酸化活性を測定した。測定に用いたラジカル種は、水系溶媒中での抗酸化能 (IC<sub>50</sub> 値) を評価するために合成ラジカル ABTS と生体内で発生するスーパーオキシドラジカル (O<sub>2</sub><sup>-</sup>)、そして有機系溶媒中での抗酸化能を評価するために合成ラジカル DPPH を選択した。ABTS と O<sub>2</sub><sup>-</sup> 消去活性測定は、それぞれ Yan らの手法<sup>5)</sup>とファンケルの手法<sup>6)</sup>でおこなった。DPPH 消去活性測定は、Tanaka らの手法<sup>7)</sup>を参考にした。

## 3. 結果と考察

まず、全体を通しての廃糖蜜の原料別の IC<sub>50</sub> 値をみると、どのラジカル種もサトウダイコン (beet) よりもサトウキビ由来の MLP (Fuji または Meiji) の抗酸化能が高いことがわかった。ABTS と DPPH に関しては、フジ日本精糖 (Fuji) よりも大日本明治製糖 (Meiji) 提供廃糖蜜の MLP の抗酸化能が高いことがわかった。吸着樹脂別でみると、DPPH と O<sub>2</sub><sup>-</sup> に関しては、XAD4 (X4) よりも XAD7 (X7) 樹脂でメタノール分画した MLP の抗酸化能が高いことがわかった。分画したメタノール濃度が抗酸化能に与える影響として、DPPH ではメタノール濃度が高くなるに従って抗酸化能は強くなった。O<sub>2</sub><sup>-</sup> に関しては、分画したメタノール濃度と抗酸化能の間に強い相関が確認できた (図 1)。特に XAD7 樹脂での 75% メタノール分画試料 (X7-Fuji-Me75 と X7-Meiji-Me75) は、アスコルビン酸と同等の抗酸化能を示した。ABTS に関しては、分画したメタノール濃度と抗酸化能との間に顕著な相関が確認できなかった。

## 4. 結論

有機溶媒中の DPPH に関しては、分画したメタノール

濃度が高くなるに従って全般に活性は強くなった。水溶液中中の O<sub>2</sub><sup>-</sup> に関しては、メタノール濃度と抗酸化能との間に強い相関が確認できた。特に X7-Fuji-Me75 試料は、アスコルビン酸と同等の抗酸化能を示した。つまり、MLP の疎水性の強い部分に抗酸化能があることが示唆された。

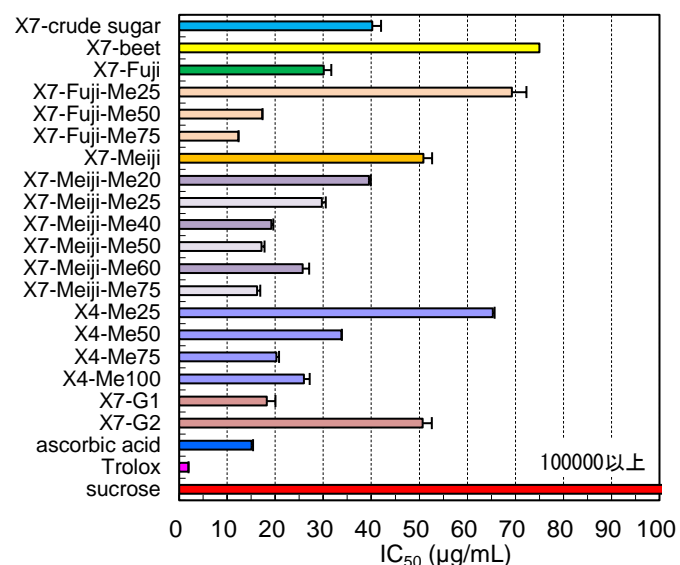


図 1. 各種 MLP の O<sub>2</sub><sup>-</sup> に対する抗酸化活性  
各実験は、三連でおこなった。エラーバーは、標準偏差を示す。

## 参考文献

- 1) Hatano *et al.* (2009) Novel strategy using an adsorbent-column chromatography for effective ethanol production from sugarcane or sugar beet molasses, *Bioresource Technol.*, 100, 4697–4703
- 2) Hatano *et al.* (2013) A study on the self-assembly behavior of dark materials from molasses, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 20, 4009–4017
- 3) Hatano *et al.* (2016) Molasses melanoidin promotes copper uptake for radish sprouts: the potential for an accelerator of phytoextraction, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 23, 17656–17663
- 4) Hatano and Yamatsu (2018) Molasses melanoidin-like products enhance phytoextraction of lead through three Brassica species, *Int. J. Phytoremediation*, 20, 552–559
- 5) Yan *et al.* (2011) Characteristics and antioxidant activity of maillard reaction products from psicose-lysine and fructose-lysine model systems. *J. Food Sci.*, 76, 398–403
- 6) 株式会社ファンケル (2008) スイートピー抽出物を含有する抗酸化剤, 特開 2008-285637
- 7) Takara *et al.* (2007) 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging activity and tyrosinase inhibitory effects of constituents of sugarcane molasses. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 71, 183–191

キーワード メラノイジン、抗酸化活性、廃糖蜜



# FDI は中国の環境汚染を拡大したか？ Has FDI Expanded Environmental Pollution in China?

早稲田大学 経済学研究科 ○呂 冠宇（ロ カンウ）

## 1. Introduction

Foreign direct investment (FDI) has played a significant role in expanding Chinese economy. Meanwhile, as the pace of economic growth is picking up, environmental pollution becomes a non-negligible problem in China. Therefore, this paper aims to describe how the FDI to China to affect its pollution using Chinese province-level panel data.

The effect of FDI on emission seems ambiguous in literature. Several studies argue the effect of FDI on emission seems ambiguous and illustrate that the impact of FDI increases environmental emissions. However, other scholars suggest that FDI reduces pollution in host countries. In the absence of conclusive and unified evidence of the effect of FDI, it is necessary to explore how FDI influences the environment.

This study aims to bridge the existing gap in the literature, resolving endogenous issues to examine the impact of FDI on China's environmental pollution.

## 2. Methodology

This paper tends to carry out the impact of FDI on pollution emissions using a publicly available China's province-level data of the period of 2004-2016. We obtain reliable provincial level data mainly from China Statistical Yearbook. The SO2 emission, FDI inflows, GDP, secondary industrial output, investment in the treatment of environmental pollution, total population, urban population, and area are collected from China Statistical Yearbook (2005-2017). Since the data on variable CO2 is not obtained from the China Statistical Yearbooks, this study applies data from Shan et al. (2018) who provide province-level CO2 emissions data during 1997-2015. The data of provincial level monthly minimum wage from 2004-2016 is taken from Ministry of Human Resources and Social Security of China.

If the FDI is affected by unobservable variables such as the density of foreign enterprises, our results would be biased. In order to check whether the unobserved terms or time effects correlates with FDI, this study carries out the Hausman test, and adopts minimum wage as the instrumental variable to instrument for FDI resolving the endogeneity problem in our

rudimentary model. The estimation equation in the first and second stages are as follows,

$$FDI_{it} = \alpha_1 MinWage_{it} + \alpha_X X_{it} + \mu_t + e_{it}, \quad (1)$$

$$Pollution_{it} = \beta_1 FDI_{it} + \beta_X X_{it} + \gamma_t + \varepsilon_{it}. \quad (2)$$

## 3. Results and conclusions

Variables	IV model		OLS model
	CO2	SO2	CO2
FDI	0.35*** (0.11)	1.06*** (0.34)	-0.22*** (0.03)
Industrial structure	0.08 (0.16)	-0.07 (0.42)	0.54*** (0.11)
Urbanization	-1.05*** (0.23)	-3.83*** (0.75)	-0.05 (0.11)
ETS	-0.20*** (0.05)	-0.50*** (0.128)	-0.22*** (0.08)
Pollution treatment	-0.02 (0.02)	-0.11* (0.0622)	0.12*** (0.04)
Population density	-0.84*** (0.22)	-2.17*** (0.63)	0.14 (0.16)
Corruption	-0.25** (0.11)	-0.58 (0.35)	0.13 (0.10)
Population density × Corruption	0.22*** (0.05)	0.59*** (0.22)	-0.09 (0.05)
Year dummies	Y	Y	Y
Observations	360	390	360
R-squared	0.23	0.43	0.57

**Notes:** All variables are in logarithmic form. Robust standard errors in parentheses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Our empirical robust results show that FDI increases all pollutant emissions. Although ETS has only been implemented for less than 3 years in our period, we still find the ETS is highly associated with the contribution in pollution abatement.

## References

Shan et al. (2018) "China CO2 emission accounts 1997–2015," SCIENTIFIC DATA, 5:170201, doi:10.1038/sdata.2017.201.

**Keywords** FDI, pollution emission, instrumental variable

# 中国の鉄鋼産業の生産能力削減への国際社会の影響力と CO<sub>2</sub> 削減への効果

## The reduction of production capacity of steel industry and the effect on CO<sub>2</sub> emission in China

所属 ○堀史郎 福岡大学, 何劼 西南学院大学

### 1. はじめに

気候変動対策を考えるうえでは、世界最大の CO<sub>2</sub> 排出国である中国の動向、特に産業分野での CO<sub>2</sub> 排出の半分以上を占める鉄鋼業の動向は重要である。中国鉄鋼業の CO<sub>2</sub> 変化には生産量、エネルギー転換、効率性（エネルギー強度）など多様な要因がある。本稿は、中国の鉄鋼産業の生産抑制についての、中国政府や国際社会の政策の動きや関係性をみることで、その影響を調べることを目的とする。

### 2. 分析枠組み

本稿は、2015 年から 2018 年までの、中国政府及び国際社会の動きを分析対象とする。国際社会の動きでは、G20 という政治的なコミット、OECD 鉄鋼委員会の活動がある。中国政府の政策の動向及び宝山製鉄など民間レベルでの取組も対象である。これらの政策と、統計データによる分析で政策の効果を検証する。

### 3. 政策推移

#### 3.1. 鉄鋼生産能力の政策

中国政府の 11 次五カ年計画及び 12 次五カ年計画（2006~2015）では旧式設備の廃棄だけだったが、第 13 次五カ年計画（2016~）では「過剰生産能力の解消」、鉄鋼生産能力削減、生産能力拡大の厳禁等が初めて記され、2017 年には小型高炉、転炉などの完全停止が公表された。宝山製鉄は 2017 年のレポートで、2020 年の削減目標をすでに達成したと報告している。

G20 ハンブルグ宣言は、2017 年 7 月に鉄鋼生産能力の減少への宣言を採択し、2018 年 9 月、OECD 鉄鋼委員会でも中国代表は生産の頭打ちを報告している。G20 鉄鋼フォーラムでも 2018 年以降、各国が鉄鋼生産減少に関するデータ、政策、措置の共有を開始した。

2018 年 4 月、中国政府は過剰生産能力の解消のため、閉鎖した設備の再稼働厳禁など更なる政策を打ち出し、宝山製鉄は 2018 年 7 月生産設備の減少を報告したが、効率化により生産量は伸びたことを報告。G20 フォーラムも生産設備の減少にもかかわらず生産量は増加したことを認めた。

#### 3.2. 鉄鋼業の生産能力と生産量の推移

2016 年からの設備能力削減の政策は、中国の生産能力を減少させ、ひいては世界全体の生産能力の減少につながっていた（表 1）。これから、この動きは強化されている。生産量は、2013 年からほぼ横ばいであったが、効率化により 2017 年から増加している（表 2）。

表 1 世界と中国の鉄鋼生産能力推移

	2013	2014	2015	2016	2017
World	2271	2316	2334	2281	2251
China	1106	1140	1150	1089	1047

Source: OECD steel data base 単位：百万トン

表 2 中国鉄鋼業の粗鋼生産量及び CO<sub>2</sub> 排出量推移

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
生産量	813	822	804	808	871	928
CO <sub>2</sub>	2465	2500	2351	2316		

資料：中国統計局データから著者作成、単位：百万トン、百万 CO<sub>2</sub> トン

### 4. 分析結果

中国の鉄鋼産業の設備能力削減は、2016 年からの中国政府の政策強化などによって達成され、2017 年からの国際社会の合意や統計データの共有化は、中国政府の政策を後押しする効果があった。しかし、2018 年には生産能力は増加に反転した。生産量は 2017 年から増加している。中国政府の方針が旧式設備の廃棄ということに主眼が置かれており、効率化は進むが生産量の見通しは不透明である。

CO<sub>2</sub> 排出量は生産量だけでなく、効率化やエネルギー転換に依存する。エネルギー原単位は 2014 年から改善し石炭消費量も 2014 年から減少しており、CO<sub>2</sub> 排出量は 2015 年から下がっている。政府の政策は効率化、エネルギー原単位の改善につながるが、2017 年に生産量の大きな増加が生じており、生産抑制政策がどのような影響を生じさせるかは、さらなる研究が必要である。

キーワード 中国, 気候変動, 鉄鋼, 国際合意

# 中国政府の環境財政投資に関する評価

## The evaluation of environmental expenditure of Chinese government

○朱美華, 山下研・アジア大気汚染研究センター, 青正澄・横浜市立大学

### 1. 研究目的

近年、大気汚染対策を含む環境保護に関する中国政府の財政投資は年々増加している。統計データから見ると、省エネ及び環境保護のための地方政府の年間財政支出額は統計が始まっている 2007 年の 29.58 億元から 2016 年の 363.38 億元に増加し、2016 年の地方政府の財政支出額は 2007 年の 12.28 倍に増加している。本研究では、環境保護に関する中国政府の近年の財政投資が確実な環境改善にどれくらい貢献できたかについて中国 31 地域の統計データを利用した計量分析を通じて評価する。

### 2. 研究方法

本研究ではパネルデータ回帰分析と弾力性分析を通じて、環境財政投資を評価する。パネルデータ回帰分析では、中国 31 地域の 6 指標×31 地域×6 年間（2011 年-2016 年）の 1186 のサンプルを利用して分析している。説明変数は、各地域の一人当たり GDP ( $X_G$ )、GDP に占

める第二次産業の割合 ( $X_I$ )、一人当たりの財政支出額 ( $X_b$ )、1 万人当たりの公共交通の保有量 ( $X_T$ ) である。被説明変数は、各地域の 1 万人あたり SO<sub>2</sub> 排出量 ( $Y_S$ ) と NO<sub>2</sub> 排出量 ( $Y_N$ ) である。なお、NO<sub>x</sub> 排出量は公共交通の整備状況とも密接な関係があるため、NO<sub>x</sub> 排出量への貢献度を分析する際には 1 万人当たりの公共交通の保有量を説明変数に加えている。回帰分析の式は (1) ~ (2) の通りである。統計ソフトは E-Views10 を利用してパネルデータ回帰分析を行った。

$$\log Y_{sj} = \beta_0 + \beta_1 \log X_{Gj} + \beta_2 \log X_{Ij} + \beta_3 \log X_{bj} + e_t \dots\dots\dots (1)$$

$$\log Y_{nj} = \beta_0 + \beta_1 \log X_{Gj} + \beta_2 \log X_{Ij} + \beta_3 \log X_{bj} + \beta_4 \log X_{Tj} + e_t \dots\dots\dots (2)$$

### 3. 分析結果

環境保護に対する各地方政府の財政支出と公共交通の整備状況が各地域の汚染物質の排出量にどれほど貢献するかを分析するために、本研究ではパネルデータ回帰分析と弾力性分析を行った。結果は表 1 に示す。

表 1：パネルデータ回帰分析の結果

変数		Y <sub>s</sub> (1 万人あたり SO <sub>2</sub> 排出量)			Y <sub>n</sub> (1 万人あたり NO <sub>x</sub> 排出量)		
		係数	標準誤差	t 値	係数	標準誤差	t 値
定数項		0.487	0.94	0.518	1.657	0.555	2.987 ***
X <sub>G</sub>	1 人当たりの GDP	-0.511	0.12	-4.27 ***	-0.35	0.071	-4.97 ***
X <sub>I</sub>	GDP に占める第二次産業の割合	1.544	0.2	7.718 ***	1.395	0.114	12.24 ***
X <sub>b</sub>	環境保護に対する地方政府の一人当たり財政支出額	-0.14	0.081	-1.72 *	-0.11	0.041	-2.64 ***
X <sub>T</sub>	1 万人当たりの公共交通保有量				-0.32	0.069	-4.7 ***
R <sup>2</sup>	補正済			0.952			0.965

注：\*\*\*は 1% 有意水準、\*\*は 5% 有意水準、\*は 10% 有意水準

SO<sub>2</sub> 排出量削減への貢献度をみると、各地域の一人当たり GDP ( $X_G$ ) の係数 -0.511 に対して、環境保護に対する地方政府の一人当たりの財政支出額 ( $X_b$ ) の係数は -0.140 であり、環境保護に対する各地方政府の財政支出は実質的な SO<sub>2</sub> 排出量の削減にそれほど貢献できていないことが明らかになった。

NO<sub>x</sub> 排出量削減への貢献度をみると、各地域の一人当たり GDP ( $X_G$ ) の係数 -0.354 に対して、環境保護に

対する地方政府の一人当たりの財政支出額 ( $X_b$ ) の係数は -0.109、1 万人当たりの公共交通保有量 ( $X_T$ ) の係数は -0.322 である。環境保護に対する各地方政府の財政支出は実質的な NO<sub>x</sub> 排出量の削減にそれほど貢献できていないものの、1 万人当たりの公共交通保有量は経済発展と同様な NO<sub>x</sub> 排出量の削減効果を持っていることが明らかになった。

キーワード 大気汚染, 環境投資, 投資効果

# スペースデブリの国際的規律に関わる宇宙活動法の意義と課題

## The significances and issues of the Space Activities Act related to the international disciplines of the space debris

名古屋大学大学院環境学研究科 松田芳和

### 1. 研究の目的

2016年11月、宇宙条約の国内実施という位置づけで「人工衛星等の打上げ及び人工衛星の管理に関する法律」（以下、宇宙活動法）が制定され、スペースデブリ（以下、デブリ）の低減措置が整備された。

宇宙条約の義務の解釈に学説上の一致を見出すのは困難であり、国連スペースデブリ低減ガイドライン（以下、ガイドライン）の内容が宇宙条約の義務であるとするためには、少なくとも「条約の適用につき後に生じた慣行」（条約法条約31条3項）が必要とされる。そのため、宇宙条約の義務やガイドラインの低減措置を同法でどのように実施しているのかを問うことが求められよう。

そこで本研究は、ガイドラインの低減措置が宇宙活動法においてどのように実施されているかを明らかにし、宇宙条約の義務の解釈を含めた、デブリ低減に関する宇宙条約の規律への影響を明らかにする。

### 2. 分析の方法

第1に、ガイドラインが同法にどのように組み込まれているか、その規制体系を明らかにする。第2に、ガイドラインの7つの低減措置との相違及び類似を明らかにする。第3に、類似する措置は国連ガイドラインの適切な実施となり、条約義務の解釈に一定程度影響するものと評価する。相違する措置は宇宙活動法上の課題として捉えられるし、国内実施が徹底されていないという点で宇宙条約上の規律が十分でないと評価できるだろう。

### 3. 分析の結果

宇宙活動法の規制体系は、打ち上げロケット及び人工衛星に基準が設けられており、基準を満たしていれば、内閣総理大臣が宇宙活動法の許可を与え（法4条、20条）、基準のいずれか一つでも違反すると許可が取り消される場合がある（法12条、30条）。

ガイドラインとの類似点では、例えば、ガイドラインの第3指針には、他の宇宙物体との衝突回避のためにロケットの打ち上げ時刻を調整する規定があるが、これは宇宙活動法の基準にも明記されている。相違点では、①

措置の意味に相違があったり、②その意味に一致がみられても、宇宙活動法上の義務がないものであったりする。さらに、適切に実施し得る規定ぶりであっても、③宇宙活動のある特定の段階のみの措置であったり、④「法律→内閣府令→審査基準・・・」といったように法令のレベルが下るにつれて、措置の表現が緩和的になったりもしている。

### 4. 結論

宇宙活動法の分析結果から、次のような宇宙条約の規律への影響をみることができる。

類似する第3指針の措置は、理論的には宇宙条約9条1文の他国利益の尊重義務に該当すると解釈し得るし、実際には宇宙活動法で実施されているので、日本による「条約の適用につき後に生じた慣行」として、条約義務の具体化としての影響を与える。

一方、相違する措置には様々な態様があったが、例えば、宇宙活動のある特定の段階にしか措置が定められていないものについては、宇宙条約6条の国家の「継続的な監督」の義務を遵守しえないおそれを孕んでいる。また、宇宙活動法上の義務を課していない措置、法令のレベルが下るにつれて措置内容が緩和的になっているものについては、宇宙条約の義務内容にあいまいさが残るゆえに、消極的な実施となっているのだろう。宇宙条約の義務内容の明確化が国際平面で取り込まれる必要があると考えられる。

### 主要な参考文献

- 1) 宇賀克也（2019），逐条解説宇宙二法，弘文堂
- 2) Setsuko Aoki (2018) An Enabler or a Barrier? "NewSpace" and Japan's Two National Space Acts of 2016, Proceedings of the International Institute of Space Law 2017, International Institute of Space Law, 507-522
- 3) 高村ゆかり（2013），環境条約の国内実施：国際法の観点から，論究ジュリスト，7号，71-79

キーワード スペースデブリ、宇宙活動法、宇宙条約

# 国外の気候変動影響が国内企業の経済活動に及ぼす影響に関する企業意識調査 Business Sector's Perception on Impacts of Climate Change that Could Affect Japanese Companies

国立環境研究所 ○亀山康子, パシフィックコンサルタンツ株式会社 中島光博

## 1. 背景と目的

異常気象の増加等、気候変動影響と考えられる事象による被害軽減のため、適応策の重要性が高まっている。各国政府は適応計画を策定しつつあるが、自国内で生じる物理的影響に限定されていることが多い。しかし、特に日本経済は、資源や部品の調達等、国外に依存しており、国外の気候変動影響が貿易等を介して日本の企業活動や国民生活に影響を及ぼすおそれがある。そこで、本研究は、日本企業が国外の気候変動影響から被害を受けるリスクの認識、及び、リスク軽減を目的とした備えに関して、その十分性を検討することを目的とする。

## 2. 研究方法

本研究の手順は2段階で行う。1段階目では、企業にとって、そもそもいかなるリスクがありうるのかという観点から、網羅的に文献調査を行う。2段階目では、日本企業をヒアリングし、リスクを認識し適応策を取れている分野、認識はしているが対策をとれていない分野、そして認識できていない分野をとりまとめる。

ヒアリング対象企業選定方法としては、適応策に関する発信の多い企業を中心に、業種の多様性を勘案しつつ、ヒアリングの可能性を打診した。最終的には、精密機器、化学、製薬、食品、その他製造業、建設、保険、総合商社の計11社となった。

## 3. 文献調査を踏まえた企業の気候変動リスク

欧米の文献を中心に網羅的に調査した結果、企業がサプライチェーン等をつうじて直面しうる気候変動リスクを表1のように分類できた。なお、多くの文献では、企業が同様の経路を経て機会を得る可能性も同様に示唆していたが、本研究ではリスクに限定して、ヒアリングを実施することとした。

## 4. 日本企業ヒアリングの結果

ヒアリング調査は、2018年9月～2019年3月にかけて実施した。表1を踏まえ、これらのリスクに関する認識を自由回答してもらった。

短期的な降水量の増加による浸水等、2011年タイでの洪水等で経験したリスクに関しては、大半の企業で

表1 企業が直面しうる気候変動リスク分類

気候変動影響の類型	想定される企業活動へのリスク
短期的な降水量の増加による浸水等	短期的な集中豪雨、台風、ハリケーン、強風による資本（設備等）への物理的損害
	交通網遮断による物流停止
	交通網遮断による社員の出勤困難
	サプライチェーンを介した納期の遅れ
	工事期間の延長
海面上昇や高潮	農作地の浸水による生産量減少
	長期的な変化としての海面上昇による土地や設備の喪失
	短期的な異常気象による高潮での資本（設備等）への損害
渇水	港湾が使用困難となることによる船舶での輸送遅延
	降水量の減少等による工場での水使用量減少
	降水量の減少等による穀物等食料品生産量の減少
熱ストレス	乾燥による森林火災、山火事
	社員（労働者）の熱中症、あるいはそれを防止するための休憩時間確保による労働生産性減少
	社員（労働者）や製品の品質管理のための空調利用による電力消費量増加
	高熱による農作物の生産量減少、長期的には栽培適地の変化
	道路アスファルト等の劣化による輸送遅延
	漁業資源の移動を含む気温上昇による生態系への影響や、気温変化によるウィルス増加の結果としての伝染病の増加
	消費者の好みの変化（機会ともなりうる）
上記を原因とする経済的コスト増、投資リスク	新事業開始時の将来リスク増加によるコスト増
	保険料の増加
	価格高騰に伴う投機の発生によるさらなる価格高騰
	信用の低下

すでに十分な認識が共有されており、備えも十分にされていた。しかし、熱ストレス等未経験のリスクや、海面上昇等、長期にわたって徐々に進行するリスクに対する認識や備えは不十分であった。

今後の研究では、本調査で対象とならなかった業種も含めて企業の気候変動リスク対応策を検討する。

## 参考文献

1) Surminski, S. et al. (2016) “Chapter 6, Business and Industry,” in *UK Climate Change Risk Assessment Evidence Report*, London.

謝辞 本研究は、環境研究総合推進費 2-1801 の成果の一部である。

キーワード 気候変動影響、企業、適応策

# オフィスビルにおける CO<sub>2</sub>削減対策の実施状況：東京都排出量取引制度に着目して

## Implementation of carbon dioxide emissions reduction measures in office buildings: Focusing on the Tokyo Emissions Trading Scheme

早稲田大学 ○尾沼広基, 有村俊秀

### 1. はじめに

パリ協定が締結され、温室効果ガス削減のための政策手段として、排出量取引制度（ETS）や炭素税などカーボンプライシングがあらためて注目されている。日本においては、これまでに東京都（2010 年から）や埼玉県（2011 年から）が ETS を導入しており、現在は国としてカーボンプライシングの本格導入に向けた議論が進められている。日本は 2030 年までに温室効果ガス排出量を 2013 年比で 26%削減することを掲げており、特に、オフィスビル等の業務部門は 39.8%と他の部門よりも高い削減目標が設定されている。今後、目標を達成していくにあたり、カーボンプライシングをはじめとする温室効果ガスの削減が期待される政策の有効性を検証していくことが求められている。

そこで本研究では、全国のオフィスビルを対象に行ったアンケート調査のデータを用いて、東京都とその他道府県に立地する事業所の CO<sub>2</sub> 削減対策実施状況を比較し、ETS による対策促進の可能性について検証する。

### 2. 調査概要

本研究では、平成 27 年度時点で温対法に基づき温室効果ガス排出量の報告が義務付けられている事業所を対象に、2018 年 10 月 10 日から 12 月 21 日にかけてアンケート調査を実施した。ここで対象となった事業所は、エネルギー使用量（燃料、熱及び電気等）が原油換算で年間 1,500 kL 以上の事業所であり、いわゆる大規模排出事業所のことである。このうち、総務省の日本標準産業分類をもとに調査対象の選定を行い、906 事業所が調査の対象となった。回答方法は紙もしくは電子調査票で回答してもらい、郵送もしくはメールで返送してもらう形式とした。最終的に 167 事業所（内、東京都 65 事業所）から回答があり、回収率は 18.4%であった。

本研究の主目的となる CO<sub>2</sub> 削減対策の実施状況に関する質問は、それぞれ「該当箇所・設備には全て実施・導入している」、「80%以上 100%未満」、「60%以上 80%未満」、「40%以上 60%未満」、「20%以上 40%未満」、「0%超 20%未満」、「実施・導入していない」の 7 段階で聞いている。その他の質問項目には、建物の基本情報（竣工

年、総階数、用途別延床面積等）、大規模修繕の有無、省エネ取組に関する会議の有無などについて聞いている。

### 3. 分析方法

本研究では、東京都の事業所とその他道府県（ETS を導入している埼玉県は除く）の事業所で、CO<sub>2</sub> 削減対策の実施率が異なるかどうかを分析する。分析で使用する被説明変数及び説明変数の詳細は次のとおりである。

被説明変数は、CO<sub>2</sub> 削減対策の実施率を用いる。前述の対策実施状況について、「該当箇所・設備には全て実施・導入している」と回答した事業所を 100%の実施率とし、「80%以上 100%未満」と回答した事業所を 90%、…、「0%超 20%未満」と回答した事業所を 10%、「実施・導入していない」と回答した事業所を 0%の実施率として、0 から 1 の間を取る変数として数値化した。

説明変数は、東京都に所在する事業所を 1 とするダミー変数、建物の築年数、自社ビルである場合に 1 をとるダミー変数、建物の総階数、オフィス用途部分の延床面積、大規模修繕を実施したことがある場合に 1 をとるダミー変数、省エネ会議を定期的に実施している場合に 1 をとるダミー変数を用いる。

分析手法は、被説明変数が 0 から 1 をとる値であるため、Fractional logit モデルを採用した。

### 4. 分析結果

分析の結果、ETS の実施地域である東京都の事業所は、制度が無い道府県の事業所と比べ、「照明制御」、「照度適正化」、「高性能断熱材」、「デマンドコントロール（警報等）」の実施状況が進んでいることが示された。一方で、「不要照明の間引き」や「エアコンの温度設定の緩和」など、比較的費用のかからない対策については差が見られなかった。こうした結果から、ETS の導入は対策によっては一定の効果があった可能性が示唆される。

キーワード オフィスビル、CO<sub>2</sub>削減対策、排出量取引制度

# 「コミュニティ電力計」を用いた電力消費量の測定と変動要因の分析

## Measurement of power consumption using the community power meters and analysis of variable factors

神奈川大学 ○松本安生, 東京海洋大学 川名 優孝, 刑部 真弘

### 1. 研究の目的

本研究の目的は、気象要因（気温や日照など）や建物要因（部屋の向き）が電力消費量の変動に与える影響を明らかにすることであり、このために「コミュニティ電力計」を用いた棟全体の電力消費量の測定と、気象要因及び建物要因との関連について分析を行った。

### 2. 研究の方法

本研究では横浜市旭区若葉台の A 棟（1983 年築）を対象に電力消費量の測定を行った。A 棟は地上 14 階の高層住宅で、2 階から 14 階までの各階に東側 3 部屋、西側 3 部屋の 6 部屋が配置されている。各部屋は全て賃貸住宅で広さは 60 m<sup>2</sup>程度である。電力消費量の測定は 2018 年 10 月から開始し、本研究では 2019 年 2 月 1 日～28 日までの 28 日分（4 週間）の 1 時間毎データ（672 件）を用いた。また、同期間における横浜地方気象台の気象データ（1 時間毎）との関連について分析した。

### 3. 研究の結果と考察

#### 3.1. 時間帯別及び曜日別の電力消費量

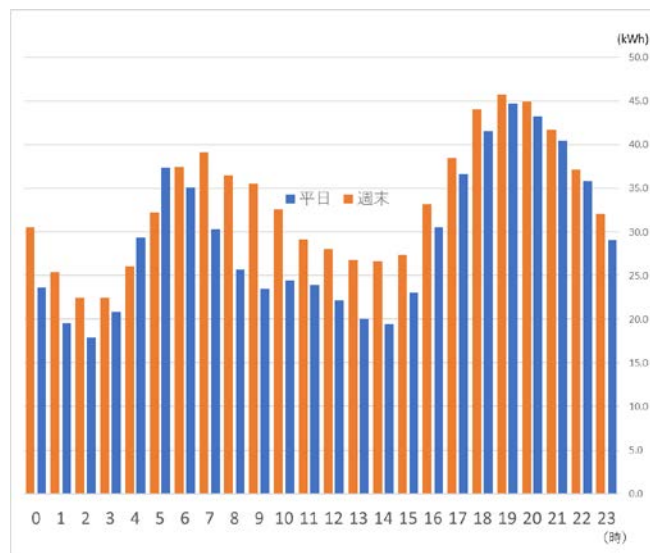


図 1 時間帯別平均電力消費量（平日・週末）

図 1 に平日（20 日間）及び週末（8 日間）の時間帯別平均電力消費量を示す。平日・週末とも 1 日の電力消費量が最も大きくなる時間帯は 19 時、最も小さくなる時

間帯は 2 時であった。また、午前中の電力消費量のピークは 5 時（週末は 7 時）、週末は午前中の消費電力量の減少が小さいなどライフスタイルの特徴が示唆された。

#### 3.2. 気温と電力消費量との関連

各日の 1 時間毎データと同曜日同時間帯における平均電力消費量との差を時間帯別消費電力量偏差とし、同日同時間帯の気温との関係について分析を行った。

この結果、気温が高い時間帯では偏差が負つまり消費電力量が同曜日同時間帯の平均値を下回る一方で、気温が低い時間帯ほど偏差が大きくなるつまり消費電力量が平均を上回る傾向が確認された。また、この関係は気温が高く偏差が負の場合よりも気温が低く偏差が正の場合の方が偏差の変化が大きいことが確認された。この期間の消費電力量の変動は主に暖房機器であり、暖かい時間帯に暖房機能を弱める行動よりも、寒い時間帯に暖房機能を強める行動の方が起こりやすいと推定される。こうした行動特性を踏まえることで、省エネや節電の普及啓発をより効果的に実施することが期待される。

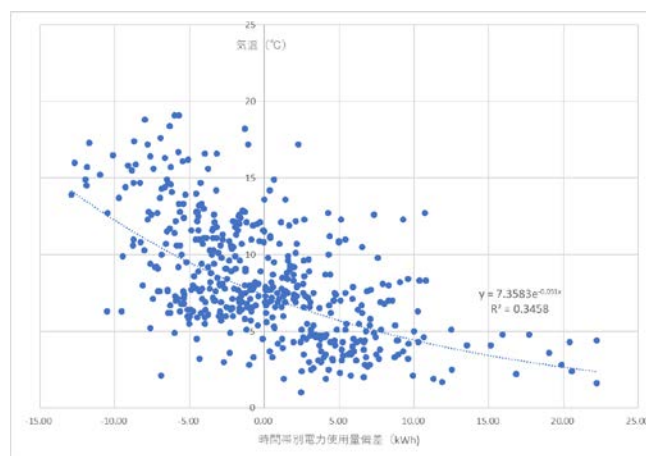


図 2 電力消費量（偏差）と気温との関連

謝辞:本研究は JSPS 科研費 JP17K00702 の助成を受け、(一財)若葉台まちづくりセンターの協力のもと実施した。  
参考文献: 気象庁.過去の気象データ検索. <https://www.jma.go.jp/jma/index.html>. 2019 年 3 月 1 日

キーワード コミュニティ, 電力消費量, 変動要因



# 東京都排出権取引制度が事業所へ及ぼした影響：石油等消費動態統計による分析

## Exploring the impact of Tokyo Emission Trading Scheme on Energy Consumptions : Evidence from Facility-level Data from the Energy Intensive Sectors

早稲田大学現代政治経済研究所 ○矢島 猶雅, 早稲田大学政治経済学術院, 環境経済経営研究所 有村 俊秀  
早稲田大学政治経済学術院 定行 泰甫

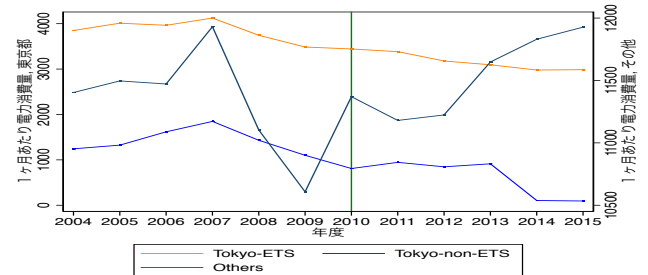
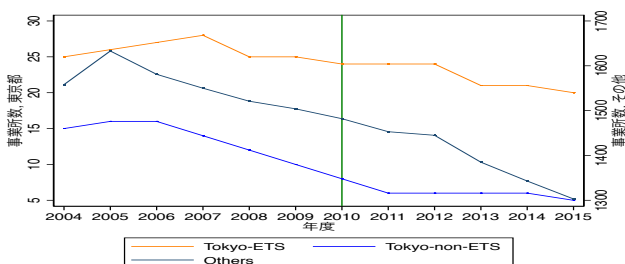
### 1. 研究背景

温暖化対策の必要性の高まりを背景に、東京都は日本政府に先立って 2010 年より温室効果ガスの排出権取引制度 (ETS) を導入した。2010 年から 2014 年にかけて第一計画期間が終了し、一定の成果があったとしてつつ現在は第二計画期間へ移行している。しかし、2010 年以降、排出量に影響を与える要因は様々な要素がある。第一に、2011 年の東日本大震災がある。第二に、電力価格の上昇や経済活動の停滞である。

Wagner et al. (2014)のように、経済活動や景気動向などの影響を考慮した ETS 研究が多くある。しかし、東京都の ETS ではまだ見られない。よって、本研究は、経産省の石油等消費動態統計調査のデータを用いて、東京都 ETS が事業所に与えた影響を検証する。石油消費動態統計は、特にエネルギー集約的産業 (紙・パルプ、鉄鋼業、石油製品など) を対象とした、燃料消費量に関する月次データである。ほぼ全数調査であり、標本期間は 2004 年から 2015 年である。

### 2. エネルギー集約産業の動向

分析に先立ち、エネルギー集約産業の 2005 年から 2015 年にかけての動向を確認する。現在の段階で東京都 ETS 対象の事業所、そうでない東京都の事業所、その他の地域の事業所に分けている。まず、全体の事業所数を見ると、東京都内とその他の地域ともに減少傾向にある。次に、燃料の代表値として電力を見ると、東京都では緩やかに減少しているのに対し、その他の地域では 2009 年に大きく減少後に増加している。



### 3. 分析手法・結果

最後に、東京都 ETS がエネルギー集約産業に与えた影響を分析する。用いるのは、Regression Discontinuity Design in Time である。閾値時点は、制度導入ではなく、制度の提案があった 2007 年 6 月とし、前後 1 年を分析に用いる。分析対象の燃料として、ここでは電力、都市ガス、A、B、C 重油を用いた。

分析の結果、制度導入により、電力および A・B・C 重油において有意な削減が確認された。また、いずれもその後時間経過で増加する傾向が示されているが、その係数は非常に小さい。

変数	(1) 電力 (対数)	(2) 都市ガス (対数)	(3) A重油 (対数)	(4) B/C重油 (対数)
トリートメントダミー	-0.00355* (0.000338)	0.137*** (0.00110)	-0.623*** (0.00745)	-0.0362** (0.00110)
トリートメントダミー *トレンド	0.000170* (2.08e-05)	0.00205* (0.000166)	0.0367** (0.000581)	0.00978*** (8.57e-05)
観測数	25,055	6,533	6,871	3,539
決定係数	0.097	0.028	0.041	0.043

### 謝辞

本研究は、環境研究総合推進費 (2-1707)の補助を受けています。

### 参考文献

1) Wagner, J. U., Muuls, M. and Maritn, R. (2014) The Causal effect of the European Union Emissions- Trading Scheme: Evidence from French Manufacturing Plants, Fifth world congress of environmental and resource economists

キーワード 排出権取引制度 エネルギー集約産業



# 東京都オフィスビルにおける省エネ対策の取り組みの効果推計 An Estimation of effects of energy saving measures in office buildings in Tokyo

早稲田大学 ○鷺津明由, 尾沼広基, 有村俊秀

## 1. はじめに

都市計画において、都市に立地する建物のエネルギー消費を可視化した都市エネルギー消費マップ(urban energy consumption map; UECM)を検討することは重要な課題である。本研究では、鷺津・中野<sup>1)</sup>が開発した東京都 UECM を用いて、オフィスビルの省エネ対策効果の検証を行うことを目指し、そのための基礎資料として、東京都における大規模オフィスビルの省エネ対策・技術の普及状況を調査したので、その結果を報告する。

## 2. 調査の方法

「ZEB 設計ガイドライン(中規模事務所編)<sup>2)</sup>」では、将来的に目指されるべき ZEB Ready(対策前に対する省エネルギー率 50%を達成したビル)において、採用が目指されるべき技術と、それらが導入された場合の省エネ効果が詳しく検討されている。そこで本研究では、調査対象のビルが各省エネ対策をどの程度実施しているかを、一般的なアンケートで調査可能な質問によって把握し、個別の対策実施状況を積み上げることで、当該建物の省エネ効果を推定した(図 1 はその概念図である)。調査対象としたのは、平成 27 年度時点で地球温暖化対策の推進に関する法律(温対法)に基づき温室効果ガス排出量の報告が義務付けられているオフィスビルである。

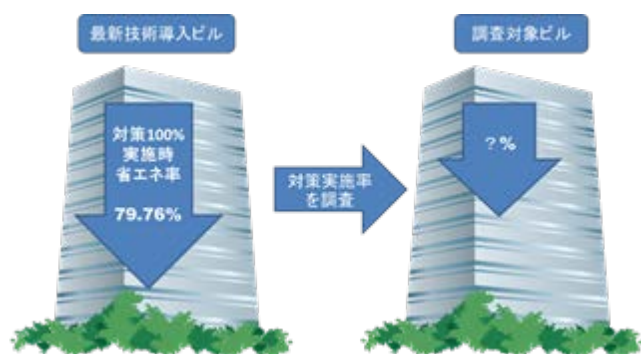


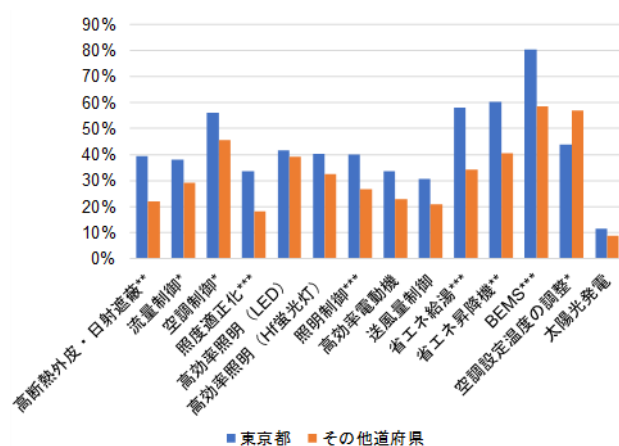
図 1 調査の方法

## 3. 結果

### 3.1. 省エネ対策の実施状況

図 2 は各省エネ対策の平均実施率を、東京都とその他道府県に分けて示している。高断熱外皮・日射遮蔽、流量制御、空調制御、照度適正化、照明制御、省エネ給湯、

省エネ昇降機、BEMS の対策実施率については、東京都の平均実施率がその他道府県の値より有意に高く、設定温度対策の平均実施率は、その他道府県のほうが有意に高い。BEMS の平均実施率が最も高く、次いで省エネ給湯、省エネ昇降機、空調制御の平均実施率が高い。



東京都とその他の平均の差が\*\*\*1%有意, \*\*5%有意, \*10%有意

図 2 省エネ対策実施率

### 3.2. 東京都全体の省エネ効果

東京都のオフィスビルの省エネ化による一次エネルギー消費削減量を推算すると、すべての省エネ対策によって 37.4 PJ, ZEB Ready 関連対策による効果に限れば 25.0 PJ となった(2017 年の日本全体の業務部門による最終エネルギー消費 2,151PJ<sup>1)</sup> の 1.7%と 1.2%)。

本研究は、環境省・(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(代表: 有村; 2-1707)に基づく研究成果である。

## 参考文献

- 1) 鷺津明由, 中野諭; 東京都の建築物による一次エネルギー消費データベースの作成, 早稲田大学 先端社会科学研究所ワーキングペーパー, IASS WP 2017-J003, (2018), pp.1-10
- 2) 環境共創イニシアチブ; ZEB 設計ガイドライン(中規模事務所編), [https://sii.or.jp/zeb/zeb\\_guideline.html](https://sii.or.jp/zeb/zeb_guideline.html)

キーワード オフィスビル, 都市エネルギー消費マップ

# 東京都内の中小規模事業所における省エネポテンシャルの推計

## Estimation of Energy Saving Potential at Small and Medium-Sized Buildings 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

地球温暖化対策において、省エネ対策は優先すべき課題の一つであるが、中小規模事業所（原油換算エネルギー使用量が年間 1,500kL 未満の事業所）では大規模事業所ほど省エネ対策が進展していない<sup>1)</sup>。東京都では産業・業務部門における温室効果ガス排出の約 6 割を中小規模事業所が占めており、その対策が急務である。これらの現状を踏まえ、効果的な省エネ政策を展開するという目的のもと、都内中小規模事業所において、どれだけの省エネの余地（省エネポテンシャル）があるのか考察を行う。

### 2. 分析方法

都内中小規模事業所から東京都に年間約 34,000 件の提出がある「地球温暖化対策報告書」のうち 2016 年度実績データを分析した。省エネポテンシャルを評価する指標として、事業所の単位延床面積あたりのエネルギー消費量（以下「エネルギー消費原単位」）に着目した。事業所の用途及び規模でデータを分類し、エネルギー消費原単位の分布を把握した。省エネポテンシャルは、分類ごとにエネルギー消費原単位の中央値を基準値とし、その基準値を超過している事業所が基準値まで削減した場合に得られる省エネ効果を合算したものと推計した（ただし、外れ値は推計から除外）。本報告では、都内中小規模事業所のエネルギー消費の主要用途であるオフィス（自社ビル、テナントビル）、物販店（コンビニ、総合スーパー・百貨店）、学校（小・中・高）について、報告する。

### 3. 分析結果

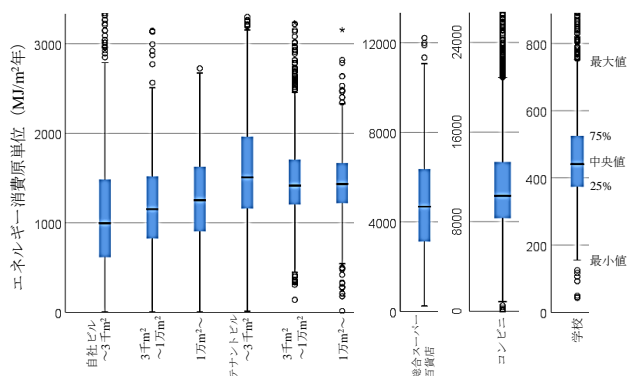


図 1 各用途におけるエネルギー消費原単位

表 1 省エネポテンシャル推計結果

分類		事業所数	エネルギー消費量 (TJ/年)	原単位 中央値 (MJ/m <sup>2</sup> 年)	省エネ ポテンシャル (TJ/年)	省エネ 割合 (%)
オフィス (自社ビル)	～3千m <sup>2</sup>	1,285	1,436	996	307	21.4
	3千m <sup>2</sup> ～1万m <sup>2</sup>	277	1,892	1,152	297	15.7
	1万m <sup>2</sup> ～	98	2,463	1,251	401	16.3
オフィス (テナントビル)	～3千m <sup>2</sup>	1,222	3,336	1,507	387	11.6
	3千m <sup>2</sup> ～1万m <sup>2</sup>	1,614	13,788	1,415	1,383	10.0
	1万m <sup>2</sup> ～	652	16,923	1,433	1,549	9.2
物販店 (総合スーパー・ 百貨店)	～3千m <sup>2</sup>	312	2,879	5,754	285	9.9
	3千m <sup>2</sup> ～1万m <sup>2</sup>	114	2,001	3,493	224	11.2
	1万m <sup>2</sup> ～	76	2,209	1,857	314	14.2
物販店 (コンビニ)		6,753	10,384	10,309	1,158	11.2
学校 (小・中・高)		1,614	6,008	441	490	8.2

分析結果を、図 1 及び表 1 に示す。用途、規模が同一であっても、事業所ごとにエネルギー消費原単位には大きな差異がある。

### 4. 考察

省エネポテンシャルを推計した結果、現状のエネルギー消費量の 10%～20%程度は削減の余地があることが示唆された。今回、推計に用いた中央値基準の考え方は、省エネ法で採用されているトップランナー方式に比べれば、厳しいものではなく、「一般的に行われている取組」と考えることができる。それにも関わらず、図 1 に見られるように中央値を上回る事業所が多数存在しており、一般的に行われている取組でさえ導入を阻害する要因（省エネバリア）が存在することを示唆している。

今後は、省エネバリアに関する先行研究の蓄積を踏まえ、アンケート等の実施によって省エネバリアの影響度を定量的に明らかにするとともに、省エネ対策を推進する効果的な施策の検討を行う予定である。

### 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（2012）平成 23 年度温室効果ガス削減ポテンシャル分析事業委託業務報告書, p.199

キーワード 中小規模事業所, 省エネポテンシャル, エネルギー消費原単位

# 森林分野を事例とした SDGs 達成のための科学・政策インターフェースの課題

## Challenges in the Science-Policy Interface to Achieve the SDGs: Case of the Forest Sector

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 ○森田香菜子, 長崎大学 松本健一

### 1. 背景・研究目的

2015 年の国連持続可能な開発サミットで 2030 年までの環境・経済・社会的側面を含み、全ての国に適用される 17 の持続可能な開発目標 (Sustainable Development Goals: SDGs) が採択された。SDGs 達成には、SDGs 達成の効果を高める科学-政策間の知の共有など、科学的知見を政策決定に活用するためのプロセス「科学・政策インターフェース (Science-Policy Interface: SPI)」の構築が求められている。国連科学諮問委員会は、強い SPI が SDGs 達成に貢献すること、SDGs 達成に科学の貢献の最大化が必要であることを表明している。

SDGs 達成のための政策・制度作りには多様な科学的知見の活用が求められており、SDGs 達成の効果を高める SPI の構築が不可欠である。SDGs 達成には、各目標の達成という視点だけでなく、多様な目標間で横断的に問題を解決することが必須である。その代表的な例が SDGs 目標 15 に含まれる「持続可能な森林管理」である。森林分野の対策は同目標下の生物多様性保全などのターゲットだけでなく、目標 6 (水資源管理)、目標 7 (クリーンエネルギー)、目標 13 (気候変動対策) などの環境目標や、途上国では目標 1 (貧困削減)、目標 2 (飢餓ゼロ) など開発目標とも強く関係する。

持続可能な開発や環境分野における SPI に関する既存研究では、気候変動や生物多様性分野が注目され、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) や生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学政策プラットフォーム (IPBES) の SPI に対する役割や効果に焦点が当てられた研究が見られる (Minx et al., 2017; Tinch et al., 2018)。森林分野でも林業を軸とした森林分野の日本とスウェーデンの SPI 分析 (Nagasaka et al., 2016) が行われている。しかし、近年注目されている複合的な SDGs 目標達成の視点からの SPI の研究は見られない。

本研究の目的は、SDGs に広く貢献しうる重要な分野の一つの森林分野を事例に、SPI に関わる国際制度や行為主体の分析を通じて森林分野の SDGs 達成のための SPI の課題を明らかにすることである。森林に関わる科学的知見の創出から SDGs 達成のための知見の活用に至るプロセスにおける、SPI に関わる国際制度や行為主体の役割を分析することで、SPI の課題を明らかにする。

### 2. 研究方法

Böcher & Krott (2016) の 知識移転の研究・統合・活用 (Research, Integration, and Utilization: RIU) モデル (研究: 科学的な知見創出, 統合: 科学・活用双方向での研究の問いと結果の選定, 活用: 行為主体の科学的助言の活用) を基に、森林分野の SPI に関わる国際制度や行為主体の役割を整理し、森林分野の SPI の課題を示す。森林分野の SPI に関わる国際制度は、国連気候変動枠組条約、生物多様性条約、国連森林フォーラムなど、行為主体は、IPCC, IPBES, 国連食糧農業機関、国際森林研究機関連合などを対象とする。

### 3. 研究結果

本研究では、森林分野の SPI に関わる既存の国際制度や行為主体の役割を分析し、国際森林研究機関連合の取り組みなど、限定的ではあるが森林分野の SPI 構築に向けた取り組みが行われていることを示した。しかし、SDGs 目標達成の視点からの森林分野の効果的な SPI を構築するためには、森林分野の総合的な政策課題の整理と不足している科学的知見に関する整理の両方が現在不足しており、さらにその森林分野の総合的な政策的・科学的ニーズをつなぐ国際制度や行為主体間の連携も不十分であることが示された。

### 参考文献

- 1) Minx, J.C., Callaghan, M., Lamb, et al. (2017). Learning about climate change solutions in the IPCC and beyond. *Environmental Science and Policy* 77: 252-259.
  - 2) Tinch, R., Balian, E., Carss, D., et al. (2016). Science-policy interfaces for biodiversity: dynamic learning environments for successful impact. *Biodiversity and Conservation* 27: 1679-1702.
  - 3) Nagasaka, K., Böcher, M., and Krott, M. (2016). Are forest researchers only scientists? Case studies on the roles of researchers in Japanese and Swedish forest policy processes. *Forest Policy and Economics* 70: 147-154.
  - 4) Böcher, M., and Krott, M. (2016). Science makes the world go round: successful scientific knowledge transfer for the environment. Springer 207pp.
- キーワード 持続可能な開発目標 (SDGs), 科学・政策インターフェース (SPI), 森林
- 謝辞: 本研究は JSPS 科研費 JP19K12467, JP18H03428, JP19H04340 の助成を受けたものである。

# 生産側からの持続可能な消費と生産フレームワーク：タイとベトナムへの適用

## A Framework of Sustainable Consumption and Production from the Production Perspective: Application to Thailand and Vietnam

信州大学経済学部 ○八木迪幸, 神戸大学大学院経営学研究科 國部克彦

### 1. はじめに

持続可能な開発目標（SDGs）には 17 の目標があり、目標 12 は「持続可能な消費と生産（SCP: Sustainable Consumption and Production）パターンの確保」で、8 つのターゲット（12.1-12.8）と 3 つの実施手段（12.a-12.c）から構成される。目標 12 において SCP は 11 項目から成る多次元の標語であり、従って SCP の達成には様々な方法があるが、問題点としてどのように SCP を達成すべきかの指針がない。この背景を基に、本研究は生産（企業）側から SCP を評価し、推進するためのフレームワークを提案する。

### 2. 背景

目標 12 で生産側に重要なターゲットは、12.2（資源効率）、12.3（食品ロス）12.4（化学物質/廃棄物）、12.5（廃棄物削減）、および 12.6（持続可能な報告）である。これらに対応する企業の環境実践は大まかに 3 つあり、環境マネジメントシステム（EMS）、環境管理会計（EMA）、環境マネジメントコントロールシステム（EMCS）である。まず EMS と EMA は主に汚染防止に役立つ。EMS は戦略レベルで実装され、ISO14001 などのサブシステムの形式を取り、主に 12.4（化学物質/廃棄物）に有効である。一方で EMA は運用レベルで使用され、費用と環境の両方の視点を持つ会計手法であり、主に 12.6（持続可能な報告）で重要である。最後に、EMCS は環境面におけるマネジメントコントロールシステム（MCS）である。これは戦略的レベルと運用レベルの間に位置し、環境問題への活動を企業の能力に変換できると期待される。EMCS は主に資源効率（12.2）に貢献するだろう。

### 3. SCP フレームワーク

本研究で提案する生産面の SCP フレームワークは、5 段階の企業の環境実践と 5 つの MF 要因を含む 5×5 マトリックスである（図 1）。「段階」は、EMS や EMA、EMCS を含む環境管理を意味する。汚染防止として処理（I.EMS）とコミュニケーション（II.EMA）、効率的アプローチ（EMCS）として、III 財務、IV 環境、および V 全体のパフォーマンスがある。一方、「要因」は、各段

階で管理される対象物質である。5 要因は、ベースライン要因（例、エネルギー）、総廃棄物、有害廃棄物、使用原材料、リサイクル廃棄物で、これらは 12.3（食品ロス）と 12.5（廃棄物削減）に対応する。従って、フレームワーク全体で生産側の 5 つのターゲットに対応する。

### 4. タイとベトナムの上場企業分析

本研究は、タイ（Yagi and Kokubu, 2018）とベトナムの上場企業（金融業除く）に郵送でのアンケート調査を行い、それぞれ 101 社と 204 社の有効回答を得た。これを元に統計的に分析をすると、タイの方は段階Ⅲ（効率性アプローチ）、ベトナムでは段階ⅠかⅡ（汚染防止）にある可能性が高い。例えば、EMS の実施率はタイで 60%、ベトナムで 37%であり、EMA の実施率（環境報告書の発行率）はタイで 72%、ベトナムで 39%である。従って、政策的含意としては、経済成長の段階に応じた、個別の SCP 政策が必要になるだろう。

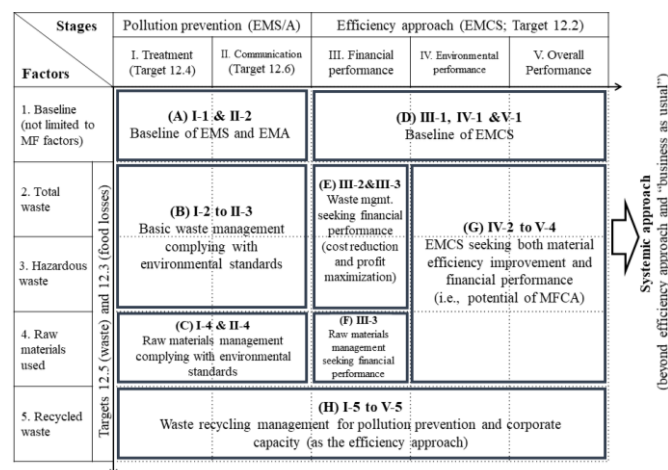


図 1 生産側からの SCP フレームワーク

### 参考文献

- Yagi, M., Kokubu, K., 2018. Corporate material flow management in Thailand: The way to material flow cost accounting. Journal of Cleaner Production 198, 763–775.

キーワード 持続可能な開発目標、持続可能な消費と生産、企業の環境マネジメント、タイ・ベトナム上場企業



# シェアリング・エコノミーの普及がもたらす環境・社会的影響の検討 - 3R 活動と生活時間の観点より -

## Consideration of Environmental and Social Influence by the diffusion of Sharing Economy with the focus of 3Rs and time-use of daily life

東京工業大学 ○阿部直也, 中央大学 中村寛樹, 北海学園大学 水野谷武志

### 1. 研究の背景

近年、スマートフォンなどに代表される ICT 機器の普及などにより、従来コミュニケーションや取引を行うことが難しかった人々や団体同士の間で「何かを」共有あるいは融通することを可能にするシェアリングエコノミーなどと総称される新たなビジネスが普及しつつある (Belk, 2007, ボッツマン他, 2016)。具体的には、移動手段 (モビリティ)、宿泊・滞在、オフィス (スペース)、衣服、食糧などの分野で普及が進みつつありその内容は多様であり、対象領域も拡大する傾向にある。これらの新たなサービスやシステムの出現は、新たな価値観、選択肢、ライフスタイルを提供しつつあるが、例えば若年層や高齢者層に対して異なる利便性や影響を及ぼすと想定され、また、利便性を追求した結果、環境面においてもいかなる影響をおよぼすのか、その検証はまだ十分に進んでいない。シェアリング・エコノミーの普及により、人々が過剰に利便性や効率性を追求し、結果的に今日以上に社会に対して環境へ負の影響を及ぼす可能性もあり、持続可能な開発目標 (SDGs) との接点 (特に目標 11 (都市)、目標 12 (SCP)) も考慮しつつ、取り組み内容の整理とその環境・社会的影響の検討が望まれ、本論はその点に貢献することを意図している (図 1. 研究の枠組み)。

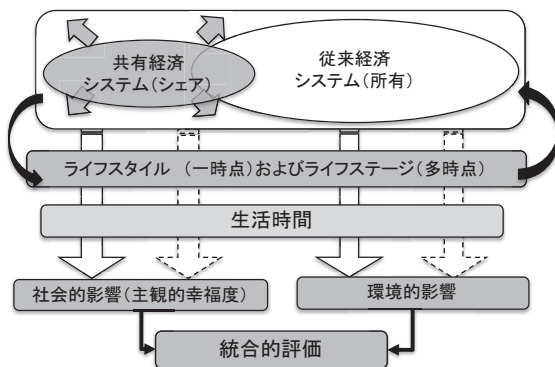


図 1. 研究の枠組み

### 2. 生活時間に着目すると本論の目的

これまでライフスタイルの変革を検討する際、人々がどのように生活時間を過ごしているのか、その観点

から変更や変革の容易性は必ずしも十分に検討されてこなかった。また、生活時間の過ごし方のパターンや特徴 (例えば可処分時間の大小) は、人々の幸福度やストレスなどとも関連しており、それらの理解は人々の幸福度や well-being の向上を図る上で有益である。

### 3. 生活時間と環境配慮行動との接点

少子高齢化という社会構造変化の大きな流れがある中、「働き方改革」が提唱され、労働力の逼迫が顕在化しつつある今日、人々が生活時間利用の効率化などを目的としてシェアリング・エコノミーを積極的に利用する場合が想定され、フィードバック効果を通じて、ライフスタイルがさらに変化する可能性がある。その際、人々は環境配慮行動も同時に並行して積極的に対応できるのだろうか。そのような行動を実践するゆとりやインセンティブは存在するのだろうか。

例えば、3R 活動に着目する。高齢者自身がペットボトルなどの分別・搬出をできない場合、親族や介護関係者がその世帯を訪問し対応する必要があるが、分別したペットボトルの搬出・回収タイミングは、居住地ごとに予め特定の曜日やタイミング (時間帯) に決まっており、いつでもよいわけではない。3R 行動は人々を取り巻く人間関係、可処分時間、タイミングに制約されることがある。こうした生活時間と環境配慮行動の整合性や競合性の事例整理が必要となる。

### 参考文献

- 1) Russell Belk (2007), Why Not Share Rather than Own?, The Annals of the American Academy of Political and Social Science, Vol. 611, pp. 126-140
- 2) レイチェル・ボッツマン/ルー・ロジャース (2016), シェア<共有>からビジネスを生み出す新戦略, 関美和訳, NHK 出版, pp.356

キーワード シェアリング・エコノミー, 環境・社会的影響, 3R 活動, 生活時間, ICT

# SDGs 達成に向けた地方ガバナンスの分析：下川町の事例を中心として

## Local Governance for the Achievement of the SDGs: The Case of Shimokawa Town

公益財団法人 地球環境戦略研究機関 ○片岡 八束, 国連大学サステイナビリティ高等研究所 (UNU-IAS) 増田 大美, 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 森田 香菜子

### 1. 背景・研究目的

持続可能な開発のための 2030 アジェンダ及び持続可能な開発目標 (Sustainable Development Goals: SDGs) は、2015 年の国連持続可能な開発サミットで採択された。SDGs は持続可能な開発の 3 つの柱とされる社会、経済、環境の統合的解決を目指しており、17 の目標間の関係性評価も重要視している。また、実施主体に関しては、国だけではなく様々な主体が SDGs に取り組むことが重要とされ、特に SDGs を地域レベルで実施する上で自治体の役割が国際的にも重視されている

(Global Taskforce on Local and Regional Governments, 2018)。

日本の地方自治体における SDGs の実施については、2018 年から日本政府が地方創生として「SDGs 未来都市」の選定を開始し、これが推進力となり多くの自治体が SDG に取り組み始めた。地方自治体による SDGs の政策導入、モニタリング指標等についてはガイドライン作成や既往研究が進められつつあるが、実践に基づく政策プロセスに関する分析はまだ多くない。

本研究の目的は、自治体レベルでの SDGs 達成のためのガバナンスの構築に関して、事例を通じて、その要件と課題について検討することである。

### 2. 研究方法

本研究では、Loorbach (2010) によるトランジション・マネジメント及び Persson & Runhaar (2018) における環境政策統合のパフォーマンス要因分析の枠組みを基に、SDGs の実施に係るガバナンスを分析する枠組みを設定した。分析に当たっては、①SDGs に関する政策形成・統合（主流化）、②実施、③モニタリング・評価の 3 つの政策プロセスに対して、自治体を取りうる戦略、また戦略に影響を及ぼす内部要因、外部要因について調べることにし、その中でトランジション・マネジメントにおける 4 つのガバナンスタイプ（戦略的、戦術的、運用的、再帰的）との関連を整理した。また、先進事例のプロセス分析を通じて SDGs 達成に向けたガバナンス構築の要件等を抽出するため、SDGs 未来都市に選ばれ「ジャパン SDGs アワード」も受賞した北海

道下川町を分析対象とした。

### 3. 研究結果

本研究では、地方自治体における SDGs の実施に係るガバナンスを分析する枠組みを設定し、下川町の事例を通じて、SDGs 達成に向けた主流化プロセス、また長期的視点からの構造変化プロセスの分析を試みた。下川町では、SDGs に関するビジョンの策定、総合計画への反映等の主流化プロセス、SDGs 未来都市計画に基づくプロジェクト等の実施プロセス、指標設定や外部委員会等のモニタリングプロセスにおいて、パートナーシップや住民参加等の様々な内部要因、外部要因が影響を及ぼし、戦略的、戦術的、運用的、再帰的といった複数のガバナンスタイプを柔軟に組み合わせた実践がなされていることが本研究から明らかになった。

### 参考文献

- 1) Global Taskforce on Local and Regional Governments (2018) Local and Regional Governments' Report to the 2018 HLPF Towards the Localization of the SDGs
- 2) Loorbach, D. (2010) Transition Management for Sustainable Development: A Prescriptive, Complexity-Based Governance Framework. *Governance: An International Journal of Policy, Administration, and Institutions* Vol. 23, No.1: 161-183.
- 3) Persson, A. and Runhaar, H. (2018) Conclusion: Drawing lessons for Environmental Policy Integration and prospects for future research. *Environmental Science and Policy* 85: 141-145

キーワード 持続可能な開発目標 (SDGs)、地方自治体、SDGs ローカライゼーション（地域化）、ガバナンス  
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 1-1801 (SDGs 目標達成に向けた統合的実施方法の包括的検討) により実施したものである。

# SDGs への対応における認証制度の係わりと課題：農業のケーススタディ Involvement with SDGs of certification system and its issues: case study of agriculture

滋賀県琵琶湖環境科学研究センター ○河瀬玲奈, 内藤正明, 中井医院 中井明日香

## 1. はじめに

持続可能な開発目標（SDGs）達成を通じた持続可能な社会構築のためには、社会の全ての主体の行動が不可欠である。そのためには、規制などの手法のみならず、各主体の自主的な取り組みが求められる。

本研究では、事業者の自主的な SDGs への取り組みの一つとされる認証制度を取り上げ、自然との直接的な関係が深い農業を対象に SDGs と認証制度の係わりを分析する。なお、滋賀県における適用を検討するため、耕地面積の約 9 割が水田であり、コメが主要な作物であることから、農業の中でもコメを主な事例とする。

## 2. 研究方法

農業に関連する認証制度と SDGs との関係は、認証基準と SDGs のターゲットを紐づけ、SDGs の三つの側面（環境、経済、社会）との関係を三角図にプロットすることにより示す。具体的には、まず、SDGs の各ターゲットが関係する側面に「1」のフラグを立てる。次に、認証基準と関連する SDGs のターゲットを紐づける。認証基準に紐づいたターゲットのフラグを合計し、各側面のシェアを算出する。なお、農業に関する認証制度は、基準の公開や第三者認証による認証取得などの条件により、Global G.A.P.、JGAP、世界農業遺産、有機 JAS、滋賀県環境こだわり農作物認証制度を選択した。また、認証取得のために必須ではない基準は対象外とした。

次に、コメ栽培農家（事業者）の認証取得行動における課題をサプライチェーンとの関係より整理する。

## 3. 結果と考察

### 3.1. 農業に關係する認証制度と SDGs

SDGs の三つの側面との関係は、環境 26%、社会 56%、経済 18%となった。農業に関する認証制度は、いずれも環境的側面との関わりが強い認証であることが分かる

（図 1）。Global G.A.P.と JGAP はほぼ同じ位置であった。世界農業遺産には「地域社会の食料及び生計の保障に貢献している」などの社会的側面に関する基準があり、分析対象とした認証制度の中では、最も三角形の中心に近かった。SDGs と最も近かったのは Global G.A.P.であった。また、定量的な情報に基づく基準はほとんどなく、

認証取得による SDGs への貢献は仕組みづくりであると言える。

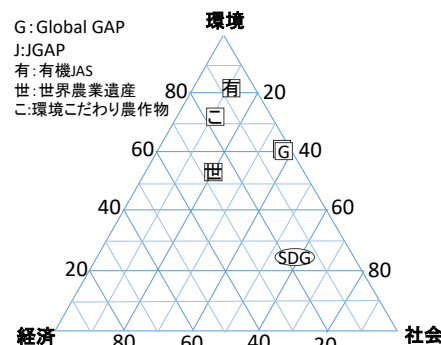


図 1 認証制度と三つの側面との関係

### 3.2. コメ栽培と認証取得の構造

コメ栽培農家は兼業が多く、コメの販売先は地域の農業協同組合（JA）が多い。JA が販売先となる場合は、苗や肥料の選択、施肥方法など JA の方針通りに生産することになる。資材は JA が調達し、農家は JA を通して購入するため選択肢も少ない。生産物の販路を開拓するのは JA であり、JA が販売先に特定の企業などを有する場合は、その企業が求める調達方針に沿ったものを生産することになる。そのため、農家が独自に認証制度を取得したり、JA に SDGs に貢献するための資材提供を要請したりする動機がない。この構造はコメに限らず、農作物の生産に係る SDGs に貢献する行動や認証取得は、農作物の販売先による影響が大きいことが分かった。

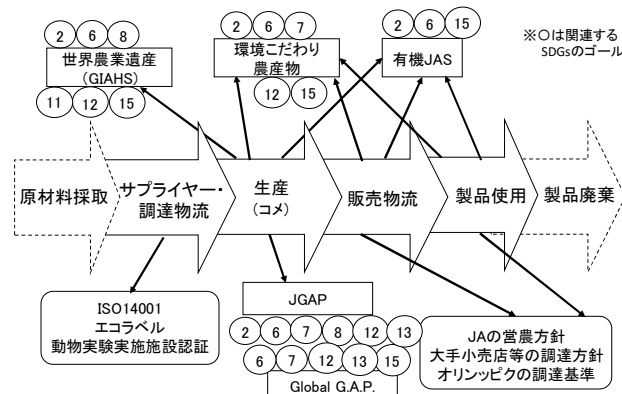


図 2 コメ栽培に係る認証制度 と SDGs

キーワード SDGs, 認証制度, 農業

## 小売業者のリデュースの取組はすすんだのか？ Are the Voluntary Waste Prevention Programs of Retail Stores Effective?

創価大学 碓井健寛, 国立環境研究所 田崎智宏

### 1. はじめに

容器包装の削減(リデュース)の取り組みはどのように評価されているのだろうか。事業者のリデュースの対策について統計分析が包括的に行われてきたことはなかった。そこで本研究は、小売業者が独自に行っている容器包装削減の取組がどれだけ有効であるのか確かめるために、小売業者の容器包装使用量に関してパネルデータ分析を行った。具体的にはコンビニエンスストアとスーパーマーケットの5年間の事業者別の容器包装使用量データを用いて、減量化対策の効果を検証した。

### 2. データと推定方法

分析では、スーパーマーケットとコンビニエンスストアのプラスチック製容器包装のうちでレジ袋の使用量、プラスチック製容器包装使用量と紙製容器包装(紙・プラ包装)使用量を合計したデータを使用する。レジ袋を対象としたのは、容器包装のリデュースで最も注目されている品目であるためである。今回のデータで計測されている容器包装は、スーパーで新たに付加・使用された容器包装である。たとえば、菓子類の容器包装やカップ麺の容器などは該当しないが、肉や魚のプラスチックトレイは該当するので、データとして計測される。紙製容器包装は紙袋や販売に使用する容器包装である。両者の合計量を使用することで、販売時に店頭で発生する容器包装の使用量が包括的に把握できる。

### 3. 結果と考察

パネルデータ分析を行うにあたって、事前にどのようなモデルであるのかは未知である。したがって4つのモデルを推定した上で、最良のモデルを選択した。

### 4. 結論

コンビニエンスストアとスーパーマーケットの5年間の事業者別の容器包装使用量データを用いて、減量化対策の効果を検証した結果、「有償化」だけが有意な減量効果を持つことがわかった。しかしそれ以外の取組は有意な減量効果があるとは認められなかった。

本研究から得られた結論より政策提言をおこなって

みよう。小売店での買い物袋の有償化が効果的であることが実証された。しかしスーパーマーケットやコンビニエンスストアが買い物袋を有償とするかどうかは、顧客が離れていくかもしれないという懸念を取り除く必要がある。すでに先行事例が存在するように、自治体や都道府県がガイドラインを策定したうえで事業者が一斉に導入するのが望ましい。

表 1 推定結果

	スーパーマーケット		コンビニ	
	紙・プラ包装	レジ袋	紙・プラ包装	レジ袋
ln 売上額	-1.258** (0.293)	0.145 (0.528)	-0.827 (1.978)	0.540 (2.120)
ln 売上額 <sup>2</sup>	0.097** (0.019)	-0.012 (0.040)	0.0594 (0.085)	0.007 (0.089)
有償ダミー	-0.066** (0.024)	-0.372** (0.070)	-0.533* (0.199)	-1.401** (0.233)
景品ダミー	0.063** (0.024)	0.237* (0.111)	-0.285** (0.091)	-0.308* (0.116)
エコバッグ配付ダミー	0.008 (0.024)	0.104 (0.095)	-0.152 (0.103)	0.045 (0.160)
意思確認ダミー	0.002 (0.026)	-0.044 (0.091)	0.099 (0.253)	0.523 (0.281)
量り売りダミー	0.007 (0.028)	0.054 (0.069)	—	—
2008 年度ダミー	-0.034** (0.012)	0.033 (0.051)	0.010 (0.052)	-0.152 (0.082)
2009 年度ダミー	-0.076** (0.016)	-0.089 (0.060)	-0.102 (0.078)	-0.200 (0.108)
2010 年度ダミー	-0.090** (0.017)	-0.173* (0.069)	-0.144 (0.100)	-0.254 (0.146)
2011 年度ダミー	-0.106** (0.020)	-0.194* (0.081)	-0.074 (0.126)	-0.232 (0.130)
定数項	15.15** (1.067)	11.24** (1.424)	14.06 (11.40)	4.725 (12.41)
N	847	617	63	40
R <sup>2</sup>	0.286	0.153	0.327	0.814

注：括弧内は不均一分散修正済でクラスター化した標準誤差である。

注：\* はそれぞれ有意水準を示している \*\*：p < 0.01, \*: p < 0.05

謝辞： この研究は JSPS 科研費 26380331 の助成を受けた。データは、経済産業省産業技術環境局リサイクル推進課より提供いただいた。関係者に御礼申し上げる。

### 参考文献

1) 碓井健寛・田崎智宏 (2016) 小売業者のリデュースの取組はすすんだのか？ 環境科学会誌, 29, 191-200.

キーワード 容器包装リサイクル, リデュース, パネルデータ分析



# IoT センサを用いた生ごみ堆肥化装置内の発酵物堆積状況把握と収集運搬の効率化 Understanding Fermented Material Accumulation Situation of Composting Equipment of Food Waste by Using IoT Sensor and Improvement of Collection Efficiency

北九州市立大学 ○前田桜我, 松本 亨, 藤山淳史

## 1. はじめに

近年、モノとモノとをインターネットを介して接続する IoT (Internet of Things) の活用が様々な分野に広まっており、廃棄物処理・リサイクル分野においても効率化や省人化などの点から注目されている。先行事例として、京都府における廃プラ及び下水汚泥の回収実証 (2017 年度) 等があるが、これらの試行はまだ緒に就いたばかりであり、今後多くの実証のもと、知見を蓄積していくことが必要である。

本研究では、食品残渣のオンサイト処理装置を対象に、一次発酵後堆肥の回収効率化を想定した。装置内に蓄積された一次発酵物は、排出事業者からの連絡を受け引き抜きを行い、北九州エコタウンに立地するリサイクルセンターへ運搬し、そこで二次・三次発酵を行うという流れになっている。排出事業者の依頼に基づく個別輸送となるケースが多く、定期的に回収を行っている比較的大規模な排出事業者についても、最適なタイミングとルートでの運搬となっていないと考えられる。そこで、IoT センサを用いた回収のタイミングと運搬ルート、さらに混載を含めた効率化を検討した。そのため、攪拌・発酵により時間とともに変化する堆積物に対するセンシング実証を行うとともに、過去の運搬実績データを用いて効率化のシミュレーションを行い、CO<sub>2</sub>排出量の削減効果を試算した。

## 2. IoT センサによる堆積量の把握手法

生ごみ堆肥化装置のフタ部に IoT センサを設置し、堆積物までの距離を測ることで装置内の堆積状況の把握を行った。排出事業者投入時刻及び重量の記録を依頼し、センサでの測定結果と照合することで、一次発酵物の堆積状況の把握と堆積予測式の取得を行った。システムの概要を図 1 に示す。



図 1 センシングシステム概要

## 3. 堆積量予測にもとづく運搬効率化

### 3.1. 計算条件

処理事業者は、福岡県内外の 20 の排出事業者が生ごみ堆肥化装置を設置している。これらは、3 ヶ所の大規模排出事業者、2 ヶ所の中規模排出事業者、15 ヶ所の小規模排出事業者で構成される。処理事業者が保有する 2 t トラックを使用し、以下 2017 年 12 月から 2018 年 11 月までの 1 年間の実績を用いた。

ケース 1: 20 の排出事業者を個別に収集

ケース 2: 収集実績 (大規模事業者は個別輸送、それ以外は適宜共同輸送)

ケース 3: 排出事業者の実績より線形回帰にて堆積量を予測し、タイミングとルートの最適化 (共同化を含む)

具体的な計算条件は以下のとおりである。

- ・大規模排出事業者は個別輸送でタイミング最適化
- ・中規模排出事業者は 2 事業者で共同輸送
- ・小規模排出事業者は 15 事業者で共同輸送
- ・回収頻度は予測にもとづき最適な頻度を推計

### 3.2. 計算結果

計算結果を図 2 に示す。ケース 1 と比較して、ケース 2 は 17.9%削減、ケース 3 は 46.1%削減される結果となった。このことから、堆積量の把握による事前予測が、運搬効率化に有効であるといえる。

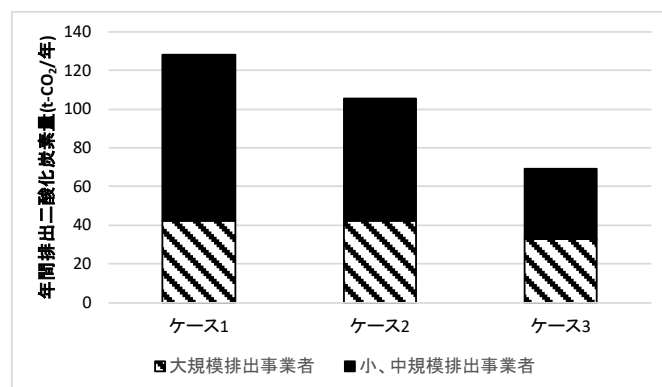


図 2 各ケースにおける二酸化炭素排出量

キーワード IoT, 生ごみ, 運搬効率化

# エネルギー回収機能付き廃棄物焼却施設の立地候補地選定システムの開発

## Sites Selection System for a Solid Waste Incineration Plant with Energy Recover Facilities

東洋大学 ○後藤尚弘, 国立環境研究所 藤井実, 東京理科大学 大西悟, 国立環境研究所 牧誠也

### 1. はじめに

近年、廃棄物焼却熱を有効利用して発電する施設は多数ある。しかし、Dou et al.<sup>1)</sup>は、熱を蒸気に変換するなど熱のまま高度に利用する方が40%の発電に相当するエネルギー利用率となり、GHG削減に貢献できることを指摘している。このことから、廃棄物焼却熱の熱利用が注目されている。

一方で、廃棄物焼却熱の熱利用に関しては、需要家の存在が必要である。さらに重要な問題は、新たに廃棄物焼却施設を建設する際の地域住民の意向である。

本研究は、住民の意識調査を通して高度熱利用施設を備えた焼却施設（以下、焼却施設）の立地条件を明らかにすることを目的とする。

の場所を2次候補地とした。さらに、住宅地図等によって近隣の需要家の確認をしたのちに、最終候補地とした（図2）。2次候補地で各県に0-12件の候補があることが分かった。

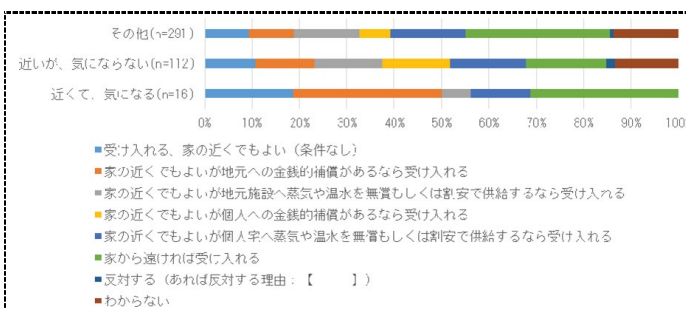


図1 居住地と焼却施設との距離による意識調査結果

### 2. 焼却施設建設に対する意識調査

#### 2.1. 調査手法

被験者住居と焼却施設との距離によって、施設建設の意識の変化をネットアンケートによって調査した。

日時 2018年2月16-18日 サンプル数 620件

被験者にとって、住居と焼却施設との正確な距離はわからないと予想できるので、気になるか、見えるか、などの心理的な距離について質問をした。

#### 2.2. 調査結果

図1は焼却施設建設（一般廃棄物）に対する住民の意識と焼却施設の心理的距離とのクロス集計をした結果である。「近いが、気にならない」と回答をした住民が、「焼却施設建設を条件なしで受け入れてもよい」と答えた回答が約10%であったのに対し、「近くて気になる」と答えた住民で「焼却施設建設を条件なしで受け入れてもよい」と答えた回答が約20%であった。これは、すでに焼却施設を受け入れている住民の新たな焼却施設受け入れへの心理的ハードルが低いことを表している。結果より、焼却施設に関しては、現在焼却施設が立地している場所への建て替えがもっとも現実的である。

### 3. 焼却施設立地候補選定方法

稼働中の焼却施設が立地している場所を1次候補地とした。次に、需要家を考慮して、工業団地内、および工業団地に隣接する焼却施設をGISによって抽出し、そ

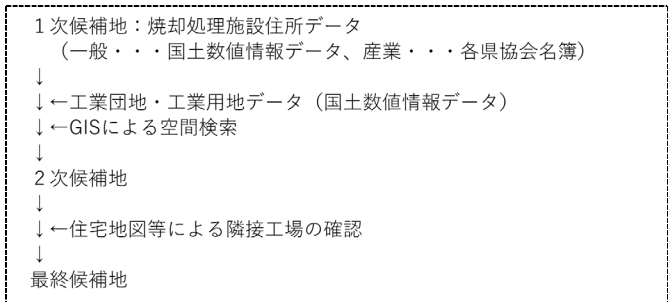


図2 焼却施設の立地候補地を選定するシステムの概要

### 4. まとめ

本研究のような選定方法であれば、焼却施設建設に関する住民との軋轢も可能な限り回避できよう。

#### 謝辞

本研究は環境省環境研究総合推進費(3-1709)「廃棄物の高度な地域熱利用のための技術・社会システムに関する研究」の助成によって実施されました。謝意を表します。

#### 参考文献

1) Dou Y., Fujii M., Fujita T., Gomi K., Maki S., Tanikawa H. (2017) Potential of waste heat exchange considering industrial location changes: A case of Shinchi-Soma region in Fukushima, Japan: J of Japan Society of Civil Engineers, (Environmental Research), 73(6), p.II\_353-II\_363

キーワード 廃棄物焼却施設、エネルギー回収、焼却施設立地

# 市町村別プラスチックごみ排出量の推計 Estimates of the municipality plastic garbage emissions

所属 ○中口毅博(芝浦工業大学), 小澤はる奈(環境自治体会議環境政策研究所)

## 1. 目的

本研究は世界的な課題である全国約 1700 の市町村別にプラスチックごみの排出量を推計したものである。

## 2. 重回帰モデルによる推計式作成

推計方法を図 1 に示した。69 の自治体について、プラスチックごみ排出量を被説明変数、種類別排出量や地域特性を説明変数とする重回帰分析を行い、推計式を作成した。

一般廃棄物排出量（家庭系／事業系別収集量、可燃／不燃別収集量）と資源化量・リサイクル率は環境省一般廃棄物処理実態調査から得た。一方地域特性データは、人口、世帯数、面積、人口密度、第 3 次産業売上高などを総務省統計局のサイトから得た。

プラスチックごみ仮推計値＝ $0.1382 \times (\text{家庭系可燃ごみ排出量}) - 0.0969 \times (\text{事業系ごみ排出量}) + 2.8720 \times (\text{1 人 1 日当たりの排出量}) + 36,966 \times (\text{政令市ダミー})$

上が得られた回帰モデルである。決定係数（R<sup>2</sup> 乗、相

関係数の 2 乗）が 0.85 と高くなり、かつすべての説明変数の偏回帰係数が有意である結果が得られた。

## 3. 全市町村の推計

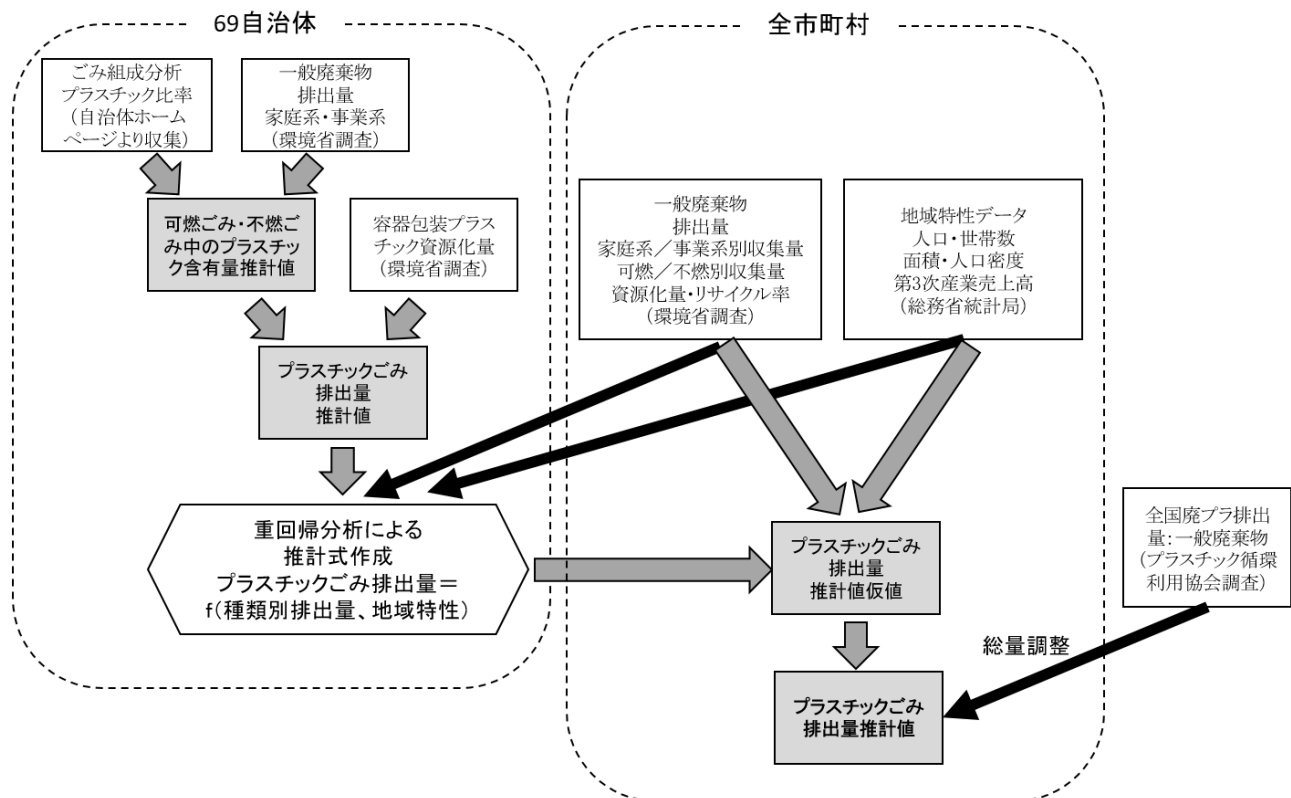
説明変数のデータはすべての市町村において一般廃棄物処理実態調査から得られるので、この式に当該市町村の値を代入することで当該市町村のプラスチックごみ仮推計値が得られる。しかし異常な値を示す市町村が見られたため、構成比の上限を 29% として補正して、仮推計値を再計算し、さらに、プラスチック循環利用協会から得た全国廃プラ排出量を総量調整データとしてさらに推計値を補正した。

結果については口頭発表において紹介する。

## 参考文献

中口毅博編(2019)環境自治体白書 2018-2019. 生活社

キーワード プラスチックごみ, 一般廃棄物, 市町村別



ごみ処理手数料有料化によるごみ排出削減効果  
—関東地方の自治体データを用いたパネルデータ分析—  
Empirical Study on the effect of unit-based pricing on household waste  
-A city level panel data analysis in Kanto area-

東京工業大学 ○望月文太, 東北大学 日引聡

## 1. はじめに

近年、ごみ処理手数料を有料化している自治体が増えている。ごみ処理手数料は、従量制と定額制に大別され、資源配分の効率性の観点から従量制の方が望ましい。しかし、従量制にはごみ削減効果の持続性に関して疑問を呈する声も多い。本研究では、従量制有料化が排出量に及ぼす影響を分析し、短期的なごみ削減効果と長期的なごみ削減効果の違いを明らかにすることを目的とした。

## 2. 分析方法

本研究では、従量制有料化が一人一日当たり家庭ごみ排出量にどの程度影響を与えているかを推定するために 2007～2016 年までの関東地方の自治体を対象に以下の 2 つのモデルを用いてパネルデータ分析を行う。有料政策のデータについては市区町村の HP、電話及びメールによるインタビュー調査によって収集した。(1)式は従量制有料化の効果が時間経過とともに変化することを考慮するモデルであり、(2)式はごみ排出行動の習慣性を考慮するために被説明変数の 1 年前の変数を加えた動学モデルである。

$$\ln(e)_{i,t} = \alpha + \ln(p)_{i,t} \times \sum_{T=0}^7 \gamma_T \times (year)_T + \beta' (Z)_{i,t} + \lambda_i + \mu_{i,t} \quad (1)$$

$$\ln(e)_{i,t} = \alpha + \gamma_0 \ln(p)_{i,t} + \beta_0 \ln(e)_{i,t-1} + \beta' (Z)_{i,t} + \lambda_i + \mu_{i,t} \quad (2)$$

$e$ は一日一人当たり排出量、 $p$ は 1L 当たりの可燃ごみ袋価格、 $Z$ はコントロール変数ベクトルを表す。コントロール変数ベクトルは一人当たり実質所得、平均世帯人数、ごみの分別数、人口密度から成り、全て対数化した。 $year$ は従量制有料化の経過年数ダミー変数である。 $T=0$ の時、導入年度を 1、それ以外 0 を取り、 $T=1$ の時、導入経過 1, 2 年で 1、それ以外 0 を取る。このように  $T=6$ まで 2 年ごとに経過年数ダミーを作り、 $T=7$ の時導入経過 13 年以上で 1、それ以外 0 を取るダミー変数を作成した。なお、 $\beta'$ はベクトル表記のパラメータ、 $\lambda_i, \mu_{i,t}$

は個別効果、誤差項を表す。

## 3. 推定結果

推定結果を表 1 に示す。モデル 1 より、従量制有料化と経過年数ダミーとの交差項の推定値はいずれも -0.05 ～ -0.06 と小さく、先行研究とそれほど大きな違いはなかった。モデル 2 の一年ラグの一人一日当たり排出量から、人々の行動は、習慣性があり、前年の 26%程度が影響を与えていることが分かる。このことから長期的なごみの弾力性はおおよそ -0.07 であることが分かる。従量制有料化は、人々にごみの排出抑制を促し、時間経過とともにごみの排出抑制を促進させることが推察できる。

表 1 推定結果

	モデル1	モデル2
$\ln(e)_{t-1}$	—	0.2589*** (0.0143)
$\ln(p)$	—	-0.0517*** (0.0087)
$year_0 \times \ln(p)$	-0.0490*** (0.0135)	—
$year_1 \times \ln(p)$	-0.0610*** (0.0106)	—
:	:	:
$year_7 \times \ln(p)$	-0.0569*** (0.0181)	—
Adjusted R <sup>2</sup>	0.021	0.1443
観測数	2608	2607

※0内は標準誤差を表し、統制変数は省略した。

\*\*\*は 1%水準で統計的に有意であることを示す。

## 4. 結論

モデル 2 より、従量制価格が 1%上昇すると約 0.05% 排出量を削減する効果を持つことが明らかになった。また、本研究では、経過年数ダミーの交差項の結果より、リバウンド効果は見られず、モデル 2 より、ごみの習慣性を考慮すると、従量制有料化による長期的なごみ削減効果 -0.07 は短期的なごみ削減効果 -0.05 に比べて 1.4 倍ほどの差があることが明らかになった。

キーワード ごみ処理手数料有料化、リバウンド効果、パネルデータ

ポスター発表  
(優秀発表賞応募発表を含む)

ポスター会場：プレゼンテーションスペース

発表・討論時間：9月13日（金） 12:00 ～ 14:00

発表コアタイム：9月13日（金） 12:30 ～ 13:30

# リスク評価を用いた地方自治体におけるアスベスト（レベル3建材）対策の政策目標の検討

## Making goals of prefectural policies in countermeasures against non-scattering asbestos by using risk assessment

○豊永悟史<sup>1,2</sup>，宮崎康平<sup>1,3</sup>，古澤尚英<sup>1,4</sup>，小原大翼<sup>1,5</sup>

1.熊本環境政策研究会，2.熊本県阿蘇保健所，3.熊本県環境センター，  
4.熊本県環境生活部環境局環境保全課，5.熊本県保健環境科学研究所

### 1. はじめに

アスベストは優れた耐火性等を有することから建材として使用されてきたが，不適切な解体工事等によって飛散したアスベスト繊維へばく露されることにより，肺がんや悪性中皮腫などの原因となることが知られている。このため，大気汚染防止法では，吹付材等（レベル1及び2建材）を対象に，解体現場の周辺住民の健康被害防止を目的とした規制が行われている。しかしながら，飛散しにくいとされているアスベスト（レベル3建材）についても，不適切な取り扱いによってアスベストが飛散する危険性があることが指摘されており，大気汚染防止法に基づく規制対象への追加が検討されている<sup>1)</sup>。本研究では，地方自治体におけるアスベスト（レベル3建材）対策の政策目標の検討に活用するために，解体現場におけるレベル3建材由来のアスベストによる周辺住民のリスク評価手法を検討した。

### 2. 使用したデータとリスク評価方法

試行的な計算として，熊本県内で1年間に発生する解体工事によって周辺住民がアスベストにばく露した場合の死亡リスク推定モデルの構築を試みた。なお，ここでは，レベル3建材からのばく露のみを想定し，レベル1，2建材については考慮していない。

まず，想定される状況を次のとおり整理した。

- ① 解体工事（不適切なものを含む）は一定の確率で県内の任意の地点で発生する。
- ② 不適切な解体工事が発生した場合のみ，周辺住民は一定濃度のアスベストにばく露する。
- ③ アスベストにばく露した周辺住民は一定の確率で肺がん又は悪性中皮腫を発症して死亡する。

次に，以上の条件から，熊本県内におけるアスベストが原因の肺がんと悪性中皮腫で死亡するリスク $I$ を式(1)で表現するモデルを検討した。

$$I = \frac{(I_L + I_M) \cdot P_i \cdot x}{P_a} \quad \cdots(1)$$

$I_L$ は肺がんによる死亡リスク， $I_M$ は悪性中皮腫による死亡リスクを示しており， $P_i$ は不適切な工事1件当たりのアスベストにばく露される人数， $P_a$ は熊本県全体の人口（2019.4.1時点；熊本県HP参照）， $x$ は不適切工事の発生件数を示している。

$I_L$ と $I_M$ はそれぞれ式(2)と(3)により算出した。

$$I_L = k_l \cdot f \cdot d \quad \cdots(2)$$

$$I_M = k_m \cdot f \cdot [(t - 10)^3 + (t - 10 - d)^3] \quad \cdots(3)$$

ここで， $k_l$ と $k_m$ は定数， $f$ はアスベストのばく露濃度（ $\text{f/l}$ ）， $d$ はばく露期間（year）， $t$ はばく露開始からの期間（year）を示している。なお，式(2)，(3)は村山（1991）<sup>2)</sup>に一部修正を加えたものである。

### 3. 結果と考察

Fig.1に本研究のモデルで推定された不適切な解体工事の発生率（%）と死亡リスクの関係を示した。今回のモデルでは1年間で生じる死亡リスクについて評価しているが，アスベストを使用した建物の解体は今後数十年続くため，長期間を想定した死亡リスクの推定が，今後の課題である。

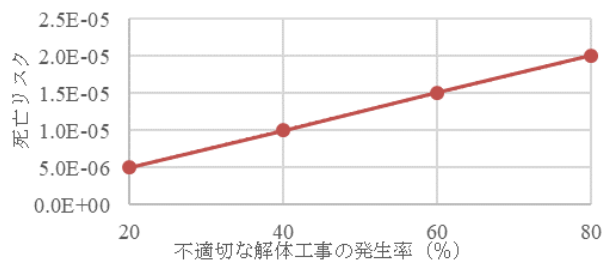


Fig.1 不適切な解体工事の発生率と死亡リスクの関係

#### 参考文献

- 1) 環境省（2019.6.14 アクセス）石綿飛散防止小委員会議事次第・議事録一覧，<https://www.env.go.jp/council/07air-noise/yoshi07-12.html>
- 2) 村山武彦，（1991）アスベストによる居住環境汚染のリスクアセスメントに関する研究，環境科学会誌，Vol.4 No.2，79-101

キーワード アスベスト，リスク評価，政策目標

# メダカにおける亜鉛の酸化ストレスに関する評価 Presentation Ecotoxicity of zinc using medaka from the viewpoint of oxidative stress

鈴鹿高専 ○甲斐穂高, 熊県大 石橋康弘, 鈴鹿高専 山口雅裕

## 1. はじめに

重金属は、生体への毒性が高いことから、その毒性評価について多くの研究が行われてきた。なかでも亜鉛は、めっきなどの工業利用による排出量が多く、さらにその毒性が水生生物に顕著であることから、排水基準のほかに水質環境基準(河川：0.03 mg/L, 海域：0.02 mg/L)が定められており<sup>1)</sup>、現在でも魚類を用いた毒性評価が行われている。魚類を試験魚とした重金属の毒性は、仔魚あるいは成魚を用いての半数致死濃度 LC<sub>50</sub> および全身または臓器内金属蓄積量の測定によって評価されることが主流である。しかし、これらの評価方法は、個体差の考慮をふまえて多くの試験個体が必要であり、また、金属の蓄積が直接の死因と判断することが困難である。一方で、少ない試験個体数であっても個体差の考慮が期待できる毒性評価として、酸化ストレスの測定があげられ、金属曝露や蓄積によるストレス誘発が死因となっている可能性についても検証できるメリットがある。本研究では、亜鉛イオンを対象として酸化ストレスを指標とした生態影響評価を行った。

## 2. 実験方法

塩化亜鉛を脱塩素水に溶かして①4mg/L-Zn<sup>2+</sup>溶液とその②Control および③0.01 M NaCl + 4mg/L-Zn<sup>2+</sup>溶液とその④NaCl Control を 2 L ずつ作製し、これらの溶液を用いてメダカ成魚で 96 時間の急性毒性実験を行った。試験後メダカの肝臓を回収して RNA 溶液を作製し、Histone H4 および 5 種類の抗酸化酵素(SOD2、SOD3、

GST1、GST3、Catalase)について cDNA 溶液を作製し電気泳動してバンドを得て、画像解析ソフトである ImageJ を用いてバンドの濃度を数値化し、①-②間および③-④間、①-③間について各抗酸化酵素の発現量を比較した。

## 3. 実験結果

得られた各抗酸化酵素のバンドの濃度を数値化し、Histone H4 の積分値で除算した値の試験水ごとの平均値を算出しグラフ化した。SOD2 以外の 4 つの酵素群については亜鉛イオン存在下：①、③で各々の Control：②、④より発現量が低下し、さらに共存塩存在下：③よりも非存在下：①の方が酵素発現量の低下が顕著だった。このことから、SOD2 以外の酵素においては、亜鉛イオン存在下において抗酸化機構の破綻による酵素発現量の減少の可能性があることが示唆された。また、SOD2 のみ①-②間で比較した際に発現量が増加しており、SOD2 は他の酵素群と比較して金属による酸化ストレスの影響を受けにくいと予想された。

## 参考文献

### 1) 亜鉛の水溶性化合物

<[http://www.nite.go.jp/chem/chrip/chrip\\_search/dt/pdf/CI\\_02\\_001/risk/pdf\\_gaiyou/001gaiyou.pdf](http://www.nite.go.jp/chem/chrip/chrip_search/dt/pdf/CI_02_001/risk/pdf_gaiyou/001gaiyou.pdf)>

キーワード 酸化ストレス, バイオアッセイ, メダカ

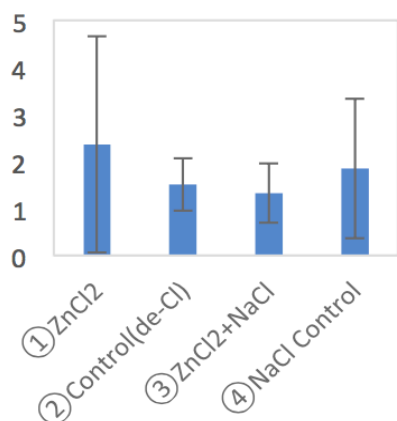


図1 SOD2 発現量

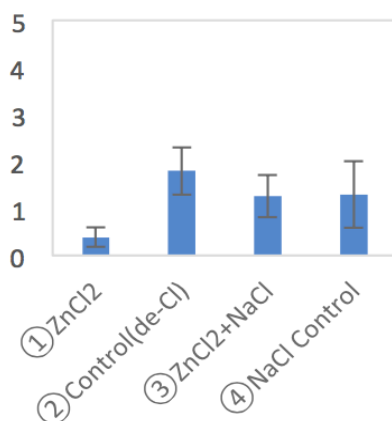


図2 SOD3 発現量

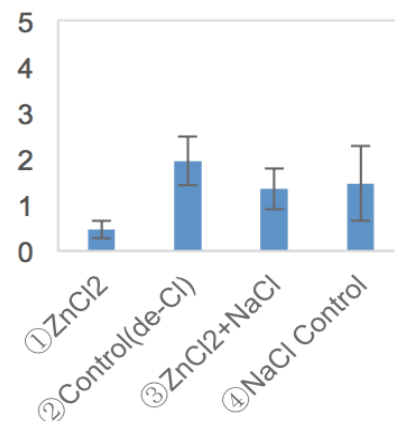


図3 GST3 発現量



# 地方自治体の施策へのSDGsの導入に関する考察: 森林管理を事例として Localization of the SDGs into Local Governments' Measure: A Case Study for Forest Maintenance

神戸大学 ○田畑 智博, 大野 朋子, 村山 留美子, 井口 克郎, 片桐 恵子

## 1. はじめに

SDGs の目標達成において地域が果たす役割は大きいことを踏まえ、SDGs の地方自治体への導入(ローカライズ)方法が提案されている<sup>1)</sup>。一方、特に小規模な自治体では、現在実施している施策に加えて、SDGs を新たに施策として展開するためのマンパワーや資金が不足しており、SDGs の展開が困難であるという報告がある<sup>2)</sup>。本研究では、地方自治体が現在実施している施策の多くは、SDGs と対応させることが可能であるとの考えのもと、地方自治体が自身の施策に SDGs を導入するためのアイデアについて考察する。

## 2. 研究の方法

神戸市<sup>3)</sup>の六甲山の森林管理を通じた地域活性化に関する施策を事例とする。ローカライゼーションの手順として、まず、森林管理と国連の SDGs、我が国の SDGs 関連施策との関連性を整理する。次に、森林管理に関わる SDGs の目標・ターゲットを、エキスパートジャッジにより抽出する。続いて、目標・ターゲットは総花的な文章になっているため、抽出された目標・ターゲットを森林管理に適用しやすいように、目標・ターゲットの文言を書き換える。

## 3. 結果とまとめ

まず、六甲山森林整備戦略と政府の第5次環境基本計画と SDGs アクションプラン 2018 に記載されている森林管理に関わる施策との関係性を、図1のように整理した。続いて、SDGs の17目標169ターゲットのうち、森林管理と関連するものとして、11目標20ターゲットを抽出した。抽出された目標は、目標1(人権)、同4(教育)、同6(水)、同7(エネルギー)、同8(雇用)、同9(産業)、同11(都市)、同12(資源利用)、同13(気候変動)、同15(生物多様性)、同17(パートナーシップ)である。これらを森林管理に適用しやすい文言に書き換えた(図2)。

以上の手順を通じて、森林管理に係る施策がSDGsのどの目標に影響を及ぼすかについて、その繋がりを可視化できた。本研究で提案したアイデアを利用することで、地方自治体が、施策の策定段階にSDGsの視点を組み込むことが容易になるのではないかと考えられる。

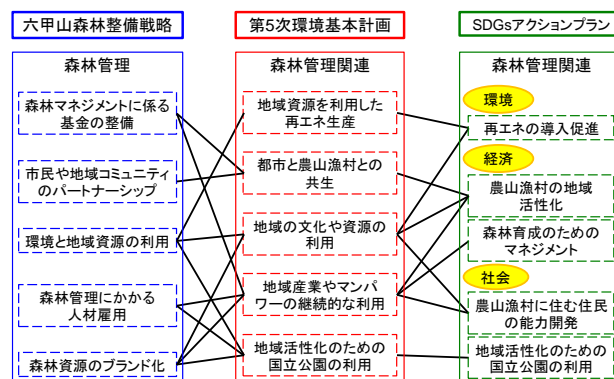


図1 森林管理とSDGs関連施策との関連性

SDGsの目標・ターゲット	森林管理で使えるように書き換え
4. すべての人に包摂的かつ公正な質の高い教育を確保し、生涯学習の機会を促進する	⇒ 4.六甲山の自然を保全するための生涯学習を進める
4.7 教育を通して持続可能な開発に必要な知識・技能を得られるようにする	⇒ 4.7 六甲山の森林・植物の保全や持続的な利用を進めるため、必要な知識・技能を得られるようにする
6. すべての人々の水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する	⇒ 6. 六甲山の水資源利用のために森林の保全に努め、水源を良好に保つ
6.6 水に関わる生態系を保護・回復する	⇒ 6.6 水源に関わる生態系の保護・回復を行う(森林の保全、不法投棄の禁止など)
7. すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する	⇒ 7.六甲山の森林を利用して再生可能エネルギーを生産し、地域住民が恩恵をうけられるようにする
7.2 再生可能エネルギーの割合を増やす	⇒ 7.2 森林の再生可能エネルギーへの利用を促進する

図2 各目標・ターゲットの書き換えの例

## 謝辞

本研究は、神戸大学大学院人間発達環境学研究科研究推進支援経費、環境省「第IV期環境経済の政策研究(研究代表者:佐藤真行)」の助成のもと実施した。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1) Global Taskforce of Local and Regional Governments (2017) Roadmap for Localizing the SDGs: Implementation and monitoring at subnational level, 43p
- 2) Network of Regional Governments for Sustainable Development (2018) Localizing the SDGs: Regional Governments Paving the Way, 37p
- 3) 神戸市 (2012) 六甲山森林整備戦略, 122p

キーワード SDGs, 地方自治体, ローカライズ



# 無機化合物によるめっき排水中の窒素系成分の吸着

## Adsorption of nitrogenous components in plating wastewater by inorganic compounds

名古屋市工業研究所 ○林朋子, 小野さとみ

### 1. 緒言

表面処理業でのめっき排水規制では, 平成 28 年 7 月以降に窒素は 300 から 100 mg/L への一律排水基準値が設定された。本研究では, めっき排水規制における基準値で課題となっているアンモニア性窒素に対して, ゼオライト並みの吸着能を有する吸着材を安価なパーライトより作製できるかどうか, その可能性について検討した。

### 2. 実験方法

#### 2.1. 試料

吸着材としては, ゼオライト (結晶形: A 型, 細孔径: 4Å), パーライト未処理, パーライトを 2M 水酸化ナトリウム溶液で 24 時間処理 (約 50°C) して調製したパーライト NaOH 処理の 3 種類の無機化合物を使用した。アンモニア性窒素には, 塩化アンモニウム溶液を用いた。

#### 2.2. 吸着実験

吸着材 1g を 50ml バイアルに投入し, 所定濃度に調製したアンモニア性窒素溶液を 25ml 加え, 所定時間振とうした。吸着後のアンモニウムイオン濃度をインドフェノール青法により測定し, 吸着率を求めた。

### 3. 結果と考察

#### 3.1. 元素分析

無機化合物の主要元素を波長分散型蛍光 X 線分析装置により測定した結果を表 1 に示す。パーライト未処理及び NaOH 処理はゼオライトに比べ, Si や K の含有率が高く, Al の含有率は低い傾向を示した。

#### 3.2. 各無機化合物の吸着能

はじめに, ゼオライトを用い, 初期濃度を 50, 100, 300ppm, 振とう時間を 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16, 24, 48 時間として吸着実験を行ったところ, 24 時間で平衡に達することが分かったので, 以後, 各無機化合物の吸着能評価は初期濃度 100ppm, 振とう時間 24 時間で行った。その結果, ゼオライトの吸着率が 93%と最も高く, パーライト NaOH 処理が 54%, パーライト未処理が 25%の順になった (表 2)。パーライト NaOH 処理は未処理に比べて

吸着率が 2 倍以上に向上したが, ゼオライトの約 60%であった。吸着率がゼオライトに比べて低くなった理由としては, 次の 2 点が考えられる。ゼオライトでは Si/Al 比の小さい順に陽イオン交換能が高くなることが知られているが<sup>2)</sup>, パーライト未処理及び NaOH 処理での Si/Al は 4.9, 5.1 であったのに対して, ゼオライトの Si/Al は 1.0 と低かった点。また, 陽イオン交換優先順位は  $Cs^+ > Rb^+ > K^+ > NH_4^+ > Ba^{2+} > Sr^{2+} > Na^+$  であるが,  $NH_4^+$  より優先順位の高い  $Rb^+$ ,  $K^+$  の含有率がパーライト未処理及び NaOH 処理で高かった点である。

表 1 元素分析結果(%)

No.	無機化合物	Si	Al	Na	K	Rb
1	ゼオライト	18.5	18.0	10.6	0.1	<0.01
2	パーライト未処理	35.5	6.9	2.1	4.4	0.03
3	パーライト NaOH 処理	33.6	6.8	2.3	4.1	0.03

表 2 ゼオライトとパーライトの吸着率(%)

No.	無機化合物	吸着率
1	ゼオライト	93
2	パーライト未処理	25
3	パーライト NaOH 処理	54

### 4. 結言

水酸化ナトリウムで処理したパーライトのアンモニウムイオン吸着率はゼオライトの 60%程度を示した。

### 参考文献

- 1) MAGDALENE KROL 他 (2014) Low-temperature synthesis of zeolite from perlite waste-Part I: review of methods and phase compositions of resulting products, Materials Science-Poland, 32, 503-513
- 2) BARTH-WIRSCHING U 他 (1993) Synthetic zeolites formed from expanded perlite: Type, formation conditions and properties, Miner Petrol, 48, 275-294

キーワード ゼオライト, パーライト, 吸着

# 台風（熱帯低気圧）の移動による大気バイオエアロゾル輸送 Transport of atmospheric bioaerosol by a moving typhoon, tropical cyclone

弘前大学大学院 ○小林史尚, 弘前大学 高原亮樹, 徳島大学大学院 浅田元子, 徳島大学大学院 中村嘉利

## 1. はじめに

熱帯低気圧「台風」は、熱帯地域で発生し日本に大雨・暴風など被害を及ぼす気象現象としてよく知られている。しかしながら、強い上昇気流によって熱帯地域の空気塊やエアロゾル（浮遊粒子）を舞い上げ、台風の移動とともに輸送することはあまり知られていない。エアロゾルの中でも環境により影響を及ぼすバイオエアロゾル（浮遊生物粒子）の台風による輸送に関する研究はほとんどない。

本研究では、台風によって輸送される大気バイオエアロゾルについての実相調査と環境影響評価を実施した。台風上陸あるいは通過地点（四国徳島および東北弘前を設定）において、上陸前後の大気バイオエアロゾルを含む台風通過時の雨水を採集し、生物分析を行った。

## 2. 実験方法

### 2.1 台風の雨水サンプリング

台風雨水採集は、徳島大学生物工学科棟の屋上および弘前大学コラボ弘大2階にて行った。雨水サンプリングは、気象庁の台風進路情報をもとにして実施した。

### 2.2 生物分析

雨水サンプルの生物分析は、サンプルからDNAを抽出しQubitを用いてDNA濃度を測定した。さらに、プライマーとして1st\_PCR\_515Fと1st\_PCR\_806Rを用いて1段目PCR増幅および2段目PCR増幅を行い、AMPure XP ビーズで精製した。このPCR産物を次世代シーケンス解析(MiSeq)により、細菌類の種組成解析を行った。この解析は株式会社ファスマックに委託して行った。

## 3. 結果と考察

### 3.1. 台風の雨水サンプリング

台風雨水のサンプリングは、2017年に日本に上陸し徳島市を通過した台風3号（7月4日徳島）、5号（8月6日から9日徳島あるいは弘前）および18号（9月17日から18日徳島あるいは弘前）において実施した。

### 3.2. 生物分析

採取された雨水サンプルのDNA濃度は、台風3号、

台風5号、台風18号の順に高かった。この理由の詳細は不明だが、台風の風速、すなわち微生物の舞い上がり量や陸や海といった地形に影響されたと思われる。リード数は、DNA濃度とほぼ同じ傾向を示したが、特に台風5号において通過とともに増加し、その後減少した。台風の接近とともに外側領域、外部コア、内部コアの風速の増加から陸域や海域の微生物の舞い上がり量が増加し、通過とともに風速が減少するので舞い上がり量が減少したと考えられる。

次世代シーケンス解析はβ-proteobacteria網、bacilli網およびchloroplast網の種組成変化を検討した。β-proteobacteria網は陸域・水域の環境微生物として、bacilli網はこれまで空域で発見された芽胞形成能を持つbacillus属細菌として、chloroplast網は海洋細菌の可能性として解析した。β-proteobacteriaの比が他のBacilli網やchloroplast網よりも数倍も高かった理由は、環境微生物として土壌や水系から台風の風によって舞い上がったためと考えられる。台風3号の進路から、日本上陸地点の九州西部から陸域を多く通過したので、chloroplast網が少なくbacilli網が多かった。台風18号は、海から上陸し、陸を通過していたことから、chloroplast網の比が最初高く後に減少し、大気バイオエアロゾルで多く検出されるbacilli網の比が増加したと考えられる。

## 4. 結言

詳細な次世代シーケンス解析を現在進めているが、本研究の結果から、DNA濃度や各々の種組成が台風の接近や通過とともに著しく変化することが明らかになった。さらに、風速や雨量などの台風の特徴や陸域・水域・海域などを通過する台風の進路は、細菌類の舞い上がり量やその細菌の種類に影響を及ぼすことがわかった。

## 参考文献

1) 筆保宏徳, 伊藤耕介, 山口宗彦 (2014) 台風の正体, 朝倉書店, 171 頁

キーワード 大気バイオエアロゾル, 台風, 輸送, 環境影響評価

# 水晶振動子マイクロバランス法を用いた気中水銀測定装置の開発とその応用

## Development and application of mercury vapor measurement system using quartz crystal microbalance method

国立水俣病総合研究センター ○丸本倍美, 丸本幸治, 産業技術総合研究所 野田和俊, 国際水銀ラボ 赤木洋勝

### 1. はじめに

人力小規模金採掘 (Artisanal and Small Scale Gold Mining, 以下 ASGM) は、地球上における人為起源由来水銀の最大の排出源である<sup>1)</sup>。現在、世界 70 か国以上において ASGM が行われており、その現場では 1,000 万人以上の労働者が従事しているとされる。ASGM では金を精錬する際に、水銀アマルガム法を用いることが多いため、その際に発生する蒸気水銀の労働者への健康影響が懸念されている。発生した水銀蒸気を除去する装置などの汚染防止対策が取られない作業現場も多く、蒸気水銀濃度モニタリングや労働者への曝露量の把握なども実施されていない。蒸気水銀濃度のモニタリングが容易でない原因としては、装置が高価である、測定方法が困難であるなどの理由が挙げられる。現在までに、安価で容易に気中水銀濃度をモニタリングするため、水晶振動子マイクロバランス (Quartz Crystal Microbalance) 法を利用した気中水銀測定用の小型ロガーの開発が進んでいる<sup>2)</sup>。本ロガーを用いては WHO が規定する作業環境基準である  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以下における有効性の検討がなされてきた。しかしながら、実際の ASGM では基準値を上回る気中水銀濃度下で作業することが多いのが実情である。よって本研究では本ロガーの  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以上における有効性、特にパッシブサンプラーとしての有効性を検討することとした。

### 2. 研究方法

水銀の他、温度、湿度および気圧も測定することが可能な小型ロガーに水晶振動子 (リード型素子・20MHz) を装着し、ボタン電池を動力源として利用した。チャンバー内の底面および天井面に小型ロガーをそれぞれ 3 台ずつ設置した。チャンバーに携帯型水銀測定装置 (日本インスツルメンツ社製、EMP-2Hi) を接続し、直接チャンバー内の水銀濃度を測定した。水銀蒸気の発生源として金属水銀を用い、チャンバー内の水銀濃度を ASGM での様々な環境に対応するため平均  $1\text{--}600 \mu\text{g}/\text{m}^3$  の水銀濃度、流量  $0.8\text{L}/\text{min}$  で 1 時間曝露した。素子に吸着した水銀は加熱気化一金アマルガ

ムー原子吸光光度法 (日本インスツルメンツ社製、MA-2) で分析した。

### 3. 結果と考察

これまでは WHO が規定する作業環境基準である  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以下における本ロガーの有効性が示されてきた。しかしながら、ブラジルの ASGM で行われた調査においては作業内容によって現場における気中水銀濃度に大きな差が見られ、WHO が規定する作業環境基準を大きく上回る現場も多い。よって本研究では、 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以上の蒸気水銀をチャンバー内に曝露し、振動数および素子への水銀吸着量を検索した。その結果、設置したロガーの位置により振動数では最大 18% の差がみられ、振動数の差異は素子への水銀吸着量を反映していた。このことは、同一チャンバー内であっても場所によって水銀濃度が異なることを示唆している。また、パッシブサンプラーとして用いたため、環境中の湿度が高いと振動数が高くなる傾向が見られたが、アクティブサンプラーに比べ、ポンプや電源などを利用しないため、利便性やより安価に利用できるという利点は看過できない。本発表では、併せてブラジルの ASGM 現場における測定結果についても報告する。

### 参考文献

- 1) UNEP. (2018) Global Mercury Assessment 2018: Mercury Emissions to air. Environment Programme Chemicals and Health Branch Geneva, Switzerland
- 2) 野田和俊・丸本幸治・愛澤秀信・谷田幸次・渡辺朋亮 (2016) 水俣条約に対応するオンサイト水銀検知システム. 第 33 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム 24pm3-D-7.

キーワード 金属水銀, 水晶振動子, 簡易測定器, 作業環境

### 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 (課題番号 5-1704) により実施された。

# ラットを用いた水銀蒸気個人曝露モニターの有効性の検討

## Examination of effectiveness of mercury vapor personal exposure monitor using rat

国立水俣病総合研究センター ○丸本倍美, 丸本幸治, 産業技術総合研究所 野田和俊

### 1. はじめに

現在まで、比較的安価で容易に気中水銀濃度をモニタリングするため、水晶振動子マイクロバランス

(Quartz Crystal Microbalance, 以下 QCM) 法を利用した気中水銀の簡易測定装置 (QCM-Hg) の開発が進んでいる<sup>1)</sup>。この装置はブラジルなどの人力小規模金採掘現場やその周辺地域でのエリアモニターとしての有効性の検討が既に進められているが、個人曝露モニターとしての有効性はこれまでに検討されていない。

ラットを始め、様々な実験動物において水銀蒸気曝露実験が行われている。数 mg/m<sup>3</sup> の濃度では短時間曝露であっても、生体に影響をもたらすことが知られているが、数 µg/m<sup>3</sup> の曝露濃度では生体への影響はなく、長期間にわたる曝露実験を行うことが出来る。本実験では、生体への影響がない水銀濃度での水銀蒸気曝露実験を実施し、水銀蒸気の簡易測定装置の個人曝露モニターとしての有効性を、ラットを用いた動物実験により検討した。

### 2. 研究方法

QCM-Hg を装着したジャケットを着せたラットをチャンバー内に入れ、金属水銀を用い水銀濃度平均 20 µg/m<sup>3</sup> で 1 時間曝露した。チャンバー内の水銀濃度測定には携帯型水銀測定装置 (日本インスツルメンツ社製、EMP-2Hi) を用い測定した。曝露 1、3、24 時間経過後にジエチルエーテル深麻酔下にてラットを剖検した。血液を採取後、生理食塩水で還流し、肝臓、脾臓、腎臓、心臓、肺、骨格筋、鼻粘膜、嗅球、尿、小脳、大脳および脳幹を採材し凍結保存した。臓器中水銀は環境省水銀分析マニュアルに従い、湿式分解後、還元気化原子吸光光度法 (三双製作所、HG201) にて、素子に吸着した水銀は加熱気化—金アマルガム—原子吸光光度法 (日本インスツルメンツ社製、MA-2) で分析した。

### 3. 結果と考察

臓器中の総水銀濃度を測定した結果、検索したすべての臓器において曝露 1 時間後に濃度がコントロールとの有意差が認められるものの、3、24 時間後では既にコ

ントロールと同程度にまで濃度が減少していた。実験動物を用いた水銀蒸気曝露実験は様々な目的でこれまでも多くなされている。今回行った実験のように、低濃度曝露では数日～数週間のように長期間曝露曝露された実験が多い。今回の実験では、低濃度の 1 時間曝露実験では、体内に取り込まれた水銀は速やかに代謝され、体外へと排出されることが明らかとなった。

素子に吸着した水銀量と曝露 1 時間後の検索した臓器中の水銀濃度は相関しており、素子への吸着量はラット体内に取り込まれた水銀量を反映していることが示された (図 1)。このことから、個人曝露モニターとしての有効性が示された。

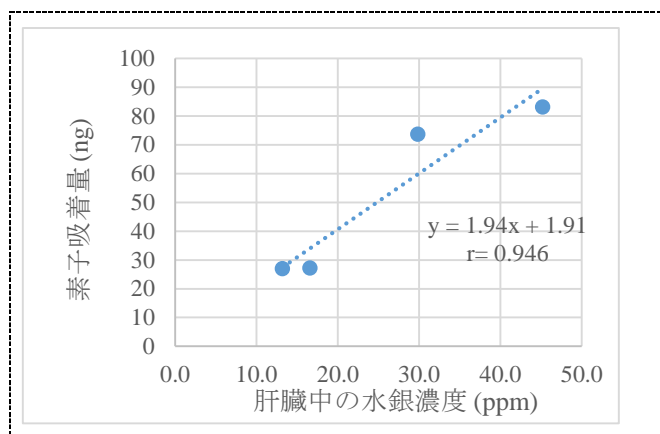


図 1 曝露 1 時間後の肝臓中水銀濃度と素子への水銀吸着量の関係

### 参考文献

- 1) 野田和俊・愛澤秀信・丸本幸治・丸本倍美・富安卓滋・児玉谷仁・駒井武・中村謙吾(2018)小規模金採掘現場における水銀の個人ばく露の現状と課題. 資源・素材 & EARTH 2018 福岡 1708-10-01.

キーワード 金属水銀, 水晶振動子, 簡易測定器, ラット, 個人曝露モニター

### 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 (課題番号 5-1704) により実施された。

# Qualitative surveys on sustainable lifestyles in Thailand, Vietnam and Myanmar

National Institute for Environmental Studies ○Aya Yoshida, Midori Aoyagi

## 1. Introduction

The rapid economic development of Southeast Asia has brought with it better living standards and a modern lifestyle. This poses the challenge that how we can reconcile development and growth of energy demand and sustainability (Smits, 2015). In order to understand the current lifestyle and future aspirations towards sustainable lifestyles in Southeast Asian countries, we conducted qualitative household interview surveys in Thailand, Vietnam and Myanmar.

## 2. Methodology

We conducted qualitative household interview surveys in Thailand (n=15), Vietnam (n=30) and Myanmar (n=30) in August 2016, July-August 2017 and May 2018. We visited both urban and rural households. The interview was conducted by a semi-structured interview and recorded with video and audio. The contents of the interview were: the schedule of the day, family relationship, satisfaction of current life, household appliances owned, energy consumption status, knowledge and understanding of sustainable lifestyle and climate change. In this paper, we focus the results of the interviews in Myanmar and compare the situations of that in Vietnam and Thailand.

## 3. Result

### 3.1. Current lifestyle

In Myanmar, poor households engaged either in agriculture or casual work in informal business sectors, such as motorbike taxi or trishaw drivers.

Many respondents in Myanmar told us that they feel climate change same as the respondents in Vietnam and Thailand. Most of the households in rural areas in the three countries were farmers; they felt the climate is changing by replying “extremely hot weather” “raining pattern has changed”.

Due to the lack of popularization of national grid, many households in rural areas of Myanmar possessed solar panels compared to Vietnam or Thailand. Before solar panels, these households used candles for lighting. It became more convenience for their children to study. Although the most

respondents agreed the concept of sustainable lifestyles, using less energy is good, their energy consumption were tending to increase while the income increases. The households want to access the grid even though they have solar panels (small-scale renewable energy system) because they want to use many other electric appliances, such as electric fans, air conditioners, rice cookers, electric pan, electric kettle or iron.

### 3.2. Future aspirations

With regard to the social and the living standard of your family become within the next 10 years, 20 years and 30 years, most interviewees answered that it will be better than now and some respondents were quite confident about their future. Health was their major concern for future life because social security is not sufficient in the country.

Most households hope their children to become educated person because they couldn't have many chances to study when they were young. Most parents expect their children to “stand on our own feet”.



Table 1 Solar panel of rural household in Myanmar

## References

1) Mattijs Smits (2015) Southeast Asian Energy Transitions: Between Modernity and Sustainability, Routledge, 248 pages

Keyword Energy use, Climate change, Household survey



# 東京都内水域および大気における PRTR 対象物質の GC/MS による網羅分析

## Comprehensive analysis of PRTR substances in water and atmospheric environment in Tokyo using GC/MS automated identification and quantification database system (AIQS-DB)

東京都環境科学研究所 ○加藤みか、櫛島智恵子、星純也、西野貴裕、下間志正  
東京都環境局 永岡保行、伊藤雄一

### 1. はじめに

東京都内の水域および大気において、継続的な調査・管理が行われているのは限られた規制物質のみであり、PRTR 対象物質についても一部の VOCs<sup>1)</sup>以外の環境実態は明らかとなっていない状況にある。そこで、都内の PRTR 対象物質等の環境実態を網羅的に把握するために、GC/MS 全自動同定・定量データベース (AIQS-DB)を用いた有機化合物の網羅分析を実施した。

### 2. 方法

#### (1) 調査地点

水質は、2017 年 5～9 月に多摩川、荒川、中川等の河川 15 地点、東京湾 3 地点で合計 18 の表層水試料を採取した。大気は、2018 年 1 月～2019 年 5 月に当研究所 (江東区)と他 2 地点で合計 9 試料を採取した。

#### (2) 分析方法

水試料は、1L をろ過後、ろ紙残渣は溶媒抽出、ろ液は固相抽出(HLB+AC-2, Waters)し、内標準物質添加後 1mL に定容した。大気試料は、固相カートリッジ(PS-Air+AC-2, Waters)で 24 時間または 1 週間捕集し、溶媒抽出、内標準物質添加後 0.4mL に定容した<sup>2)</sup>。分析は四重極型 GC/MS の Scan モードで相対定量ソフトウェア(NAGINATA ver.2, 西川計測)の AIQS-DB を用いて PRTR 対象等の多成分の同定・半定量を行った。なお、AIQS-DB には、沸点(約 140-550℃)、LogPow (-0.65 -15)と幅広い物性の約 920 物質が登録され、このうち PRTR 対象物質は 190 種(異性体を含めると 275 種)である。

### 3. 結果

#### 3.1. 都内水質中有機化合物の網羅分析

都内水質において、約 140 種の揮発性・半揮発性有機化合物が検出された。このうち PRTR 対象物質は 44 種で、採取時期が暖候期であったこともあり約 4 割が農薬であった。18 地点で検出率の高い物質は、PRTR 対象では可塑剤や除草剤 Molinate 等、対象外では除草剤 Bromobutide、昆虫忌避剤 DEET や医薬品 Crotamiton 等であった。また、河川の特徴として、荒川で工業由来、多摩川で生活由来の物質、中川で農薬が多数検出される傾向が見られ、本網羅分析により河川流域の土地利用の違い等に由来する汚染源の影響が示唆された。

#### 3.2. 都内大気中有機化合物の網羅分析

都内 3 地点の大気において、約 65 種の揮発性・半揮発性有機化合物が検出され、約半数が脂肪族炭化水素(C9-C31)や多環芳香族炭化水素であった。PRTR 対象物質は 14 種で、都内で比較的排出量の多い Naphthalene, 2-Methyl naphthalene, 1,4-Dichlorobenzene やフタル酸エステル(Dibutyl phthalate, Bis(2-ethylhexyl) phthalate)が高頻度で検出された。一方、都内の PRTR における排出源が主にすそ切り以下事業者(検査・研究機関等からの試薬)で、排出量が少量の 1kg/年と推計されている 1-Octanol も高頻度で検出されたことから、現在の推計対象以外の排出源の寄与が推測された。

検出された PRTR 対象物質の濃度(平均値)と都内大気合計排出量(届出+届出外(2017))との関係を調べたところ、図 1 に示すように排出量(1kg 以下)の少ない物質を除き、正の相関関係が示された。そこで、1km メッシュ毎の排出データ等から大気拡散モデル(AIST-ADMER)を用いて大気中濃度を推定した「PRTR マップデータ(NITE)」<sup>3)</sup>を用いて、当研究所における大気中濃度(平均値)とモデルによる推算値との関係を調べたところ、図 2 に示すように、地域毎の排出量データを用いることで、環境濃度をより反映できることが示唆された。

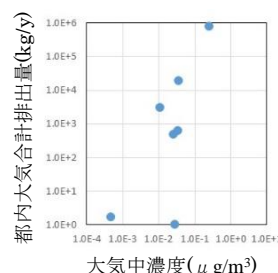


図 1 都内 3 地点の大気中濃度(平均値)と排出量との関係

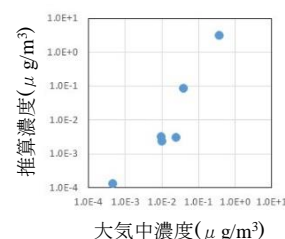


図 2 大気中濃度(研究所平均値)と推算濃度(NITE)との関係

### 参考文献

1)東京都環境局(2019) 有害大気汚染物質モニタリング調査報告書, 2)佐藤, 石原, 亀屋(2017) 第 26 回環境化学討論会講演要旨集, 95-1B08, 3) (独)製品評価技術基盤機構 NITE, PRTR マップ, <https://www.prtmap.nite.go.jp/prtr/> (2019.7.1 アクセス)

キーワード PRTR、網羅分析、水・大気環境

謝辞 本研究の一部は、環境省の環境研究総合推進費 SII-4-2 によって実施された。ここに謝意を表します。

# ミクロネシア連邦ウェノ島における2Rベースライン調査の実施および分析結果

## The 2R Baseline Survey and Result in Federal State of Micronesia, Weno Island

創価大学 ○碓井健寛

### 1. はじめに

大洋州島嶼国においてごみ問題は共通した問題である。ライフスタイルの変化によりココナッツやタロイモなどの分解可能な食料から、輸入食品の利用が増えた。その結果、缶詰や容器包装プラなどの非分解性のごみが島にあふれるようになった。反面、ごみの収集や埋立処分場の整備も追いついていない。プラなどの容器包装を減らすことが困難であるとともに、脆弱な財政状況のため焼却施設の建設・維持が困難である。大洋州の島嶼国にはごみの重層的な問題がある。

筆者らは、ミクロネシア連邦(FSM)のチューク州ウェノ島において八王子市と JICA 草の根技術協力事業を実施している(朝日新聞, 2017)。具体的には「チューク州のごみ収集業務の改善」、「生ごみ処理方法の改善」、「2R の啓発」を行っている。2018 年夏の派遣(全 5 回)において、2R の啓発活動に先立つベースライン調査を実施した。本稿では店頭でのレジ袋削減の啓発活動に関する調査結果を報告する。

### 2. チューク州ウェノ島の概要

2010 年に実施された国勢調査によると、FSM の人口は約 10.3 万人である。それに対してチューク州の人口はおよそ 4.9 万人である。ウェノ島は、陸地面積が約 18 平方キロ、人口は約 1.4 万人である。FSM の中では首都のあるポンペイ島に次いで 2 番目に人口が多い島である。これまでも学校でのワークショップやラジオ放送などを通して啓発活動を行ってきたが、その内容は主に「ごみの出し方」や「ポイ捨て禁止」に関するものであり、2R の啓発についてはほとんどなされていないのが現状である。

### 3. 訪問調査

2018 年 7 月 26 日(木)～同年 7 月 31 日(火)にかけてウェノ島において、2R (リデュース、リユース)に関するアンケートを訪問調査により実施した。調査対象はウェノ島に居住している住民である。アンケートの言語はチューク州の住民の母語となっているチューク語を用いた。まず英語で作成したアンケート票をチューク語に翻訳し、チューク語と英語の両方を併記したア

ンケート票に回答してもらった。訪問調査にはウェノ島のチューク女性協議会(CWC: Chuuk Women's Council)のスタッフが同行しチューク語で説明を行った。

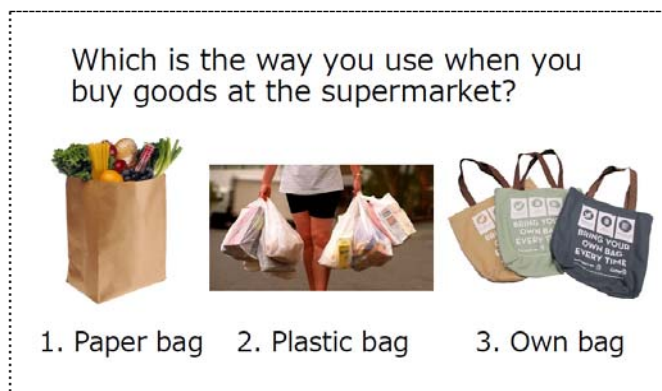


図1 2R 店頭調査 (複数回答可)

ンケートの回収枚数は 88 枚であった。回答者にはお礼にお菓子や日本のうちわなどをプレゼントした。回答者の年齢／性別の分布を見るために FSM の国勢調査データと比較した。

### 4. 結論

訪問調査の分析結果より、レジ袋有料化の有効性が確認できた。訪問調査よりレジ袋を使わないという人びとはわずか 11% だったのだが、仮にレジ袋が有料化となった場合にレジ袋を受け取るか、という仮想的な質問を行うことにより、レジ袋を使わないという人びとが 70% 程度まで増加することがわかった。店頭でのレジ袋有料化というインセンティブ付けとともに、2R の行動に関する啓発活動を実施することで、住民による 2R アクションの相乗効果が期待できる。

### 参考文献

- 1) 朝日新聞 (2017) ごみ問題の改善策をミクロネシアへ 八王子市, 2017 年 8 月 29 日東京版.
- 2) 碓井健寛・田崎智宏 (2016) 小売業者のリデュースの取組はすすんだのか? 環境科学会誌, 29, 191-200.
- 3) 舟木賢徳 (2006) レジ袋の環境経済政策, リサイクル文化社.



# 室内濃度指針値策定 VOC 試験法の妥当性評価 Validation of VOC test methods of the guideline values for indoor air concentration

国立医薬品食品衛生研究所 ○田原麻衣子, 酒井信夫, 東京都健康安全研究センター 大貫文, 斎藤育江,  
北海道立衛生研究所 千葉真弘, 大泉詩織, 横浜市衛生研究所 田中礼子, 山之内孝,  
名古屋市衛生研究所 大野浩之, 若山貴成, 千葉県衛生研究所 横山結子,  
名城大学 神野透人, 国立医薬品食品衛生研究所 河上強志, 五十嵐良明

## 1. はじめに

厚生労働省のシックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会では、室内濃度指針値の見直し作業を行っており、標準試験法を整備する必要がある。本研究では揮発性有機化合物の測定方法として、固相吸着-溶媒抽出-ガスクロマトグラフィー/質量分析法（溶媒抽出法）と固相吸着-加熱脱離-ガスクロマトグラフィー/質量分析法（加熱脱離法）の2法を確立し、妥当性評価を行った。

## 2. 方法

### 2.1. 妥当性評価の測定対象物質

測定対象は、現行で指針値が策定されている6物質、新規策定候補である3物質の計9物質とした（表1）。

### 2.2. 溶媒抽出法の妥当性評価実施概要

捕集管は、柴田科学社製カーボンビーズアクティブスタンダード型（100 mg/50 mg）を使用した。試料は、標準溶液を添加した捕集管5本、通気ブランク1本、操作ブランク1本、トラベルブランク1本の計8本とした。確立した測定方法を用いて、5機関で評価した。

### 2.3. 加熱脱離法の妥当性評価実施概要

捕集管は、MARKES 社製 Tenax TA Inert SafeLok™

表1 測定対象物質

	CAS No.	分子量	沸点
Toluene	108-88-6	92	111
Xylene			
<i>o</i> -Xylene	95-47-6		144
<i>m</i> -Xylene	108-38-3	106	139
<i>p</i> -Xylene	106-42-3		138
Ethylbenzene	100-41-4	106	136
Styrene	100-42-5	104	145
1,4-Dichlorobenzene	106-46-7	147	174
2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	130	185
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate (TPMI)	25265-77-4	216	253
Tetradecane	629-59-4	198	254
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate (TPDI)	6846-50-0	286	280

stainless steel tube を使用した。試料は、混合標準溶液を添加した捕集管5本、トラベルブランク1本の計6本とした。確立した測定方法を用いて、4機関で評価した。

### 2.4. 妥当性評価のクライテリア

各機関より、添加試料の定量値、検量線の最低濃度におけるS/N比および各機関における通常の定量下限値の算出方法等について取りまとめた。試験法の妥当性を評価するクライテリアは、真度は70～130%、併行精度は20%以下、室間精度はより条件の厳しい室内精度の25%以下を目標とした。

## 3. 結果および考察

### 3.1. 溶媒抽出法の確立

粒状活性炭が充填された捕集管を用い、二硫化炭素を抽出溶媒とした標準試験法を確立した。5機関の平均値は75.4～115%、併行精度は0.78～9.6%と5機関すべての化合物で10%以下、室間精度は3.6～21%で25%以下となり、目標値を満たした。本法はスチレンの回収率が低く、テトラデカンの室間のばらつきが大きかった。また、ガラスフリットの前に充填した石英ウールにTPMIおよびTPDIが吸着することが分かった。

### 3.2. 加熱脱離法の確立

TenaxTA が充填された捕集管を用い、標準試験法を確立した。4機関の平均値は84.2～95.6%、併行精度は0.43～16%と4機関すべての化合物で20%以下、室間精度は4.4～16%で25%以下となり、目標値を満たした。本法は沸点の高い化合物ほどばらつきが大きかった。

## 4. まとめ

現行の室内濃度指針値、改定および新規策定指針値案の概ね1/10の濃度で添加した試料について良好な結果が得られたため、2法をVOCの標準試験法として提示する。

キーワード VOC, 標準試験法, 溶媒抽出法, 加熱脱離法

# Socioeconomic Metabolism of the Central Visayas Region of the Philippines

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University ○Maria Gracia Dabon, Keijiro Okuoka, Hiroki Tanikawa

## 1. INTRODUCTION

The Central Visayas region of the Philippines is endowed with rich natural resources and is among the fastest growing regional economies in the country. Maintaining the integrity of the physical environment by taking a keen look at the region's resource consumption and productivity while sustaining economic growth is, thus, imperative.

## 2. METHODOLOGY

This study estimates the material flow of the Central Visayas region of the Philippines, from 2000 to 2015, using the Eurostat economy-wide material flow account. It measures the physical dimension through indicators such as domestic material consumption (DMC).

To establish the drivers of resource consumption, the IPAT analysis is also utilized, with DMC as environmental impact. Moreover, a resource decoupling analysis was used to determine whether or not resource decoupling occurred in the region.

## 3. RESULTS

### 3.1. Resource consumption of Central Visayas

DMC represents the total amount of material used within Central Visayas that is either transformed into wastes and emissions or gets accumulated in societal stocks. The total DMC of the region is estimated at 12.7 Mt in 2000 and more than doubled to 26.1 Mt in 2015. Non-metallic minerals dominate the region's DMC in 2015, making up around half of the total at 51 percent. The average per capita consumption of non-metallic minerals in the region is 1.4 tonnes followed by biomass, metallic minerals and fossil fuel carriers with an average of 0.7, 0.5 and 0.2 tonnes, respectively.

The figure below presents the consumption patterns of each material category over time. The consumption of biomass was relatively stable over the long term compared to the other material categories, which are generally increasing, especially in recent years, brought about by economic growth.

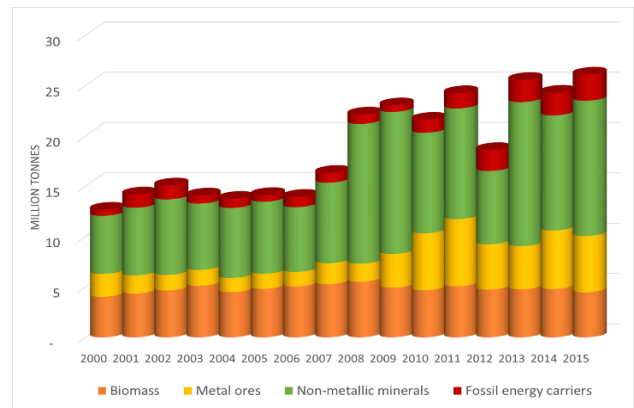


Figure 1. Central Visayas DMC, 2000 - 2015

### 3.2 Affluence as driver of resource consumption

As revealed in the IPAT analysis, population is steadily increasing, but its influence on material consumption has diminished. The role of affluence, on the other hand, ballooned in recent years while material intensity marked negative in the 2009 to 2015 period

### 3.3 Resource productivity and decoupling

Resource productivity in the region is evident in recent years while decoupling of resource use and economic growth is also observed in the last five years. This can be attributed mainly to the less material-intensive services sector fueling the economy.

## 4. CONCLUSION

The material flow account of Central Visayas reveals a notable increase of most indicators such as domestic extraction, imports, direct material input and domestic material consumption, driven mainly by affluence.

## 5. ACKNOWLEDGMENT

This research was financially supported by Development Fund (3-1902)/Ministry of the Environment, Japan, Policy Study for Green Economy, Ministry of the Environment, Japan and Scientific Research (B) 19H04329.

## REFERENCES

- 1) Eurostat (2018), Conceptual Foundations of EW-MFA, Eurostat.
- 2) Martinico-Perez, M., 2018, Socio-Economic Material Metabolism of the Philippines, Nagoya.

Keywords: Resource consumption, Resource productivity, Central Visayas

# クロロエチレン等の揮発性有機塩素化合物の土壌溶出濃度と表層土壌ガス濃度との関係の検討

## Consideration for relationships between soil elution concentration and surface soil gas concentration of volatile chlorinated organic compounds

横浜国立大学 大学院環境情報研究院 ○小林剛, 林知美, 末継淳, 田小維

### 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・地下水汚染が長年問題となっているが、これらの分解生成物であるクロロエチレン(VC)も、2017年4月から土壌汚染対策法の特定有害物質に加えられた。VCは地下水中で発生することが知られているが、地下水中で汚染がどの程度拡がりうるのか、また分解生成したVCが不飽和帯でどのように拡がり、表層土壌ガス調査で把握することが可能なか等については十分な知見がない。

本研究では、揮発性有機塩素化合物の気相中での湿潤土壌への吸着平衡の測定結果から、気相、水相、土壌への分配関係を求め、土壌溶出濃度と表層土壌ガスとの関係を解析し、表層土壌ガス調査によるクロロエチレン等の検出の可能性を評価した。

### 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)、trans-1,2-ジクロロエチレン、1,1-ジクロロエチレン、VC、1,1,1-トリクロロエタン、1,2-ジクロロエタンの吸着平衡実験を実施した。連続通気式吸着平衡実験装置により、温度は15℃、平衡まで48時間以上経過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-水相間の吸着平衡定数  $H_{sw}$  を求めた。通気ガスと土壌中含有量の測定はGC-MSを用いた。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し、Sep-Pak Silica Plus Light Cartridgeで精製したものを分析試料とした。また、吸着性の土壌による違いを考察するために、有機炭素含有率や比表面積、細孔容積も測定した。

各CVOCの気相、水相(間隙水、細孔水(50nm以下の細孔))、土壌への分配関係は、気相と水相とはヘンリー則が成り立つとして、また水相は均一濃度で50nm以下の細孔内は全て水で満たされているとして、水相と固相とは吸着平衡が成り立つとして計算した。

### 3. 結果と考察

吸着平衡実験結果から、CVOCの土壌中での各相への分配を推算した結果を図1に示す。このように、土壌や物質の種類によって、存在状況が大きく変わることが確認できる。表層土壌ガス調査で汚染の有無を調査する際には、数分のサンプリング時間で土壌間隙の空気採取して分析する。短時間のため間隙空気分と一部の間隙水溶解分が揮発して定量値となる。一方で、溶出試験では重量体積比10%となるように水を加え、4時間攪拌後の溶出濃度を分析するため、間隙水相分に加えて、細孔内水相分と土壌固相吸着分のある割合が4時間の間に溶出して定量値に反映されることが考えられる。

このように、土壌の特性値(空隙率、含水率、細孔容積、有機炭素含有率)、CVOCsの物性値(ヘンリー定数、 $Pow$ など)が大きく、各測定値の関数に反映されることが分かる。

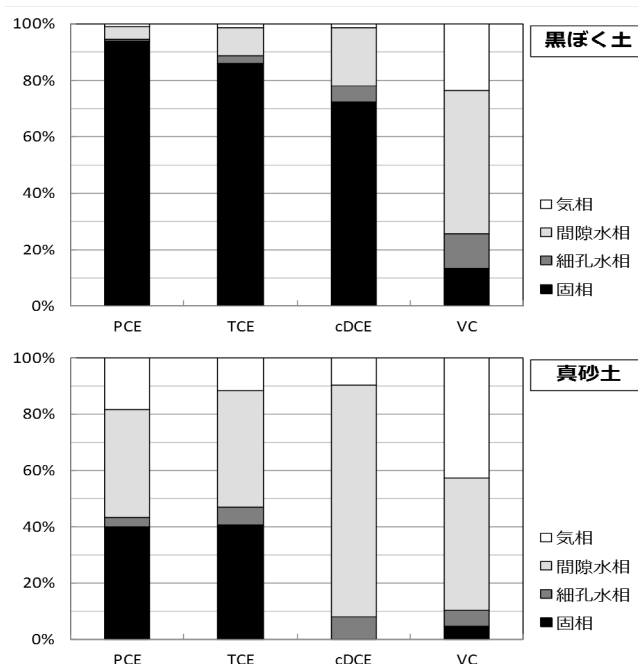


図1 土壌中 CVOC 各相への分配状況の例(黒ぼく土、真砂土)

### 謝辞

本研究は、環境省環境研究総合推進費(5-1701)の助成を受けて実施した。

キーワード 揮発性有機化合物, 土壌汚染, 吸着・吸収

# ミャンマーの無電化地域におけるエネルギー需要の予測手法の構築

## Energy demand estimation of an unelectrified village in Myanmar

早稲田大学 ○阮 夢依, Andante Hadi Pandyaswargo, 小野田 弘士, Mandalay Technological University Eiei Htwe

### 1. はじめに

ASEAN 諸国のなかで、ミャンマー全体での無電化率は最低水準の 41% (2016) といわれており、地方部では無電化が当然の状況となっている。ミャンマー政府は、2030 年までにユニバーサルアクセスを目標として掲げており、地方におけるエネルギー供給の自立性を高めるため、電力ニーズに合わせた小規模かつ汎用的に利用可能な電力インフラの構築が期待されている。電力網に接続された地域と異なり、無電化地域でのエネルギー使用量の測定は不可能のため、前段階として、ミャンマー・マンダレーの無電化地域で現地調査を実施した。アンケートにより、現地住民の生活実態と電気設備の使用状況を把握した上で、無電化地域のエネルギー需要を推計することを目的とする。

### 2. ミャンマー・マンダレー現地調査の概要

ミャンマー第 2 の都市マンダレーの 19th street に位置する Thae Kone 村が本研究の調査対象となる。アンケートでは、主に「世帯の状況」、「世帯員の状況」「一日の生活状況」を把握することを目的とした。

母集団：16 歳以上の男女 (600 世帯約 3000 人)

標本数：100 人

調査年月日：2019 年 3 月 27 日 09:00~15:00

調査方法：(1) アンケート調査 (2) 個別訪問面接聴取法 (村管理者, 中小企業, ガソリンスタンド)。

アンケート回収結果：有効回収数 (率) 83 (83%)

### 3. 年間エネルギー需要量および負荷パターンの予測

Thae Kone 村では、電気設備を稼働する時、個別にジェネレーター (57%) とバッテリー (61%) を利用している。表 1 に示したように、各電気設備の保有率が高い状況であるが、テレビ、エアコンなどの稼働率がほぼゼロとなっている。図 1 に現地住民 25 人の 1 日の生活活動 (平日) を整理した。現在の電気設備の保有率およびに生活活動に基づき、end-use projection models<sup>1)</sup>により、年間エネルギー需要量を推定した結果 (表 2)、年間エネルギー需要量は約 1201.6 MWh/Y であり、84%は水ポンプであった。それは、現地では、水道インフラが整理されていないため、主に井戸水 (75%) と自家水道システム

(13.8%) から生活用水を確保する必要があることによる。また、平日を抽出し、夏季の代表日における時刻ごとの負荷パターンを拡大推計した結果、日中のピーク需要は 19:00 で約 537.8kW である。

表 1 Thae Kone 村における電気製品の保有率(%)

照明	携帯電話	テレビ	ポンプ	扇風機	エアコン	ラジオ	冷蔵庫
95.1	95.1	86.4	79.0	74.1	49.4	34.6	16.0

表 2 Thae Kone 村 (600 世帯) の年間エネルギー需要予測の結果 (MWh/Y)

照明	携帯電話	テレビ	ポンプ	扇風機	エアコン	合計
65.2	2.3	31.4	1006.6	53.4	43.3	1201.6

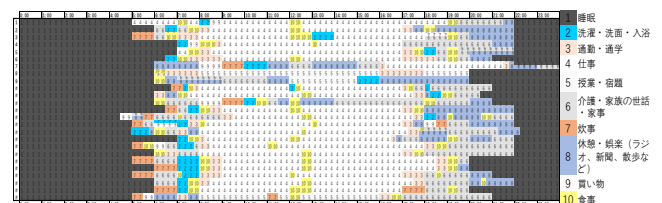


図 1 24 時間の生活活動 (平日)

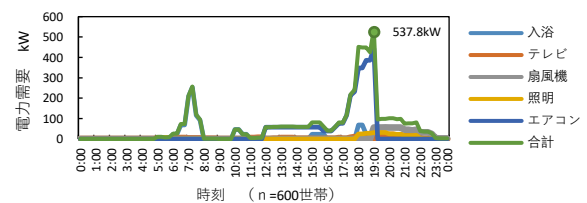


図 2 平日の電気の負荷パターン (夏季)

### 4. おわりに

得られた結果に基づき、エネルギー需要の伸び率の予測を行う。そのうえで、再生可能エネルギー (太陽光発電, バイオマス等) を含めた自立・分散型のエネルギーシステムの導入を検討する。

### 参考文献

- Joel N. Swisher, Gilberto de Martino Jannuzzi, and Robert Y. Redlinger (1997) Tools and Methods for Integrated Resource Planning

キーワード 無電化地域, エネルギー需要予測, 再生可能エネルギー

# 消毒副生成物間のトレードオフを考慮した高度浄水処理導入による水道水質への影響評価 Evaluation of the improvement in tap water quality by introduction of the advanced water treatment processes considering trade-off among disinfection byproducts

大阪大学 ○北本靖子, 小島直也, 東海明宏

## 1. はじめに

オゾン処理と粒状活性炭処理に代表される高度浄水処理の導入に際し、塩素消毒副生成物の低減とオゾン処理副生成物の生成による健康影響のトレードオフが生じる。共通の指標として障害調整生存年数(DALY)から算出するリスク期待値<sup>1)</sup>を用い、導入の効果を調べた。

## 2. 研究方法

### 2.1. 対象物質と水質データ

水質基準項目であるトリハロメタン類(THMs)<sup>4)</sup>物質、ハロ酢酸類のうち2物質、及び臭素酸イオン(以下、臭素酸)を対象とし、大阪市水道局の給水栓水水質試験結果を用いて高度浄水処理導入前後を比較した。

### 2.2. 曝露量及び有害性の評価

給水栓水中の濃度は対数正規分布に従うと仮定した。すべての対象物質に対し飲用による経口曝露量を算出するとともに、THMsに対してシャワーを浴びた場合の吸入曝露量を概算した。既存のリスク評価結果<sup>2)-4)</sup>を参考にし、有害性を見積もった。

### 2.3. リスク期待値

式(1)に基づき、リスク期待値を算出した。

リスク期待値 [year-DALY/生涯曝露] = 疾病の発生確率<sup>5)6)</sup> [件/生涯曝露] × 疾病の重篤度 [year-DALY/疾病 1 件] × (1)

## 3. 結果と考察

### 3.1. 水道水中の対象物質の濃度

表1に、対象物質の水道水中の濃度を示した。高度浄水処理の導入後、塩素消毒副生成物の多くは中間塩素処理時と比較して大幅に減少した。オゾン処理の影響により、一部の臭素化 THMs が増加するとともに臭素酸が検出されるようになった。

### 3.2. 総リスク期待値の比較

表2で、(1)中間塩素処理時(2)高度浄水処理時におけるリスク期待値を発がん影響及び非発がん影響についてそれぞれ算出し、統合化を行い比較した。クロロホルム

の経口曝露による発がんスロープファクター(SF)は現在削除されている<sup>2)</sup>ため、対象外とした。

表1 水道水中の対象物質の濃度

	水質基準値 (mg/L)	水道水中の濃度(mg/L)	
		中間塩素処理	高度浄水処理
クロロホルム	0.06	0.005-0.056	<0.001-0.011
ブロモジクロロメタン	0.03	0.003-0.019	<0.001-0.010
ジブロモクロロメタン	0.1	0.001-0.005	<0.001-0.011
ブロモホルム	0.09	N.D.	<0.001-0.003
ジクロロ酢酸	0.03	<0.001-0.013	<0.001-0.003
トリクロロ酢酸	0.03	<0.001-0.011	<0.001-0.002
臭素酸	0.01	N.D.	<0.0005-0.049

表2 高度浄水処理前後におけるリスク期待値

		経路	影響	リスク期待値	総リスク期待値
				[year-DALY/生涯曝露]	
中間塩素処理	経口		発がん	2.20×10 <sup>-4</sup>	4.80×10 <sup>-4</sup>
			非発がん	2.93×10 <sup>-5</sup>	
	吸入		発がん	2.31×10 <sup>-4</sup>	
高度浄水処理	経口		発がん	2.14×10 <sup>-4</sup>	3.27×10 <sup>-4</sup>
			非発がん	1.61×10 <sup>-5</sup>	
	吸入		発がん	9.69×10 <sup>-5</sup>	

臭素酸は、浄水処理で除去できない上に SF も大きい<sup>1)</sup>ため、その生成制御に最大限配慮する必要がある。しかし、塩素処理副生成物が大幅に低減された結果、総リスク期待値で比較すると、導入前の 4.8×10<sup>-4</sup> [year-DALY/生涯曝露]から 3.3×10<sup>-4</sup>[year-DALY/生涯曝露]まで低減された。なお、高度浄水処理の導入に際しては、かび臭の低減など健康影響低減以外の効果も大きい。

## 参考文献

- 1) WHO, 2011. 飲料水水質ガイドライン第4版
- 2) US. EPA. IRIS (<http://www.epa.gov/iris/index.html>)
- 3) 食品安全委員会, 評価書 (<https://www.fsc.go.jp/fscis/evaluation/Document>)
- 4) 水質基準の見直しについて(答申)平成15年4月28日
- 5) Crettaz *et al.* (2002), Risk Anal. 22, p.931-946
- 6) Pennington *et al.* (2002), Risk Anal. 22, p.947-963

キーワード 高度浄水処理, リスク期待値, 消毒副生成物、トレードオフ

# 浸水状態によるヨシ (*Phragmites australis*) 地下茎のシュート発生に及ぼす影響 Effects on Shoot Sprouting of Reed Grass (*Phragmites australis*) Rhizomes in Flooded Conditions.

神戸大学大学院人間発達環境学研究科 ○大野朋子, NPO法人緑の地球ネットワーク 前中久行

## 1. はじめに

ヨシ (*Phragmites australis*) 群落は生物の生息場所として、また水質浄化機能を有するなど良好な水辺環境を形成する重要な要素の一つとして、近年ヨシ群落の再整備が行われてきている。しかしヨシ群落の発生する河川や湖岸域は、エコトーンと呼ばれ、水位変動帯であるため、単純なヨシの移植では持続的な群落形成は難しく整備が不良であるところも多い。大型の抽水植物として知られているヨシだが、その発芽再生には、水位との関係を詳細に明らかにする必要がある。そこで本研究では、ヨシ地下茎を水位の異なる条件下に植え付け、新シュートの発生過程を調査することで、水位変動とヨシ地下茎のシュート発生の関係を実験的に明らかにすることを目的とした。

## 2. 実験および解析方法

2019年2月12日に大阪府淀川の河岸から採取したヨシの地下茎をシュート発芽実験の材料とした。実験設置場所は、神戸大学大学院人間発達環境学研究科教育実習園のガラス室とし、角型パール容器(幅31.6×奥行48×高さ67.1cm)に川砂を底から5cmまで敷き、水位の異なる非浸水区、30cm区、50cm区の3処理区設け、それぞれ4反復、合計で12容器の実験区を用意した。平均長さ22cm、直径1.3cm、7.5節の地下茎を各容器に16本ずつ植え付け、時間経過とともにシュートの発生状況を計測した。計測日は同年2月28日(実験開始日)、5月10日、6月18日に行い、シュート発生数、シュート長および透視度を測定した。なお、浸水状態においても非破壊的にシュート発生の有無を確認するため、新シュート長5cm以上をシュート発生の基準としてカウントしている。また、5月18日には30cm区、50cm区の各2容器(合計4個)の水を抜き、浸水条件の解除を行って、新たな非浸水区(浸水解除30cm区×2個、浸水解除50cm区×2個)として6月18日にその後の様子を調査した。

## 3. 結果

### 3.1. 水位条件の違いとヨシ新シュート発生の関係

表1は5月10日に測定した水位の異なる条件下におけるヨシ地下茎からの新シュート発生に及ぼす影響を

表している。

ヨシの地下茎からの新シュート発生が安定した実験開始から約2か月後に新シュート数をカウントした結果、非浸水区では4容器すべてに新シュートの発生が見られたが、水位30cm区、50cm区では新シュートは発生していなかった。また、各容器に植え付けた16本の地下茎に関して詳細に見れば、非浸水区4容器の計64本のうち、約半数の34本に新シュートが発生していたが、同じ非浸水区であっても16本すべてに新シュート発生が見られた容器と1地下茎にのみ発芽が見られた容器が存在し、新シュート発生にばらつきがあった。

### 3.2. 浸水条件解除がヨシ新シュート発生に及ぼす影響

5月10日までに新シュートの発生が無かった30cm区、50cm区のうち半数の各2容器を非浸水状態にし、約1か月後に測定した。その結果、容器での新シュート発生地下茎数に違いはあるものの、浸水解除30cm区、浸水解除50cm区の4容器すべてに新シュート発生が確認できた。一方、5月10日以降も、継続して浸水状態にある30cm区(2個)、50cm区(2個)では、5月10日と同じく、新シュートの発生は見られなかった。

表1 水位条件の違いが新シュート発生に及ぼす影響

	水位条件の異なる実験容器数(個)			
	無冠水区	30cm区	50cm区	計
ヨシ新シュート発生有り	4	0	0	4
ヨシ新シュート発生無し	0	4	4	8
条件別容器数	4	4	4	12

\*5月10日測定。  
ヨシ新シュート長5cm以上発生したものをカウントしている。

## 4. おわりに

水位条件とヨシ地下茎のシュート発生の関係を検証した結果、実験開始から約2か月で非浸水条件のみに新シュートの発生が見られ、さらに浸水処理区の浸水解除を行えば、新シュートが発生することを確認した。このことから、ヨシ地下茎の新シュートは常時浸水条件では発生しないことが明らかになった。

キーワード 水位変動, 水辺生態系, 環境改善



# 飲食店街区における太陽熱・地中熱ハイブリッド熱源システムの実測評価 Measurement and evaluation of renewable energy heat utilization system in business facilities

早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科 吉留大樹, 菊池亮, ○本田亮太, 小野田弘士

## 1. はじめに

埼玉県本庄市の飲食店街区では太陽熱と地中熱により熱供給を行う熱源システムが構築されている。

本研究では、2018 年の酷暑の際に飲食店にて発生した空調トラブルの原因究明とその改善策の提案を目的とする。

## 2. 太陽熱・地中熱ハイブリッド熱源システム

本庄早稲田駅前の飲食店街区の太陽熱・地中熱ハイブリッド熱源システムの構成を図 1 に示す。

太陽熱の集熱量は日射量や平均気温に左右され、その 2 つを説明変数として重回帰分析を行い、天気毎の予測式を構築した (式 (1))。図 2 に天気ごとの太陽熱集熱量の重回帰分析結果を示す。

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_0 \quad (1)$$

$y$ : 太陽熱集熱量[MJ/D]  $x_1$ : 日射量[MJ/D]

$x_2$ : 昼平均外気温[°C]  $a_1, a_2$ : 係数  $a_0$ : 切片

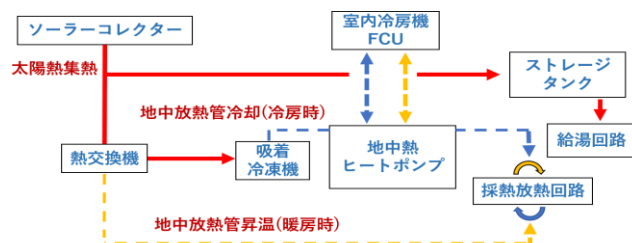


図 1 エネルギーシステムの構成

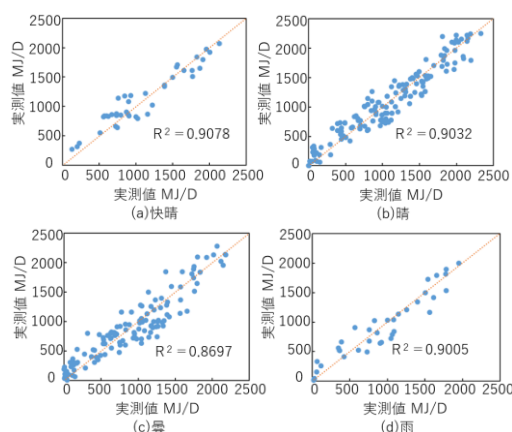


図 2 太陽熱集熱量の重回帰分析結果

## 3. 飲食店の冷房不良の原因の検討

熱供給先の飲食店で冷房不良のトラブルが 2018 年 7 月 23 日に発生した。これは HP の熱交換温度差が 5°C 以上で運転したことで安全装置が作動したことが原因と考察している。そこで、冷房不良が発生した当日の冷房負荷の確認を行った。図 2.3 に冷房負荷と平均外気温の散布図を示す。同図から 30°C 以上の日は冷房負荷が 2200 MJ/D を超える日がなく、地中熱 HP の冷房能力の不足が示唆された。

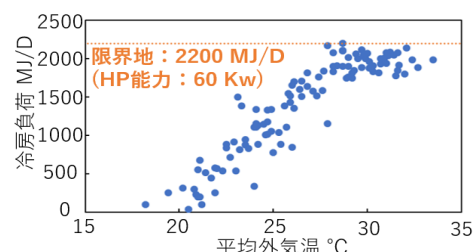


図 3 2018 年 7 月 23 日の冷房負荷と平均外気温

## 4. おわりに

太陽熱・地中熱熱源システムの実測評価により、空調トラブルの原因について以下の結論を得た。

・30°C を超えても冷房負荷が 2200 MJ/D を超えることはなく、地中熱 HP の冷房能力の不足が示唆された。

## 5. 参考文献

- (1) 菊池亮, 吉留大樹, 小野田弘士(2019)飲食店街区における太陽熱・地中熱ハイブリッド熱源システムの実測評価の改善提案, 第 29 回環境工学総合シンポジウム 2019 講演論文集, pp.230~233
- (2) 吉留大樹, 菊池亮, 小野田弘士(2019)業務施設における再生可能エネルギー熱利用システムの実測評価, 第 29 回環境工学総合シンポジウム 2019 講演論文集, pp.234~237

## 6. キーワード

地中熱 HP, 太陽熱・地中熱熱源システム, 実測評価



# 水道水中の塩素酸・亜塩素酸・過塩素酸・臭素酸の LC/MS/MS 一斉分析法の開発 Development of a simultaneous analytical method of chlorate, chlorite, perchlorate, and bromate in drinking water by LC/MS/MS

国立医薬品食品衛生研究所 土屋裕子, ○小林憲弘, 五十嵐良明

## 1. はじめに

2017 年に水質基準項目である臭素酸を LC/MS/MS により分析する方法が告示法に採用されたことにより, 従来のイオンクロマトグラフ-ポストカラム吸光光度法に比べて簡便かつ高感度に分析できるようになった。しかし, 他の陰イオンはイオンクロマトグラフ法のみが告示法に設定されており, LC/MS/MS による分析法は臭素酸の個別分析法となっているため効率が悪い。そこで本研究では, 水質基準項目の塩素酸, 硝酸, 亜硝酸と, 管理目標設定項目の亜塩素酸, 要検討項目の過塩素酸を, 臭素酸と同時に LC/MS/MS で分析可能かどうかについて検討した。

## 2. 実験方法

①分析法の検討: 対象とした各陰イオンの LC/MS/MS 一斉分析条件を検討した。

②分析法の妥当性評価: 確立した一斉分析条件の妥当性を評価するため, エチレンジアミン (EDA) あるいはチオ硫酸ナトリウムで脱塩素処理した水道水に各陰イオンを基準値および基準値の基準値の 1/10 となるように添加した水道水を調製し, 各濃度につき 5 併行で分析を実施した。ただし, 硝酸は他の陰イオンと比べて基準値が 2 桁以上も高いため (10 mg/L), 基準値の 1/10 (1 mg/L) の添加試料のみを測定した。

## 3. 結果と考察

①分析法の検討: 確立した LC/MS/MS 一斉分析条件を表 1 に示す。また, この分析条件を用いて, 水道水に各陰イオンを基準値 (ただし亜硝酸は基準値の 10 倍) となるように添加した試料のクロマトグラムを図 1 に示す。各陰イオンのピーク形状および他の陰イオンのピークとの分離はいずれも良好であった。

②分析法の妥当性評価: いずれの脱塩素処理剤で処理した場合も, 基準値および基準値の 1/10 の添加濃度において (硝酸は 1/10 のみ), 亜硝酸以外の陰イオンは, 真度が 77~114%, 併行精度が 1~4% と良好であった。亜硝酸は他の陰イオンと比べて感度が悪く, 基準値の 1/10 では検出できなかった。基準値と同濃度では検出できたものの SN 比が悪く, 併行精度が最大で 12% とバラツキが大きかった。以上のことから, LC/MS/MS によって水道水中の臭素酸と同時に, 塩素酸, 硝酸,

亜塩素酸, 過塩素酸が一斉分析できると考えられる。

表 1 LC/MS/MS 一斉分析条件

項目	設定値
分離カラム	Acclaim Trinity P1 (3.0 × 100 mm, 3 μm, サーマサイエンティフィック)
カラム温度	35°C
移動相流量	0.4 mL/min
移動相 A	200 mM 酢酸アンモニウム/0.5%酢酸溶液
移動相 B	アセトニトリル
グラジェン ト条件	B : 95%(0 min)→90%(3~10 min)→5%(10.5~17.5 min)→95%(18~24 min) (18 min 以降はカラム平衡化)
注入量	20 μL
イオン化法	ESI- (負イオン測定モード)
モニター イオン (m/z)	塩素酸 : 83>67, 83>51 亜塩素酸 : 67>51, 67>35 過塩素酸 : 99>83, 99>67 硝酸 : 62>46, 62>16 亜硝酸 : 46>46 臭素酸 : 127>111, 127>95, 129>113, 129>97

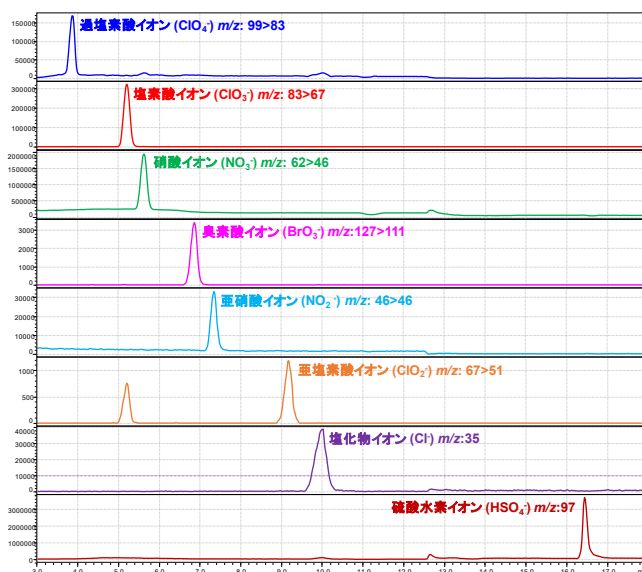


図 1 各陰イオンの LC/MS/MS クロマトグラム

キーワード 水道水, 陰イオン, LC/MS/MS

# 市民参加型による低炭素かつ気候変動に適応した地域社会のシナリオ作成 －滋賀県高島市の事例－

## Development of scenarios for mitigation and adaptation to climate change based on citizen workshops : A case study of takashima city, shiga prefecture

滋賀県琵琶湖環境科学研究センター ○金 再奎, 木村道德, 河瀬玲奈, 岩川貴志, 東京都市大学 馬場健司

### 1. はじめに

気候変動緩和策に加え、適応策も重要性を増しつつある。しかし、これら対策への市民の認知度や行政施策としての優先順位は低く、社会実装は容易ではない。

本研究は、滋賀県高島市での事例を基に、従来の地域課題を解決しつつ、住民が感じる豊かさの向上を目指した将来社会のシナリオ作りが、緩和策や適応策の社会実装にとっても有効であることを示すものである。また、シナリオ作りの過程で、研究者が市民や行政と協働することの意義についても考察する。

### 2. 研究の方法

2017～18 年度に滋賀県高島市で開かれた、公募委員約 30 名、市職員約 20 名による「第 2 期高島市まちづくり推進会議」を対象とした。計 8 回の会議は、①地域課題の共有、②2040 年の地域の将来像の作成、③将来像と現状の乖離の把握、④市民が主体となる取組の発見、⑤実行行動計画の作成、というプロセスで構成される。

筆者ら研究者グループは、会議中はファシリテーション、地域の環境・経済・社会に関するデータの提供、意見の体系化等の役割を担うとともに、議論の内容を受け、将来の社会経済やエネルギー需要、温室効果ガス排出量を推計するツール<sup>1)</sup>を運用することによる定量的な整合性の担保、行動計画の作成などの面からシナリオ作りをサポートした。

### 3. 結果および考察

#### 3.1. 2040 年の高島市の将来社会シナリオ

推進会議のメンバーらが望んだ将来社会の姿は、人々がつながり支え合い、地域資源を最大限に活かすことで、人口が約 2 割減少するにも関わらず、経済規模を現在と同水準に維持するものであった。この時、温室効果ガス排出量は 2000 年比で 38%削減しており、そのうち 23% が市民や行政が主体となる地域の「社会構造変革」に起因するものであった（図 1）。さらに「社会構造変革」に挙げられた項目の多くは、馬場ら<sup>2)</sup>の適応策の分類によるところの「予防策」「転換策」と見なすこともできた。

地域の豊かさ向上を目指した将来社会シナリオが、緩和策と適応策のいずれにとっても有効であることが示された。

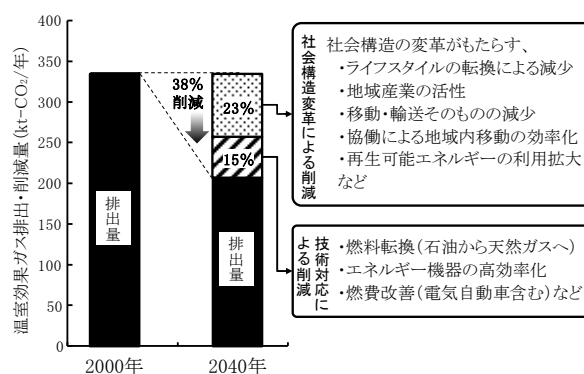


図 1 温室効果ガスの削減要因

#### 3.2. 気候変動緩和策・適応策の社会実装にむけて

以上の結果を言い換えれば、緩和策や適応策を社会実装するには、市民が親しみや意義を感じ、自らの行動と結びつけて考えられるような、地域の将来社会シナリオ作りの中に組み込むことが有効と言える。

シナリオ作りの場において、研究者らが市民や行政と協働することによって、叙述的で漠然としがちな議論を論理的、体系的に整理すること、定量的なデータを用いて検証すること、さらに各主体の役割を明確にした行動計画を作ることが補強される。地域社会で研究者が貢献しうる場面は多岐にわたって存在すると考えられる。

### 謝辞

JSPS 科研費(基盤研究)17K00707 の助成に謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 五味馨・島田幸司・松岡譲(2007) 地方自治体における統合環境負荷推計ツール開発と滋賀県への適用, 環境システム研究論文集, vol.35, 255-264.
- 2) 馬場健司・田中充(2015) レジリエントシティの概念構築と評価指標の提案, 都市計画論文集, vol.50, 46-53.

キーワード 将来シナリオ, 気候変動対策, 市民参加

# 環境システム教育における情報通信技術を活用したアクティブラーニングの可能性

## Possibility of active learning in Environmental system education using Information and Communication Technology

東洋大学 情報連携学部 ○青木えり

### 1. はじめに

東洋大学情報連携学部(INIAD: School of Information Networking for Innovation and Design)では、連携しながら情報通信技術( ICT: Information and Communication Technology)を利活用し、社会を変えていく人材育成を目指している。INIAD では学内全域に無線 LAN 環境が整備され、常にネットワーク接続が可能で、一人一台のノートパソコンを持参して受講することが徹底されている。先進的な ICT の支援環境下となる本学での事例を基に、限られた時間と技能の中でも、ひとりひとりが能動的に学修し、技術だけでなく、諸問題の切り口となる考え方や応用力を学ぶための工夫と課題を考察したい。

### 2. アクティブラーニングと環境システム教育

アクティブラーニングとは、広義には、生徒自らが積極的に授業に関与し、自分の頭で考え自分で実行するすべての活動といえる<sup>1)</sup>。その形態として、グループ・ディスカッション、ディベート、グループ・ワーク等による課題解決型の能動的学修を中心に多くの実践がなされてきた<sup>2)</sup>。また、情報技術の普及により、協働学習・学び合いによる課題解決・価値創造型の教育としてより注目されている<sup>3)</sup>。特に、実社会に関わる課題解決スキル、コミュニケーションスキル等の育成との親和性が高く、ICT 活用スキルやそのリテラシーを身に着けること自体も、一種のキャリア教育として期待されている<sup>4)</sup>。このように、単一の答えがなく、生涯にわたり自らが考え関わらなければいけない社会的課題のひとつとして、環境システムや持続可能性に関する教育は、まさにアクティブラーニングでの実施が効果的な課題であり、これまでも多くの主体的な学びが実施されてきた。

### 3. アクティブラーニングと ICT 活用

INIAD シビルシステムコースでは、どのように ICT を社会に組み込んでいくのかという点を重視し、環境や防災といった環境科学分野の多様な事象を主な対象とした社会調査やグループワーク、解析やプログラミングを通して、課題発見、調査設計、分析といった一連の流れを個々人に体験させる演習を実施している。

大学から付与する共通アカウントでどの端末からでも web 上で利用可能な Google 社が提供する教育管理システムである Google Classroom や Forms を中心的な ICT ツールとして活用し、講義内に学生にアンケートをとったり、課題の提出をさせたりして、内容へフィードバックをすることを中心としている。ICT の利点である即時性を活かし、講義中の簡単なアンケート結果にそった導入や解説をその場で実施することで、学生の興味関心を高めたり、学生の課題進行状況を確認しながら学習を支援したり、ディスカッションでは、話し合いの内容をその場で可視化して共有したり、学生達がその場で参加しているという意識を持てるように留意している。

一斉に説明をしたり、グループで話し合わせたりするだけでは、先生がすぐに「答え」を話してくれる、間違えて恥ずかしい思いをしたくない、と考えてしまう学生が多い。従来どおり、発言しやすい学習の場づくりが効果的であると同時に、多くの学生達の思いをそのままに、まずは彼らに馴染みの深い web 上で意見表出をさせてみると、素直な反応がでやすい。また、情報リテラシー教育と併せて、web 上に存在する多様な情報を取得し、多様な視点を得ることも重視している。従来の主体的な学びへの知見に補助ツールとしての ICT を組み合わせることで、より効果的に学生の能動的な学びを支援する可能性について引き続き検討していきたい。

### 参考文献

- 1) Bonwell,C.C. and Eison,J.A. (1991) Active Learning: Creating Excitement in the Classroom. ASHE-ERIC Higher Education Report No.1.
- 2) 中央教育審議会 (2012) 新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～ (答申)。
- 3) 文部科学省 (2019) 新時代の学びを支える先端技術活用推進方策 (最終まとめ)。
- 4) 山地弘起(2014) アクティブ・ラーニングの実質化に向けて、大学教育と情報 No.1, 2-7.

キーワード 環境教育, アクティブラーニング, ICT

# 長崎県対馬市におけるバイオマス熱利用拡大の課題と展望

## Issues and Prospects to Expand Biomass Heating in Tsushima City, Nagasaki Prefecture

大阪大学 経営企画オフィス ○松村悠子

### 1. はじめに

日本は 6200 あまりの島々を抱える世界第二位の島嶼国である。離島地域の港湾、道路、医療、教育等の生活環境は離島振興法という法的な後立と多大な国家支援によって整えられてきた。本研究では、離島地域のエネルギー自給率の向上、ひいては離島地域の社会的・経済的自立に貢献するために、長崎県対馬市を調査対象地として、当地で導入されてきたバイオマスボイラーの利用拡大の可能性を検討する。

### 2. 島嶼地域におけるエネルギー自立の課題

離島地域は、その隔絶性、狭小性、環海性といった特徴から、低いエネルギー自給率とエネルギーの高コスト構造という課題に直面してきた。他方で、従来の化石燃料を基盤としたエネルギーシステムが本土地域よりも高コストな構造であることから、近年急速に開発が進む新たなエネルギーシステムを導入するメリットが大きいとされ、様々な実証研究が行われてきた。しかしながら、これまで離島地域における導入事例を検討してみると新事業が必ずしも成功してきたわけではない。その原因は、これまで一般に指摘されてきた技術の経済性（不採算性）ではなく、新たな技術に対する地域受容やひいては地域におけるエネルギービジネスのマネジメントに大きく起因する（松村 2014）。そこで、既存の再生可能エネルギー事業に焦点を当て、そのビジネスモデルの拡大の可能性についても検討する意義があると考えられる。

### 3. 調査方法

#### 3.1 調査対象地

本研究では、日本の離島振興法の対象であり、外海独立型の長崎県対馬島を対象とする。長崎県対馬市では、島内の温浴施設で、重油ボイラーが木質チップを燃料としたバイオマスボイラーに置換され、活用されてきた実績がある（馬場・松浦 2016）。さらなるバイオマス熱利用を検討するために、小型バイオマスボイラーの導入可能性について調査を行なった。

#### 3.2 調査・分析方法

島内の複数の施設にエネルギー等の使用量と、温水等エネルギーの利用状況の調査を行い、既存設備の費用と小型バイオマスボイラーの導入した場合に予測される費用とを比較した。

### 4. 調査結果

調査対象の施設では、小型バイオマスボイラーの導入に十分なエネルギー需要があると推定された。他方、具体的なビジネスモデルを検討してゆくためには、今後年間を通じた需要量の把握や運搬、燃料製造に関するコスト、ボイラー導入・設置に要するコスト等、離島地域の環境を踏まえた詳細な推計・調査が継続的に必要と考えられた。また、バイオマスボイラー導入拡大のためには、木質チップの生産・供給体制との連携が重要だと考えられた。

### 5. まとめと展望

調査対象の福祉施設は比較的規模が大きかったため、近年の観光客の増加や高齢化による福祉施設の需要の高まりにも注目し、今後は中小規模のビジネスホテルや小規模の福祉施設等への調査も行っていきたい。

### 6. 謝辞

本研究は、公益財団法人日本離島センターの離島人材育成基金助成事業を活用して行った研究成果である。

### 参考文献

- 1) 馬場健司・松浦正浩（2016）、木質バイオマス利用推進策検討に向けたステークホルダー分析：対馬のフィールドワークからの知見とその検証，社会技術研究論文集，13, 66-76
- 2) 松村悠子（2014）、離島の地域社会における新エネルギー導入の取り組みと普及に向けた課題，グローバル人間学紀要 6, 27-45

キーワード 再生可能エネルギー，離島，エネルギー自給

# SOCIAL ACCEPTANCE OF NEWCOMERS IN RURAL MOUNTAINOUS AREAS - CASE STUDIES IN SHIRAKAWA TOWN AND HIGASHI SHIRAKAWA VILLAGE

○Ha Thi Minh Phuc<sup>1</sup> · Wendy Wuyts<sup>1</sup> · Guo Jing<sup>1</sup> · 土居 龍成<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

## Abstract:

Many rural areas in Japan are experiencing a population decline since the 1980s. For instances, Shirakawa town (ST) and Higashi-Shirakawa village (HV) - two rural mountainous sites - are decreasing 33% from 12,922 (1980) to 8,651 (2014) and 33.9% from 3,422 (1985) to 2,261 (2015), respectively. Meanwhile, the immigrants are less than emigrants who move out for better education, job or marriage, that caused the age distributions of these sites change in the direction of decreasing the proportion of labour people (ages of 15-65 in ST and HV are 48.4% and 47.1%, respectively, compared to that of Gifu prefecture is 58.9%). The immigrants of these two sites are also declining significantly (2002~2016). To solve the issues of labour shortage, demand for being attractive for more population is in need. This solution appears to be an integration of attracting (back) people from the city, keeping the newcomers, and keeping locals. This study conducted a questionnaire to more than 330 participants about (1) attitude toward the village/town, (2) life satisfaction/self-resilience, and (3) acceptance toward the newcomer. Some notable points drawn from the results of both the town and village are mostly positive responses. One should be noticed to answer the ① and ② that 91% of the respondents feel worried about their areas, but an amount of 70% still think they will continue living in the areas. A large number of residents think the most important thing for the town and village are for local residents (39.8%) and U-turners (39.5%), mostly came from local residents' hope (44.5% of them say that). ③ is satisfied with the fact that towns and

villages as a whole accept immigrants (99%); however, only 24% have a strong confirmation about the acceptance.

Lastly, there are two proposals are raised: Newcomers's Day and Tutor project. In general, each identity group of people has different behavior tendencies. It should be useful for the strategic planners to look at those groups who are likely inclusive already to enhance their benefits or at those group who seem to be exclusive at the moment to improve the programs so as they can be involved better. For instance, create more community spaces particularly for newcomers, male people or people under 60 (because they are easier to feel lonely). The idea about Newcomers' day aims to improve Newcomers' pride and increase their tendency to stay in the town and village, while the idea about the Tutor project if performed can strengthen newcomers' trust in others.

**Keywords:** rural, migration, social acceptance, Shirakawa town, Higashi Shirakawa village

## References:

- 岐阜県環境生活部統計課（2018）統計からみた白川町の現状 Accessed at <https://www.pref.gifu.lg.jp/kensei/tokei/tokei-joho/11111/gifuken-genjo/ken-shichoson-genjo.data/20180939sirakawatyou.pdf>
- 岐阜県環境生活部統計課（2018）統計からみた東白川村の現状, accessed at <https://www.vill.higashishirakawa.gifu.jp/files/upload/5c0f3c13-7c58-4196-b88f-04eeac100234.pdf>

# 資源循環戦略と低炭素シナリオの統合化

## Integrating Resource Efficiency Strategies with Low-Carbon Scenarios

国立環境研究所 ○渡卓磨, 中島謙一, 南斎規介

### 1. 緒言

気候変動に対する世界的懸念の高まりは、化石燃料を主のエネルギー源とする社会システムから低炭素技術大量導入社会への転換を頑健に駆動している。しかし、多くの低炭素技術は材料構成や利用時の燃料消費、さらには廃棄時の資源リサイクルという観点から従来技術とは大きく特性を異にするものであり、大規模なエネルギー転換は既存の資源需給構造を激変させるとの警告がある[1]。そこで本研究は、長期的な電気自動車の普及を描写する低炭素シナリオに希少金属資源の需給動態を内在化した統合型モデルを開発し、資源制約の評価、およびその循環利用の推進がもたらす長期的効果を解析した。

### 2. 手法

国際エネルギー機関（IEA）の低炭素シナリオを基礎に[2]、動的ストックフローモデルと線形計画法を融合することで上述の目標達成に資する数理モデルを構築した。本モデルは金属資源需給動態を内生化したおり、金属需給バランスを考慮した自動車種選択を 2050 年まで時系列で描写する。さらに、外生変数としてリサイクル率を任意に設定することで、資源循環利用が低炭素シナリオとそれに伴う二酸化炭素排出量に与える影響を定量化可能とする点に最大の特徴を有する。

本研究では次世代自動車（EVs）のバッテリー技術に不可欠なリチウムを対象とし、リサイクル率に三つのシナリオ（現状（<0%）、中位（40%）、高位（80%））を設定することでケーススタディーを行った。

### 3. 結果

図 1 に低炭素シナリオ下における 2050 年までのリチウム需給バランスを示す。EVs の急速な普及により、現状のリサイクル率では 2026 年ごろから資源制約が顕在化する可能性が示唆された。一方、高位リサイクルシナリオでは需給ギャップの大半は二次資源供給によって補完可能であると推計された。

リチウム需給バランスを考慮した自動車種選択の推移を図 2 に示す。現状リサイクルシナリオにおいては資源制約が EV 普及を制限し、その分ガソリン自動車の導

入が増加することが読み取れる。その結果 IEA シナリオと比較して、2050 年までの累積で約 2Gt の二酸化炭素が追加で誘発されると推計された。

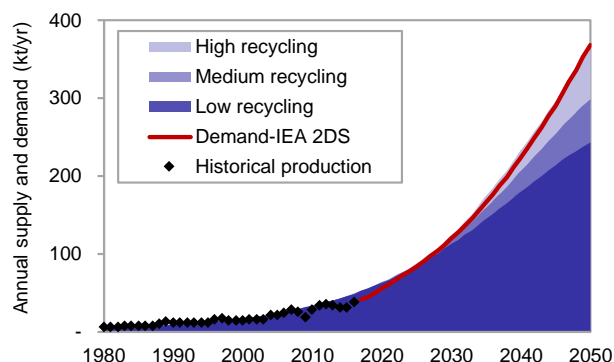


図 1 2050 年までの世界のリチウム需給バランス

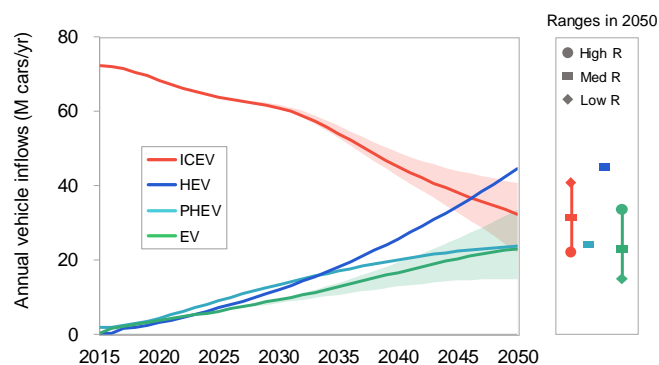


図 2 リチウム需給バランス下における自動車種導入構成の推移

### 4. 考察

以上の結果を踏まえて以下の必要性が示唆された。

- ① 低炭素シナリオ内における金属資源フロー内生化
- ② 資源循環に係わる政策・戦略と EV 導入政策の統合
- ③ 製品寿命拡張やリマニュファクチャリング等多様な資源効率戦略の検討

### 参考文献

- [1] O. Vidal, B. Goffé et al., Metals for a low-carbon society, *Nat. Geosci.*, 6,11,894–896,2013.
- [2] IEA, Energy Technology Perspectives 2017: Catalysing Energy Technology Transformations, 2017.

キーワード 物質フロー解析, リチウム, 電気自動車



# シラルトロ湖におけるヒシの分布の推移と栄養塩吸収能

酪農学園大学大学院酪農学研究科 ○清水 日香里

酪農学園大学農食環境学群/大学院酪農学研究科 吉田 磨

酪農学園大学農食環境学群環境共生学類 金澤 行宏

## 1. はじめに

シラルトロ湖は釧路湿原の北東端に位置し、平均水深 1.5 m の浅い海跡湖である。シラルトロ湖ではヒシの分布拡大が進行しており、2010 年時点で湖内の 0.6 km<sup>2</sup> もの面積がヒシによって覆われている [尾山ら, 2017]。しかし、シラルトロ湖においてはヒシの栄養塩含有量及び 2010 年以降のヒシの分布域が明確となっていないため、本研究ではシラルトロ湖におけるヒシの分布の推移と栄養塩吸収機能を明らかにすることを目的とした。

## 2. 方法

釧路湿原国立公園内のシラルトロ湖において 2018 年 10 月に 1 回観測を行った。本研究における測点は五十嵐ら [2009] の調査を元に決定し、それぞれヒシの被覆度が異なる 3 地点でヒシを採取した (図 1)。湖内の移動は許可を受けた動力船を用いた。湖内のヒシを衛星画像から抽出するにあたり尾山ら [2017] の正規化水指標 (NDWI) の手法を用いた (1)。

$$NDWI_{3,6} = \frac{(R_{B3} - R_{B6})}{(R_{B3} + R_{B6})} \quad (1)$$

$R_{B3}$ =Landsat 8 の band 3 (緑)

$R_{B6}$ =Landsat 8 の band 6

## 3. 結果と考察

シラルトロ湖におけるヒシの分布面積と年間降水量を示す (図 2)。尾山ら [2017] のデータと比較すると 2010 年から 2013 年でヒシの分布面積は約 2 倍である 1.2 km<sup>2</sup> まで増加していた。2014 年にはさらに分布域が拡大し、1.6 km<sup>2</sup> までになったが、2017 年には 2013 年と同様の分布面積であった。これは、ヒシの分布面積と各年の降水量に負の相関関係があり ( $R=-0.83$ ,  $p<0.05$ )、降水量がヒシの成長を阻害していることが示唆された。図 3 より、2013 年以降はシラルトロ湖北部でのヒシ分布域拡大がみられ、将来的に湖全体がヒシで覆われる可能性がある。

## 4. 結論

シラルトロ湖ではヒシ群落の分布域拡大が深刻な問題であるが、成長阻害要因として降水量が示唆された。ヒシの含有栄養塩量についてはリン吸収機能が高く、富

栄養化対策としてのヒシの刈り取りは有効であることが示された。

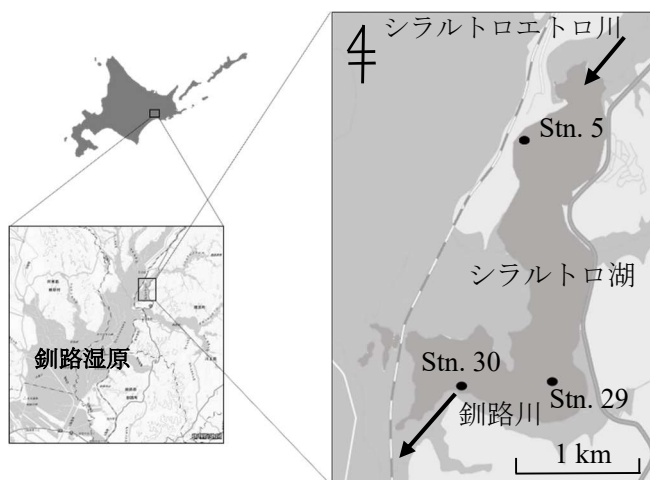


図 1. シラルトロ湖における測点。

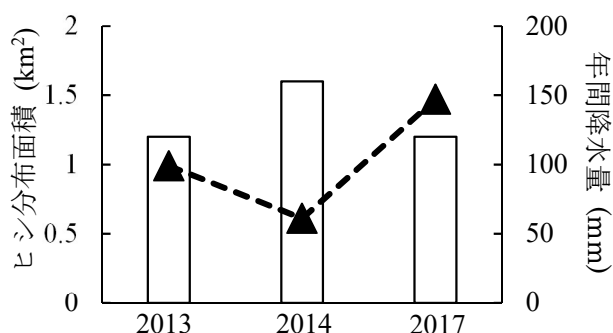


図 2. シラルトロ湖における 2011 年以降のヒシ分布面積と年間降水量 (▲)。



図 3. シラルトロ湖における 2011 年以降のヒシ分布推移図。

### 参考文献

- 五十嵐 聖貴, 三上 英敏, 上野 洋一, 丹羽 忍, 中川 恵, 高村 典子 (2009), 釧路湿原シラルトロ湖におけるヒシとプランクトンの分布状況, 日本陸水学会講演要旨集, 74 (0), 40
- 尾山 洋一, 松下 文経, 福島 武彦 (2017), 衛星画像から観測した国内 6 湖沼におけるヒシ属 *Trapa* L. の長期分布変化, 保全生態学研究,

キーワード: シラルトロ湖, 富栄養化, ヒシ



# 住環境における心理的瑕疵物件の実態調査 -A Survey on Stigmatized Properties in Housing Environment-

早稲田大学現代政治経済研究所 ○矢島 猶雅，早稲田大学政治経済学術院 定行 泰甫

## 1. 研究背景

これまで、住環境評価の実証研究では、騒音や異臭、大気汚染、管理不全の空き家といった、物理的な公害やそのリスクを孕む環境財の近隣外部性が着眼されてきた。それに対し、物理的な公害やリスクを伴うわけではないが、過去に殺人や自殺が生じた所謂「事故物件」による「心理的瑕疵」もまた、その物件や周辺の住環境に影響を及ぼす場合がある。とくに近年、高齢者の孤独死に対する社会の懸念が高まるなか、様々な孤独死保険が取り扱われるようになっている。

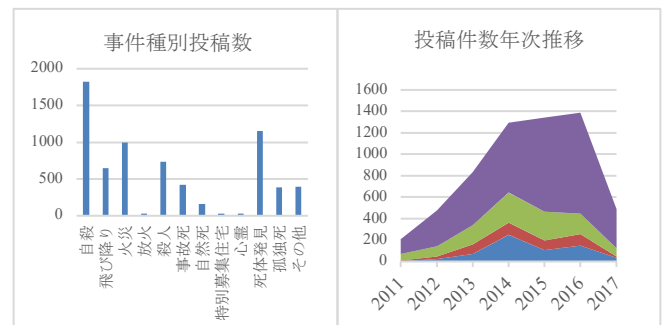
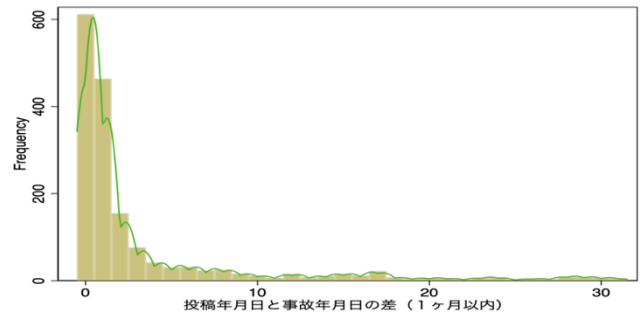
「心理的瑕疵」の影響に関する国内の研究には、Sadayuki (2019)がある。当該研究は、東京都の賃貸マンションデータを用いて、自殺や他殺が生じた心理的瑕疵物件の外部性を推計している。しかし、心理的瑕疵物件立地に関する決定要因が考慮出来ておらず、また、扱われた心理的瑕疵物件の数も十分ではない。本研究では、「心理的瑕疵」と認識されうる事件や、心理的瑕疵物件の立地や時期の実態把握を目的とする。

国内の心理的瑕疵物件についての公的データベースは存在しないが、「大島てる

(<http://www.oshimaland.co.jp/>)」というサイトに第三者からの心理的瑕疵物件に関する投稿内容がまとめられている。本研究は、当サイトの投稿情報をベースとして実態分析を試みる。こうしたサイトでは、注目を浴びた事件ほど多く、早く投稿されるなどの可能性に注意する必要がある。よって、このような「投稿の傾向」についても実態を把握する。

## 2. 集計データ

「大島てる」サイトへの投稿者は、①事件の内容、②事件の住所、③事件の発生日時、の3項目を投稿する。サイト上では、投稿された住所をもとに、地図上に心理的瑕疵物件の詳細が示されるようになっている。また、投稿内容には詳細な月日や住所が含まれていないこともある。サイトは2005年より開始されており、2019年7月時点で約5万件の投稿情報がある。本研究は、東京都内の心理的瑕疵物件について、2017年4月までに投稿された約1万件の投稿情報をもとにデータの整理・調査分析を行う。



## 3. 集計結果

本研究では、「大島てる」の投稿情報を、自殺、飛び降り、火災、殺人、放火、事故死、自然死、特別募集住宅、心霊現象、死体発見、孤独死、その他の事件に分類した。集計結果は、以下のようにまとめられる。

集計した件数は、まず、事件発生当日に投稿されるケースが最も多く、3割程度が1ヶ月以内に報告されている。その投稿件数の年次推移を見ると、2011年から2016年にかけて漸進的に増加している。最後に、投稿される事件の傾向を見ると、特定の建物や部屋における「自殺」が最も多く、「火災」及び「殺人」がそれに続いている。「死体発見」についても、自殺などに伴って投稿されやすい傾向にある。

## 参考文献

1) Taisuke Sadayuki (2019), “The externality of a mortality incident within an apartment building: cases of homicide, suicide and fire deaths.”, *Environmental Economics and Policy Study*, (available online)

キーワード 心理的瑕疵物件 大島てる

# 多変量解析と LC-HRMS および GC-O-HRMS の組み合わせによる 水道水中の生ぐさ臭原因物質の探索 Exploration of the Causative Substance of Fishy Smell in Raw Waters for Taps by Combining Multivariate Analyses with LC-HRMS and GC-O-HRMS

鹿児島大学大学院理工学研究科 ○新福優太, 高梨啓和, 中島常憲, 国立保健医療科学院生活環境研究部 秋葉道宏

## 1. はじめに

カビ臭および生ぐさ臭による水道水異臭被害が各地から報告されている<sup>1)</sup>。カビ臭の原因物質はすでに特定されており、水道水質基準値が設定されている。一方、生ぐさ臭については、原因生物は *Uroglena americana* と特定されているが、同生物が産生する原因物質が特定されていないことなどから、基準値が設定されていない。

そこで本研究では、水道原水や *U. americana* 培養液に含まれる多種多様な物質の中から、臭気強度および *U. americana* の細胞数と相関関係が認められる物質を特定し、その構造を部分的に推定することを目的とした。

## 2. 実験方法

2016 年 4 月～2019 年 4 月に、官能試験により生ぐさ臭の発生が認められた関西地方の水道原水を 15 検体採取した。検体採取後、検体中の *U. americana* 中群体数を速やかに計測した。また、関東地方の水源から採取された *U. americana* を Ur-1 培地で培養した。得られた検体と培養液を Sep Pak PS2 と AC2 (日本ウォーターズ) を用いた SPE により濃縮し、濃縮後の画分を LC-ESI(-)-HRMS (U3000-LTQ Orbitrap XL, Thermo Scientific) および臭い嗅ぎ機能を付与した GC-O-APCI(+)-HRMS (A7890B-Synapt G2-Si HDMS, Waters) を用いて分析した。この時、生ぐさ臭の性状から原因物質をアルデヒド類と仮定し、LC-ESI(-)-HRMS での分析を行う画分のみ、2,4-dinitrophenylhydrazine (DNPH) による誘導体化を施した。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1. 生ぐさ臭原因物質の回収確認

濃縮液は溶媒の臭いが強く、原因物質が回収されているか否かの確認ができなかった。そこで、分離能を持たない fused silica capillary tube を GC に接続し、検体の GC-O 分析を行った。その結果、気化速度の違いによって考えられる溶媒と原因物質との分離が生じ、生ぐさ臭を再現性良く確認できた。このことから、試料調製時に原因物質を回収できていることが確認された。

### 3.2. 多変量解析による候補物質の探索

検体の LC-MS 分析を行ったところ、同位体イオンや付加体イオンを除いた物質が 6,810 物質検出された。これらの物質には、濃縮時に混入した不純物や移動相中の不純物が含まれるため、純水を SPE で処理したブランクサンプルの測定結果との差異解析により、それらの不純物を除去した。その結果、117 物質となった。

次に、検体の *U. americana* 中群体数と各物質のピーク面積に相関関係が認められる物質を、Interval Orthogonal Projections to Latent Structures (iOPLS) 回帰分析により探索した。変数選択の結果、117 物質中 18 物質が選択され、良好なモデル ( $R^2 \text{ cal} = .999$ ,  $R^2 \text{ CV} = .996$ , # of LVs = 2) が得られた。このモデルにおいて最も大きい VIP Score を有していたのは  $m/z$  403.1620 の物質であった。同物質は、水系の異なる水源 (関東地方の水源) から採取された *U. americana* 培養液からも検出されることを確認した。さらに天然同位体パターンから、DNPH 誘導体の可能性が高いことが示された。

次に、LC-MS 分析と多変量解析で発見された物質 ( $m/z$

403.1620) が GC-MS 分析でも検出されることを確認したところ、未誘導体化物の明確な抽出イオンクロマトグラムを再現性よく描写することができた。

### 3.3. 多段階精密質量分析による構造推定

LC-MS の多段階精密質量分析機能を用いて、発見された物質の構造を推定した。精密質量および天然同位体パターンに基づき、同物質が DNPH で誘導体化される前の分子式を  $\text{C}_{13}\text{H}_{20}\text{O}_3$  と推定した。また、DNPH と反応してシッフ塩基を生成することから、カルボニル基を有していると推定される。

多段階精密質量分析の結果、特徴的なニュートラルロスとして、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{HNO}_2$ 、 $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$  が観察されたことから、それぞれ図 1 の式 1～4 に示すアルコール性ヒドロキシ基の遠隔水素転位反応 (rHa)<sup>2)</sup>、ジニトロベンゼン部分の rHa<sup>2)</sup>、不飽和ケトンの逆エン反応 (RE)<sup>2)</sup>、逆 Diels-Alder 反応 (RDA) によるアリルアルコールの脱離<sup>2)</sup>が生じたと予想した。これらの事実に鑑み、同物質の誘導体化前の構造を図 1 のように推定した。

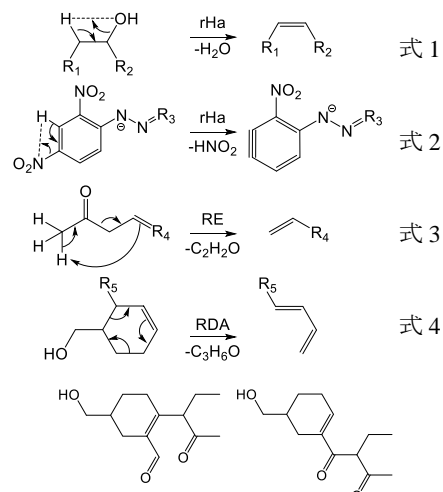


図 1 推定される構造の例

## 4. 結論

水道原水および *U. americana* 培養液を MS にて分析した結果、生ぐさ臭原因物質の候補として、分子式  $\text{C}_{13}\text{H}_{20}\text{O}_3$  の物質が得られた。多段階精密質量分析による構造推定の結果、同物質はカルボニル基、アルコール性ヒドロキシ基、不飽和ケトン部位、シクロヘキセン環を有すると推定された。

参考文献 1) *J. Water Supply: Res. T.*, **64**(7), 832–838, 2015., 2) *Natural Product Report.*, **33**, 432–455, 2016.

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、培養にご協力いただいた皆様に謝意を表す。

キーワード 臭気物質, 高分解能質量分析計, 多変量解析, 多段階精密質量分析

# オフィスビルにおける CO<sub>2</sub>削減対策の実施状況：東京都排出量取引制度に着目して

## Implementation of carbon dioxide emissions reduction measures in office buildings: Focusing on the Tokyo Emissions Trading Scheme

早稲田大学 ○尾沼広基, 有村俊秀

### 1. はじめに

パリ協定が締結され、温室効果ガス削減のための政策手段として、排出量取引制度（ETS）や炭素税などカーボンプライシングがあらためて注目されている。日本においては、これまでに東京都（2010 年から）や埼玉県（2011 年から）が ETS を導入しており、現在は国としてカーボンプライシングの本格導入に向けた議論が進められている。日本は 2030 年までに温室効果ガス排出量を 2013 年比で 26%削減することを掲げており、特に、オフィスビル等の業務部門は 39.8%と他の部門よりも高い削減目標が設定されている。今後、目標を達成していくにあたり、カーボンプライシングをはじめとする温室効果ガスの削減が期待される政策の有効性を検証していくことが求められている。

そこで本研究では、全国のオフィスビルを対象に行ったアンケート調査のデータを用いて、東京都とその他道府県に立地する事業所の CO<sub>2</sub> 削減対策実施状況を比較し、ETS による対策促進の可能性について検証する。

### 2. 調査概要

本研究では、平成 27 年度時点で温対法に基づき温室効果ガス排出量の報告が義務付けられている事業所を対象に、2018 年 10 月 10 日から 12 月 21 日にかけてアンケート調査を実施した。ここで対象となった事業所は、エネルギー使用量（燃料、熱及び電気等）が原油換算で年間 1,500 kL 以上の事業所であり、いわゆる大規模排出事業所のことである。このうち、総務省の日本標準産業分類をもとに調査対象の選定を行い、906 事業所が調査の対象となった。回答方法は紙もしくは電子調査票で回答してもらい、郵送もしくはメールで返送してもらう形式とした。最終的に 167 事業所（内、東京都 65 事業所）から回答があり、回収率は 18.4%であった。

本研究の主目的となる CO<sub>2</sub> 削減対策の実施状況に関する質問は、それぞれ「該当箇所・設備には全て実施・導入している」、「80%以上 100%未満」、「60%以上 80%未満」、「40%以上 60%未満」、「20%以上 40%未満」、「0%超 20%未満」、「実施・導入していない」の 7 段階で聞いている。その他の質問項目には、建物の基本情報（竣工

年、総階数、用途別延床面積等）、大規模修繕の有無、省エネ取組に関する会議の有無などについて聞いている。

### 3. 分析方法

本研究では、東京都の事業所とその他道府県（ETS を導入している埼玉県は除く）の事業所で、CO<sub>2</sub> 削減対策の実施率が異なるかどうかを分析する。分析で使用する被説明変数及び説明変数の詳細は次のとおりである。

被説明変数は、CO<sub>2</sub> 削減対策の実施率を用いる。前述の対策実施状況について、「該当箇所・設備には全て実施・導入している」と回答した事業所を 100%の実施率とし、「80%以上 100%未満」と回答した事業所を 90%、…、「0%超 20%未満」と回答した事業所を 10%、「実施・導入していない」と回答した事業所を 0%の実施率として、0 から 1 の間を取る変数として数値化した。

説明変数は、東京都に所在する事業所を 1 とするダミー変数、建物の築年数、自社ビルである場合に 1 をとるダミー変数、建物の総階数、オフィス用途部分の延床面積、大規模修繕を実施したことがある場合に 1 をとるダミー変数、省エネ会議を定期的に実施している場合に 1 をとるダミー変数を用いる。

分析手法は、被説明変数が 0 から 1 をとる値であるため、Fractional logit モデルを採用した。

### 4. 分析結果

分析の結果、ETS の実施地域である東京都の事業所は、制度が無い道府県の事業所と比べ、「照明制御」、「照度適正化」、「高性能断熱材」、「デマンドコントロール（警報等）」の実施状況が進んでいることが示された。一方で、「不要照明の間引き」や「エアコンの温度設定の緩和」など、比較的費用のかからない対策については差が見られなかった。こうした結果から、ETS の導入は対策によっては一定の効果があった可能性が示唆される。

キーワード オフィスビル、CO<sub>2</sub>削減対策、排出量取引制度

# Impact of urbanization on changes in CO<sub>2</sub> emissions in China: analysis of 30 provincial administrative units

Yuzhuo Huang, Ken'ichi Matsumoto (Nagasaki University)

## 1. Introduction

Because of economic globalization, countries throughout the world have developed rapidly and urbanization has gradually been in an accelerating stage. The expected number of people living in cities will rise to 6 billion by 2045, an increase of 2 billion urban inhabitants from today. In case of China, the urbanization rate rose from 17.9% in 1978 to 58.5% in 2016 and there is still a room for further urbanization<sup>1)</sup>.

To have a more scientific understanding of the impact of urbanization on CO<sub>2</sub> emissions from the perspective of resident consumption, we evaluated the impact of urbanization on changes in CO<sub>2</sub> emissions during 1990–2016 using a logarithmic mean Divisia index (LMDI) decomposition approach in 30 provinces in China.

## 2. Methodology and data

To evaluate the impact of urbanization on changes in CO<sub>2</sub> emission, we set six factors (carbon intensity, energy intensity, consumption inhibition, resident consumption, population urbanization, and population size) as decomposition factors. CO<sub>2</sub> emissions can be decomposed as eq. (1). Based on the equation, the decomposition analysis was conducted.

$$CARB_i = C_{int_i} \times E_{int_i} \times C_{inb_i} \times R_{con\_u_i^{S-u}} \times R_{con\_r_i^{I-S-u}} \times PRO\_P\_u_i^{S-u} \times PRO\_P\_r_i^{I-S-u} \times POP_i \quad (1)$$

$CARB$  stands for CO<sub>2</sub> emissions,  $C_{int}$  for carbon intensity,  $E_{int}$  for energy intensity,  $C_{inb}$  for consumption inhibition,  $R_{con\_u}^{S-u} \times R_{con\_r}^{I-S-u}$  for resident consumption,  $P_{pro\_u}^{S-u} \times P_{pro\_r}^{I-S-u}$  for population urbanization,  $POP$  for population size, and  $i$  for provinces.

## 3. Results and discussion

The main results of the influencing factors at the provincial level are shown in Fig. 1. The impact of urbanization on CO<sub>2</sub> emissions in China was gradually increasing, while China's CO<sub>2</sub> emissions also showed obvious regional characteristics. In addition, the rapid progress of urbanization in 30 provinces has strengthened the purchasing power of residents and promoted resident consumption, which became a new vital

factor of CO<sub>2</sub> emission growth. However, the negative carbon intensity effect in 30 provinces was relatively weak. Furthermore, the carbon intensity effect also had clear differences among provinces.

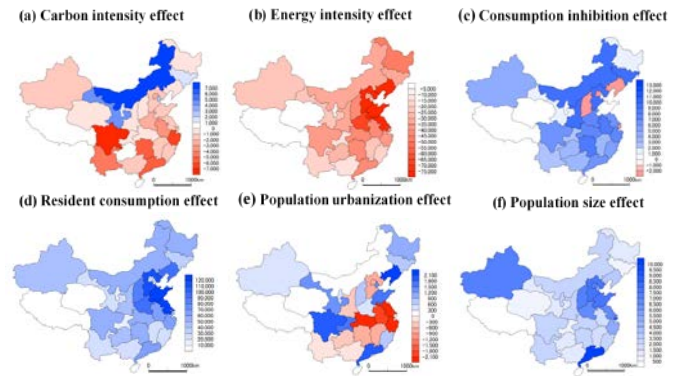


Fig. 1 Results of decomposition analysis (unit: ten thousand tons)

## 4. Conclusion

The urbanization development should not only focus on consumption-driven economy, but also pay more attention to guiding residents to establish the environmental responsibility consciousness and ecological civilization concept to achieve CO<sub>2</sub> emission reduction goals. In addition, the Chinese government needs to formulate carbon reduction policies in accordance with local condition by considering the influencing factors of CO<sub>2</sub> emissions under urbanization of each province. Furthermore, because the next considerable urbanization will be carried out in developing countries, the results of this study can provide a referential value for developing countries to reduce CO<sub>2</sub> emissions during the process of urbanization.

## Reference

- 1) Cai Z, Liu Z, Zuo S, Cao S (2019) Finding a peaceful road to urbanization in China, Land Use Policy, Vol.83, pp.560-563.

Keywords: carbon dioxide emissions, decomposition analysis, urbanization, China, provincial-level analysis

# 食品の加熱調理による多環芳香族炭化水素とその塩素化体の生成と曝露評価 Generation of polycyclic aromatic hydrocarbons and their chlorinated compounds in Cooked Food and its exposure assessment

静岡県立大学 ○増田 美里, 王 齊, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史

## 1. 背景・目的

多環芳香族炭化水素とその塩素化体(PAHs/CIPAHs)は加熱調理により生成し、その一部は発がん性を有する。我々の研究において、これらの化合物が、室内空気や調理後の食品中に存在することが明らかとなった。調理による PAHs/CIPAHs の生成量を減少させるためには、PAHs/CIPAHs の生成する傾向を調査することが求められる。しかし、食品や調理法が与える PAHs/CIPAHs 生成の影響(特に CIPAHs)は、まだ明らかになっていない。そこで、本研究では、調理した肉や魚試料の分析を行い、PAHs/CIPAHs の生成について調査した。また、これらの曝露量を推算した。

## 2. 実験方法

肉・魚試料は、それぞれガス・炭火・魚焼き機で加熱調理を行い、サンプリングした。試料は、無水硫酸ナトリウムを加え脱水・均一化後、抽出した。抽出液は、KOH シリカゲルカラムと活性炭カラムで精製を行い、GC-HRMS を用いて分析した。

## 3. 結果・考察

### 加熱調理による食品中 PAHs/CIPAHs の生成

加熱調理後の食品中 PAHs、CIPAHs 濃度を図 1、2 に示す<sup>1</sup>。焼いた魚表面、ガス調理の肉、炭火調理の肉中 PAHs 濃度はそれぞれ 2.2-4.6、2.0-20、36-120 ng g<sup>-1</sup> であった。炭火調理した肉中 PAHs 濃度は、ガス調理の試料よりも 10 倍以上高濃度であり ( $p < 0.05$ )、炭火調理で PAHs が生成しやすいことが分かった。

一方、焼いた魚表面、ガス調理の肉、炭火調理の肉中 CIPAHs 濃度は 0.099-0.17、0.013-0.084、<LOQ-0.018 ng g<sup>-1</sup> であった。試料間で CIPAHs の組成に、大きな違いはなく、加熱調理による CIPAHs の生成は食品によって大きく影響されないことが示唆された。また、ガス調理の魚および肉中 CIPAHs 濃度は、炭火調理よりも有意に高く ( $p < 0.05$ )、CIPAHs は炭火調理よりもガス調理の方が生成しやすいことが示された。ガス調理と炭火調理では、ガス調理の温度が炭火調理の温度より高いことから CIPAHs は高温調理で生成しやすいことが考え

られる。

### 調理における PAHs の曝露量

成人男性の肉摂取量(140g day<sup>-1</sup>)と本研究の肉中 PAHs 濃度から、加熱調理後の肉の経口摂取による PAHs 曝露量を推算した。ガス調理の肉の経口摂取の場合の PAHs 曝露量は 96 ng-BaP<sub>eq</sub> day<sup>-1</sup> であり、炭火調理では 400 ng-BaP<sub>eq</sub> day<sup>-1</sup> と推算された。ガス調理の肉の経口摂取の場合の PAHs 曝露量は、既往研究における PAHs の一日の曝露量<sup>2</sup>(120 ng-BaP<sub>eq</sub> day<sup>-1</sup>)と同程度、炭火調理の場合は 3 倍程度高くなると考えられた。

一方、我々が報告した魚を焼いた際の調理排気を介した経気道曝露量<sup>3</sup>(1400 ng-BaP<sub>eq</sub>)は、既往研究における PAHs の一日の曝露量より 10 倍以上高かった。したがって、PAHs の曝露量を減少させるためには、調理法を検討することも必要であるが、調理排気に曝露しにくい環境を作ることが重要であることが示唆された。

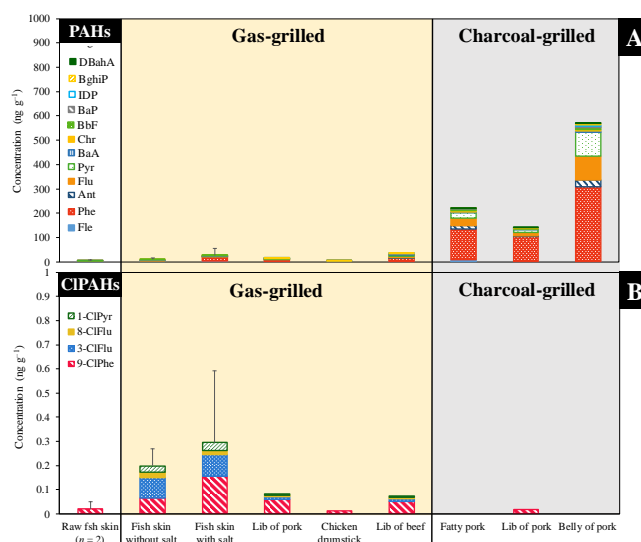


図 1. 食品中 PAHs(A)、CIPAHs(B)濃度

## 参考文献

- Masuda et al., (2019), Ecotoxicol. Environ. Saf., 178, 188-194
- Obata et al., (1984), Food Hyg. Saf. Sci., 25, 1, 35-40
- Masuda et al., (2019), submitted.

キーワード 多環芳香族炭化水素, 調理, 曝露



# カンピロバクターを対象とした食品媒介性感染症の定量的評価

## Quantitative risk assessment of food-borne infection targeted to *Campylobacter*

大阪大学大学院工学研究科 ○平井宏明, 小島直也, 伊藤理彩, 東海明宏

### 1. 背景と目的

衛生状態が良いとされる日本でも, 日々飛沫や食品などを介して感染症に感染するリスクがある. 近年では気候変動で熱帯感染症の流行地域の拡大、水・食品媒介性感染症のリスク増加が懸念され, 知見の集積が必要である<sup>1)2)</sup>. そこで本研究では, 現在の日本の日常生活に密着した食品媒介性感染症, 細菌の中で近年患者数が最も多いカンピロバクターによる疾病を分析対象とし, 食品媒介性感染症のリスクの大きさを評価し, カンピロバクターに対する対策手法を提案することを目的とした<sup>3)</sup>.

### 2. カンピロバクターのリスクの評価手法

曝露評価, ハザードによる健康被害解析, リスク特性解析という流れで評価を行った. 食品安全委員会の報告書<sup>4)</sup>に基づき, 鶏肉流通の実際の経路に即してモデルを設定し, 食品とともにカンピロバクターを取り込む確率と曝露量を求めた. この算出からカンピロバクターを摂取する確率分布を求め, 感染症の発症確率, 推定患者数を算出した. 加えて, 三段階の重篤度別に分けた胃腸炎, ギランバレー症候群をエンドポイントとして障害調整生存年数 (DALY) を算出した.

### 3. 結果と考察

リスク評価の結果, 日本全国で年間平均 8644 万人の患者が存在すると推算できた. 食品安全委員会の報告書<sup>4)</sup>の推定結果では実患者数は約 1.5 億人と推定されていたが, 本研究の結果はこれより小さな値になった. 一方で, 宮城県での電話調査に基づく実患者数推定では, 2016 年には宮城県で 18,548 人, 全国で 803,240 人の患者が存在したとされていたが<sup>5)</sup>, 本研究はこの結果より大きな値になった.

また利用したデータの不確実性が結果にもたらす影響を確認するため, 感度分析を行った. その結果, 生食を通じた喫食曝露による不確実性が最も寄与することが分かった.

最後に, 対策を導入した際の効果を推定し, 最適な対策を選定するためにシナリオ分析を行った. 生食頻度が 1/2 に減少したシナリオ, 農場にて感染した鶏が現状より 15%低減したシナリオの 2 つを検討した. 結

果, 生食頻度を減少させる対策を行った場合に DALY が 47.2%削減され, 汚染鶏が 15%まで削減された場合は DALY が 4.4%削減されると推算された.

さらに, カンピロバクターによるリスクの相対的な大きさを確認するため, 同じく食品に由来するリスクとして, 食品中カドミウムとの比較を行った. その結果, カンピロバクターのリスク (=409 [DALY/100 万人]) はカドミウム(=52.7 [DALY/100 万人]) より約 8 倍高いことが分かった.

### 4. 結論

カンピロバクターによるリスクを評価した結果, 不確実性はあるながらも日本では患者数にして年間平均 8644 万人, DALY に換算して 409 [DALY/100 万人]の健康被害が見込まれることを算出した. 感染の原因として生食の寄与が大きいことが判明したため, 生食に関わる対策を実施することで健康被害を軽減できると考えられる. 今後は, 食品媒介性感染症を引き起こす他の微生物と比較し, カンピロバクターの感染症としてのリスクの大きさを検証する必要がある.

### 参考文献

- 1) IPCC (2014) Climate Change 2014: Impact, Adaptation, and Vulnerability, Part A, pp.722-730.
- 2) 環境省 (2018) 気候変動適応計画, 66-67 頁
- 3) 厚生労働省 食品 食中毒 4.食中毒統計調査 [www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryou/shokuhin/syokuchu/04.html#j4-2](http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryou/shokuhin/syokuchu/04.html#j4-2) (2019.7.6 閲覧)
- 4) 食品安全委員会 (2009) 微生物・ウイルス評価書 鶏肉中のカンピロバクター・ジェジュニ/コリ
- 5) 朝倉宏ら (2017) 宮城県および全国における積極的食品由来感染症病原体サーベランスならびに下痢症疾患の実態把握 (カンピロバクター症をはじめとする食品媒介性感染症被害実態の推定), 平成 29 年度厚生労働科学研究費補助金 (食品の安全確保推進研究事業) 平成 29 年度分担研究報告書, 51-74 頁.

キーワード リスク評価, 食品安全, 食品媒介性感染症, リスク比較, カンピロバクター

# バングラデシュにおけるコメ消費に伴う確率論的リスク評価と低減対策の検討

## Development of Countermeasure on Rice Contamination by Arsenic and Heavy Metals in Bangladesh

○宮崎 淳平<sup>1</sup>, 徳村 雅弘<sup>1</sup>, イスラム ムハンマド<sup>2</sup>, 王 齊<sup>1</sup>, 三宅 祐一<sup>1</sup>,  
坂田 昌弘<sup>1</sup>, 益永 茂樹<sup>1,3</sup>, 雨谷 敬史<sup>1</sup>, 牧野 正和<sup>1</sup>

<sup>1</sup>静岡県立大学, <sup>2</sup>バングラデシュ農業大学, <sup>3</sup>横浜国立大学

### 1. はじめに

自然由来や産業排水に起因する圃場の土壌汚染に伴う、コメのヒ素および重金属汚染が、バングラデシュでは大きな問題となっている。ヒ素および重金属で汚染されたコメを消費することで国民に重大な健康リスクをもたらしている。これに対し、従来では工場への排水処理設備の設置や、汚染農地への客土が対策として考えられてきた。根本的解決という面においては有用だが、多大なコストや時間を要するという欠点がある。一方、最適な稲品種と水管理方法の選択によるコメ中金属の低減対策は、従来の対策と比べて適用が容易で、迅速なリスク低減効果が期待できる。本研究では、バングラデシュにおけるコメ消費に起因する健康リスクの低減を目指し、最適な稲品種と水管理方法の組み合わせを選定し、また、最適な組み合わせによるリスク低減策効果の検討を行った。

### 2. 実験方法

バングラデシュの一般的な市場で流通している稲品種 10 種 (Black gora, DJ 123, Jamir, Tupa, Chaili boro, Tulshi boro, BR 16, BRR1 dhan45, BRR1 dhan47, Dular) を検討対象とした。同じ灌漑用水と土壌で、2 種類の水管理方法 (連続湛水条件: CF, 間断湛水条件: AWD) を用いて栽培を行った。コメ中のヒ素 (As) および重金属 (Cr, Ni, Cu, Se, Cd, Pb) の測定には、誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS) を用いた。本研究では、バングラデシュにおけるコメ消費に伴う非発がんリスクをハザード比 (HQ) で、発がんリスクを生体発がんリスク (TR) で評価した。

### 3. 結果と考察

稲品種 10 種と水管理法 2 種を組み合わせた計 20 種類のコメ栽培方法を用いて栽培されたコメ中のヒ素および重金属濃度を測定し、非発がんリスク・発癌リスクを評価した結果、Dular (AWD, CF) が最もリスクを低減できる可能性が示唆された。そこで、稲品種・水管理方法の組み合わせとして、Dular (AWD, CF) のみを用い

て栽培した場合と、組み合わせを特定せずに栽培した場合のコメ消費に伴う非発がん・発がんリスクのバングラデシュ国民 1 万人の分布を確率論的リスク評価によって求めた。非発がん・発がんリスク分布の数値を表 1 に示す。稲品種として Dular を選択的に栽培した場合のコメ消費に伴う Cu, Cd, As の HQ は、それぞれ 0.4 (5%ile) -0.7 (50%ile) -1.1 (95%ile) および 0.2-0.5-1.1, 1.1-2.0-3.6 であった。栽培方法を特定しなかった場合はそれぞれ 0.3 (5%ile) -1.2 (50%ile) -2.6 (95%ile) および 0.2-1.4-3.5, 0.7-3.0-6.7 であった。稲品種を Dular に特定した場合、HQ が 1 (リスクが懸念されるレベルを表す基準値) を上回る人口の割合は、Cu, Cd, As でそれぞれ 7%, 7%, 95%であり、栽培方法を特定しなかった場合は、それぞれ 60%, 66%, 90%であり、As を除いて HQ が 1 を下回る確率が上昇した。Dular に特定した場合の As の TR は  $4.7 \times 10^{-4}$  (5%ile) -  $9.0 \times 10^{-4}$  (50%ile) -  $1.6 \times 10^{-3}$  (95%ile), 特定しなかった場合は  $3.2 \times 10^{-4}$  -  $1.4 \times 10^{-3}$  -  $3.0 \times 10^{-3}$  であった。稲品種を Dular に特定した場合の方が、TR は減少したものの、5%ile 値でもリスク許容範囲 ( $10^{-6}$  -  $10^{-4}$ ) を上回り、コメ消費によるヒ素のリスクが懸念されることが示唆された。

### 4. 結論

コメ栽培法として Dular (AWD, CF) をバングラデシュ全土に広げることで、コメ消費に伴う発がんおよび非発がんリスクを低減できる可能性が示唆されたが、コメ中 As 濃度の低減策が必要であることが明らかになった。

表 1 Cu, Cd, As の非発がん・発がんリスク分布

		HQ			TR
		Cu	Cd	As	As
Dular (AWD, CF)	5%ile	0.4	0.2	1.1	0.0005
	50%ile	0.7	0.5	2.0	0.0009
	95%ile	1.1	1.1	3.6	0.0016
Not Specified	5%ile	0.3	0.2	0.7	0.0003
	50%ile	1.2	1.4	3.0	0.0014
	95%ile	2.6	3.5	6.7	0.0030
Reference value		1	1	1	0.0001

キーワード バングラデシュ, コメ, リスク低減対策



# バイオガス発電施設からの着色排水の効率的な排水処理技術の開発 Development of Wastewater Treatment Technology for Colored Effluents from Biogas Power Plants

○村松 孝亮<sup>1</sup>, 徳村 雅弘<sup>1</sup>, 王 齊<sup>1</sup>, 三宅 祐一<sup>1</sup>, 雨谷 敬史<sup>1</sup>, 水田 一枝<sup>2</sup>, 矢部 光保<sup>3</sup>, 牧野 正和<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>静岡県立大学, <sup>2</sup>福岡県農業総合試験場, <sup>3</sup>九州大学大学院農学研究院

## 1. はじめに

バイオガス発電は、食品廃棄物などをメタン発酵することで、バイオガスなどの燃料や液体肥料といった有価物を回収することができるプロセスである。しかし、本プロセスから排出される着色排水の処理コストが問題となっており、バイオガス発電の普及を妨げている。現在、この着色廃水は生物学的処理法により処理されているが、主要な着色成分の一つであるポリフェノール類は難生分解性であるため、処理が困難である。そのため、より効率的に処理することが可能な新しい排水処理法の開発が望まれている。

フォトフェントン反応は、鉄イオンと過酸化水素、光エネルギーを組み合わせることにより、OH ラジカルを連続的に生成し、それにより様々な難生分解性有機汚染物質を分解除去することが可能な排水処理法である。

本研究では、フォトフェントン反応を用いて、バイオガス発電施設からの着色排水を効率的に処理するプロセスの開発を試みた。また、処理コストを低減させるために、フォトフェントン反応の光源として太陽光を用いた場合との比較も行った。着色排水は、大分県日田市と福岡県みやま市のバイオガス発電施設から採取した。

## 2. 実験方法

フォトフェントン反応を用いた着色排水の処理は下記のとおり行った。実験装置として 500 mL ビーカーを用い、マグネチックスターラーにより溶液を混合した。フォトフェントン反応の光源としてブラックライトブルーランプを用い、ビーカーの周囲に 3 本設置した。着色排水をビーカー内に入れた後、pH = 3 となるように濃硫酸で調整した。鉄イオン源として硫酸鉄(II)七水和物を加え、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させることで実験を開始した。

代表的な従来の酸化処理法として、オゾン酸化処理を行った場合との比較も行った。オゾン酸化処理の方法は下記のとおり行った。実験装置として 200 mL ガス洗浄ビンを用いた。ガス洗浄ビン内に着色排水を入れ、オゾン発生装置により発生させたオゾンを吹き込み、実験を開始した。

## 3. 結果・考察

フォトフェントン反応による着色排水の脱色実験の結果を Fig. 1 に示す。初期鉄イオン濃度の影響を調べるため、鉄イオン濃度を変化させて実験を行った。日田市の着色排水の場合、初期鉄イオン濃度の上昇に伴い、8 時間後の吸光度は徐々に減少し、初期鉄イオン濃度が 250 mg L<sup>-1</sup> の場合、95% 脱色することができた。これは、初期鉄イオン濃度の上昇に伴い、フォトフェントン反応が促進され、OH ラジカル生成量が増えたためだと考えられる。一方、みやま市の着色排水の場合、初期鉄イオン濃度が 10 mg L<sup>-1</sup> でも、88% 脱色することができた。オゾン酸化処理の場合、日田市とみやま市の着色排水を 8 時間処理することで、それぞれ 49%、80% 脱色された。

COD (化学的酸素要求量) に関しては、フォトフェントン反応を用いて日田市とみやま市の着色排水を処理した結果、それぞれ 99% および 62% 除去された。一方、オゾン酸化処理の場合、それぞれ 94% および 45% 除去された。これは、フォトフェントン反応により生成した OH ラジカルがオゾンと比較して高い酸化力を持つことによるものだと考えられる。

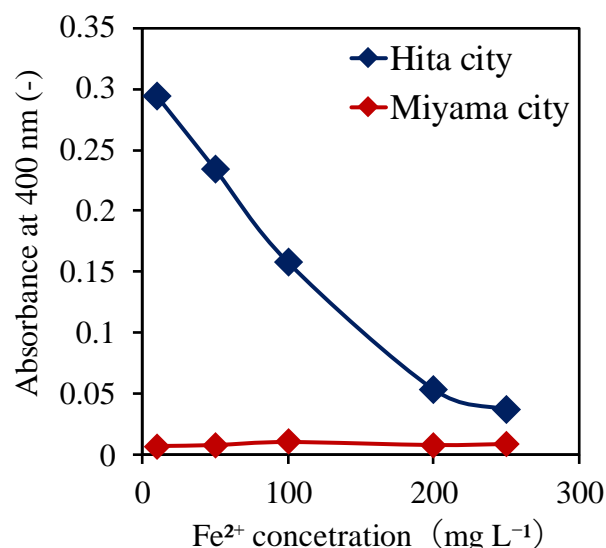


Fig. 1 フォトフェントン反応による着色排水の脱色実験結果

キーワード フォトフェントン反応, 着色排水, オゾン酸化処理

# カーシート中主要難燃剤の網羅的調査および直接接触による経皮曝露評価 Comprehensive research of flame retardants main used in car seats for dermal exposure assessment via direct contact with car seats

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製品に高濃度で使用されているため、室内環境中に普遍的に存在しており、ヒトへの曝露・リスクが懸念されている。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、近年では製品からの直接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く、国産車のカーシート中に含まれる難燃剤の実態はほとんど分かっていない。そこで本研究では国産車を中心とした乗用車 40 台からカーシートを採取し、25 種類の臭素系化合物と 20 種類の有機リン系化合物を測定対象物質として、カーシート中の主要難燃剤の網羅的調査を行い、直接接触による経皮曝露評価を行った。

## 2. 実験方法

本研究では 40 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  $\mu$ L を分取し、内標準溶液としてリン酸トリブチル (TBP) - $d_{27}$  (1  $\mu$ g mL<sup>-1</sup>) を 20  $\mu$ L 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ータンデム型質量分析計 (LC-MS/MS) を用いた。

## 3. 結果と考察

本研究では 40 台中 34 台のカーシート (Fabric) から難燃剤が検出された (検出率: 85%)。含塩素リン系難燃剤であるリン酸トリス (1-クロロ-2-プロピル) (TCPP) は本研究において最も高頻度に検出された物質であった (中央値: 0.017 wt%, 検出率: 70%)。有機リン系難燃剤が十分な難燃効果を示すには製品中に%オーダーで含有されている必要があるが、TCPP は大半のカーシートにおいて低濃度で含有されていたため、不純物として含有していると考

えられた。また有機リン系難燃剤であるリン酸トリス (1,3-ジクロロ-2-プロピル) (TDCPP) とリン酸クレジルジフェニル (CsDPhP) がそれぞれ 2、3 サンプル中から、臭素系難燃剤であるデカブロモジフェニルエーテル (DecaBDE) が 3 サンプル中から高濃度で検出された (0.30 - 1.0 wt%)。よってこれら 3 物質はカーシート中において主要難燃剤として使用されていると考えられる。また本研究では、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 (TCPP: 0.037%) を基に、カーシートからの難燃剤直接経皮曝露量を算出した。加えて日本の一般住宅 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、ダストを介した難燃剤の経口曝露量を算出した。TCPP の経路別曝露量を示した結果を図 1 に示す。経路別 TCPP 曝露量の中央値を比較した結果、直接経皮曝露量はダストを介した経口曝露量に比べ、約 40 倍高い値を示し、有意差が認められた (Welch t-test, 対数正規分布に従うと仮定,  $p < 0.01$ )。TCPP は本研究で最も検出された物質であるため、大半のカーシートにおいて、ダストを介した曝露量を上回る、難燃剤の直接経皮曝露があることが本研究より分かった。

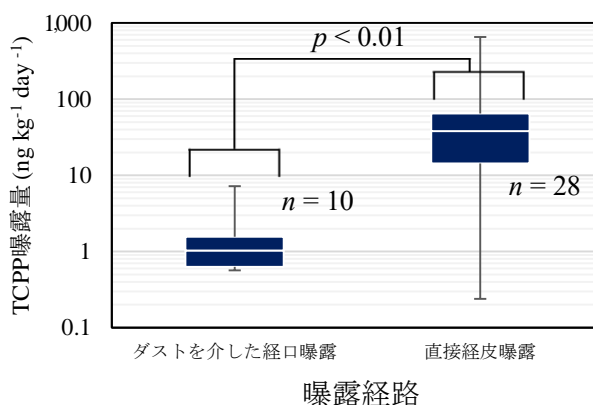


図 1. TCPP の経路別曝露量

キーワード 難燃剤, カーシート, 経皮曝露

# 名古屋市における道路更新に伴う物質ストック・フローの定量化

## Estimation of Material Stock and Flow Associated with Restoration of Roads in Nagoya City

名古屋大学大学院環境学研究科 ○松尾佑磨 奥岡桂次郎 谷川寛樹

### 1. はじめに

持続可能な社会実現に向けての環境負荷の低減を可能にするためには資源の投入や蓄積及び廃棄に伴う流れ（物質フロー）を把握する必要がある。また、2010年の国内の資源投入量の5.82億トンのうちの85%が建設資材である土石系資源が占めており、土石系資源の物質フローを把握することは重要である。建設資材はストックとして社会に留まった後に排出されるため、ストックに対応した物質フローの把握が必要となる。また、道路などの定期的に更新が行われる物質ストック・フローを考える場合は更新に伴う物質ストック・フローを考え、更新の時期毎に累積的に加えていく必要がある。本研究では名古屋市の平成27年度道路交通センサス等を用い、名古屋市の道路毎の更新頻度と更新に伴う物質ストック・フローの定量化を行った。

### 2. 推計方法

本研究では道路毎の点検頻度と損傷の割合の決定、損傷毎と構造毎の物質投入量の決定の順に研究を進めた。道路毎の点検頻度は道路毎の大型交通の日・方向交通量を用い、点検頻度を割り当てた。また、本研究では点検時期に道路は更新されると考え、更新すべき損傷の割合は国土交通省が公表している点検の結果による健全性判定区分を用いた。損傷毎の物質投入量は損傷の区分毎に代表的な更新工法を当てはめ、推計を行った。構造毎の物質投入量は各道路の大型交通の日・方向交通量を用いて道路の構造の決定を行い、推計を行った。損傷の区分とその区分に対する損傷状態と代表的な工法は以下の表1に示した。

表1 損傷の区分に対する損傷状態と代表的な工法

損傷区分	損傷状態	代表的な工法
区分Ⅰ	健全	-
区分Ⅱ	表層機能保持段階	表層再生
区分Ⅲ-1	表層等修繕	切削オーバーレイ
区分Ⅲ-2	路盤打換え等	路盤打換え

出典：国土交通省道路点検要領(2016)を参考に作成

### 3. 結果

結果の一例として、表2に大型交通量が1日かつ1方向当たり3000台以上の道路について代表的な工法毎かつ道路の幅員毎の100m<sup>2</sup>当たりのインフローを示す。表層再生と切削オーバーレイはアスファルトのみ投入され、路盤打換えはアスファルトと砂利・碎石が投入される。図1に大型交通量が1日かつ1方向当たり3000台以上かつ幅員19.5m以上の道路100m<sup>2</sup>における健全性判定区分より推測される更新時期毎

のインフローと経年のインフロー変化モデルを示した。このモデルより道路建設45年後の路盤打換えが道路の累積資源投入量に与える影響が大きい事が分かる。

表2 代表的工法毎かつ幅員毎の100m<sup>2</sup>当たりのインフロー

工法	材	幅員(H)区分			
		H≥19.5	H≥13	H≥5.5	その他
表層再生	As	5.2	2.8	2.8	1.1
切削 OL	As	13.5	7.3	7.3	2.9
打換え	As	4.9	2.6	2.6	1.1
	砂利 碎石	33.9	25.6	20.7	7.4

(ton/100m<sup>2</sup>)

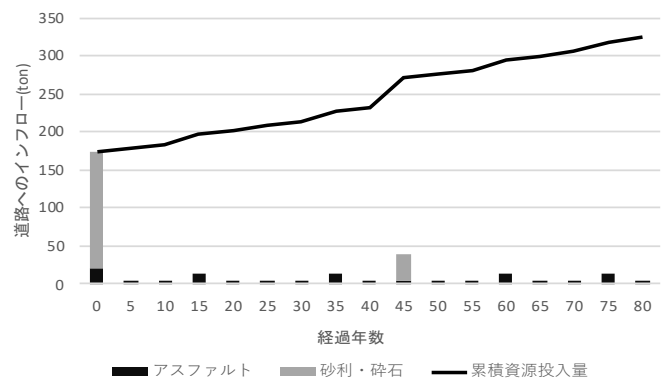


図1 大型交通量3000台/日・1方向以上かつ幅員19.5m以上の道路100m<sup>2</sup>における更新時期毎のインフローと経年のインフロー変化モデル

### 4. おわりに

本研究では、名古屋市における道路更新頻度の推計と道路更新に伴う物質ストック・フローの推計を行った。現在、名古屋市全ての道路について推計は行えていないので、今後は推計対象範囲を広げていく必要がある。

謝辞：本研究は、環境省環境研究総合推進費(3-1902, 2-1711)、環境省第IV期環境経済の政策研究「我が国に蓄積されている資源ストックに関する調査・検討」(代表、谷川寛樹)の支援により実施された。ここに記して謝意を表する。

### 参考文献

- 1) 天野耕二・牧田和也 (2000) 舗装道路の建設と維持修繕に伴う環境負荷とコストのライフサイクル評価, 土木学会論文集, No.657/VII-16, 57-64,
- 2) 田中健介 (2015) ストック型社会へ向けたマテリアルストックの基盤データ拡充および指標体系に関する研究, pp10

キーワード：道路更新, マテリアルストック・フロー分析

# 観光客数と自然資本の関係について —離島を対象としたパネル・データ分析— The Relationship between Tourists and Natural Resources: Panel data analysis for remote islands of Japan

早稲田大学 ○横濱柊介, 有村俊秀, 松山大学 功刀祐之

## 1. はじめに

近年、環境問題への取り組みは経済問題・社会問題との同時解決を図ったものとなりつつある。日本においても、第五次環境基本計画において流れを汲むものとなり、例えば地域資源の有効活用が謳われ、地域の自然を利用した観光産業の促進がその具体策として考えられる<sup>1)</sup>。そこで、本研究では特に持続可能な発展が重要と考えられる離島を対象に、自然資本の存在と観光客数の関係性を定量的に分析し、そのあり方について考察した。

## 2. 分析方法

本研究では、2003年から2014年までの日本国内における面積1km<sup>2</sup>以上の有人離島を対象とした定量的な分析を行った。分析に必要なデータは公益財団法人日本離島センター<sup>2)</sup>により毎年公刊されている『離島統計年報』より入手した。年毎、項目ごとに分かれたデータをパネル・データ分析に用いることが出来るようデータセットを構築し、回帰分析を行った。回帰式として、次式を基本式として用いた。

$$\ln \text{観光客数}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{自然公園}_{it} + \beta_2 \ln \text{規格改良済道路延長}_{it} + \beta_3 \text{空港ダミー}_{it} + \beta_4 \ln \text{人口}_{it} + \beta_5 \text{第三次産業人口指数}_{it} + \beta_6 \ln \text{宿泊能力}_{it} + \text{dyear}_{it} \gamma + a_i + u_{it}$$

この中で、 $i$ は観測した島を、 $t$ は観測した年を表す。また、 $a_i$ 、 $u_{it}$ は誤差項を表す。なお、自然公園では、島に都道県立公園、国定公園、国立公園が存在すればそれぞれ「1」、「2」、「3」とする変数とした。今回着目する変数は自然公園であるが、観光客数を決定する要因は他にもあるため、他の説明変数として上記の変数を用いた。

## 3. 分析結果

推定結果は表1の通りである。推定結果より、自然公園はI)~IV)の全てのモデルにおいて5%水準で有意に正の結果が得られた。これより、自然公園として離島の一部分を指定することで観光客数が約12%増加する可能性が示唆され、予測とも一致した。その他の変数に関して、規格改良済道路延長は、全てのモデルにおいて10%水準で有意に負の結果が得られた。これは社会資本の整

備のみで観光客数を集められるわけではないためであると考えられる。空港ダミーや離島の規模を表す人口・人口密度については、有意な結果を得られなかった。宿泊能力に関しては、全てのモデルで有意に正の結果が得られた。

## 4. 結論

本研究では、観光客数と自然資本の関係を検証すべく、観光客数と自然資本などのデータを集め、回帰分析を行った。分析の結果、日本国内の有人離島において、自然資本と観光客数には正の関係があることが示された。これより、自然資本を整備することは自然保護の観点からも観光の観点からも望ましいことが示唆された。

表1 推定結果

	I)	II)	III)	IV)
自然公園	0.1192** (0.0526)	0.1194** (0.0525)	0.1197** (0.0526)	0.1195** (0.0525)
ln 規格改良済道路延長	-0.1201* (0.0685)	-0.1201* (0.0686)	-0.1200* (0.0685)	
ln 規格改良済道路延長 km <sup>2</sup>				-0.1208* (0.0686)
空港ダミー	-0.01326 (0.17242)	-0.01317 (0.17238)	-0.01270 (0.17236)	-0.01293 (0.17236)
ln 人口	-0.02196 (0.22593)			
ln 人口密度		-0.02714 (0.22672)	-0.02925 (0.22705)	-0.02791 (0.22685)
第三次産業人口指数	0.003663 (0.003887)	0.003653 (0.003887)	0.003660 (0.003882)	0.003661 (0.003884)
ln 宿泊能力	0.2123*** (0.0757)	0.2124*** (0.0757)		
ln 宿泊能力 km <sup>2</sup>			0.2118*** (0.0756)	0.2119*** (0.0756)
観測数	1,981	1,980	1,980	1,980
決定係数	0.2251	0.2713	0.0015	0.0736

括弧内は離島でクラスター化した頑健標準誤差  
\*、\*\*、\*\*\*はそれぞれ10%、5%、1%水準で有意

## 参考文献

- 1) 環境省 (2018) 第五次環境基本計画,  
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/108982.pdf> (最終閲覧日 2019/07/09)
- 2) 公益財団法人日本離島センター(2005~2018)『離島統計年報各年(2003~2016年)版』

キーワード 観光、自然資本、パネル・データ

# 都市・森林間の最適な輸送経路による木質資源循環圏の時空間分析 —木曽川流域における搬出優先度を加味したケーススタディ— Spatio-temporal Analysis of Wooden Resources in Kiso Basin Area - Optimization of Transportation System form Forest to City with Logging Priority -

所属 ○山下奈穂<sup>1</sup>、奥岡桂次郎<sup>1</sup>、谷川寛樹<sup>1</sup> (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

## 1. はじめに

最適な木質資源循環圏の形成には、木材の需要及び供給の空間的・時間的な分布を把握することが重要である。需給バランスの空間分析として、奥岡ら（2012）は建設系廃棄物の地域循環圏の評価をしているが、輸送距離を一括で直線距離と仮定しており、一部現実にはそぐわない。本研究では斜度、標高、齢級などの複数の地理条件を指標化した搬出優先度(Logging Priority: LP)を加味し、市町村間の木材取引量の推計を含めた効率的な輸送経路による集積・分配システムの分析を行う。対象地域は、長野県・岐阜県・愛知県・三重県の4県のうち木曽川水系である木曽川、長良川、揖斐川の流域に位置する市町村を選定する(図-1)。



図-1 対象地域の選定

## 2. 森林・都市動態モデルによる木質資源取引量の推計

市町村ごとに 2000 年の民有林における樹種別樹林地面積を示す。住宅用木材需要量の推計について、コーホート要因法によって得られる人口密度、世帯構成員の推計をもとに一人当たり延床面積、建築物の需要量を予測する。耐用年数から 5 年ごと建築物解体量を推計し、建築物延床面積の残存量から需要量を満たすよう算出した新規着工量に、構造ごと資源投入原単位、丸太換算率 1.57 を掛け合わせ資源需要量とする。材積量は以下のように計算する。

$$V = \sum_{m,j} (A_{m,j} * v_{m,j}) \quad (1)$$

$V$ :材積( $m^3$ )、 $A$ :面積(ha)、 $v$ :単位面積当たり材積( $m^3/ha$ )、 $m$ :齢級、 $j$ :樹種)である。木材切り出しの際には、域内から優先的に回収、不足分は最近隣他市町村から補うと仮定する。9 齢級以上の森林のみ取引可能とし、3 齢級以下の森林の切り出しは不可とする。

## 3. 結果

木曽川流域のうち、2000 年から 2100 年にかけて需要量が域内の供給量を超えるために他地域から材木を移入しているのは 60 のうち 51 の市町村であり、名古屋市( $9.0$  百万  $m^3$ )や豊田市( $4.7$  百万  $m^3$ )で多く移入する傾向が示された。自地域内の供給に加え他県に材木移出をする市町村は 30 市町村であり、いなべ市( $2.4$  百万  $m^3$ )、木曽町( $2.4$  百万  $m^3$ )において顕著であった。

## 4. おわりに

本研究では地理空間情報を用いた市町村間の木材取引量を推計した。木材資源について齢級の違いを加味することで、対象域内における需給バランスを考慮した木質資源量の分布が明らかになった。しかしながら、製材所が密集して存在している地点において、一つの製材所がカバーするエリアが小さくなることで現実との乖離が見られ、製材所が扱うことのできる資源の規模や需給の相互作用を組み込んだ重力モデルの導入等が必要であることが示唆された。

謝辞：本研究は環境省環境研究総合推進費(3-1902,2-1711)、環境省第 IV 期環境経済の政策研究、日本学術振興会科学研究費補助金(基盤(B) 19H04329)の支援により実施された。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 奥岡桂次郎、大西暁生、韓驥、白川博章、谷川寛樹、三宅悠介(2012)、東海三県における建設系廃棄物の地域循環圏に関する基礎的研究、環境システム論文集、vol.68, pp.147-154

キーワード 木質資源、空間最適化、ネットワーク分析

# 区間残存率法を用いた将来の建築副産物発生量の推計 -4d-GIS による北九州市のケーススタディー- Future Estimation of Construction By-product Using Sectional Survival Rate Method - the Case of Kitakyushu City with 4d-GIS -

名古屋大学環境学研究科 ○正木晃平, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹, 北九州市立大学 深堀秀敏

## 1. はじめに

我が国では、大量の資源を投入・消費・蓄積することで発展を遂げてきた。環境省（2019）の物質フロー図によると、約 5.5 億トンの廃棄物が排出され、約 3.9 億トンの産業廃棄物の約 2 割を建設業が占める。建設系副産物は膨大であり、適切な処理を行うためには、将来における建設廃棄物発生量を予測することが必要となる。本研究では、小松ら（1992）による区間残存率推計法より、構造 3 種（木造、鉄骨造、RC 造）・用途 3 種（戸建住宅、集合住宅、業務施設）の計 9 種別に将来における建設副産物発生量を推計した。対象地域を福岡県北九州市とし、3 次元の GIS（地理情報システム）データに時系列を加えた 4d-GIS を用いた。

## 2. 推計方法

将来の建設副産物発生量について、構造 3 種・用途 3 種の計 9 種別に推計を行う。2000-2005 年の GIS データについて、式 (1) に示す区間残存率推計法より残存率を推計した。y: 残存率, t: 経過年数(年), N: 現存棟数, d: 解体棟数である。さらに、

$$y(t) = \prod_{x=1}^t \frac{N_x - d_x}{N_x} \quad \text{式(1)}$$

残存率の推移を式(2)に示す成長率曲線（ロジスティック曲線）に当てはめた。K: 飽和定数 (=1), a, b: パラメータであ

$$y(t) = \frac{K}{1 + \exp(ax + b)} \quad \text{式(2)}$$

る。2005 年の建築物ストックを基準年とし、推計した残存率を用いることで、9 種別に 5 年毎（2006-2010 年, 2011-2015 年, 2016-2020 年, 2021-2025 年, 2026-2030 年）の建設副産物発生量を推計した。建築物ストックについて、Tanikawa and Hashimoto（2009）による時系列の建築物資材投入原単位を用いて推計した。

## 3. 結果

区間残存率推計法を用いることで、5 期間において構造 3 種・用途 3 種の計 9 種別に建設副産物発生量の推計を行なった。推計結果を表 1 に示す。5 期間の建設副産物発生量について、それぞれ 921 万トン, 993 万トン, 1056 万トン, 1107 万トン, 1147 万トンと推計され、増加傾向にあった。2005 年における

建築物ストック量は約 11,300 万トンであり、約 8-10%の建築物が毎期間解体される結果となった。用いた原単位によると、RC 造ストックの約 85%がコンクリートであり、木造、鉄骨造はそれぞれ約 40%, 約 50%がコンクリートである。建設副産物発生量の増加に伴い、コンクリート発生量も増加するため、将来、大量且つ適切なコンクリートの処理方法の確立が必要であることが示唆された。また、全期間において、鉄骨造業務施設の解体による建設副産物発生量が最も大きい。要因として、北九州市は八幡製鉄所の創業とともに発展した工業地域であるが、近年、工業は衰退し多くの鉄骨造の工場が解体されていることが挙げられる。

表 1 建設副産物発生量の推計結果（千トン）

		2006-2010	2011-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030
木造	戸建住宅	415.9	473.1	532.4	592.1	650.1
	集合住宅	44.3	47.2	49.7	51.7	53.3
	業務施設	131.0	120.6	111.4	104.1	99.0
鉄骨造	戸建住宅	88.3	113.3	142.2	174.0	207.0
	集合住宅	233.0	260.8	287.2	309.6	326.2
	業務施設	4036.8	4001.5	3903.3	3781.4	3669.5
RC造	戸建住宅	137.9	158.0	177.2	194.4	208.7
	集合住宅	1676.7	2082.3	2506.6	2914.7	3266.1
	業務施設	2447.9	2675.2	2845.7	2950.0	2989.7
合計		9211.8	9932.0	10555.6	11072.1	11469.5

## 4. おわりに

福岡県北九州市において、将来における建設副産物発生量の推計を行なった。建設副産物発生量について、2006-2010 年は 921 万トン、2026-2030 年は 1147 万トンと推計され、増加傾向にあった。今後は他の方法を用いた建設副産物発生量の推計も行い、本研究との比較・検討が必要である。

謝辞：本研究は、環境省環境研究総合推進費(3-1902、2-1711)、環境省第IV期環境経済の政策研究「我が国に蓄積されている資源ストックに関する調査・検討」(代表、谷川寛樹)の支援により実施された。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 環境省：環境・循環型社会・生物多様性白書、pp.173-192、2019
- 2) 小松幸夫、加藤裕久、吉田倬郎、野城智也：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、第 439 号、pp. 101-110、1992
- 3) H.Tanikawa, S.Hashimoto : Urban stock over time: spatial material stock analysis using 4d-GIS、Building Research & In-formation、Vol.37、No.5、483-502、2009

キーワード 建設副産物発生量、区間残存率法、4d-GIS、北九州市



# かつお節中の多環芳香族炭化水素 (PAH) 濃度低減に向けた製造法の提案 Proposal of a Production Method for Reducing Concentration of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in Dried Bonito

静岡県立大学 ○清 健人, 王 齊, 増田 美里, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史  
静岡県水産技術研究所 高木 毅, 鈴木 進二, 岡本 一利

## 1. 背景・目的

かつお節は日本の伝統食品であるが、有害化学物質である多環芳香族炭化水素 (PAH) 濃度が高く、EU への輸出が困難となっている。このうち、EU の規制対象物質である 4 種、特に *chrysene* は機器分析において他の物質との分離が不十分であることが指摘されており、現状の報告が過大評価となっていることが懸念される。そこで本研究では、まず正確な評価を可能にする分析条件の検討を行った。また、PAH は有機物の燃焼時に生成し、かつお節のくん製時に PAH 濃度が高くなると考えられているため、PAH 生成に対するくん製日数及び温度の影響を調査し、適切な製造法を検討した。

## 2. 材料・方法

対象物質は PAH を 29 種及びハロゲン誘導体であるハロゲン化 PAH (XPAH) を 53 種とした。

ピーク分離の状況確認及び改善を行うため、従来法のなかで最も分離が良い分析条件 A と新規分析条件 B を使用し、PAH 標準溶液を分析した。分析条件 A に用いた分析装置は GC-HRMS、分離カラムは 60 m BPX-DXN であり、分析条件 B では GC-MS/MS 及び 60 m Rxi-PAH を用いた。

かつお節のくん製日数は 8 日、12 日とし、発煙温度は低温 (350℃)、高温 (450℃ 以上) を比較検討した。くん煙は PTFE フィルター-PG-60 と PUF 及び XAD-2 により捕集し、ソックスレー抽出を行った。抽出液は精製・濃縮をした後分析した。かつお節は無水硫酸ナトリウムでホモジナイズした後、くん煙と同様の前処理を行った。

## 3. 結果・考察

### 3.1. 正確な評価を可能にする分析条件の検討

現状のピーク分離の状況を確認するために、分析条件 A により分析を行った (図 1-A)。この結果、*triphenylene* と *tetracene* が *chrysene* と重なっていることが確認され、改善の必要性が明らかとなった。一方、分析条件 B では、*chrysene* と他のピークは 正確な評価に影響が出ない程度 (分離度 1.3 以上) まで分離が良好となった (図 1-B)。

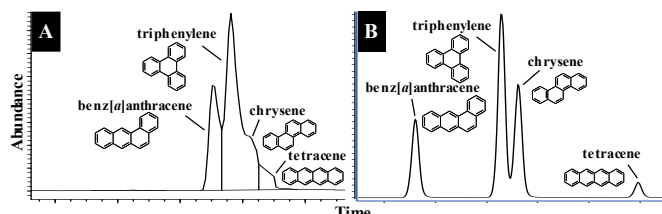


図 1 各分析条件における PAH のクロマトグラム

### 3.2. PAH 生成に対するくん製回数及び発煙温度の影響

各くん製条件における EU 規制対象 PAH4 種の総濃度を図 2 に示す。くん煙及びかつお節の両方で、高温条件において有意に高い濃度となった ( $p < 0.01$ )。市販のかつお節では EU 規制値を超過していたが、本研究で製造したかつお節では基準値を下回った。市販品とは製造環境が異なるため直接比較はできないが、PAH の生成は 500-900℃ で極大になるとの報告があり、市販のかつお節は木材の燃焼 (600-1000℃ 程度) によりくん製をしているため、発煙温度を調節することで、かつお節中の PAH 濃度を低減させることができることが示唆された。しかし、かつお節の香りはくん製により得られるため、極端にくん製日数や温度を減少させると、香りがつかない、または生臭さが残ってしまう。このため、風味と安全性の均衡がとれたかつお節を製造できるくん製条件の検討が今後の課題である。

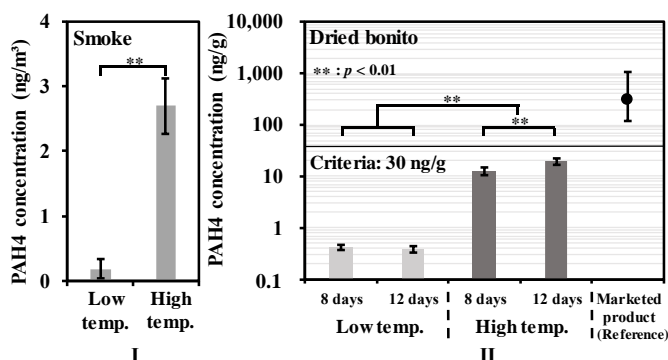


図 2 くん煙 (I) 及びかつお節 (II) における各くん製条件での EU 規制対象 PAH4 種の総濃度

## 参考文献

- 1) 農林水産省 (2018) 有害化学物質含有実態調査結果データ集 (平成 27-28 年度)

キーワード 多環芳香族炭化水素, かつお節, 規制



# メガ FTA の拡大による温室効果ガス排出量への影響分析

## The Impact of Mega-FTA Expansion on Greenhouse Gas Emissions

北海道大学 ○高野正光, 秋田県立大学 赤堀弘和, 北海道大学 日田アトム,

北海道大学 澤内大輔, 北海道大学 山本康貴

### 1. はじめに

わが国では、個別の国と自由貿易協定(FTA)を締結するだけでなく、環太平洋パートナーシップ(TPP)協定や東アジア地域包括的経済連携(RCEP)といった経済規模の大きな複数の国・地域を含むメガ FTA の締結・交渉を進めてきた。さらに、TPP と RCEP を拡大させるアジア太平洋自由貿易圏構想なども提唱されている(APEC, 2016)。

より大きな経済規模の FTA を締結することのメリットとして、市場拡大や競争促進による経済活動の活性化がより一層進展することが挙げられる。一方で、経済活動の活性化は、温室効果ガス(GHG)の排出量を増加させる環境面での影響をもたらす可能性がある。

メガ FTA が GHG 排出量に及ぼす影響を分析した研究として RCEP を対象にした Akahori et al. (2016)および TPP を対象にした Akahori et al. (2017)が挙げられるが、メガ FTA の拡大が GHG 排出量に及ぼす影響を分析した研究は著者の知る限り見つからない。

そこで本研究ではメガ FTA の拡大が経済および GHG 排出量に及ぼす影響を明らかにすることと定める。具体的には応用一般均衡モデルである GTAP (Global Trade Analysis Project) モデルを用いてメガ FTA 拡大による経済への影響及び GHG 排出量への影響を明らかにする。

### 2. 分析方法

分析には応用一般均衡モデルである GTAP モデルの標準静学モデルを用いる。本論文では、最新の GTAP データベース ver.9.0 の 2011 年データを用いて分析する。

FTA 締結として想定するシナリオは、①TPP 交渉国(アメリカを含めた 12 か国)における全産業の輸入関税を全てゼロとする TPP シナリオ、②RCEP 交渉国における全産業の輸入関税を全てゼロとする RCEP シナリオ、③TPP 交渉国および RCEP 交渉国における全産業の輸入関税を全てゼロとするシナリオ(以下、拡大シナリオ)の 3 つを設定した。

FTA 締結後の GHG は、GTAP の二酸化炭素排出量データベースおよび非二酸化炭素 GHG 排出量データベースを、GTAP モデルの計算結果と組み合わせて算出する。具体的には、まず GHG 排出量は化石燃料の使用量や生産要素の

投入量などの変数と同じ割合で変化すると仮定する。次に、この仮定に基づいて、各 GHG 排出量に GTAP モデルの計算結果から得られた化石燃料の使用量や生産要素の投入量などの変化率を乗じることで、FTA 締結後の排出量を算出する。

### 3. 分析結果

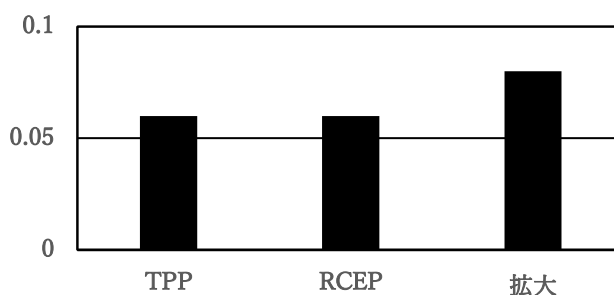


図 1 世界全体の GHG 排出量合計の変化率(%)

図 1 に各シナリオの下での世界全体での GHG 排出量合計の FTA 締結前後の変化率を示した。世界全体の GHG 排出量はメガ FTA 締結前と比較して全てのシナリオで増加となった。全てのシナリオの中で世界全体の GHG 排出量が最も大きく増加するのは、拡大シナリオの場合であった。このことから、メガ FTA の拡大は GHG 排出量を増加させることが示唆された。

### 引用文献

- 1) Akahori, H., D. Sawauchi, and Y. Yamamoto (2016) "The Regional Comprehensive Economic Partnership and Its Potential Impact on Greenhouse Gas Emissions," *Journal of Environmental Protection* 7 (9), 1183-1191.
- 2) Akahori, H., D. Sawauchi, and Y. Yamamoto (2017) "Measuring the Changes of Greenhouse Gas Emissions Caused by the Trans-Pacific Partnership," *Sustainability* 9 (5), 715.
- 3) APEC (2016) *Collective Strategic Study on Issues Related to the Realization of the FTAAP* (2019 年 5 月 30 日参照).

### キーワード

温室効果ガス, 自由貿易協定, GTAP モデル

# 年代間の同一性判定システムを用いた東京都市圏における物質代謝の推計

## Estimation of Material Metabolism Using Identification System in Time-series in the Greater Tokyo

名古屋大学大学院環境学研究科 ○朝隈友哉 奥岡桂次郎 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では、地域循環共生圏の形成に向けた、地域の資源生産性向上の必要性を述べている。GISを利用した推計では、物質ストックの空間分布や都市内の局地的な変化傾向を捉えると共に、人口、GDP、土地利用といった様々なデータと比較が可能になる。一方で、GISデータベースを時系列に構築するには多大な労力と時間が必要であるため、推計範囲が限定的な既往研究が多い。本研究では、プログラミング言語pythonによる建築物を対象とした同一性判定システムを用いることで、東京都市圏(茨城県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県)における物質代謝の推計を行う。

### 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。本研究では、株式会社ゼンリンが提供する「Zmap-TOWNII(2003, 2009, 2014)」を基盤データとして利用した。建設資材重量の推計に原単位法を用いるため、利用する建物ポリゴンについてデータ補正を行った。ポリゴンの形状、階数、建築物種、などの属性情報及び統計情報を利用することで不足する階数、延床面積、構造、用途のデータを補正した。さらに、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うことで、建設資材のフローを推計した。

川県が最大で17.6%程度であると推計された。東京都は建設資材蓄積量が多いが、他の県に比べ物質代謝は78.3%以下であった。また、市区町村単位では東京都のベッドタウンとして発展した埼玉県戸田市が蓄積量に対して投入量が26.0%であった。

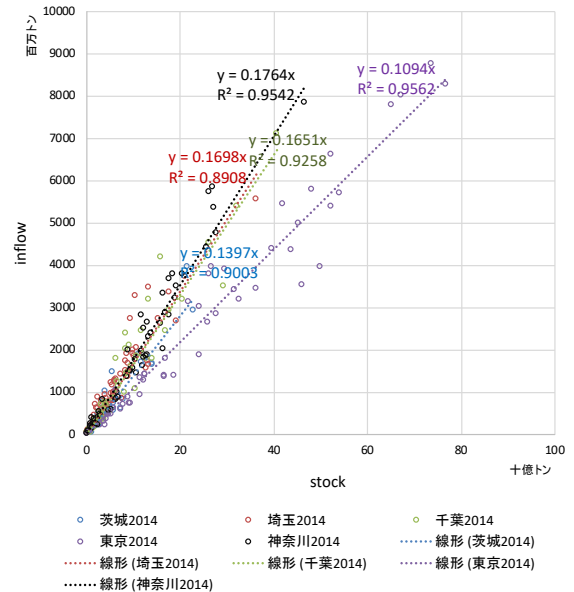


図2 ストック・フロー関係図(2009-2014)

### 4.おわりに

本研究では、建築物を対象とする年代間の同一性判定システムを用いて、東京都市圏における物質代謝の推計を行った。各都市で資材蓄積が行われている一方で、物質代謝の速度が減少していることが明らかとなった。今後は、インフラストラクチャーに関する資材なども考慮した動態分析を進める必要がある。

謝辞:本研究は、環境省環境研究総合推進費(3-1902, 2-1711), 環境省第IV期環境経済の政策研究「我が国に蓄積されている資源ストックに関する調査・検討」(代表, 谷川寛樹)の支援により実施された。ここに記して謝意を表する。

### 参考文献

- 1) 小泉裕靖・中谷隼・森口祐一(2016) 東京都における木造建築物のフロー・ストックの時系列的变化に関する研究, 土木学会論文集 G (環境), vol.72, No.6 (環境システム研究論文集第44巻), pp.467-474
- 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

キーワード: 建築物の年代間の同一性判定, マテリアルストック・フロー分析, 地理情報システム

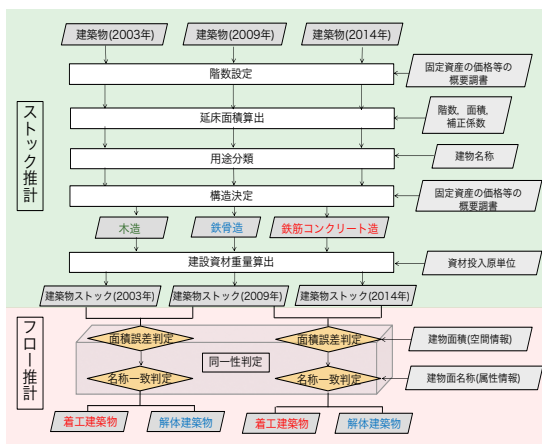


図1 研究フロー

### 3.結果

結果の一例として、図2に2009年から2014年における市区町村ごとの建設資材蓄積量と建設資材投入量の関係を示す。各県における近似曲線の重相関係数は0.89から0.96であり正の相関を示した。建設資材蓄積量に対する投入量は東京都が最小で10.9%, 神奈

# 利用区分に応じた物質ストックデータベースの構築 ～現役・退蔵を考慮した住宅のケーススタディ～ Establishment of Material Stock database according to usage classification ～Case study of houses according In-use and Obsolete Stock～

名古屋大学大学院環境学研究科 ○山本大陸，藤田恭介，奥岡桂次郎，谷川寛樹

## 1. はじめに

我が国では少子高齢化が進み、人口減少が生じているにも関わらず、住宅戸数は増加傾向にあり、空き家問題が指摘されている。社会に滞留する建築物や社会基盤施設が飽和を迎える中、物質ストックの定量化に加え、機能を果たしているストックや社会に退蔵するストックを把握することで物質投入をコントロールすることが求められている。谷川ら(2017)<sup>1)</sup>はストック型社会の形成に向け、日本全体の物質ストック・フローの定量化を行うとともに物質ストックが排出される過程について、現役量、退役量、退蔵量、排出量と区分した。物質ストックを定量化する既往研究は多くあるが、谷川ら(2017)による区分に従う研究はなされていない。本研究では物質ストックデータベースの構築を行うとともに住宅について利用区分を考慮した物質ストックを推計した。

## 2. 推計方法

本研究では、生産、排出に関する統計を用い、投入・蓄積・排出を一貫した物質フローの構築を行なった。また住宅について国勢調査より、建て方別の利用度を推計した。主要な建設資材としてセメント、砂利、砕石、アスファルト、鋼材、木材を対象とし、用いた統計についてそれぞれ表1にまとめた。蓄積量は、投入量と解体に伴う排出量の差から蓄積純増を算出し、山下ら(2015)<sup>2)</sup>における1990年の蓄積量に1991年から2015年までの蓄積純増を積算し、推計した。住宅の利用度は、国勢調査より建て方別で世帯あたり延床面積に世帯数を乗じ、算出した値は世帯が実際に利用している住宅の量であると仮定し、考察した。

表1 建設資材別各種統計

	統計名
セメント	需要部門販売高、建設副産物実態調査
砂利・砕石	砂利採取業務状況報告、砕石統計年報
アスファルト	アスファルト合材統計年報
鋼材	鉄鋼統計要覧、リサイクルデータブック
木材	木材需要報告書、建設副産物実態調査

## 3. 結果

1990年から2015年までの建設資材の物質ストックデータベースを構築し、住宅について1985年から2010年まで5年ごとに住宅利用度を推計した。結果の一例として、表2に2015年の建設資材の投入量、蓄積量、排出量を

示す。構造物全体で2015年の蓄積量は289.4億トンと判明し、建築物が113.9億トン、道路が92.8億トン、その他社会基盤施設が82.7億トンであった。1990年から2015年で蓄積量は1.7倍に増加しており、今後緩やかな増加が示唆されるとともに、社会基盤施設の老朽化から大規模更新に伴う排出量の増加が懸念される。住宅の利用度は2010年で46.6億m<sup>2</sup>と判明し、固定資産の価値等の概要調書に示される住宅全体の延床面積55.9億m<sup>2</sup>の83.4%であった。建築物の蓄積量の増加から今後も住宅は増加すると示唆され、人口減少という観点から空き家問題や解体に伴う排出量の増加が懸念される。

表2 2015年の構造物別・資材別の物質ストック・フロー

(百万トン)	投入量			排出量			蓄積量		
	土石	木材	鋼材	土石	木材	鋼材	土石	木材	鋼材
建築物	91.4	10.2	14.7	18.4	2.9	4.0	9974.2	635.1	785.4
道路	125.8			16.6			8270.3		
社会基盤	108.4		6.2	25.9		5.7	9198.8		83.1
計	325.6	10.2	20.9	60.9	2.9	9.7	27443	635.1	868.5

## 4. おわりに

本研究では主要な建設資材の物質ストックデータベースの構築、および住宅について使用度の推計を行なった。2015年の構造物全体の蓄積量は113.9億トンと判明し、2010年の住宅の利用度は46.6億m<sup>2</sup>と判明した。今後、住宅に関してはケーススタディを進めるなど地域特性を考慮する必要や住宅のみならずその他の建築物や社会基盤施設について、谷川ら(2017)の利用区分に従う物質ストックの定量化を行うことでストックの質を評価し、物質ストックを最大限効率的に有効活用することが重要である。

謝辞：本研究は、環境省環境研究総合推進費(3-1902, 2-1711)、環境省第IV期環境経済の政策研究「我が国に蓄積されている資源ストックに関する調査・検討」(代表、谷川寛樹)の支援により実施された。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 谷川寛樹・醍醐市朗・小口正弘・奥岡桂次郎・高木重定(2017)物質ストック・フローに着目したストック型社会構築に向けた指標、廃棄物資源循環学会誌, Vol.28, No.6, 431-437.
- 2) 山下剛弥, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹(2015):マテリアルストックデータベースの拡充とストック利用効率の検討, 土木学会論文集 Vol. 71, No. 6, pp II\_319-II\_327.

キーワード 物質ストック, 退蔵ストック, 現役ストック

# Low-carbonization of Water Supply and Sewer System in Phnom Penh Capital City, Cambodia

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, YONG Roitha, Keijiro Okuoka, Hiroki Tanikawa

## 1. Introduction

The increase in population created an upswing in water demand for safe drinking water, commercial, and industrial use has led the government to prioritize investment to water system infrastructures. This scenario has also resulted to water pollution from effluents. Currently, the PPCC has no wastewater treatment facility. That is why; this study will focus on the environmental impact from the water supply utility and sewerage system.

## 2. Methodology

In this study, LCA-CF, a tool used for assessing the impact of GHG emission through the weight of carbon footprint expressed as carbon dioxide equivalent ( $\text{CO}_{2\text{eq}}$ ), as a result of by activity of an urban service, industrial product, agriculture activity or specific industrial processes, will be utilized.

## 3. Result

The result shows that the CF in WSB was  $0.3\text{kg CO}_{2\text{eq}}/\text{m}^3$  of raw water on average between 2011 and 2016. Electricity is the primary contributor which occupied 58% of total CF. It was vast consumed by pump station and motor equipment. The 3 cases studies of CF in SSB show that emission emitted is about  $0.07\text{kg CO}_{2\text{eq}}/\text{m}^3$  of water pump,  $0.43$  and  $0.46\text{kg CO}_{2\text{eq}}$  per  $1\text{m}^3$  of wastewater treated respectively. The main source of CF in Case study 1 is the influent water pump process, and in Case study 2 and 3, Wastewater Treatment Plants (WWTP) case, is wastewater treatment process. Nevertheless, from the concept of low-carbonization, PPWSA have installed the solar panel about  $6500\text{m}^2$  at Phum Prek WTP since 2013. Niroth WTP has available space could install solar panel and produce energy about  $6.48\text{GWh}$  per year, which would reduce emission about

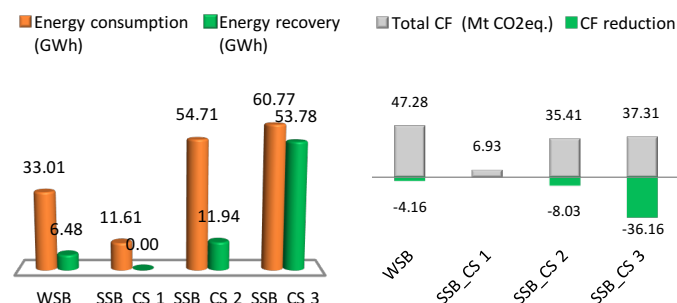


Figure 2: Balance of energy consumption and Potential of energy recovery, and Total CF and CF reduction

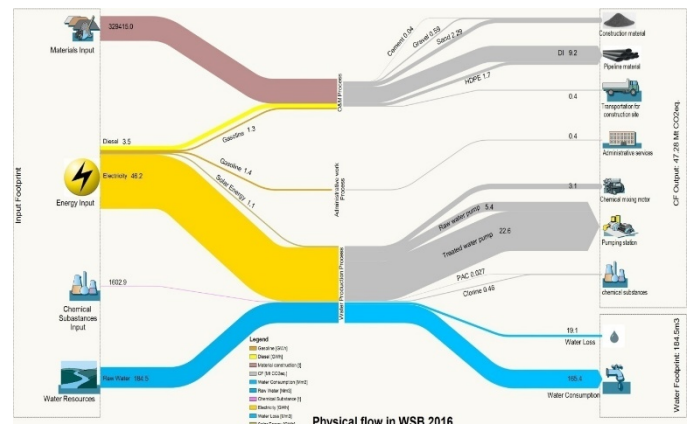


Figure 1: Diagram of Physical flow in WSB in 2016

$4.16\text{Mt CO}_{2\text{eq}}$  (8.8%) per year. Moreover, from the Case study of WWTP, energy recovery from sludge treatment is an excellent alternative energy renewable which could reduce the CF from SSB from  $8\text{Mt CO}_{2\text{eq}}$  (23%) to  $36\text{Mt CO}_{2\text{eq}}$  (97%) approximately in Case study 2 and 3 respectively (Fig. 2). Meanwhile, emission to the water (pollution) can be reduced by 95% approximately.

## 4. Conclusion

In conclusion, to achieve the reduction of GHG emissions from both boundary works of WSB and SSB, there is a need to improve the efficiency of pumping activities and other equipment that consume electricity. Moreover, some policy should be reviewed and implemented, such as water saving policy to cooperate in energy saving as well as pipeline network O&M. Meanwhile, WWTPs should be constructed with the purpose of improving water quality as well as energy recovery from waste in the form of sludge as fuel for energy generation. The integration of solar energy in the system as an alternative energy source should be taken into account to further reduce GHG emissions.

## 5. Acknowledgement

I would like to acknowledge with gratitude JICE, Japanese Government that offered me a great opportunity to study in Japan.

## 6. Reference

Hong Jinglan, Hong Jingmin, Otaki Masahiro and Joliet Olivier. 2009. "Environmental and Economic Life Cycle Assessment for Sewage Sludge Treatment Processes in Japan." Waste Management 29 (2): 696–703

# A Study on Relationship between Transportation System and Environmental Impact Indicators in Hanoi, Vietnam

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Luong Manh Hung, Kejiro Okuoka, Hiroki Tanikawa

## 1. INTRODUCTION

Hanoi city, the capital of Vietnam has been facing many problems such as overpopulation, inadequate transportation system, environmental problems, etc. To address these issues and to sustain economic growth as well, a master plan of transportation infrastructure construction to 2030 was set up in 2011. On that account, a study on the relationship between transportation system and environmental impact indicators should be undertaken to obtain a comprehensive assessment of the Master plan.

## 2. METHODOLOGY

This paper utilized data from various sources such as statistics, GIS, and open data sources. Mainly, it used the ArcGIS software, a powerful tool for dealing with GIS data. Moreover, linear regression model was explored for inspecting the correlation between variables, while stepwise method was utilized for excluding the highly correlated variables to find the best model with least variables. K-mean clustering method is also deployed for separating districts into groups having high correlation.

## 3. RESULTS

3.1. Relationship between transportation and fossil fuel CO<sub>2</sub> emission at the district level

Model and forecast	Million tons of Carbon					
	2010	2012	2014	2016	2030 Scenario 1	2030 Scenario 2
2010	2734	2812	3066	3286	5061	5968
2012		2852	3066	3248	5360	6121
2014			3126	3321	5706	6567
2016				3532	5692	6514

*Estimated fossil fuel CO<sub>2</sub> emission*

The big gap between the results of the two scenarios implies the important role of transportation infrastructure and the necessity of an on time project

(note that scenario 1 is the case that master plan 2030 will be implemented on time, and scenario 2 is the opposite case).

3.2. Relationship between transportation and fossil fuel CO<sub>2</sub> emission at cell (1x1 km) level

At the cell level, due to the limitation of this research's methodology, the correlation between these variables is not so strong. However, the strength is that the results can be expressed by a disaggregated map.

3.3. Relationship between transportation system and other environmental impact indicators

This section analyzes the growth trend of road surface area with the number of vehicles, and service productivity of transportation infrastructure (basing on GRDP/road stock).

## 4. CONCLUSION

The analysis and estimated results indicate that the master plan of transportation system plays a crucial role in the development of socio-economic indicators and environmental impacts in Hanoi at present and in the future.

## 5. ACKNOWLEDGEMENT

This research was financially supported by Development Fund (3-1902)/Ministry of Environment, Japan, Policy Study for Green Economy, Ministry of the Environment, Japan and Scientific Research (B) 19H04329.

## REFERENCES

- 1, The Master Plan of Urban Transportation of Hanoi in 2030, vision to 2050
- 2, The Open-source Data Inventory for Anthropogenic CO<sub>2</sub>, version 2016 (ODIAC2016)



# 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精緻化と主要曝露経路の推定 Elaboration of Dermal Exposure to Phosphorus Flame Retardants via Direct Contact with Indoor Products

静岡県立大学 ○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

リン系難燃剤(PFRs)は、火災のリスク軽減のために、室内製品中に高濃度で含まれている。近年、ダストが皮膚に付着することに伴う難燃剤の経皮曝露が、ダストを介した経口曝露に匹敵する曝露経路であることが報告されている。製品との直接接触による経皮曝露は、皮膚に接触する面積や濃度が高いことを考慮すると、より曝露量が多くなることが考えられる。

既存の経皮曝露量の評価法は、評価対象の試薬を溶剤に溶かしたものを皮膚や人工皮膚に塗布し、レセプター溶液への透過量に基づいて曝露量を推算しており、実際の製品を使った透過試験はほとんど行われていない。そのため、現行の方法では、製品の性状などの影響を考慮できていないことから、経皮曝露量を過大または過小評価している可能性がある。

本研究では、製品との直接接触に伴う PFRs の経皮曝露量推算のために、人工皮膚 (EPISKIN) を用いて、実際の製品からの透過試験を行った。

## 2. 方法

透過試験は、室内製品の例として、カーシートを EPISKIN に接触させ、8 時間の透過試験を行った。レセプター溶液中 PFRs の前処理として、Q-sep にレセプター溶液 2 mL、4 種類の PFRs の d 体、酢酸エチル：ヘキサン (1:1, v/v) を 2 mL 添加し、2 分間撹拌を行った。その後、5 分間超音波処理を行い、遠心分離 (4000 rpm, 3min) の後、上澄みを試験管に分取した。この操作を 3 回行った。3 回分の抽出液を、窒素パージを用いて濃縮し、アセトニトリルへ溶媒転換した。この濃縮液を EMR-Lipid カラムを用いて精製した。PFRs の溶出には、5 mL のアセトニトリルを使用した。溶出液は窒素パージで濃縮し、内標準物質を添加し、最終液量は 100  $\mu$ L とした。PFRs の定量分析には、液体クロマトグラフ-タンデム型質量分析計 (LC-MS/MS) を用いた。

## 3. 結果と考察

EPISKIN を用いたカーシート中の PFRs (CsDPhP: 0.89, TPhP: 0.15, TCEP: 0.12, TCsP: 0.070, TCPP: 0.030 wt%) の透過試験結果から、PFRs 透過速度は、6.25 (TCEP), 2.58 (TCPP), 0.58 (CsDPhP), 0.33 (TPhP)  $\text{ng cm}^{-2} \text{h}^{-1}$  となった (TCsP は 8 時間では透過しなかった)。CsDPhP のカーシート中濃度が最も高かったが、最も透過速度が速

かったのは TCEP であった (図 1)。

カーシートとの直接接触に伴う TCEP の経皮曝露量を推算した結果を図 2 に示す。比較として、他の曝露経路からの TCEP の曝露量も示す<sup>1-5)</sup>。なお、カーシートと皮膚が直接接触する面積を、大腿部の 30% (半ズボン想定)、1 日当たりの乗車時間を 1.7 時間と仮定した。カーシートとの直接接触に伴う経皮曝露量は、 $185 \text{ ng kg}^{-1} \text{day}^{-1}$  と推算された。この値は、従来曝露量が多いとされてきた、ダストを介した経口曝露量よりも、約 80 倍多かった。しかし、衣類を介した経皮曝露や、皮脂への蓄積などの影響は考慮していないため、より網羅的かつ詳細に検討し、より正確な経皮曝露量推定法を構築していく必要がある。

本研究において、製品との直接接触に伴う経皮曝露は、リン系難燃剤の主要な曝露経路となり得ることが示唆された。

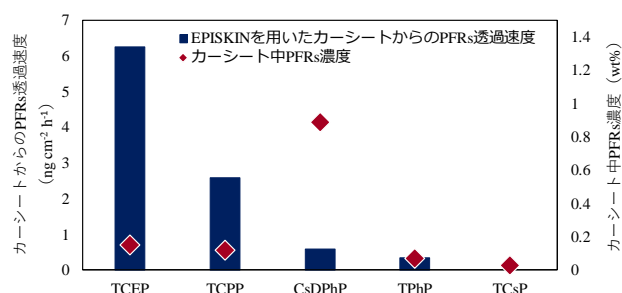


図 1 カーシート中 PFRs 濃度と皮膚透過速度

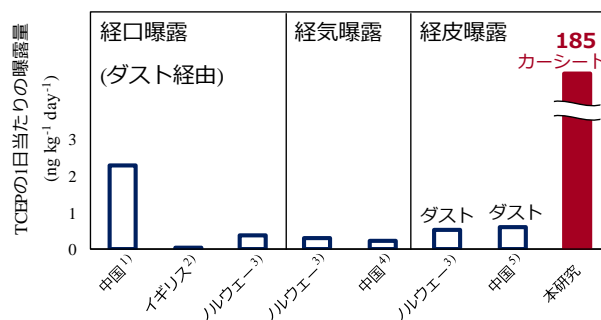


図 2 曝露経路別の TCEP 曝露量の比較

## 参考文献

- 1) Wu et al. (2016) Chem, 150, 465-471.
- 2) Brommer and Harrad (2015) Environ. Int., 83, 202-207.
- 3) Cequier et al. (2014) Environ. Sci. Technol., 8, 6827-6835.
- 4) Yang et al. (2014) Environ. Sci. Technol., 48, 63-70.
- 5) Liu et al. (2017) Environ. Int., 98, 113-119.

キーワード リン系難燃剤, 経皮曝露, リスク評価

# The Sustainable Urbanization of Ulaanbaatar City, Mongolia Using Time-series GIS Database

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Narantsetseg Ishdorj, Keijiro Okuoka, Hiroki Tanikawa

## 1. INTRODUCTION

In the last 30 years following the economic growth, political changes to lead a massive phenomenon of migration to the city, and rapidly expanding urbanization in Ulaanbaatar, the capital city of Mongolia. This unexpected gigantic urbanization brings on severe issues, such as air, soil pollution, and traffic congestion. With these urban challenges, sustainable urbanization gets individual attention in our country. This study was focusing on finding out the reason of Ulaanbaatar city's urban planning's chief problem, solving method, and result.

## 2. CASE STUDY AREA

Following the Ulaanbaatar city ageing building's re-development projects, using compact city concept, based on ArcGIS database, remodelling of 'Ikh Toiruu' area. Uncertainly the historical change is remarkable in this area, due to in Ikh Toiruu area from the provided database exist more than 3,000 constructions built by 1924 to 2018.

## 3. METHODOLOGY

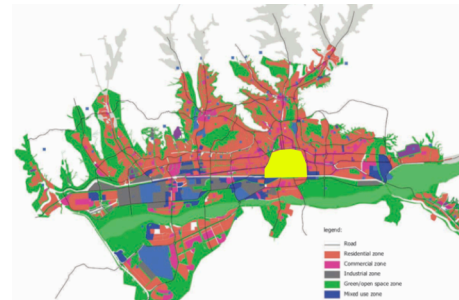
From Ulaanbaatar city's ArcGIS database, to select construction type of usage, built year, structure, number of stories, building area, number of households attributions of Ikh Toiruu area. Following ageing building re-construction project regulation, in "Ikh Toiruu" area has 157 residential buildings, built before the 1970s. For estimating those 157 buildings construction material stock, to calculate the amount of stock by multiplying the total floor space area of each building by the average material content of per unit of area.

$$MS_{i,t} = FA_{i,j} \times MI_i$$

MS- Material stock of ageing old buildings, FA- Total floor area of ageing old buildings,  $MI_i$  – material intensity

## 4. RESULT

As a result of this evaluation, it can be seen compactification how to implement in the city centre, high-density residential with mixed-used land, and intensified urban form. In research area built before 1970 has 157 ages 2 to 5 stories residential buildings, after demolished and reconstruct to a high-rise building, which is up to 8 stories commercial and residential mixed buildings. Seven thousand seven hundred households (around 28000 people) live in these 157 residential buildings, and after the reconstruction project of the ageing residential building, households will be raised to 10000-20000. After calculate demolishing building material stock, using those demolished construction material recycled to local roadway material.



Pic1. Ulaanbaatar city zoning map

Table1. Building type of "Ikh Toiruu" area residential aging building

Year	Wood	Brick	RC	Total
1937-1949	1	5	-	6
1950-1955	1	11	-	12
1956-1960	3	62	-	65
1961-1965	3	33	1	37
1966-1970	5	15	17	37
Total	13	126	18	157

## 5. CONCLUSION

In Ikh Toiruu, around 900 hectares area could live the same number of households as the current fringe ger area, which is 11500 hectares land area.

The sustainable urbanization compactness reduces energy consumption and pollution, reducing trip distance, can solve main urbanization issues. In such wise high-quality of urbanization highly ensure that more significant levels of density, the mix of land uses, and building mass and height are sensitive to established residential neighbourhoods, transit-supportive, safe and clean, renewable energy. The main goal of the smart urban growth is to increase the quality of habitat, improve the health of the citizens, safety, and protection to the environment.

## 6. ACKNOWLEDGMENT

This research was financially supported by Development Fund (3.1902)/ Ministry of the Environment, Japan, Policy Study for Green Economy, Ministry of the Environment, Japan and Scientific Research (B) 19H04329

## REFERENCE

- 1) Kenji Sugimoto, Kiroyoshi Morita and Hiroki Tanimawa, (2015), Time-series Analysis in Prediction of Building Material Stock and Flow Using 4d-GIS
- 2) Master Planning agency of Capital city, Mongolia



# 中国内モンゴル自治区赤峰市の水道水使用量を決める要因についての研究

## Research on the Factors Which Decide Tap Water Consumption in Chifeng City, Inner Mongolia, China

北九州市立大学 ○王 荻, 加藤 尊秋

### 1. はじめに

中国内モンゴル自治区赤峰市は中国北部地方干魃気候の地域に所属しており、水資源は非常に重要な資源として、人間の生活に深い影響を与えている。赤峰日報（赤峰市水資源節約保護利用の調査と反省、2019.03）によると、全市の水資源総量は 38.98 億 m<sup>3</sup>、一人当たり水資源の保有量は 851m<sup>3</sup>であり、国際標準の人口一人当たり水資源の保有量 1700m<sup>3</sup>と比べて大変低い。2017 年 7 月から、赤峰市は、住民生活用水料金の新しい政策を実施した。古い政策と比べ、水道料金の上昇に加え、計算方法、支払い手段など様々な方面からの変革がなされた。

### 2. 研究の目的

本研究では、赤峰市の住民を対象として、2017 年 7 月からの新しい水道政策に関連し、住民の水道水使用量とその決定要因、水道水政策の変革が住民の生活に与えた影響について分析を行うことを目的とする。また、新政策の特徴等を検討し、住民の水道水料金の支払い意思について考察する。中国の他都市では関連する研究があるが<sup>1)2)</sup>、赤峰市での研究事例は見られない。

### 3. 調査方法

図 1 に整理した影響要因に基づき、43 問を設定して、調査票を作った。ウィーチャット（中国で広く使われる SNS）のアンケート調査プロセスを通じて、2019 年 2 月 24 日から、赤峰市の住民にインターネット経由でアンケート調査を行った。2019 年 4 月 15 日まで合計 139 枚の電子版アンケート票を回収した。

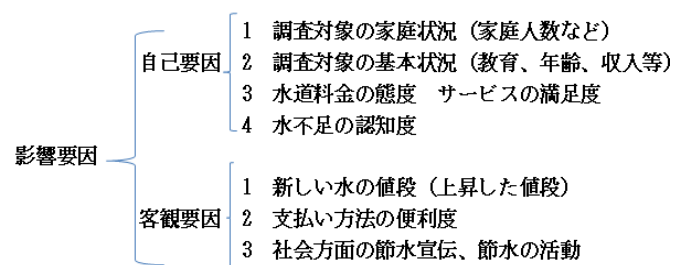


図 1 水道水使用量と支払意思の影響要因

### 4. 分析結果

回答者のうち年齢 16-29 歳は 37.4%、30-49 歳は

48.2%、50 歳以上は 14.4%であった。家庭の人数としては、1-3 人家族が 56.8%で調査人数の半分以上であり、4-6 人家族は 42.4%であった。また、赤峰市の水不足の原因としては、「地理的に旱魃気候に属していて降水量が少ないので水不足の原因になる」と思っている人が 35.3%、「浪費が多いため」が 18.7%、「地下水の取り過ぎで地下水位が下降したから」と「人口の増加から」が各 12.2%であった。現行の水道水値段について、高いと感じる人は 64.7%であり、ちょうど良いは 28.8%、安いと感じる人は 6.5%であった。

表 1 に、世帯の年収と家庭での節水経験の有無の関係を示す。年収が高い人達は、節水をやったことがある比率が低く、年収が低い人達は節水をやったことがある比率が高い傾向にある。年収によって水道料金の負担感が違うため、節水による料金節約の重要性も異なると考えられる。

表 1 年収と節水経験の有無

	はい	いいえ	合計
2-5万元	28 (84.3%)	5 (15.2%)	33人
5-11万元	59 (81.9%)	13 (18.1%)	72人
11-25万元以上	23 (67.6%)	11 (32.4%)	34人
合計	110人	29人	139人

### 5. まとめ

中国・赤峰市住民のアンケート調査により、住民の収入と節水経験の関係等を調べた。発表では、収入や教育状況、水不足の認知度と水使用量の関係なども報告する予定である。

### 参考文献

- 1) 趙欣勃 (2015) 石家庄市住民生活用水定価研究及び応用, 石家庄经济学院, 11 頁-60 頁
- 2) 杜勇 申碧峰 孙静 朱启林 杨丽 (2016) 北京市住民生活水道料金支払い願意および影響要因, 水利経済, 第 34 卷第 4 期, 39 頁-46 頁

キーワード 中国, 水道料金, 料金改定, 住民の水使用状況

## 超高温可溶化技術に用いる好熱性菌株の可溶化効率評価。

### Evaluation of solubilization efficiency of thermophilic strain used for ultra-high temperature solubilization technology.

熊本県立大学 ○浅川 侑貴, 共著者 石橋 康弘、  
鈴鹿高等専門学校 甲斐 穂高、長崎総合科学大学 中道 隆広

#### 1. 背景

バイオマスエネルギー利用方式の一種であるガス発電はバイオマスを基質とし、微生物によるガス発酵を行い、ガスをエネルギーとして利用し、消化液を農地への液肥として利用できる持続可能な発電方式であると考えられている。ガス発電で用いられるメタン発酵技術は、効率向上のために2槽式の発酵槽を用いた技術の研究が進められており、我々は可溶化プロセスを60℃以上の高温かつ微生物が生産する酵素による分解を行う技術である超高温可溶化技術を有している。

本研究は、超高温可溶化技術で利用可能な微生物の探索を目的として、高温土壌より採取した菌株（以下、Kn シリーズ菌株と示す。）の単離を行い、超高温可溶化技術への Kn シリーズ菌株利用のための基礎的なデータを収集した結果について報告する。

#### 2. 実験方法

##### 2.1 対象菌株

菌株は鹿児島県指宿市鰻池にて採取した土壌から採取され単離された71株のKn シリーズ菌株を用いた。土壌の採取地点、温度およびpHを表1に示す。

表1. サンプリング地点の温度・pH・単離した菌数

地点	温度	pH	ISP-2	スキムミルク	スターチ
1	100	3	8	0	0
2	67	3	8	2	5
3	68.2	2	13	4	7
4	94.5	5	5	2	1
5	68	4	8	1	1
6	96.1	2	5	0	1

##### 2.2 スキムミルク分解試験

試験管内にISP-1 液体培地を投入し、対象となる菌株1エーゼ植菌を行った。植菌後、ウォーターバスにて60℃で振盪培養を行なう。培養した液体培地をマイクロチューブに分注し、遠心分離（120×100 rpm、4℃、10min）を行う。遠心分離後、上澄み液を試験管内のスキムミルクと反応させる。反応はウォーターバスにて60℃、振盪させ反応させる。24h 反応させたものを、マイクロピペットを用いてマイクロプレートリーダーに

分注する。分光光度計を用いて、作成したマイクロプレートリーダーを波長 660 nm で測定した。

##### 2.3 菌株同定試験

単離された71株から複数の菌株をスキムミルク分解試験の結果により選定し、16s rRNA 遺伝子部分塩基配列解析をBacterial 16s rRNA PCR Kit Fast（タカラバイオ）に従って行った。

#### 3. 結果・考察

##### 3.1 スキムミルク分解試験

スキムミルク分解試験を行った結果、Kn1、Kn14、Kn21、Kn55、KnS34 および KnS35 の6種のスキムミルク分解能が高いことが確認され、菌株同定試験を行うこととした。

##### 3.2 菌株同定試験

選抜された菌株6種について16s rRNA 遺伝子部分塩基配列解析を行った結果を以下の表2に示す。

16s rRNA 遺伝子部分塩基配列解析の結果、Kn1、Kn14 および Kn55 株については、*Fictibacillus gelatini* であり、Kn21 株については *Bacillus smithii* であると判断された。KnS34 および KnS35 については、解析できなかった。

表2. 16s rRNA 遺伝子部分塩基配列解析結果

strain no.	closest species	length (bp)	similarity(%)
Kn1	<i>Fictibacillus gelatini</i>	500	99.0
Kn14	<i>Fictibacillus gelatini</i>	800	99.9
Kn21	<i>Bacillus smithii</i>	922	99.6
Kn55	<i>Fictibacillus gelatini</i>	861	99.8

#### 参考文献

- 丸山虎徹、富岡寛頭（2017）プロテアーゼの作用を短時間で視覚的に示す実験法の開発、化学と教育、65 巻 8 号、406-409p

Key word: バイオマス、好熱性細菌、メタン発酵

# 流入下水中の生態毒性物質のターゲットスクリーニングとリスク評価

## Targeted mass spectrometric analysis and risk assessment of ecotoxicants in raw sewage samples

鹿児島大院・理工○田中孝昌, 高梨啓和, 横浜国立大院・環境情報 亀屋隆志, いであ(株) 澤井淳, 宮本信一

### 1. はじめに

化学物質排出移動量届出 (PRTR) 制度の集計結果によると、1,000 ton/yr 程度の第一種指定化学物質が下水に流入しており<sup>1)</sup>、その中には多くの種類の生態毒性物質が含まれている。そこで本研究では、ターゲットスクリーニングにより流入下水中の生態毒性物質を網羅的に探索し、発見・同定された一部の毒性物質を対象にリスクを評価することを目的とした。

### 2. 実験方法

化学物質審査規制法の旧第三種監視化学物質、PRTR 制度における生態毒性物質などの 11 種類のデータベース (DB) を統合し、生態毒性物質の DB を自作した。また、17 カ所の下水処理場の流入下水を固相抽出 (Oasis HLB、日本ウォーターズ) により 100 倍に濃縮し、LC/ESI/HRMS (LTQ Orbitrap XL, Thermo Scientific) を用いてサンプル中の物質の精密質量を網羅的に分析し、自作した DB と突合した。さらに、GC/EI/QMS (QP-2010、島津製作所) を用いた網羅分析を行い、マススペクトルの類似度およびカラム保持時間の一致による同定と内蔵検量線を用いた定量分析を行った。

### 3. 結果と考察

下水から検出され得る生態毒性物質の最高濃度を 100 ppb と考え、予測無影響濃度 (PNEC) が 100 ppb 以下の物質を自作 DB に収録した結果、1,593 物質が収録された。LC/ESI/HRMS を用いた網羅分析により検出された物質を自作 DB と突合した結果、119 物質の検出が示唆された。ピークエリアが大きかった物質の中で、標準試薬を入手できた 23 物質についてクロマトグラフィーおよび多段階質量分析により同定した結果、10 物質を同定でき、残りの 13 物質は異性体であった。このことから、質量分析による網羅分析の際には、異性体を判別しながら同定することの必要性が確認された。

LC/ESI/HRMS で測定したのと同じサンプルを GC/EI/QMS で測定し、旧第三種監視化学物質などから成る 451 物質を対象に検出および濃度を検討した。LC/ESI/HRMS で同定した 10 物質中 5 物質については、GC/EI/QMS での測定対象外であった。測定対象内であっ

た 5 物質については、検出・定量分析を行うことができた。これらの 5 物質以外にも、110 物質を検出・定量分析を行うことができた。合計 115 物質の GC/EI/QMS での定量結果を測定濃度 (MEC) として採用し、処理場毎・物質毎に MEC/PNEC を算出した。

処理場毎に検出されたすべての物質の MEC/PNEC を合計しハザード比 (HQ) を算出した結果、910~12,435 であった。各処理場の HQ に占める、当該処理場サンプルから検出された個々の物質の MEC/PNEC の割合をグラフ化した結果の例を図 1 に示す。調査した 17 カ所すべての下水処理場において、検出された 115 物質中の 2 物質 (界面活性剤 A および B) の MEC/PNEC の合計が 90% 以上を占め、主要な生態毒性物質であると推定された。界面活性剤 A および B の生産量・輸入量等は 1,000~10,000 ton/yr 未満であり、洗剤、繊維の柔軟仕上げ剤などで用いられている物質であった。



図 1 流入下水のハザード比に対する各毒性物質の寄与率 (処理場 1~4 の例)

### 4. 結論

質量分析計を用いたターゲットスクリーニングにより、流入下水中の生態毒性物質を網羅的に検出することができた。定量した 115 物質の中の 2 物質が、ハザード比の 90% 以上を占めていた。

謝辞 本研究の一部は、国土交通省下水道技術研究開発 (GAIA プロジェクト) および JSPS 科研費 (15H02853) により実施された。ここに記して謝意を表す。

引用 1) 環境省、届出排出量・移動量の経年変化の概要について、<https://www.env.go.jp/press/files/jp/110960.pdf> (2019 年 7 月閲覧)

キーワード 質量分析、網羅分析、データベースマッチング、探索、同定

# ネオニコチノイド系農薬ジノテフランから生成する環境変化体の アセチルコリン受容体結合親和性評価

## Binding Affinity Evaluation of Transformation Products from a Neonicotinoid Dinotefuran to Acetylcholine Receptor

鹿児島大院・理工 ○桐原晃希, 大葉佐世子, 高梨啓和, 中島常憲, 門川淳一, 上田岳彦  
いであ(株) 環境創造研 石川英律, 宮本信一

### 1. はじめに

殺虫剤ジノテフランは、水環境中で酸化され、酸素が1個付加した未知変化体を生成する。生成した未知変化体から、さらに異性化して数多くの変化体が生成すると予想される。これらの中には、ネオニコチノイド系農薬と同様に、ニコチン性アセチルコリン受容体への結合親和性を有する物質が存在する可能性がある。そこで本研究では、ジノテフランに酸素が1個付加した未知変化体の構造を推定し、推定された変化体のアセチルコリン受容体への結合親和性を分子シミュレーションにより評価することを目的とした。

### 2. 実験方法

ジノテフランに酸素が1個付加した未知変化体の構造を一次推定した。推定された変化体の生成熱をSCIGRESS MO Compact (富士通)を用いて求めた。他の物質より  $50 \text{ kcal mol}^{-1}$  以上高い生成熱を有する物質を除き Molecular Operating Environment (Chemical Computing Group)を用いてヨーロッパモノアラガイのアセチルコリン結合タンパク質 *Ls*-AChBP<sup>2)</sup>へのドッキングシミュレーションを実施した。シミュレーション結果はレセプター内での結合位置および配置方向を目視により判断し、GBVI/WSA dG スコアを用いて評価した。

### 3. 結果と考察

#### 3. 1 異性体の構造

異性体を推定した結果、構造異性体が28物質、立体異性体が82物質推定された。この中から、 $50 \text{ kcal mol}^{-1}$  以上高い生成熱を有していた1物質を除き、残りの81個の立体異性体の *Ls*-AChBP への結合親和性を評価した。

#### 3. 2 結合位置

殺虫剤イミダクロプリド、ジノテフランおよびそれらの変化体・誘導体のうち、毒性強度が既知な70物質<sup>3-5)</sup>に着目し、すべての立体異性体のシミュレーションを実施した。その結果、毒性が認められる物質(96%)は、複数個ある立体異性体のうちの少なくとも1物質が、図1の

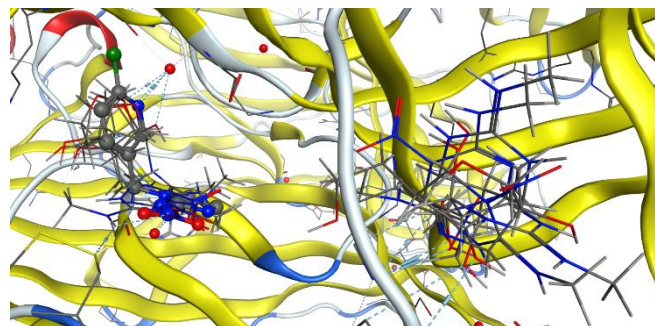


図1 シミュレーション結果の比較  
(Ball & Stick : イミダクロプリド、Sticks : 変化体)

錯体中のイミダクロプリドと同じ位置に、同じ配置方向で結合した。同様の方法で、未知異性体を対象に錯体中のイミダクロプリドと同じ位置に、同じ配置方向で結合する立体配置異性体を探索したところ、81物質中32物質が結合した。

#### 3. 3 スコア値

昆虫に対する毒性が実験により認められている物質のスコア値は、 $-7.4 \sim -5.5 \text{ kcal mol}^{-1}$ であり、有意差<sup>6)</sup>は認められなかった。同様に、32物質の未知異性体のスコア値を求めたところ、 $-6.4 \sim -4.6 \text{ kcal mol}^{-1}$ であり、有意差は認められなかった。このため、32物質すべての未知異性体の結合親和性は高いと判断した。

謝辞 本研究の一部は、環境省環境研究総合推進費(5-1406)により実施された。

参考文献 1)日本農薬学会誌 **37(2)**, 201–205, 2012. 2)*Basic Clin. Pharmacol. Toxicol.* **118**, 399–407, 2016. 3)第51回日本水環境学会年会 1-A-10-2, 2017. 4)*J. Pestic. Sci.* **29**, 348–355, 2004. 5)*J. Pestic. Sci.* **29**, 356–363, 2004. 6)実験医学 **27(5)**, 151–158, 2009.

キーワード ネオニコチノイド系農薬、環境変化体、アセチルコリン受容体、ドッキングシミュレーション、結合親和性評価

# エネルギー利用を考慮した木質バイオマスの物質フロー分析

## Material flow analysis of woody biomass considering energy utilization

立命館大学 ○平井満規, 橋本征二, 名古屋大学 山下奈穂, 谷川寛樹

### 1. はじめに

近年、気候変動の緩和や持続可能な社会を実現するにあたって、木質バイオマスの利用が注目されている。中でも「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」(2012年施行)の導入や第5次エネルギー基本計画で2030年に向けて再生可能エネルギーを主力電源化していく方向性が示され、木質バイオマスのエネルギー利用が増加しているが、こうしたエネルギー利用の多くは木材需給報告書で把握されていない。本研究では、従来の木質バイオマスの物質フロー<sup>1)</sup>においては十分考慮できていなかったエネルギー利用を加味して、2000年から2016年までの物質フロー分析を行った。

### 2. 方法

#### 2.1. 概要

本研究で推計する物質フローは、生産活動32部門(列)および製品・副産物・廃棄物・資源48部門(行)で構成され、投入産出表の形態(各生産活動における原材料などの投入がプラスの数値で、製品・副産物・廃棄物などの産出がマイナスの数値)で記述される。対象とする生産活動については、2000年から2016年の原材料の投入量(消費量, 入荷量)や製品等の産出量(生産量, 出荷量)、製品の貿易量や用途に関する統計値を整理するとともに、統計値が無いものについては、推計値を利用した。

#### 2.2. エネルギー利用の考慮

従来の木質バイオマスの物質フローでは、木材チップの出荷先は、パルプ用、削片板・繊維版用のみとなっていたが、本研究では木材流通構造調査<sup>2)</sup>の値を参考に、パルプ用、削片板・繊維版用、畜産用、おが粉用、エネルギー用へと変更した。加えて、エネルギー利用される木材チップについては、木質バイオマスエネルギー利用動向調査<sup>3)</sup>の値を用いて、エネルギー利用を目的として生産された木材チップの生産量及び出荷量を追加した。

その他、エネルギー需要に対応する資源(工場残材、再資源化チップ、薪炭材、黒液、木質ペレット)についても、木材流通構造調査<sup>2)</sup>、木質バイオマスエネルギー利用動向調査<sup>3)</sup>の情報を参考に物質フローを推計した。

### 3. 結果と考察

本要旨では、エネルギー利用されるチップを計上した2016年度における木材チップの利用量、原材料の入荷量に関する結果を示す(図1)。利用量では、パルプ用が最も多く、次いでエネルギー用が多いと推計された。また、木材チップの原材料は多くを輸入チップに依存しているが、国産チップでは建築解体材・廃材由来のチップが最も多いと推計された。これは建設リサイクル法による分別解体義務の成果によるものと考えられる。また、間伐材・林地残材由来のチップが、これまでの推計<sup>1)</sup>に比較して大きくなった。これは、バイオマスエネルギー需要の高まりと未利用材の利用の促進から、間伐材・林地残材のエネルギー利用が行われてきているものの、木材需給報告書には反映されていないためと考えられる。

エネルギー需要に対応するその他の資源の詳細なフローについては学会当日に報告する。

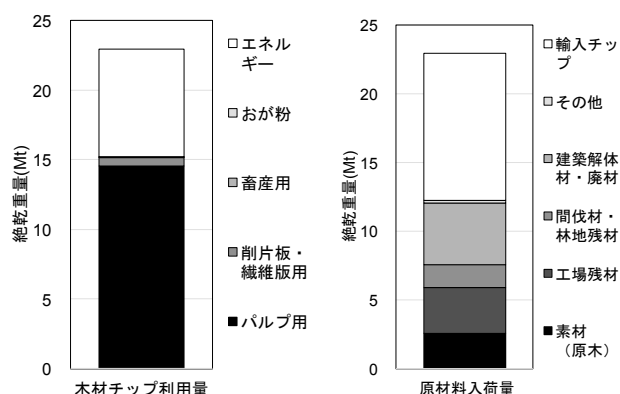


図1 2016年度の木材チップ利用量、原材料入荷量

### 参考文献

- 1) 橋本征二・森口祐一(2004) 日本における伐採木材のマテリアルフロー・炭素フローデータブック, 国立環境研究所
- 2) 農林水産省(2011, 2016) 木材流通構造調査, 農林水産省
- 3) 農林水産省(2015, 2016) 木質バイオマスエネルギー利用動向調査, 農林水産省

キーワード 循環型社会, バイオマス発電, 木材チップ, 木質ペレット



# 自己組織化マップ (SOM) を用いた集合住宅の電力需要予測 Power demand forecasting of apartment building using Self-Organizing Map (SOM)

北九州市立大学 ○堤 徹, 加藤 尊秋

## 1. 緒言

乾ら (2002) は自己組織化マップ (SOM) により変電所運転データから電力需要予測を可能とした<sup>[1]</sup>。SOM は高次元データを繰り返し学習により二次元マップに参照ベクトルとしてデータを視覚化できる特徴を持つ<sup>[2]</sup>。しかし、SOM 学習はデータ入力順により予測が変化する<sup>[3]</sup>。そこで、本研究ではデータ入力を一括して行う Batch 型 SOM で消費電力の特徴を把握する。また、Batch 型 SOM により集合住宅の消費電力予測が可能かを調べ、予測値の評価を行う。

## 2. 使用データ

北九州スマートコミュニティ東田地区内にある集合住宅 138 世帯による 2012～2014 年の消費電力データを使用した。90 世帯は平日の昼に電力価格を変動させるダイナミックプライシング (DP) を発動した世帯で、48 世帯は DP を発動していない世帯である。DP の有無による影響を比べるため DP 発動世帯を 48 世帯無作為抽出した。

## 3. 研究手法

消費電力予測の検証では 1 日の 30 分ごと消費電力 (48 次元) を使用し、SOM で学習させる変数の違いを確認するため 3 パターンの変数を追加した。それぞれ total、high、total+high の最大 50 次元で比較する。データは平均 0、分散 1 に標準化した。また、SOM マップの大きさは第一、第二主成分の比から決定した。そして、2012、2013 年夏季から 2014 年夏季の第 2 木曜日を世帯ごとに予測した。SOM マップから取得した代表ベクトルと予測日の午前 8 時までの 30 分ごと消費電力のデータが最小距離となるような代表ベクトルを選択し、予測電力需要値とした。評価指標として実測値と予測値の平均誤差を用いた。データ数  $N$ 、実測の消費電力  $P_{i1}$  予測の消費電力  $P_{i2}$  から平均誤差  $E$  を次の式から求めた<sup>[1]</sup>。

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|P_{i2} - P_{i1}|}{P_{i1}} \times 100 \quad (\%)$$

## 4. 結果

SOM による消費電力の特徴を表 1 に示す。表の時間は、電力消費量のピークの数が多かった 3 つの時間帯である。非 SOM 予測は気温変化の最も近い日が予測値である。

表 1. SOM マップの特徴

変数	DP 実施世帯	DP 未実施世帯
6時	電力消費は高いが電力消費量の世帯変化は小さい	電力消費は低いが電力消費量の世帯変化が大きい
14時	全体的に低消費である。	低消費であるが DP 実施世帯より高消費世帯が多い
20時	総消費電力の多い世帯が高消費世帯である	高総消費世帯以外に 20 時高消費世帯が見られた
総消費電力	DP 未実施世帯に比べ低消費世帯が多い	

表 2. 実測値と予測値の月別平均誤差

	SOM			非 SOM
	total (%)	high (%)	total + high (%)	
2014 年 6 月 12 日	4.43	4.17	4.99	2.46
2014 年 7 月 17 日	6.09	2.95	11.31	0.13
2014 年 8 月 14 日	1.86	0.43	4.53	3.14
2014 年 9 月 11 日	0.90	4.64	3.57	6.39

次に電力予測の平均誤差を表 2 に示す。7 月 10 日は台風直撃日で予測誤差が大きくなったため、第 3 木曜日の 7 月 17 日も予測を行った。月別第 2 木曜日の SOM 予測は誤差 0.42～11.31% であった。予測の比較では 6、7 月以外は SOM での予測が最もよく、SOM による予測の中では 5 日間で 2 日間で high 型の誤差が最も小さかった。

## 5. 結論

電力予測は SOM を用いた high 型が最も精度がよく、電力データのみでも比較的良好な予測ができた。しかし、災害時など非常時の予測は困難であった。このほか、SOM により DP 実施の違いを視覚化した。主に朝の違いが大きく、消費電力値の平均グラフでは確認できない世帯数の違いも確認できた。

## 6. 参考文献

- [1] 乾正博ら：自己組織化マップ (SOM) を用いた配電用変電所の電力予測、日本ファジィ学会誌、Vol. 14, No. 2, pp. 165-175. 2002.
- [2] 徳高平蔵ら：自己組織化マップの応用、多次元情報の 2 次元可視化、海文堂、1999.
- [3] 新井田靖郎、坂井伸一：自己組織化マップを用いた冬季若狭湾東部海域の表層流速パターン抽出、土木学会誌、Vol. 71, No. 2, pp. I\_1741-I\_1746, 2015.

キーワード 電力需要予測, SOM, 電力自由化



# V2Hを指向したPVとEVの連携による電力需給調整への活用可能性 Possibility of Utilization for Power Supply-demand Adjustment by Cooperation with PV and EV toward “V2H”

北九州市立大学 ○田中丸善鴻, 松本 亨, 藤山淳史

## 1. 研究目的

太陽光パネル(PV)の余剰電力を蓄電池(BT)に貯めることで、PVで発電した電力を無駄なく利用できるようにすることで、再生可能エネルギーの普及拡大につなげる動きがある。その蓄電の手段の一つとして、近年普及しつつある電気自動車(EV)に搭載されているBTを有効活用するという試みが実用化されている。本研究では、住宅用PVの余剰電力を推計し、EVのBTを活用してPVの有効活用を図る手法、いわゆるV2H(Vehicle to Home)による系統電力消費の削減効果を、世帯属性と生活パターンの類型別に推計を行った。

## 2. 解析方法

空気調和・衛生工学会による推計手法<sup>1)</sup>を用いて、1時間ごとの電力需要量とPVによる発電量を推計した。次に、EVの終日車両停車割合を考慮して、系統電力の削減効果を推計した。PVによる発電量は、式(1)<sup>2)</sup>より推計した。

$$E_p = H \times K \times P \div 1 \quad (1)$$

ここで、 $E_p$ =1時間の発電量(kWh/時間)、 $H$ =設置面の1時間当たり発電量(kWh/m<sup>2</sup>/時間)、 $K$ =損失係数73%、 $P$ =システム容量(kw)、 $1$ =標準状態における日射強度(kW/m<sup>2</sup>)。

EVに搭載されたBTについては、自宅における停車時のみV2Hとして活用できることから、国土交通省の平成27年度OD調査(自動車利用特性マスター)<sup>3)</sup>を用いて終日車両停車割合を算出し、それを考慮することで蓄電量を推計した。また、BTの容量は日産のリーフを想定して40kWhとした。

## 3. 推計結果

図1に、OD調査から求めた北九州市の時刻別車両停車割合を示す。以降の解析では、これにより求めた平日の終日車両停車割合13.6%、休日の終日車両停車割合36.7%を用いる。

図2は、男(勤め人)と女(勤め人)、高校生、中学生の子供からなる4人家族の戸建ての電力需要量の推計結果である。PVを100%想定した場合の系統電力需要、さらにEVのBTを活用した場合の系統電力需要を示したものである。現在のEVの普及率は約0.1%であるが、

100%普及ケースについても試算した。

これによると、家庭用電力需要(PVなし)に対して、PVのみで21.5%、EVの0.1%普及(停車割合考慮)で21.5%、EV100%普及(停車割合考慮)で35.4%、さらにEV100%普及(100%停車)で88.3%のそれぞれ削減となることが試算された。

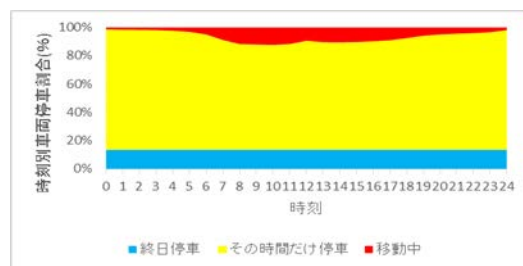


図1 OD調査に基づく平日の時刻別車両停車割合

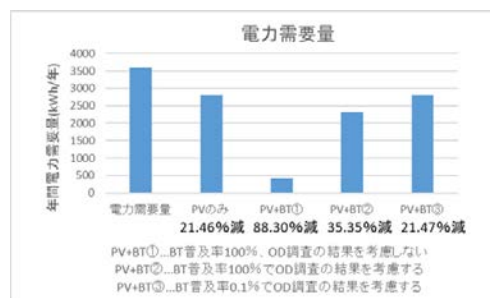


図2 共稼ぎ4人世帯の戸建ての電力需要量

## 4. 結論

世帯類型、生活パターンによる類型別に、電力需要量と、PV発電量、さらにEVのBTによる蓄電を考慮した系統電力需要削減量を推計した。時間帯別停車割合を用いてさらなるV2Hの可能性を検討することが今後の課題である。

## 参考文献

- 1) 空気調和・衛生工学会資料, 2000
- 2) 新エネルギー産業技術総合開発機構: 太陽光発電導入ガイドブック, 2000
- 3) 国土交通省: 2015年度自動車利用特性マスターデータ

キーワード 太陽光発電, 蓄電池, V2H, EV車, 車両停車割合

# ポスト公害時代における四日市公害を捉える—当事者のオーラルヒストリーを通じて

## A Study of Yokkaichi Pollution in the post-Pollution era: Through the Oral History of the People

一橋大学大学院 ○宮野智、大瀧友里奈

### 1. 研究の背景と目的

本研究の目的はポスト公害時代の四日市（裁判判決が出た 1972 年から現在まで）を、当時公害を経験した方々のオーラルヒストリーを通じて捉えることで、ポスト公害時代の住民運動の実態を理解し分析することが目的である。

四日市公害は、被害者を中心とした住民運動が大きな役割を担い、その結果四日市コンビナート 6 社を被告とする裁判が起こり、住民が勝訴した民主主義運動と言われている<sup>12)</sup>。しかし、大きな役割を果たしたとされる住民運動に関する資料と研究は少なく、ポスト公害時代に至っては皆無であり、水俣病が現在も被害患者や遺族への聞き取り調査を続けていることとは対照的である。また公害を後世に伝えるための資料館が住民側からの要望で 2015 年に完成したが、他の四大公害病が 20 世紀内に完成していたのと比較すると非常に遅い。このように裁判終了後には、研究や住民の活動に関する記述史料の空白期間が存在し、ポスト公害時代の全容が不明確であるのが四日市研究の実情である。そのため、当事者へのオーラルヒストリーにより、その全貌を明らかにした。

### 2. 調査方法

公害時代から現在まで住民運動を継続している人々を中心にオーラルヒストリー調査を行った。彼らは被害住民ではなく外部から参加した人々で、住民運動におけるリーダー的な存在ではない。しかし、裁判終了後から現在まで、資料館で語り部として四日市公害の記憶の風化を阻止するため精力的に活動しており、ポスト公害時代の四日市を捉えるためには、最適な調査対象である。対象者関係者からのスノーボウルサンプリングで信頼関係を築いた 3 名を対象に、半構造化インタビュー方式で行った。一人当たりのインタビュー時間は約 2 時間で、これまでに 5 回の調査を行った。

### 3. 調査結果と考察

調査の結果、ポスト公害時代の住民運動や支援団体の動きについて以下の二点が明らかになった。

#### ① 被害者に主導権がなかった運動

裁判中の運動は一貫して外部の支援団体の連合が中心であり、被害者や地元民が主導権を握ることは少なかった。勝訴後、支援団体は解散し、継続して運動していたのは小規模団体程度であったが、地元民や被害者の支持は得られなかった。そのため二回目の裁判や抗議運動が縮小化し、ポスト公害時代の運動は全体的に衰退した。

#### ② 行政に取り込まれた運動

運動側の被害者支援や救済活動、そして現在行っている語り部運動は当初は自分たちの計画で行動でき、四日市の学校とも交流が生まれた。しかし前者は法整備と補償金支払いのための財団の成立、後者は資料館完成後にシフト制で予定が管理されるようになったことで行政の都合で動かざるを得なくなり、語り部活動で築いた関係は弱まった。この現状を、「行政に取り込まれた運動」と表現している。以上のように現在の調査段階から一般的に言われていた被害者らが中心となって成功した住民運動とは大きくかけ離れたポスト公害時代の現状が明らかになった。

### 参考文献

- 1) 宮本憲一『地方自治の歴史と展望』自治体研究社 1986 年
- 2) 遠藤宏一・除本理史・岡田知弘著『環境再生のまちづくり 四日市から考える政策提言』ミネルヴァ書房 2008 年

キーワード 四日市公害、オーラルヒストリー、環境市民運動、ポスト公害時代

# 廃棄物系バイオマスからのアミノ酸単離

## Amino acid isolation from waste biomass

○松本遙加<sup>1)</sup>, 薬師寺佑佳<sup>1)</sup>, 小林淳<sup>1)</sup>, 中島琢次<sup>2)</sup>, 石橋康弘<sup>1)</sup>  
(1 熊本県立大学, 2 北里大学)

### 1. 背景

バイオマスの利用方法として、資源作物はバイオエタノール等のバイオ燃料として、有機性廃棄物はメタン発酵させバイオガスとして利用されてきた。さらに近年、バイオマスのさらなる有効利用が試みられ、サツマイモの焼酎もろみからのキシオリゴ糖抽出<sup>1)</sup>など、今まで廃棄されてきたものの残渣を有効利用することによって廃棄物系バイオマスに付加価値をつける研究が行われている。廃棄物系バイオマスには、タンパク質を多く含む有機性廃棄物も多く、それらに含まれるタンパク質は分解酵素によって分解され、アミノ酸とすることができる。そこで、本研究ではタンパク質分解酵素を生産する菌株を用いて、焼酎粕やおから等の有機性廃棄物が含有するタンパク質を分解し、アミノ酸を単離することを目的とした。そして、菌株が生産するタンパク質分解酵素を用いてタンパク質の分解実験を行い、最適な菌株の選択と反応条件について検討した結果および遊離アミノ酸量の分析結果を報告する。

### 2. 材料と方法

#### 2.1 選択菌株

タンパク質分解酵素を生産する好熱菌である MU3 株 (*Anoxybacillus* 属), KK14 株 (*Geobacillus subterraneus* 種) および Kn21 株 (*Bacillus smithii* 種) を用いた。

#### 2.2 スキムミルク水溶液分解実験

菌株を ISP-2 培地で起菌し、ISP-1 培地に植菌して 20 時間培養した後、培養液を遠心分離 (120×100 rpm, 4 °C, 10 分) し、固液分離した。その上清 5 mL とスキムミルク 1% 溶液 5 mL を試験管に添加、攪拌し、その混合溶液を振とう (130 rpm, 60 °C, 24 時間) しながら反応させ、濁度法<sup>2)</sup>により吸光度 (660 nm) を測定した。実験は菌株単体のものと複合させたものの計 7 条件を検討した。

#### 2.3 カゼイン水溶液の遊離アミノ酸量分析

2.2 と同様の方法で実験し、その最終溶液をポリ容器に分注し、一般財団法人日本食品分析センターに分析依頼した。なお、MU3 株および Kn21 株の単体と MU3・Kn21 株の複合条件で実験した。

### 3. 結果と考察

スキムミルク 1% 水溶液のタンパク質分解実験を行った結果 (n=3) を図に示した。コントロールと比較し、KK14 株単体を除く 6 条件の濁度は有意に減少した。また、最も濁度が減少したのは MU3 と Kn21 株の複合サンプルであった。単体サンプルと複合サンプルを比較すると、比較的複合サンプルの方が減少する傾向が見られ、単体よりも複合の方がより効率的にタンパク質を分解できる可能性を示唆する結果となった。

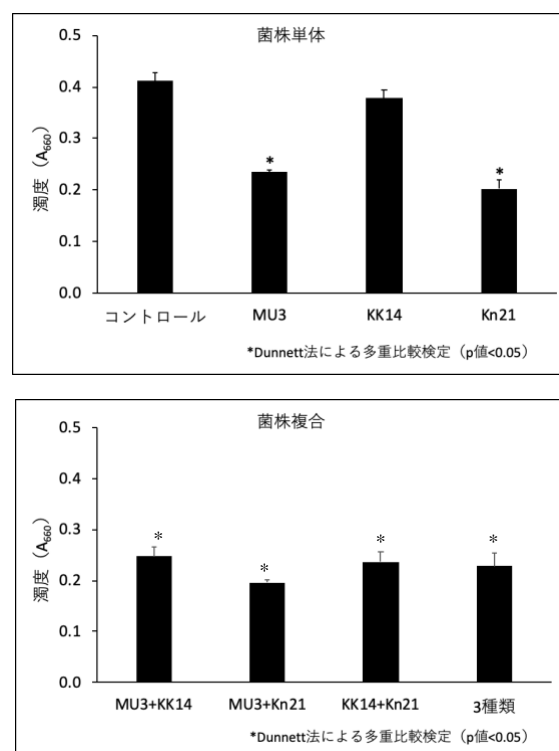


図 スキムミルク分解実験結果

### 参考文献

- 1) 安藤・米元 (2011) サツマイモ焼酎粕からの機能性糖の抽出による健康食品の創製-機能性糖の抽出条件および工業的製法の検討-, 鹿児島県工業技術センターNo.25
- 2) 富岡・丸山 (2017) プロテアーゼの作用を短時間で視覚的に示す実験方法の開発, 科学と教育, 65 巻 8 号

キーワード バイオマス, タンパク質分解, 好熱菌

# インドネシアにおける ESD 実施および環境意識調査

## Environmental consciousness survey for ESD implementation in Indonesia

○谷川彩実<sup>1</sup>, 蒲原新一<sup>3</sup>, 早瀬隆司<sup>2</sup>, 中道隆広<sup>3</sup>, 石橋康弘<sup>1</sup>  
(1.熊本県立大学, 2.長崎大学, 3.長崎総合科学大学)

### 1. はじめに

21 世紀において人類は地球環境問題、資源保全、人口増加問題、地域紛争やテロなど様々な世界的課題に直面している。これらの課題は、現在の開発が持続不可能であることを示し、持続可能な社会システムへの移行が重要であることを示唆している。2015 年 9 月の国連サミットでは、持続可能な社会の構築のために 17 の目標を定めた「持続可能な開発目標 (SDGs)」が採択された。その中の目標 4 の「教育」は、17 の目標すべての達成に貢献するものであり、この目標 4 のターゲット 4.7 に「持続可能な開発のための教育 (ESD)」が明示されている。ESD は SDGs の達成に直接・間接的関わる重要な活動であり、現代社会の課題を自らの課題として捉え、身近なところから取り組むことにより、それらの課題の解決につながる新たな価値や行動を生み出すこと、そしてそれによって持続可能な社会を創造していくことを目指す学習や活動のことである。また、ESD はさまざまな分野にまたがる活動であるため、環境、経済、社会の統合的な発展に寄与するものであると考えられる。

そこで、本研究では、ごみ問題が深刻なインドネシアにおいて、ごみの分別方法および回収方法を試験的に導入し、対象地域の住民のごみに対する問題意識および環境保全に対する関心について調査した。ごみの分別方法および回収方法導入前後の対象地域の住民のごみに対する問題意識や環境保全に対する関心と行動の変化について明らかにすることを目的とした。

### 2. 調査方法

#### 1) 調査地域

インドネシア共和国を対象国とし、その首都であるジャカルタ特別州の南ジャカルタ市のレンテンアグン (Lenteng Agung) 地域の第 9 町内会を調査対象地域とした。なお、この第 9 町内会は、ジャカルタ特別州の環境清掃局の職員住宅のある地域であり、住民全員がジャカルタ特別州の環境清掃局の職員およびその家族が居住しており、様々な環境活動が地域内で実施され、「Climate village」と呼ばれている。

#### 2) 調査方法

調査は記述式のアンケートにより行った。調査地域を

訪問してアンケートを依頼し、後日回収を行った。質問内容は、回答者の属性 (性別、年齢、学歴)、ごみの分別に関する質問、および環境保全に関する質問である。調査対象者は調査対象地域の住民とし、各家庭に 1 部配布することとした。アンケートは日本語で作成した後、英語およびインドネシア語に翻訳を行った。

### 3. 結果および考察

アンケートは 2018 年の 8 月および 11 月の 2 回実施し、回収率は 55.9% (8 月) および 85.5% (11 月) であった。8 月のアンケートは英語で記述したため、回収率が低くなったが、11 月の調査はアンケートをインドネシア語で記述したため、高い回収率となったと考察された。98.7% の住民が環境保全に興味があると回答し、88.0% の住民が環境保全活動を実施していると回答し、「Climate village」と呼ばれている地域であることが改めて確認できた。また、ESD やエコツーリズムという言葉を知っているかとの間に対しては、住民の約 60% が知っているまたは単語だけと回答し、学歴が高くなるとその割合が高くなっていた。今回のアンケート調査では、ジャカルタ特別州の南ジャカルタ市のレンテンアグン地域の第 9 町内会の住民は環境意識、エコツーリズムに対する意識が高いことが確認された。また、最終学歴が高いほど環境意識、エコツーリズムに対する知識が高いことが示された。

### 参考文献

- 1) Nea Pakarinen (2015) Transition Practices: Education for Sustainable Development in Ecotourism, Master thesis in Sustainable Development 267.
- 2) Yuejun Zheng (2010) Association Analysis on Pro-Environmental Behaviors and Environmental Consciousness in Main Cities of East Asia, Behaviormetrika, Vol.37 No.1, 55–69
- 3) Manuel Jiménez-Sánchez, Regina Lafuente (2010) Defining and measuring environmental consciousness, Revista Internacional de Sociologia, Vol.68 No.3, 731-755

キーワード 環境意識, 持続可能な開発のための教育, SDGs

# 藻類の遅延発光試験を用いた排水管理手法の検討

## Study on wastewater management method using delayed luminescence test of algae

○伊津野美貴<sup>1)</sup>、竹内彩乃<sup>2)</sup>、勝又正和<sup>2)</sup>、石橋康弘<sup>1)</sup>  
1)熊本県立大学、2)浜松ホトニクス株式会社中央研究所

### 1. 背景および目的

現在、排水管理は水質汚濁防止法により定められた特定の化学物質（排水基準項目）を対象とした個別の化学物質の濃度分析により行われている。しかし、この手法では排水基準項目に指定された各々の物質の濃度による評価はできるが、毒性情報が未知のものや排水規制に至らない化学物質が排水中に含まれている可能性があり、これら化学物質の水環境中への放出による水生生物への影響が懸念される。そのため、このような排水管理の現場では物応答を利用した排水管理手法（WET：Whole Effluent Toxicity）が提案されており、多種の化学物質を一統として評価することが可能で、既に米国などで採用されている<sup>1)</sup>。

本研究は排水基準と遅延発光試験による毒性発現レベルの比較のための基礎的データの収集を目的としており、これまで、重金属単体の毒性評価および複合試験を実施した<sup>2)</sup>。今回は、大学構内及び大学病院から発生した実排水サンプルの毒性評価を行った結果について報告する。

### 2. 実験方法

本試験で用いた藻類は *Pseudokirchneriella subcapitata* であり、OECD（藻類成長阻害試験）で推奨されている代表的な供試藻類であり、多くの毒性試験で用いられている。また、培養液は OECD 培地を採用した。藻類（ $20 \times 10^6$  cell）は藻類懸濁液として -80℃ で凍結保存されており、凍結藻類キット解凍装置により解凍後、9.6 mL の OECD 培地を含んだガラスチューブ（25 mm<sup>2</sup> × 85 mm）に約 400 μL（0.4 mL）の藻類懸濁液を注入し、1 時間前培養を行った（24 ± 1℃、50 μmol/m<sup>2</sup>/s）。前培養後、サンプルと OECD 培地、藻類 500 μL をチューブに注入し、培養（24 ± 1℃、50 μmol/m<sup>2</sup>/s）を行い、曝露時間 3、24 時間後に発光量を計測した。

サンプリングは自然科学系学部のあるキャンパスと大学病院の 6 か所でサンプリングを行った。

### 3. 結果

病院キャンパスからの排水を 40%、80% に希釈したサ

ンプルは、コントロール区（0%）と比較して発光量が有意に減少し、光合成の阻害が確認された（図 1）。この地点では機器分析の結果でもヘキサン抽出物の値が基準値を超えていたため、その影響が考えられる。

また、自然科学系学部の実験系排水でも 80% 区においてコントロール区と比較して発光量の有意な減少が確認された（図 2）。

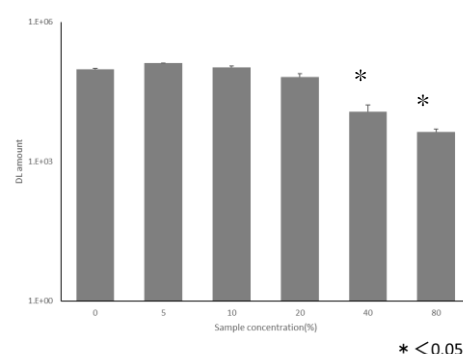


図 1. 大学病院構内排水による発光量

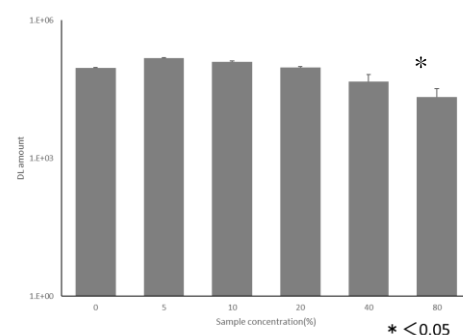


図 2. 自然科学系学部実験排水による発光量

### 4. 参考文献

- 1)USEPA (2004) WET Implementation Guidance, EPA 832-B-04-003.
- 2)Omigari.R.,Takeuchi.A,Katsumata.M.,Nakamura.M,Arizono.K,Ishibashi.Y.: Toxicity effects of heavy metals on Delayed Luminescence in the green alga *Pseudokirchneriella subcapitata*. Academic Concentration of Environmental Safety and Waste Management, Japan 8(3), 2017.

キーワード：遅延発光，排水，生態影響評価

# ディスポーザー排水処理槽汚泥からのエネルギー回収に関する環境評価 Environmental evaluation on possibility of energy recovery from sludge of disposer waste water treatment system

北九州市立大学 ○金友舞香, 藤山淳史, 松本亨

## 1. はじめに

ディスポーザー排水処理システムとは、ごみを台所のシンクの下に設置したディスポーザーで粉碎し、生物処理槽（以下、ディスポーザー処理槽）で処理を行った後に公共下水道に放流する仕組みである。ディスポーザー処理槽に貯まった汚泥は定期的に回収された後、し尿処理施設等で脱水・焼却処理されている事例が多い。生ごみ由来の汚泥は有機物を含んでおり、バイオガス化によりエネルギーを回収できる可能性を有しているが、現状では必ずしも有効活用されていないのが現状である。

本研究では、マンションに設置されているディスポーザー処理槽から汚泥を採取し、性状およびバイオガス発生量を把握する実験を行うとともに、そのデータを用いてエネルギー回収と温室効果ガス（以下、GHG）排出量削減の観点から、ディスポーザー排水処理システム由来の汚泥のバイオガス化の可能性について検討を行った。

## 2. 実験

採取した汚泥については、基礎データとして汚泥の全固形物量、揮発分の分析を行うとともに、メタンガス発生ポテンシャルを把握するためのバイオガス発生実験を約1ヶ月間行った。実験を行った結果、今回対象としたサンプルのバイオガス発生量は662mL-CH<sub>4</sub>/g-TSであった。

## 3. シナリオ解析

設定したシナリオを図1に示す。解析については汚泥サンプルを採取したマンション（49戸）で年に1回の引き抜きの際に引き抜かれた汚泥を含む汚水量（7m<sup>3</sup>）あたりのエネルギー収支とGHG排出量を解析し、比較を行った。

実験で得られたデータを用いて、エネルギー収支の面からシナリオ解析を行った結果を図2に示す。シナリオ2において、エネルギー消費量は消化過程で汚泥の固形物量が低下し、焼却時の消費エネルギー量が小さくなったことが影響し、シナリオ1に比べて小さくなったものと考えられる。また今回設定したシナリオでの比較においてはディスポーザー処理槽汚泥のバイオガス化で得

られるエネルギー量は、消費エネルギー量を上回る可能性があることが示唆された。

次に、シナリオ解析における GHG 排出量の結果を図3に示す。シナリオ1に比べシナリオ2の汚泥処理過程における GHG 排出量は減少することがわかった。

## 4. まとめと今後の展望

本研究では、ディスポーザー処理槽由来汚泥の性状分析とバッチ試験によってメタンガス発生量を把握するとともに、バイオガス化によるエネルギー回収の可能性について検討を行った。その結果、今回設定したシナリオはバイオガス化によるエネルギー回収のポテンシャルを有している可能性があることが示唆された。今後は既存のバイオガス化施設にディスポーザー処理槽汚泥を投入することを想定した解析へ展開する予定である。

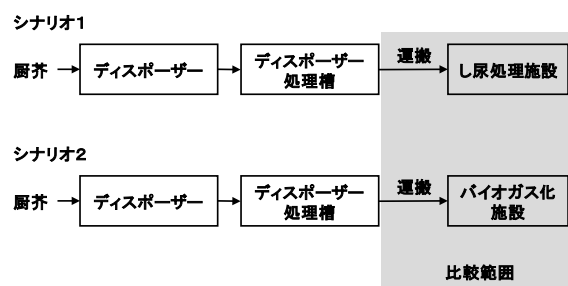


図1 シナリオの設定

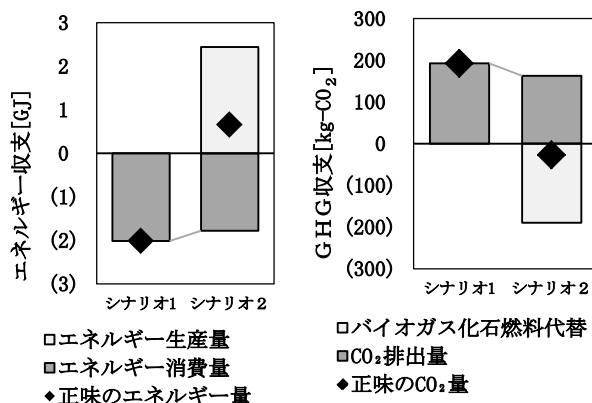


図2 エネルギー収支の比較結果

図3 GHG 排出量の比較結果

キーワード 生ごみ, バッチ試験, GHG 排出量



# 小規模普及型メタン発酵システムの稼働状況と今後の展望

## Operating Situation and Future Prospects of a Small-scale, Distributed Anaerobic Digestion System

豊橋技術科学大学 応用化学・生命工学系 ○永幡 正憲, Farida Hanum, 熱田 洋一, 大門 裕之

### 1. はじめに

本研究は、メタン発酵システムの普及に向け、国内の養豚農家の過半数を占める中規模養豚農家を対象とした経済性を考慮した小規模普及型メタン発酵システムを開発<sup>1)</sup>し、4ヶ所の養豚農家と1ヶ所の農業協同組合に導入し、約3年間稼働した結果について報告する。さらに、本システムの今後の展望としてメタン発酵の阻害物質であるアンモニアを発酵槽内から除去するシステムを考案した。本研究では、実機で得られたバイオガス発電実績などの稼働状況とラボスケールのアンモニア除去システムの概要および小規模普及型メタン発酵システムの今後の展望を示す。

### 2. 方法

豊橋市の養豚農家（母豚100頭）へ導入した小規模普及型メタン発酵システムの月別バイオガス発電量を2016～2019年の3年間調査した。

アンモニア除去装置は、疎水膜としてポアフロ<sup>®</sup>ンチューブ（TB1008, 住友電工ファインポリマー(株)）を消化槽内へ通し、回収液として温水を流すことで遊離アンモニアが疎水膜を透過し消化液から回収・除去できる仕組みである（図1参照）。

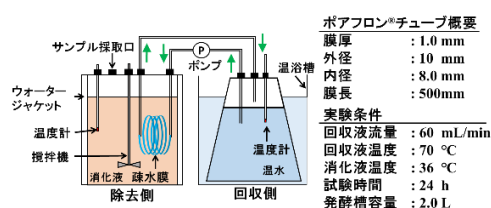


図1 消化液中のアンモニア除去装置概要図

### 3. 結果

小規模普及型メタン発酵システムの月別バイオガス発電量を図2に示す。発電量が8,000 kWh以下の月では発酵槽の立ち上げやメンテナンスにより発電量が低いため、これらを除外した平均発電量は11,200 kWh/月となった。再生可能エネルギー固定買取制度に従い、年間売電収入を算出すると約520万円であり、本システムは約9年で設備導入費の減価償却が見込まれる。

消化液中のアンモニア態窒素濃度の変化を図3に示す。24時間で約30%のアンモニア態窒素が消化液から疎水膜を透過し回収・除去された。

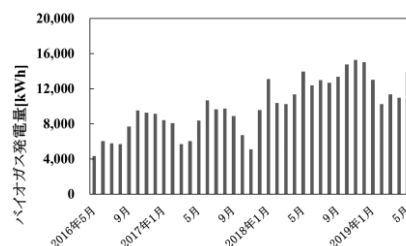


図2 メタン発酵システムの月別バイオガス発電量

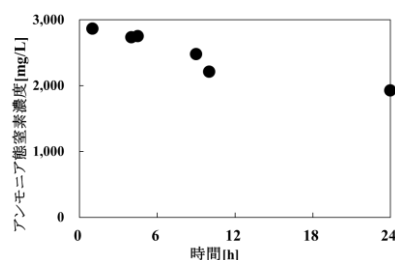


図3 消化液のアンモニア態窒素濃度変化

### 4. まとめ

本研究で小規模普及型メタン発酵システムのバイオガス発電量から設備導入費の減価償却期間を示すことができた。さらに、疎水膜を用いて消化液中のアンモニア除去の可能性が示された。今後の展望として、アンモニア水溶液を用いた生物脱硫装置、基質のpH調整剤として食品循環資源を利用したメタン発酵の添加剤と生物脱窒処理の脱窒反応を促す添加剤の技術を適用し、本システムの改善を行う。

### 参考文献

- 1) 高崎力也・山田剛史・西村宗樹・蒲原弘継・熱田洋一・大門裕之（2019）中規模養豚農家における小規模普及型メタン発酵システムの導入効果，廃棄物資源循環学科論文誌，Vol. 30，95-102

キーワード メタン発酵システム，養豚農家，再生可能エネルギー

# IoT センサを用いた生ごみ堆肥化装置内の発酵物堆積状況把握と収集運搬の効率化 Understanding Fermented Material Accumulation Situation of Composting Equipment of Food Waste by Using IoT Sensor and Improvement of Collection Efficiency

北九州市立大学 ○前田桜我, 松本 亨, 藤山淳史

## 1. はじめに

近年、モノとモノとをインターネットを介して接続する IoT (Internet of Things) の活用が様々な分野に広まっており、廃棄物処理・リサイクル分野においても効率化や省人化などの点から注目されている。先行事例として、京都府における廃プラ及び下水汚泥の回収実証 (2017 年度) 等があるが、これらの試行はまだ緒に就いたばかりであり、今後多くの実証のもと、知見を蓄積していくことが必要である。

本研究では、食品残渣のオンサイト処理装置を対象に、一次発酵後堆肥の回収効率化を想定した。装置内に蓄積された一次発酵物は、排出事業者からの連絡を受け引き抜きを行い、北九州エコタウンに立地するリサイクルセンターへ運搬し、そこで二次・三次発酵を行うという流れになっている。排出事業者の依頼に基づく個別輸送となるケースが多く、定期的に回収を行っている比較的大規模な排出事業者についても、最適なタイミングとルート of 運搬となっていないと考えられる。そこで、IoT センサを用いた回収のタイミングと運搬ルート、さらに混載を含めた効率化を検討した。そのため、攪拌・発酵により時間とともに変化する堆積物に対するセンシング実証を行うとともに、過去の運搬実績データを用いて効率化のシミュレーションを行い、CO<sub>2</sub>排出量の削減効果を試算した。

## 2. IoT センサによる堆積量の把握手法

生ごみ堆肥化装置のフタ部に IoT センサを設置し、堆積物までの距離を測ることで装置内の堆積状況の把握を行った。排出事業者に投入時刻及び重量の記録を依頼し、センサでの測定結果と照合することで、一次発酵物の堆積状況の把握と堆積予測式の取得を行った。システムの概要を図 1 に示す。



図 1 センシングシステム概要

## 3. 堆積量予測にもとづく運搬効率化

### 3.1. 計算条件

処理事業者は、福岡県内外の 20 の排出事業者に生ごみ堆肥化装置を設置している。これらは、3 ヶ所の大規模排出事業者、2 ヶ所の中規模排出事業者、15 ヶ所の小規模排出事業者で構成される。処理事業者が保有する 2 t トラックを使用し、以下 2017 年 12 月から 2018 年 11 月までの 1 年間の実績を用いた。

ケース 1: 20 の排出事業者を個別に収集

ケース 2: 収集実績 (大規模事業者は個別輸送、それ以外は適宜共同輸送)

ケース 3: 排出事業者の実績より線形回帰にて堆積量を予測し、タイミングとルートの最適化 (共同化を含む)

具体的な計算条件は以下のとおりである。

- ・大規模排出事業者は個別輸送でタイミング最適化
- ・中規模排出事業者は 2 事業者で共同輸送
- ・小規模排出事業者は 15 事業者で共同輸送
- ・回収頻度は予測にもとづき最適な頻度を推計

### 3.2. 計算結果

計算結果を図 2 に示す。ケース 1 と比較して、ケース 2 は 17.9%削減、ケース 3 は 46.1%削減される結果となった。このことから、堆積量の把握による事前予測が、運搬効率化に有効であるといえる。

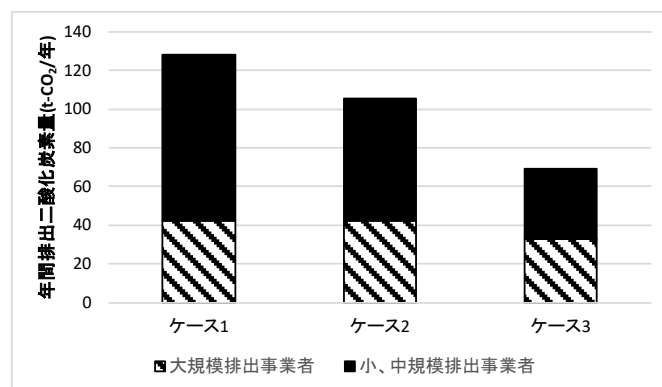


図 2 各ケースにおける二酸化炭素排出量

キーワード IoT, 生ごみ, 運搬効率化

# 熊本県内におけるバイオマスの基礎的データ収集及び事業性評価 Basic data collection and feasibility evaluation of biomass in Kumamoto prefecture

○高崎春花<sup>1</sup>, 甲斐穂高<sup>2</sup>, 薬師寺佑佳<sup>1</sup>, 中道隆広<sup>3</sup>, 石橋康弘<sup>1</sup>  
(熊本県立大学<sup>1</sup>, 鈴鹿工業専門学校<sup>2</sup>, 長崎総合科学大学<sup>3</sup>)

## 1. はじめに

わが国における産業廃棄物の排出量は年々増加傾向にある。産業廃棄物の総排出量は3億9,119万tとなっている<sup>1)</sup>。業種別・種類別でみると、業種別では製造業、電気・ガス・熱供給・水道業、農業・建設業の順で多い。また、種類別では汚泥、動物の糞尿、がれき類の順で多い。

熊本県の産業廃棄物の排出量は、平成25年度での総排出量は約7,114千tとなっており、種類別で見ると、動物の糞尿が2,961千t、汚泥1,982千t、がれき類1,118千tとなっている。そのうち3,702千tが再生利用され、178千tが最終処分されている<sup>2)</sup>。熊本県内では、平成24年に「熊本県バイオマス活用推進計画」を策定し、国のバイオマス活用推進計画を受けた県計画であるとともに、熊本県環境基本計画の下位計画に位置づけられている<sup>3)</sup>。また、熊本県は県内で発生する下水汚泥は、現在、一部は消化施設によりバイオガスを得て、熱利用されているが、それ以外の下水汚泥は焼却処理されている状況にあるため、将来的には全て資源として再利用し、バイオガス発電によりエネルギー利用できる。熊本県内の下水汚泥を利用したバイオガス発電が推進されれば、バイオマス産業の発展と、国内の下水汚泥の資源化ができ、持続可能な社会の構築に貢献できると考える。

本研究は熊本県内で発生するバイオマス資源の賦損量および利用可能量、熊本県内の発電機連携制約等の基礎的データを収集し、熊本県内で効率よくバイオマス発電ができる地域を提案することを目的とし、今回は熊本県内で排出される下水汚泥の賦損量及び利用可能量の調査結果から試算された事業性について評価した結果を報告する。

## 2. 実験方法

以下に示した内容を調査することにより、熊本県内で排出される廃棄物系バイオマスの基礎的データ収集と事業性評価を実施する。

### 1) バイオマス資源の賦損量および利用可能量

熊本県内で発生する下水汚泥の賦損量および利用可

量を自治体から公表されたデータにより調査する。

### 2) バイオマス資源の物性評価

熊本県内の下水汚泥の含水率及び熱量等の測定を行い、その物性について明らかにする。

### 3) バイオマス資源含有有機物量測定

熊本県内の下水汚泥に含まれる有機物量をCODcr法により測定する。

### 4) 可溶化試験

熊本県内から発生した代表的な下水汚泥をサンプルとして、可溶化試験を実施する。

## 3. 結果

下水汚泥及び集落廃水汚泥の賦損量を図1に示した。熊本県内で発生した下水汚泥の賦損量を元にバイオガス発電の事業性について試算した結果、十分に事業性があることが示されたが、利用可能量についてのデータの入手が不十分であるため、今後検討を要する。

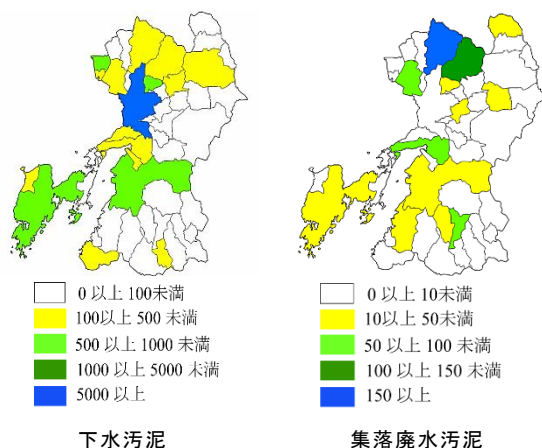


図1 下水汚泥及び集落廃水汚泥の賦損量

## 参考文献

- 1) 環境省「産業廃棄物の排出及び処理状況等（平成27年度実績）」について
- 2) 平成30年度（2018年度）版（平成29年度（2017年度）のまとめ）「熊本の環境」～環境白書～
- 3) 「熊本県バイオマス活用推進計画」の策定について

キーワード バイオマス、メタン発酵、可溶化

# 富士山ハリモミ林の枯死の原因を探る

## Investigate the cause of death of Mt.Fuji Picea.polita Forest

山梨英和高等学校 ○五味真奈美, ○中川春菜, 山本紘治

### 1. 目的

富士山の東部鷹丸尾溶岩流上の温帯(山地帯)に広がるハリモミ林は国の天然記念物に指定されている。この純林が年々衰退を続けていることを知った。ハリモミは枯死するとアカマツなどの針広混交林になることが分かっている。仮説としてハリモミは寿命のため一時的に枯死し、実生が成長した後、回復すると考えた。そこで遷移の際の土壌動物の変化とハリモミ林の現在の状況を探ることにした。

### 2. 調査方法

現地で、ハリモミの生育している地点 (A 地点)、枯死している地点 (B 地点) (図 1)、B 地点よりさらに枯死の進んでいる地点 (C 地点) かつてはハリモミだったが枯死したのちアカマツになった地点 (D 地点) としてそれぞれの土壌を採取した。それらをツルグレン装置にかけて土壌動物を抽出し顕微鏡で観察し同定した。さらに各地点の土壌を燃焼させ土壌中の有機物の量をはかった。また林全体のハリモミの本数を生育しているもの、枯死しているものに分けて数えた。

### 3. 結果および考察

調査で得た土壌動物の個体数をもとに多様度類似度を求め、4 地点ごとに個体数ピラミッドを作成した。個体数ピラミッドの形は A 地点と D 地点では似ていたが、土壌動物種の類似度は低かった。A 地点から B 地点に遷移すると 1 次消費者の個体数が減り、B 地点から C 地点に遷移するとさらに個体数は減り、C 地点から D 地点に遷移すると個体数は増え、個体の種類が A、B、C 地点に比べて変わっているということが分かった。

一次消費者の多様度は枯死している地点は低くなっていると予想したが、どこの地点も高かった。多様度が高いということ、つまり種が保存されているということが枯死からの回復の鍵になると考えた。

数えた木の本数と生育している実生(図 2)の割合から今後のハリモミの本数を予測したグラフを作成した。今から 20 年間は減少を続けるが、それ以降は回復して

いくと考えられた。なお、枯死したハリモミの頂芽から枯れていることから、水分不足の可能性もある。



図 1 枯死した地点での土壌採取



図 2 枯死した地点で実生が確認できた

### 4. 結論

ハリモミが枯死して全滅するという事は考えられない。また枯死している地点でも土壌動物の種は保持されている。

### 参考文献

- 1) 青木淳一 (1990), 「日本産土壌生物 - 分類のための図解検索」
- 2) 林野庁 (1997), 「山中のハリモミ純林の衰退抑制・復元対策 調査報告書」
- 3) 山梨大学生物教室同窓会 (2007) ハリモミ林植樹祭資料
- 4) 山中湖村役場パンフレット

キーワード ハリモミ, 富士山, 枯死, ササラダニ



# 水生生物による須玉川と平等川の水質評価

## An evaluation of the Sudama River and the Byodo River by aquatic animals

山梨英和高等学校 ○安藤千恵梨, ○中澤志歩, 山本紘治

### 1. 目的

二つの河川を標高の高い順から低い順に上流・中流・下流・最下流に分け、年間を通じて春夏秋冬の水質の物理化学的、生物的調査を実施し、2つの河川の水質を評価することが目的である。

### 2. 調査方法

#### (1) 調査河川および調査地点

①平等川（笛吹川支流，市街地甲府盆地東方を南下）  
上・中・下・最下流地点 山梨市落合から甲府市まで

②須玉川（富士川支流 農産地甲府盆地に流下）  
上・中・下・最下流地点 北杜市高根町清里から韮崎市中田町まで

#### (2) 調査項目

気温，水温，流速，COD，pH，  
各種濃度（リン酸，硝酸，亜硝酸，アンモニア）

#### (3) 生物的調査方法

①調査時 各地点春夏秋冬の4回の調査

②水生生物の捕獲調査 水生動物種（ミズダニ属）  
（図1）

）

### 3. 仮説

須玉川、平等川ともに水生動物の多様性は大きい。  
下流になるにしたがって水質の汚染が比例的増加している。ミズダニの繁殖時期は須玉川は春から夏、平等川は冬から春である。

### 4. 結果

(1) 須玉川、平等川共に水生生物、ミズダニの多様度が高く，多様性の豊かさが示された。

(2) 水生生物のスコアでは2つの川にはっきり差が出た（図2）。ミズダニの場合は、各流域とも須玉川が高いものの「良好」という評価で差がなかった。

(3) 須玉川、平等川共に冬から夏にかけて種類（属数）、個体数が増加した。

### 5. 考察

個体数、種類数とも須玉川が少ない。

水生生物、ミズダニともに産卵期と孵化期が春であり、春は水環境が豊かということになる。pH、リン酸、硝酸などの濃度が生物にとって適当であるといえる。

2つの川のミズダニのスコアの差が小さいため、スコアの出し方には、まだ検討する余地があるといえる。今後繰り返し調査を重ねることで、評価の精度を高めていきたい。

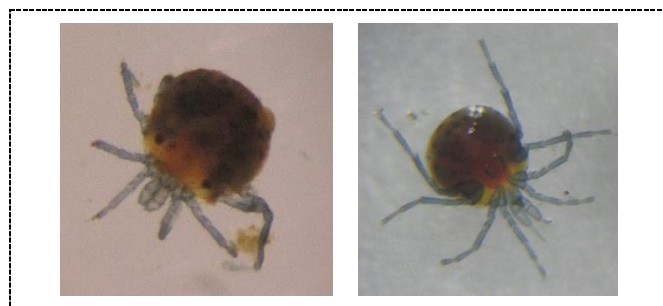


図1 ヨロイミズダニ属、マルケイリュウダニ属

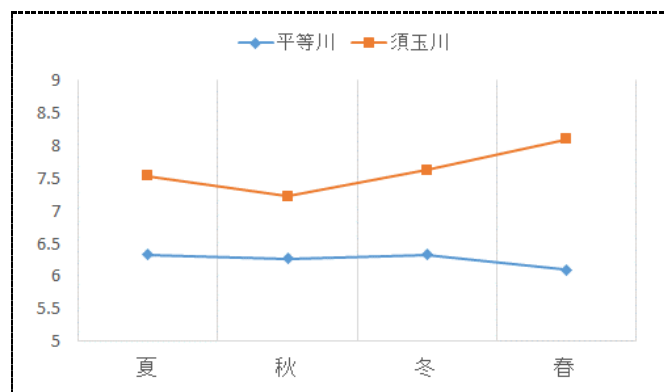


図2 水生生物によるスコア

### 参考文献

- 1) 津田松苗 (1962) 水生昆虫学，北隆館
- 2) Matunae Tuda, (1962), Aquatic entomology, Hokuryuukann
- 3) 環境省 (2017) 水生生物による水質評価マニュアル
- 4) Ministry of the Environment (2017), Water quality evaluation method manual by aquatic organisms

キーワード ミズダニ 多様度 スコア

# イソシアネート測定のためのジブチルアミン含浸シリカゲルサンプラーの開発と汚染実態調査

## Development of silica gel sampler impregnated with dibutylamine for isocyanate measurement and survey of contamination

静岡県立大学 ○深澤英、王齊、徳村雅弘、三宅祐一、雨谷敬史

### 1. 序論

イソシアネートはポリウレタンの原料の1つであり、マットレスや断熱材などの工業製品に利用されている物質である。近年、イソシアネートを含む製品の増加に従い、作業場だけでなく、一般家庭においても曝露される可能性がある。本研究では、これらの環境でイソシアネートをスクリーニング的に測定するために、イソシアネートの誘導体化試薬であるdibutylamine (DBA) を含浸させたシリカゲルを用いたサンプラーを開発し、このサンプラーを用いて、一般住宅における汚染実態調査を行った。

### 2. 実験方法

#### 2.1. サンプラーの作成

シリカゲル (Wakogel C-200) を 25 g 分取し、DBA を溶解したアセトニトリル 50 mL (2 mg/mL) に含浸させた後、ロータリーエバポレーターで溶媒を除去し、DBA をシリカゲルに担持させた。このシリカゲルを 350 mg 分取し、カートリッジに充填し、DBA 含浸シリカゲルサンプラーを作製した。



図 1. 開発したサンプラー

#### 2.2. サンプルング

4ヶ所の一般住宅を調査対象として、玄関、寝具付近とリビングでサンプルングを行った。サンプルング方法については、サンプラーをミニポンプ（柴田科学製）に接続し、流速  $0.3 \text{ L min}^{-1}$  で 24 時間室内空気を吸引した。吸引後のサンプラーは 5 mL のアセトニトリルで抽出を行った。本実験では isocyanic acid (ICA)、methyl isocyanate (MIC)、ethyl isocyanate (EIC)、propyl isocyanate (PIC)、phenyl isocyanate (PhI)、hexamethylene Diisocyanate (HDI)、toluene diisocyanate (TDI)、diphenylmethane diisocyanate (MDI)、isophorone Diisocyanate (IPDI) を対象物質とし、内標準物質として、これらの重水素ラベル化の物質を使用した。分析は LC-MS/MS で行った。

### 3. 結果、考察

本実験では揮発性の高い ICA、MIC、EIC と PhI が検出され、それぞれ検出率は 100%、95%、24%、100% であった。ICA は、 $23 - 206 \text{ ng m}^{-3}$  である（図 2）が、MIC、EIC と PhI は  $1 \text{ ng m}^{-3}$  以下であり（図 3）、物質により室内濃度が大きく異なった。EIC が検出されたサンプルでは、サンプリング付近で部屋干しを行っていたため、洗濯物が EIC の発生源の 1 つであることが示唆された。近年では一部の柔軟剤に、ポリウレタン製のマイクロカプセルが使用されているため、マイクロカプセル中の未反応のイソシアネートがマイクロカプセルの破裂時に排出された可能性があるが、今後、詳細な検討が必要である。

一方、TDI、MDI はポリウレタン製品の原料として多く使用されているが、今回調査した住宅では検出されなかった。

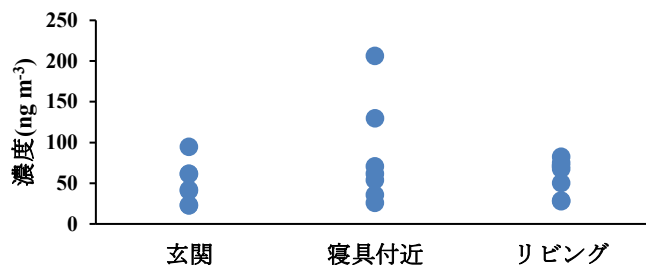


図 2. 測定場所による ICA の濃度

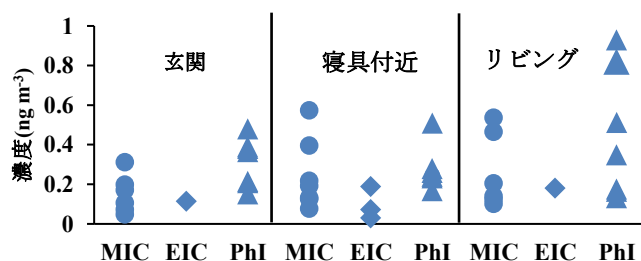


図 3. 測定場所による MIC, EIC, PhI の濃度

キーワード イソシアネート ジブチルアミン  
シリカゲル



# 仮想的放射線リスクラベルに関する行動経済学的研究 Behavioral Economics Research on Hypothetical Radioactive Risk Label

獨協大学経済学部 ○八武崎翔太（3年生），順井達哉（3年生），寺田奈央（3年生），常盤ひかり（3年生）

## 1. 背景

東北大震災以降，放射線リスクのモニタリングが行われ，福島県庁ウェブサイトによれば，2019/5/31 現在での農林水産物は2件の水産物（河川・湖沼）を除いて食品衛生法に基づいた基準値を超えないことが確認された．一方で，消費者庁ウェブサイトによれば，東北産品に対する風評被害は2013年2月には27.9%，2019年2月には15.6%と減衰しているものの根強く残る．半杭（2013）のリスクコミュニケーション研究ではスライドショー資料の科学的知見提供で消費者の行動変容可能性が示唆されたが，より継続的かつ費用効率的な風評被害払拭が求められる．

一方で，国外の食品ラベルにおいて，消費者の情報処理負担を減らす試みとして，赤・黄・青という信号色（traffic light colors）で食品の健康基準値超過度を表現するラベルがある．離散選択実験（Discrete Choice Experiment: DCE）と視線計測装置を併用した Ares ら（2014）の研究によれば，食品に対する信号色ラベルは，直観的な選択行動者でも熟慮的な選択行動者でも同様にラベル情報の処理を行っているという結果が示唆された．そこで本研究では，信号色を含めた仮想的放射線リスクラベルが風評被害払拭に資するかどうかを検証するため，会場集合型の DCE を行った．

## 2. 調査設計

仮想的に放射線リスクラベルを含めた図1のような DCE 選択セットを構築した．2019/5/27~5/31 に東北大学大学院生12名，獨協大学法学部生11名に質問紙の文言チェックを含めたプレテストを実施し，本調査はサンプルの同質性や説明と同意の確実性を確保するため，20歳以上の6/21に獨協大学経済学部生16名に実施した．

現実的選択に近づけるため，評価対象財は大学食堂のグリーンサラダ（きゅうりと国産ブロッコリー・国産リーフレタス）とし，属性をきゅうりの産地（海外産，福島県産，岩手県産，大学設置県産），放射線リスク（情報表示なし（現状），1mSv/年，5mSv/年，50mSv/年），ドレッシング（自分でアレンジ，和風（味付け済），洋風（味付け済），中華風（味付け済）），内容量（80g，100g，120g，140g），消費期限（情報表示なし（現状），残り18時間，残り27時間，残り36時間），価格（80円，100円，120円，140円）とした．なお，調査時点で獨協大学食堂では産地表示なく味付け済80円で提供されており，それをもとに現実的に設計している．放射線リスクは内部被曝について不明な点が多いが，日本の環境基準値と ICRP の下限値，上限値が選択時にわかったら，という想定のもとで設計した．

信号色の影響を調べるため，統計解析環境 R で発生した疑似乱数によるランダム割当によってテキスト情報のみと信号色付の群に分け，分析には条件付ロジットモデルと信号色付ダミー変数を用いた．

## 3. 分析結果

紙幅の都合上，図2にきゅうりの産地・放射線リスクラベルのみの結果を示す．まず，福島県産は海外産と同様の評価を受けていた．また，日本の環境基準値の1mSv/年や ICRP の国際基準の5mSv/年は，その順に高く評価を受け，信号色が付くことによって極めて大きく評価が高まり，信号色ラベルの有効性が示唆された．

属性	選択肢1	選択肢2	選択肢3	選択肢4
内容 ・きゅうり ・国産ブロッコリー ・国産リーフレタス				
きゅうりの産地	大学設置県産	大学設置県産	海外産	福島県産
放射線リスク	5mSv/年	50mSv/年	1mSv/年	情報表示なし（現状）
ドレッシング	和風（味付け済）	和風（味付け済）	和風（味付け済）	洋風（味付け済）
内容量	140g	100g	140g	140g
消費期限	残り18時間	残り27時間	残り27時間	残り27時間
価格	100円	120円	100円	140円
最も望ましい選択肢を☑	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> 選べない（得られる満足度が近すぎる）	<input type="checkbox"/> わからない		

図1 選択セット例（信号色付）

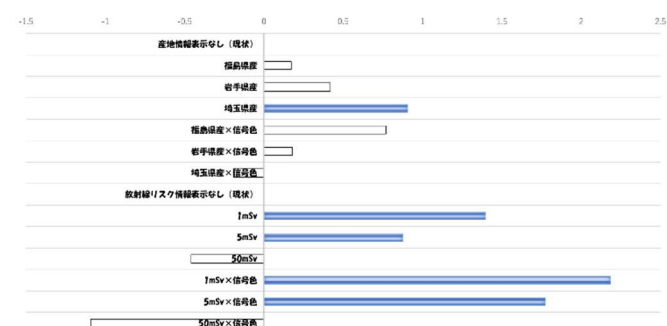


図2 分析結果（抜粋）

注：白ぬきは10%水準で有意でない属性

キーワード 放射線リスク，風評被害，信号色ラベル，離散選択実験，会場集合型アンケート

# 排水中の生活由来化学物質の環境負荷低減対策技術の開発 Degradation of Pharmaceuticals and Personal Care Products in Wastewater

静岡県立大学 ○鰐川 雅花, 村松 孝亮, 徳村 雅弘, 王 齊, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和

## 1. はじめに

生活由来化学物質の一部は難生分解性であり、現在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、処理水中に残留した生活由来化学物質が水環境中へ放出され、その影響が懸念されている。

排水中の生活由来化学物質の除去法として、促進酸化法が注目されている。しかし、分析技術の課題から、分解実験における除去対象物質の初期濃度が、実環境中と比較して高濃度であることが多い。処理性能を正確に評価するためには、実環境中濃度レベル（低濃度）での実験が必要である。また、分解実験において、分析前処理や分析中の分解反応を抑制する必要があるが、定量的に評価した研究は限られている。

本研究では、ジクロフェナク（DCF）と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た分解実験における反応停止法の検討および分解実験を行った。

## 2. 実験方法

フォトフェントン反応の光源としてブラックライトブルーランプを用い、500 mL パイレックス製ビーカーの周囲に3本設置し、マグネチックスターラーにより溶液を混合した。初期 DCF または FXD 濃度を調整後、初期 pH を濃硫酸で pH = 3 に調整した。鉄イオン源として硫酸鉄（II）七水和物（0.2 mg L<sup>-1</sup>）を加え、過酸化水素（100 mg L<sup>-1</sup>）を添加し、ランプを点灯することで実験を開始した。実験開始 10 分後に溶液を採取し、反応停止処理を行い、メンブレンフィルターでろ過または 15 分間遠心分離し、高速液体クロマトグラフィー（HPLC）を用いて DCF および FXD 濃度を測定した。

分解実験は、経時的に溶液を採取し、反応停止処理を行った後、HPLC で DCF および FXD 濃度を測定した。

## 3. 結果と考察

フォトフェントン反応による DCF および FXD の分解反応において、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）の添加の有無による 2 時間後および 20 時間後の濃度変化を図 1 に示す。反応停止剤を添加しなかった場合、20 時間で 64% の非意図な分解がみられたが、3 つの反応停止剤を添加した場合、1.9% 以下となり、非意図な分解はほとんど起きなかった。以

上の結果から 3 種類の反応停止剤の添加により、フォトフェントン反応の分解反応を停止させることができた。

上記で開発した反応停止法を用いて、DCF および FXD の分解実験を行った結果を図 2 に示す。DCF, FXD がそれぞれ 70 分で約 97%, 160 分で約 94% 分解した。また、分解反応は擬一次反応速度論に従い、反応速度定数は 0.045 min<sup>-1</sup> (DCF), 0.017 min<sup>-1</sup> (FXD) となった。

今後、対象物質を拡充し、低濃度で分解実験を行うとともに、促進酸化法を含めた他の処理法との比較を行う。

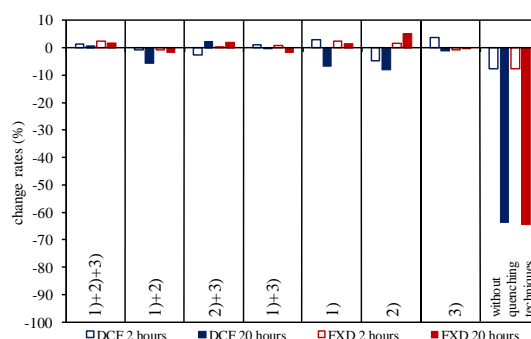


図 1 反応停止法の評価試験結果

1) リン酸緩衝液, 2) メタノール, 3) 二酸化マンガン

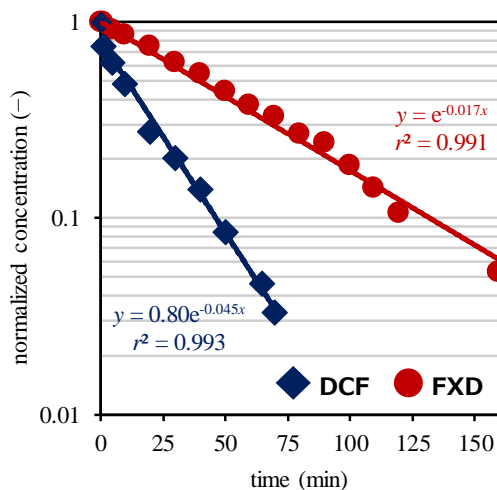


図 2 DCF および FXD の分解実験

## 4. 謝辞

本研究は、環境省の環境研究総合推進費（5-1954）、公益財団法人 クリタ水・環境科学振興財団（18A070）、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。

キーワード 生活由来化学物質, 医薬品, 排水処理

# 塩素化多環芳香族炭化水素類の代謝を考慮した有害性評価 Hazard Assessment of Chlorinated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Considering Metabolism

静岡県立大学 ○多田智彦, 天野あすか, 清健人, 王齊, 徳村雅弘, 三宅祐一, 雨谷敬史, 牧野正和

## 1. はじめに

多環芳香族炭化水素類 (PAHs) は、芳香族炭化水素受容体 (AhR) 媒介の毒性をもつことが報告されており、その誘導体である塩素化 PAHs (CIPAHs) も、AhR 媒介の毒性が危惧される。加えて、PAHs が生体内で代謝されることにより、水酸化 PAHs (OHPAHs) が生成し、毒性が上昇することが報告されているため、その誘導体である CIPAHs も同様に、代謝により新たな毒性が発現することが危惧される。しかし、CIPAHs の代謝物の標準試薬は、市場で流通しておらず、そのため、研究が十分に進んでいないのが現状である。

本研究では、CIPAHs とその代表的な代謝物である水酸化 CIPAHs を対象に、複数の毒性評価を行うことで、CIPAHs の包括的な有害性評価を行うことを目的とする。本稿では、環境中に多く存在する 1-chloropyrene (1-CIPyr) を例として、その代謝物の 1 つとして考えられている水酸化クロロピレン (OHCIPyr) の主な異性体である 3-chloropyren-1-ol (3-CIPyr-1-ol), 6-chloropyren-1-ol (6-CIPyr-1-ol), 8-chloropyren-1-ol (8-CIPyr-1-ol) の 3 種類を合成し、ヒト AhRα (*hAhRα*) 活性を評価した結果について報告する。

## 2. 方法

### 2.1. OHCIPyr の有機合成・精製

2 mmol の 1-pyrenol と等モルの *N*-クロロコハク酸を 80 mL の炭酸プロピレンに溶解し、100°C で 80 分間反応させた。生成物は高速液体クロマトグラフで分画し、ガスクロマトグラフ-タンデム質量分析計 (GC-MS/MS) および核磁気共鳴装置 (NMR) を用いて同定を行った。

### 2.2. *hAhRα* 活性試験

酵母 Two-Hybrid Assay 改良評価法を用いて OHCIPyr の *hAhRα* 活性を試験した。陽性対照物質として  $\beta$ -naphthoflavone ( $\beta$ -NF) を使用した。

## 3. 結果・考察

### 3.1. OHCIPyr の有機合成・精製

MS スペクトルおよび  $^1\text{H-NMR}$  スペクトルに基づいた定性分析の結果、3-CIPyr-1-ol, 6-CIPyr-1-ol, 8-CIPyr-1-ol の生成が確認できた。

### 3.2. *hAhRα* 活性試験

試験対象物質全てにおいて、活性が確認できた。3 つの異性体のうち、8-CIPyr-1-ol が最も  $\text{EC}_{50}$  が低く、*hAhRα* は最も高い値を示した。また、1-OHPyr, 6-CIPyr-1-ol および 8-CIPyr-1-ol 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。(図表参照)

## 4. 結論

1-CIPyr は水酸化されることにより、*hAhRα* への作用能が増大することが確認された。また、1-OHPyr と OHCIPyr の異性体 2 種は、細胞毒性をもつことが示唆された。CIPAHs は異性体の数が多いため、今後、*in silico* による毒性スクリーニング評価を検討し、ames 試験などの変異原性試験や Ethoxyresorufin-O-deethylase (EROD) 活性試験など、他の毒性試験も検討する。

表 1 試験対象物質の半数効果濃度 ( $\text{EC}_{50}$ )

compound	$\text{EC}_{50}(\mu\text{M})$	RA*
	AVE $\pm$ SD	
Pyr	4.4 $\pm$ 0.44	1
1-CIPyr	4.1 $\pm$ 0.61	1
1-OHPyr	1.1 $\pm$ 0.72	4
3-CIPyr-1-ol	1.2 $\pm$ 0.04	4
6-CIPyr-1-ol	0.5 $\pm$ 0.08	10
8-CIPyr-1-ol	0.2 $\pm$ 0.13	26
$\beta$ -NF	0.02 $\pm$ 0.005	

\*RA: Relative activity to Pyr

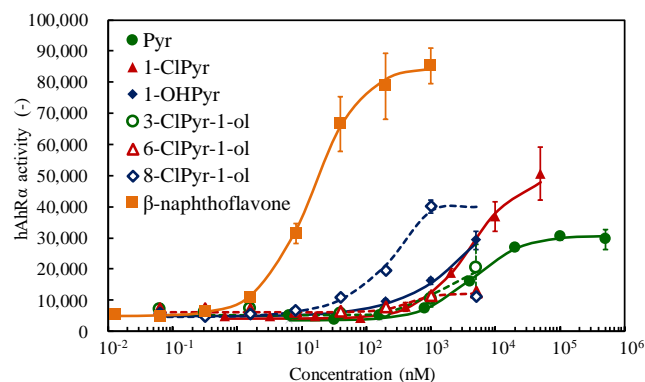


図 1 試験対象物質の用量反応曲線

キーワード 塩素化多環芳香族炭化水素, 代謝生成物, 芳香族炭化水素受容体活性

# 衛星画像を用いた建築物及び道路ストック推計に向けた 深層学習によるピクセル分類手法の提案 Proposal of Pixel Classification Method with Deep Learning for Estimation of Building Stock and Road Stock by Observing Satellite Image

名古屋大学工学部 ○齋藤隆成,名古屋大学大学院環境学研究科 奥岡桂次郎,谷川寛樹

## 1. はじめに

近年,世界各国での発展を目的とした資源の投入・廃棄が増加しているが資源量の有限性に直面し,将来性を持たせるため持続的な社会の構築が必要となる。今後の資源の投入・廃棄量を予測し,効率的な資源活用を行うためにも現在の資源の蓄積分布を評価することが重要となる。未整備の地域が多く,行政単位でのみ物質量を把握できる統計データではなく衛星画像を用いることによって全世界に対して同一尺度で情報が得ることが期待される。本研究では衛星夜間光データに対して深層学習を用いて建物延床面積推計モデルを日本全域にピクセル分類し,その精度について考察する。

## 2. 研究手法

本研究では衛星夜間光画像に対して深層学習を用いて建物と道路のストック量を推計する事を目的としている。式(1)に建物延床面積の推計モデルを示す。各文字式の値は TFA:建物延床面積( $m^2$ ),grad:比例定数,NTL:夜間光の輝度値( $W\ cm^{-2}\ sr^{-1}$ )とする。推計モデルを関東地域のピクセル毎に分類した。建物延床面積と道路面積の量を夜間光量で除した値を近い数値の集まりでまとめ,30種類のクラスを定義した。関東小域にピクセル分類し,教師データとして深層学習によって学習させ,更に広域にピクセル分類を行った。

$$TFA = grad \times NTL \quad \text{式(1)}$$

## 3. 結果

本研究の結果としては東京都,千葉県,神奈川県,埼玉県,茨城県に対し建物延床面積の推計モデルを分類し,推計モデルによる推計値と実際の建物延床面積の統計データによる値を比較し,深層学習の分類精度,推計モデルの推計精度について考察を行った。

図1は上記の1都4県の各ピクセルに推計モデルを分類した図である。東京の様な都市部では grad の値が大きく,高層ビルなど階数の多い建築物が多く,単位光量に対し建物延床面積が大きな値を示すと考えると妥当である。本研究で求められた建物延床面積の推計値は

1972( $km^2$ )であり,統計データによる実測値は 2368( $km^2$ )である。このような二つのデータに乖離がみられる原因としてはクラス分類の定義の仕方にあると考えられる。本研究では,建物延床面積と道路面積の散布図上での各値が近いものの集合体を一つのクラスとしたが,夜間光量が 0 の部分では grad が規格外の数値となるためクラス分類後の推計精度を下げると考えられる。

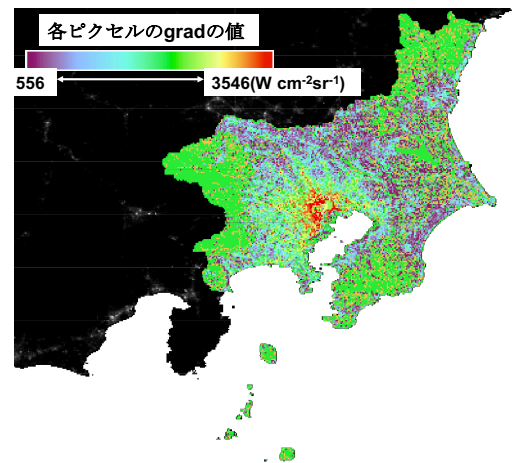


図1 関東1都4県の推計モデル分布

## 4. 終わりに

本研究では深層学習を用いて建物延床面積の推計モデル 30 種のクラスを関東各域に対してピクセル分類した。都市部の光量に対する建物延床面積の密度の高さを再現することができた。今後は都市部と光量の限りなく少ない森林部を区別してクラスの定義を行いたい。

謝辞:本研究は,環境省環境研究総合推進費(3-1902,2-1711),環境省第IV期環境経済の政策研究「我が国に蓄積されている資源ストックに関する調査・検討」(代表,谷川寛樹)の支援により実施された。ここに記して謝意を表する。

### 参考文献

- 1) 黒田将平・杉本賢二,奥岡桂次郎,谷川寛樹 (2014 年) 衛星夜間光と合成開口レーダーを用いた建物延床面積の推計モデルの開発,土木学会論文集 G(環境),pp97-106

キーワード 物質量推計,衛星夜間光,深層学習



# 二次資源量推計に向けた GIS による東京都市圏の建設ストックデータベースの構築

## An Establishment of GIS-database on a Construction Material Stock in Greater Tokyo to Estimate Secondary Resource

名古屋大学 工学部 ○吉田英立

名古屋大学大学院環境学研究科 朝隈友哉 奥岡桂次郎 谷川寛樹

### 1. はじめに

資源自給率の低い我が国では、社会に蓄積されている物質を二次資源として再利用することが循環型社会形成に繋がる。潜在的な二次資源量の推計に向けて、物質ストック分布を広範囲かつ詳細に管理する必要がある。GIS(Geographic Information System/地理情報システム)を利用することで、空間情報として建物一棟毎の建設ストックの把握が可能である。しかし、対象とする建物棟数が多くなるほど、プログラミングによる自動化を要するため困難を伴う。Tanikawa et al. (2015)<sup>1)</sup>はこの課題を克服し、GISを用いて日本全国の建築物約3,500万棟を対象に建設ストックデータベースの構築を行った。他方、各建物の構造を階数情報のみによって判断するなど改善の余地を残した。本研究では、東京都市圏(茨城、埼玉、千葉、東京、神奈川)の約936万棟の建物を対象に、研究手法の技術的改善に努めるとともに、GISの空間情報として建設ストックデータベースの拡充を行った。

### 2. 研究手法

本研究で実施した建設ストック推計の手順を図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-TOWN II (2003,2009,2014)」<sup>2)</sup>を利用した。物質ストックの推計には、延床面積を建設ストックに変換する資材投入原単位を用いた。原単位に対応した各建物の構造が必要であるが、基盤データには属性情報として構造が含まれていない。そこで、市区町村単位で建物用途毎に各構造の棟数と延床面積の情報を有する「固定資産の価格等の概要調書」<sup>3)</sup>を統計データとして利用し、各建物に構造を配分した。また、建物用途は基盤データの属性情報より分類した。

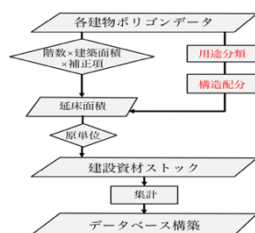


図1 研究フレームワーク

### 3. 研究結果

結果の一例として、図2に各構造延床面積の推計値と統計値との一致比率を示す。鉄骨造と木造は既往研究よりも一致比率が高くなった。また、建設ストックは2003年に207百万トン、2009年に286百万トン、2014年に約304百万トンの建設ストックが東京都市圏に蓄積されていることを明らかにした。構造別では、2003年から2014年にかけて、木造が8百万トン、鉄骨造が29百万トン、鉄筋コンクリート造が60百万トン増加した。

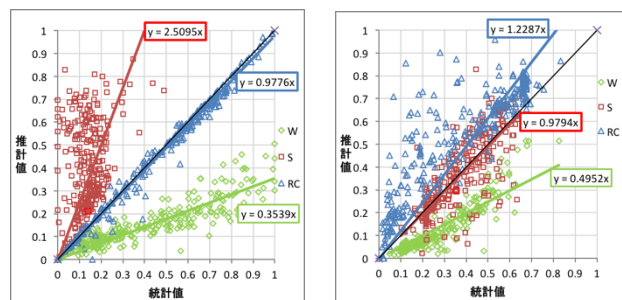


図2 各構造の延床面積の一致比率  
(左：既往研究 右：本研究)

### 4. おわりに

本研究ではプログラミングを用いて、東京都市圏における建物一棟毎の建設ストックを明らかにした。2003年から2014年では97百万トン増加した。現存する物質ストックは二次資源量のポテンシャルを示す。また、構造配分において、既往研究からの技術的改善が示された。今後は、建物用途毎に人口密度と各構造の延床面積を分析するなど、統計データに依存しない手法を提案する。

謝辞：本研究は、環境省環境研究総合推進費(3-1902、2-1711)、環境省第IV期環境経済の政策研究「我が国に蓄積されている資源ストックに関する調査・検討」(代表、谷川寛樹)の支援により実施された。ここに記して謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) Hiroki Tanikawa, Tomer Fishman, Keijiro Okuoka and Kenji Sugimoto (2015) The Weight of Society Over Time and Space –A Comprehensive Account of the Construction Material Stock of Japan,1945-2010-, Industrial Ecology, Vol.19, No.5, 778-791
- 2) 株式会社ゼンリン(2003,2009,2014) : ZmapTOWN II
- 3) 総務省(2003,2009,2014) : 固定資産の価格等の概要調書

キーワード:二次資源, 建設ストック, 地理情報システム

# 北九州市の立地適正化計画が物質ストックに与える影響の定量化

## Quantification of How Urban Facility Location Plan Has an Effect on Material Stock in Kitakyushu City

名古屋大学 ○森田大登, 正木晃平, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹, 北九州市立大学 深堀秀敏

### 1. はじめに

我が国では、近年、人口減少・高齢化に伴う市街地の低密度化が社会問題として挙げられ、未利用地の発生等により、市民生活を支えるサービスの提供が困難となる。

人口減少に対応した都市構造としてコンパクトシティが提示される。近年、政策として立地適正化計画<sup>1)</sup>がいくつかの都市で実施されており、居住・医療・福祉施設等の着工を誘導することで都市のコンパクト化を図る。立地適正化計画により既存の建築物の解体及び都市の高層化が促進され、物質代謝への影響が懸念される。しかし、立地適正化計画が実施されてからまだ日が浅く、物質ストックの観点から立地適正化計画を評価した例は少ない。

本研究では、地理情報システム(GIS)を用いて、福岡県北九州市を対象に建築物・道路・鉄道の物質ストック量を推計し、立地適正化計画と物質ストックの関係を分析した。

### 2. 研究方法

本研究では、北九州市の建築物・道路・鉄道のGISデータベースを構築し、立地適正化計画の誘導区域と区域外における建築物・道路・鉄道の物質ストック量の推計を行った。北九州市では2種類の誘導区域が設定されており、都市機能誘導区域では商業・文教厚生・官公庁施設を、居住誘導区域では戸建住宅・共同住宅を誘導対象としている。都市機能誘導区域は市内の11箇所に設定されており、それぞれ異なる都市構想を持つ。<sup>2)</sup>物質ストックの観点から各誘導区域の現状と立地の妥当性を評価した。

また、区域外の人口が居住誘導区域内に移住し、その居住施設を確保するために区域内の建築物が高密度化する必要がある。市内の人口から居住施設の必要量及び区域内で可能な許容量を予測し、資材別の物質ストック量を推計した。

### 3. 結果

建築物に関しては、居住誘導区域で54.1百万トンと

最も多く、区域外では45.7百万トンであった。道路・鉄道に関しては、区域外が最も多く、それぞれ17.1百万トン、0.246百万トンであった。

図-1に、都市機能誘導区域(11箇所)、居住誘導区域、及び区域外における建築物の用途別の物質ストック量の推計結果を示す。学術研究都市では教育・研究機関が集積しており、学術拠点としてのまちづくりが進んでいる。門司港では共同住宅の割合が高く、商業施設の割合が比較的低い、居住誘導区域と似た傾向にあることが明らかになった。折尾・門司・門司港では戸建住宅が物質ストック量の約10%を占めており、都市機能の集約に向けて適切な誘導が重要である。

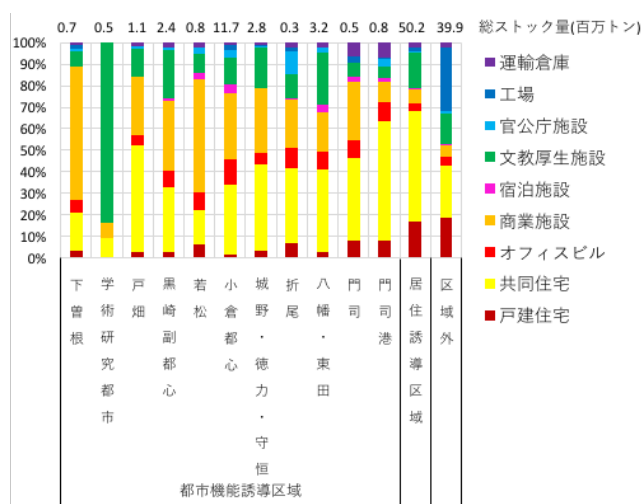


図-1 区域ごとにおける用途別の物質ストック量割合

### 4. おわりに

北九州市における建築物・道路・鉄道の物質ストック量を推計し、立地適正化計画と物質ストックの関係を分析した。各誘導区域で物質ストック量やストック密度を比較することで、居住及び都市機能の誘導状況が異なることが明らかになった。

謝辞：本研究は、環境省環境研究総合推進費(3-1902、2-1711)、環境省第IV期環境経済の政策研究「わが国に蓄積されている資源ストックに関する調査・検討」(代表、谷川寛樹)の支援により実施された。ここに記して謝意を表する。

#### 参考文献

- 国土交通省：立地適正化計画の意義と役割
- 北九州市：北九州市立地適正化計画 計画書、2019

キーワード 地理情報システム, 立地適正化計画, 物質ストック



# 開発途上国で多量に使用される有機リン殺虫剤に起因するエイジング効果の解明 Analysis of Aging Effect Caused by Organophosphorus Insecticides Used Extensively in Developing Countries

静岡県立大学 ○船水 純那, 五老 祐大, 徳村 雅弘, 牧野 正和

## 1. はじめに

有機リン系殺虫剤クロルピリホス(CPF)は、安定した農業生産を維持・管理するために開発途上国を中心とする多くの国で使用されている(国内使用例; 約 106 kt/2001 年, 約 90 kt/2016 年)<sup>1)</sup>。加えて国内では 2003 年まで防蟻剤としての使用が許可されていたため、過去に使用された CPF の長期間にわたる室内環境への放散も危惧されている。このため、CPF はシックハウス症候群の原因物質の一つとして挙げられており、室内環境指針値は、formaldehyde (0.08ppm)や、toluene (0.07ppm)と比較して、約 1000 倍厳しい基準値 (0.07ppb) が定められている<sup>2)</sup>。さらに、CPF を含む建築資材の廃棄・焼却により、分子構造がダイオキシン類に類似した化合物が非意図的に生成する可能性を指摘する報告<sup>3)</sup>もある。このことから、CPF は農業資材という側面だけではなく、快適な室内環境の維持や、安全な地域環境の保全を指向する上で、その分解・変換生成物も含めた包括的なリスク評価の対象とすべき化合物といえる。

CPF の主な生体リスクは神経毒性に由来し、代表的な毒性評価法として Ellman 法が挙げられる。しかし、Ellman 法により観測される用量-反応曲線には、被検物質の作用時間による影響が十分反映されていない。そこで本研究では、作用時間に依存する試験を実施し、CPF および脱塩素化分解物を中心に神経毒性評価を行ったのでその詳細を報告する。

## 2. 方法

合成方法および使用試薬、毒性試験の詳細は、参考文献 4 に記す。本報告では、CPF および脱塩素化分解物の Acetylcholinesterase (AChE)阻害能を評価し、特に基質と AChE との作用時間を 0.25 hr から 4 hr へ変化させることにより、被検物質が有する時間に依存する阻害能を明らかにする試験(改良型 Ellman 法)を実施した。

## 3. 結果と考察

図 1 に合成により得られた脱塩素化物の名称と分子構造を示すとともに、改良型 Ellman 法により観測された用量-反応曲線を示す。なお、0.25 hr を緑色、4 hr を橙色で表した。

まず、図 1 D に示した Galantamine (Gal; 陽性コントロール)の結果より、本測定において AChE 阻害能が正しく評価されており、かつ、Gal では、0.25 hr と 4 hr で殆ど阻害能に差がみられないことが分かった。一方、図 1 A~C に示すように、CPF およびその分解・変換物では、0.25 hr と 4 hr で用量-反応曲線が明確に異なり、AChE 阻害が作用時間に依存することが分かった。特に今回報告者が新規に合成した CPF-oxon-5, 6Cl と CPF-oxon とを比較したとき、0.25 hr で両化合物の阻害能は、CPF-oxon >> CPF-oxon-5, 6Cl に対し、4 hr では CPF-oxon  $\approx$  CPF-oxon-5, 6Cl となっている。つまり、CPF-oxon-5, 6Cl も時間経過(エイジング)により CPF-oxon と同程度の神経作用能を有することが示唆された。

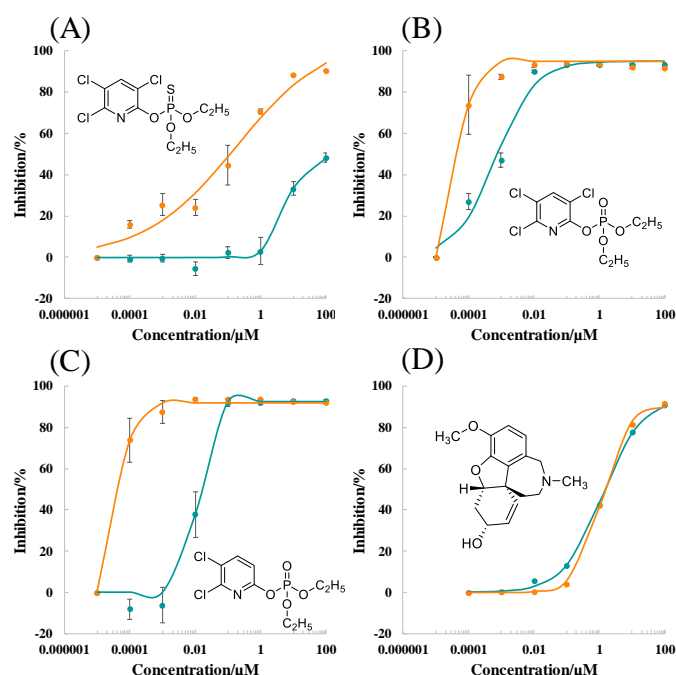


図 1 AChE 阻害活性 (A) CPF (B) CPF-oxon (C) CPF-oxon-5, 6Cl (D) Galantamine (Ellman 法)

## 参考文献

- 1) Derbalah et al. (2018) *Journal of Environmental Sciences*, Vol79, 135-152
- 2) 厚生労働省 <http://www.nihs.go.jp/mhlw/chemical/situnai/hyou.html>.
- 3) 森脇ら, (2013) *BUNSEKI KAGAKU*, **62**(10), 855-863.
- 4) 船水ら, (2019) 第 28 回環境化学討論会予稿集, p.478, 479.

キーワード: クロルピリホス, シックハウス, エイジング

# 拡散型サンプラーにおける揮発性有機化合物のサンプリングレートの実測と理論的推算法の検討

## A theoretical estimation method of the sampling rates of passive samplers for VOCs

静岡県立大学 ○大石純菜, 西尾春菜, 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, 榎本孝紀

### 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使用されており、人への健康影響が報告されている。日本では、作業員への健康管理は労働安全衛生法により、作業環境での VOCs 濃度実態を把握することが義務付けられている。VOCs 濃度を測定する方法の一つとして、分子拡散を利用するパッシブ法がある。しかし、パッシブ法では捕集した VOCs の濃度を算出するには、各物質のサンプリングレート (SR) が必要である。一部の物質では SR が参考値として生産者より与えられているが、その他の物質では SR を算出する必要があり、パッシブ法とアクティブ法を同時に行うことで SR を決定している。本研究では、2 種類の拡散型サンプラーを用いて VOCs の SR を実測した。また、SR の実測値と拡散係数の関係から理論的な SR 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) についてチャンバー内の環境条件を設定して実験を行った。19 種類の VOCs (toluene, chlorobenzene, 2-butanol 等) を測定した。アクティブサンプラーとパッシブサンプラーを用い、同時に VOCs を 4 時間捕集した。本研究では、カーボンビーズパッシブガスチューブ (CBP) とパッシブガスチューブ (PAS) の 2 種類のパッシブサンプラー (柴田科学製) 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. 結果と考察

パッシブサンプラーは分子拡散を利用することから、Fick の第一法則より SR の算出式を理論的に導くことができる。我々の既往研究において、12 種類の VOCs に対して拡散係数の実測値と SR の実測値の関係を求め、CBP でその式が成立することが示唆された。しかし、拡散係数の実測値が存在する VOCs は限られているため、拡散係数の推算式を検討する必要がある。そこで臨界定数の推算式である Lydersen の方法と拡散係数の推算

式である藤田の式を用いて物質の化学構造式や物性値から拡散係数を推算した。拡散係数の実測値と推算値の関係を図 1 に示す。近似直線の傾きが 1 に近く高い相関がみられた。臨界定数の推算値を用いた場合でも実測値と同様な傾向を示した。したがって、これらの推算式は拡散係数の推算に適用可能であることが示唆された。また、CBP における拡散係数と SR の実測値との関係を図 2 に示す。拡散係数の推算値と SR において  $p$  値が  $0.0032 (<0.01)$  より正の相関が示されたことから、拡散係数の推算値を用いて SR の推算式が成立することが示唆された。

したがって、拡散係数の実測値がない VOCs において、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。

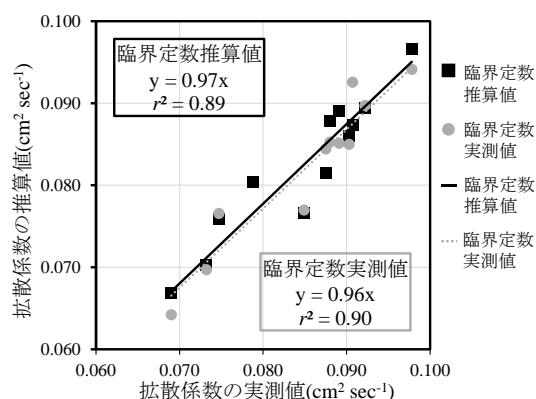


図 1 拡散係数の実測値と推算値の関係

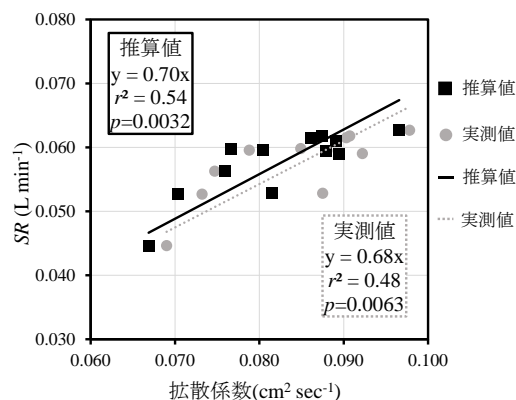


図 2 拡散係数と SR の関係

キーワード パッシブサンプラー, サンプリングレート, 揮発性有機化合物

# 経皮曝露量測定デバイスを用いた室内製品との直接接触に伴う難燃剤曝露量の推定

## Estimation of Potential Dermal Exposure Rates of Flame Retardants via Direct Contact with Indoor Products

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

難燃剤は、身の回りの室内製品に数%オーダーと、高濃度で含まれている。これらの難燃剤は、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によりヒトへ曝露し、その健康影響が懸念されている。一方、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推定法の開発を行った。しかし、シリコンシートの性状が及ぼす、製品からシリコンシートへの難燃剤の移行速度への影響などについて検討していない。より精確に経皮曝露量を推定するためには、デバイスの素材や厚みなど、性状に関するパラメータの影響評価および最適化が必要である。

本研究では、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デバイスの最適化のため、シリコンシートの種類（製造メーカーおよび厚み）の移行速度への影響について定量的に評価した。製品としては、一般住宅と比較して、より高濃度の難燃剤が検出されている車室内環境に着目し、カーシートを対象とした。

### 2. 実験方法

本研究では、cresyl diphenyl phosphate (CsDPhP), tris(2-chloroethyl) phosphate (TCEP), tris(2-chloroisopropyl) phosphate (TCPP), tricresyl phosphate (TCsP), triphenyl phosphate (TPhP) 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るように置くことで、難燃剤の移行試験を行った。接触させてから4および24時間後に、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  $\mu$ 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  $\mu$ 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

カーシートからシリコンシートへのTCEPの移行試験の結果を図1に示す。2 mm のシリコンシートと5 mm の結果を比較すると、A社製およびB社製ともに、5 mmの方がより速い移行速度を示した。また、最も移行速度が速かったB社製の5 mm のシリコンシートは、直線的にシリコンシート中濃度が上昇する傾向を示したのに対し、その他の場合は、非線形的に濃度が上昇していき、時間とともに傾きが減少していった。これは、カーシートからシリコンシートへTCEPが移行するのに従い、シリコンシート中のTCEP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ためであると考えられる。ヒトへの難燃剤の経皮曝露を考えると、皮膚に移行した難燃剤は、皮膚を介して血中移行し、血液は体内を循環していることから、血中濃度の上昇は起きにくいと考えられる。そのため、難燃剤の経皮曝露量の推定には、直線的な傾向を示したB社製の5 mm のシリコンシートが適していると考えられる。また、シリコンシートの製造メーカーの違いによって、移行速度は大きく変化しなかった。今後は、サンプル数を増やし、精度を向上させる予定である。

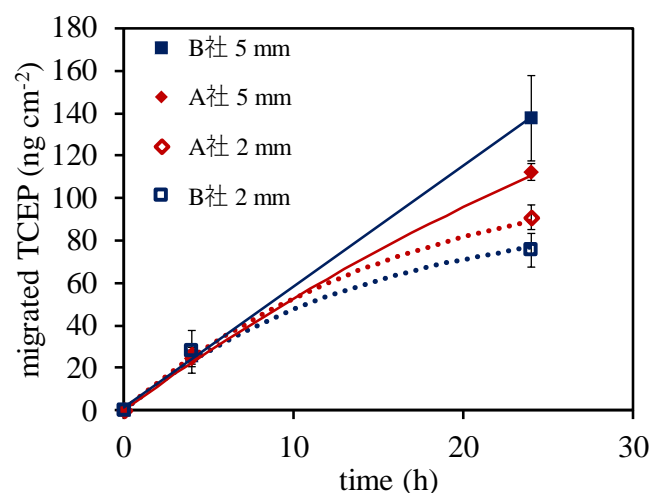


図1 カーシートからシリコンシートへのTCEPの移行試験

#### 参考文献

- 1) Abdallah et al., (2016) Toxi. Appli. Pharm., **291**, 28-37.

キーワード 難燃剤, 経皮曝露, 室内製品

# 名古屋市中心部における建築物ストックと空き家の詳細分布の把握 Estimating Material Stocks in the Central Area of Nagoya and grasping detailed regional distribution of vacant

名古屋大学環境土木・建築学科 ○大澤啓裕, 名古屋大学大学院環境学研究科 正木晃平, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹

## 1. はじめに

日本は OECD 諸国の中でも少子高齢化が最も進み、減少傾向に転じた人口は様々な問題を抱えている。住宅戸数は増加の一途を辿っており、空き家等の「使われない」住宅や「使えない」住宅の増加を意味する。循環型社会の形成において、潜在的な廃棄物となり得るストックは適正に処理し、廃棄物発生抑制を図る必要がある。ストック中の潜在的な廃棄物の量や空間分布を把握することで、適切な廃棄物処理や循環利用の計画がなされ、資源の有効活用及びエネルギー消費の低減につながる。したがって、空き家の空間分布の把握は循環型社会の形成に重要である。本研究は、名古屋市中心部を対象地域として、構造や階数、建築年等の建築物詳細情報を含む 2003 年、2009 年、2014 年の 3 年代の地理情報システム (GIS) データベースを整備し、空き家の空間分布の把握と、建物滞留年を推計するためのパラメータを決定した。

## 2. 研究方法

本研究では、石河ら(2017)<sup>1)</sup>の空き家推計手法を用いて空き家数の推計を行った。GIS データと国勢調査に基づいた町丁・字単位における世帯数の集計結果を比較することにより、詳細な空き家分布を推計した。本研究の空き家数は式(1)により定義される。

$$V_{i,t} = D_{i,t} - H_{i,t} \quad (1)$$

ここで、V:空き家数、D:建物の空間情報データから抽出した戸数、H:国勢調査の世帯数、i:対象の町丁・字 t:推計対象年次である。得られた空き家数と GIS データを比較し、表札のない戸建てあるいは共同住宅を空き家とした。さらに、奥岡ら(2018)<sup>2)</sup>による建物滞留年の推計を行うために、最尤法を用いてパラメータの決定を行った。(式(2))

$$p(t) = \frac{1}{1 + \exp\{-(\beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5)\}} \quad (2)$$

$p(t)$ : 建物年齢 $x_1$ (年)における解体率

$x_2$ : 建物階数

$x_3$ : 駅からの距離(m)

$x_4$ : 空き家判定( $x_4=1$  のとき空き家,  $x_4=0$  のとき空き家ではない)

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ : 各偏回帰係数

## 3. 結果

空き家判別データを更新したパラメータ推計の結果を表 1 に示す。

表 1 構造種別の推計パラメータ

木造					
	建物年齢	建物階数	駅からの距離	空き家判定	定数項
回帰係数	-0.0151	-0.2746	0.0000	2.5590	-0.4441
標準誤差	0.0018	0.0741	0.0001	0.4938	0.1798
z値	-8.3340	-3.7070	0.1920	5.1820	-2.4700
P値	0.0000	0.0002	0.8475	0.0000	0.0135
優位性	***	***		***	*
鉄骨造					
	建物年齢	建物階数	駅からの距離	空き家判定	定数項
回帰係数	-0.0631	-0.3315	-0.0002	0.2491	-0.2927
標準誤差	0.0045	0.0665	0.0001	0.1739	0.1596
z値	-14.0650	-4.9820	-3.0540	1.4330	-1.8340
P値	0.0000	0.0000	0.0023	0.1519	0.0666
優位性	***	***	**		
RC造					
	建物年齢	建物階数	駅からの距離	空き家判定	定数項
回帰係数	-0.0250	-0.3064	-0.0004	-0.0766	0.8045
標準誤差	0.0046	0.0309	0.0001	1.1176	0.2654
z値	-5.4930	-9.9110	-3.0600	-0.0690	3.0310
P値	0.0000	0.0000	0.0022	0.9454	0.0024
優位性	***	***	**		**

表 1 より、木造では空き家判定の影響が特に大きく出ていることが分かった。対象地域の木造建造物のほとんどが戸建住宅であったことが挙げられる。今後、建物滞留年を推計するにあたり戸建住宅についての空き家判定を無視できないことが示唆された。奥岡ら(2018)<sup>2)</sup>では同範囲において定数項、駅からの距離については優位性が得られており、今回得られなかった要因として用いたデータ数が不十分だったことが挙げられる。また、対象地域での実際の空き家分布と今回得られたデータを比較し、データの精度を向上させる必要がある。

## 4. おわりに

名古屋市中心部において空き家の空間分布把握と、建物滞留年数を推計するためのパラメータの決定を行った。建物滞留年の推計に空き家判定が与える影響を確認することができた。今後は将来推計をするにあたり、範囲と年代を追加しデータを拡充する必要がある。

謝辞:本研究は、環境省環境研究総合推進費(3-1902、2-1711)、環境省第 IV 期環境経済の政策研究「我が国に蓄積されている資源ストックに関する調査・検討」(代表、谷川 寛樹)の支援により実施された。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1)石河 正寛・松橋 啓介・金森 有子・有賀 敏典 (2017) 住戸数と世帯数に基づく空き家の詳細地域分布の把握手法, 都市論文集, 52 巻 3 号, 689-695
- 2) 奥岡桂次郎・野中一鴻・谷川寛樹 (2018) 名古屋市中心部における 4d-GIS を用いた建築物滞留年推計モデルの構築と物質ストック分析, 土木学会論文集 G(環境), Vol.74, No.6(環境システム研究論文集 第 46 巻, II\_267-II\_273

キーワード 4d-GIS, モンテカルロシミュレーション, 空き家

## 企画シンポジウム



## 企画シンポジウム

- シンポジウムー1 9月13日 A会場 9:30 ～ 12:00  
「室内環境における化学物質管理の課題と最新研究動向」
- シンポジウムー2 9月13日 B会場 9:30 ～ 12:00  
「創エネ省エネ活動の実施・継続・展開 ―自然エネルギー100%大学におけるハートウェアづくり―」
- シンポジウムー3 9月13日 C会場 9:30 ～ 12:00  
「気候変動の緩和・適応策としての都市・地域空間構造変更策の検討手法」
- シンポジウムー4 9月13日 A会場 14:00 ～ 16:30  
「環境研究における質量分析の役割と課題」
- シンポジウムー5 9月13日 B会場 14:00 ～ 16:30  
「気候政策に取り組む自治体ネットワークの動向と課題」
- シンポジウムー6 9月14日 A会場 9:30 ～ 12:00  
「より迅速・簡便な水質検査法の開発」
- シンポジウムー7 9月14日 B会場 9:30 ～ 12:00  
「パリ協定の気候・排出削減目標の達成に向けた世界・アジア・日本の気候政策の統合分析」
- シンポジウムー8 9月14日 C会場 9:30 ～ 12:00  
「超学際的アプローチによる統合型将来シナリオ手法の開発」
- シンポジウムー9 9月14日 A会場 13:30 ～ 16:00  
「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取り組み」
- シンポジウムー10 9月14日 B会場 13:30 ～ 16:00  
「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」



# シンポジウムー1

## 「室内環境における化学物質管理の課題と最新研究動向」

プロジェクト名：厚生労働科学研究費補助金（H29-化学一般-004）  
「室内環境中の化学物質リストに基づく優先取組物質の検索とリスク評価」

オーガナイザー 雨谷敬史（静岡県立大学）教授  
三宅祐一（静岡県立大学）助教

趣旨説明：1990年代に社会問題化したシックハウス・シックスクール問題は、建築基準法によるホルムアルデヒドなどの使用制限、13種の化学物質の室内環境指針値の策定により改善されてきた。しかし、規制対象物質の代替物が開発・使用されており、それらがどのような有害性を示し、どのように曝露されているのかについての知見は乏しい。また、2012年よりシックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会が再開され、室内濃度指針値の見直し等が進められている。このような国内外の最新動向を踏まえながら、室内空気汚染に関する未規制物質の問題について本シンポジウムを通して考えてみたい。

# 室内環境における化学物質管理の課題と最新研究動向

## Determination, Management and Regulation of hazardous chemicals Indoors

シンポジウムオーガナイザー 静岡県立大学 雨谷敬史、三宅祐一

### 趣旨・内容：

1990年代に社会問題化したシックハウス・シックスクール問題は、建築基準法によるホルムアルデヒドなどの使用制限、13種の化学物質の室内環境指針値の策定により改善されてきた。しかし、規制対象物質の代替物が開発・使用されており、それらがどのような有害性を示し、どのように曝露されているのかについての知見は乏しい。また、2012年よりシックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会が再開され、室内濃度指針値の見直し等が進められている。このような国内外の最新動向を踏まえながら、室内空気汚染に関する未規制物質の問題について本シンポジウムを通して考えてみたい。

### 1. 室内環境における化学物質管理の課題

雨谷 敬史(静岡県立大学)

室内環境ガイドラインが設定されて以降、現在でもシックハウス問題の懸念が存在している。本研究班では、平成26年～28年の厚生労働科学研究費補助金において、室内に存在する可能性がある化学物質1697種の名称、性状、用途、毒性情報、感作性情報を網羅的に収集した「室内環境中の化学物質リスト1697」を開発した。しかし、このリストには、曝露情報、毒性情報ともに空白があり、懸念が高い物質から空白を埋めていく必要がある。この中でも、難燃剤や殺虫剤はWHOの室内空気質ガイドラインに挙げられている、優先度が高い物質である。このうち、難燃剤では、これまでの3年間の研究により臭素系難燃剤のリスクより、有機リン系の難燃剤のリスクがより高いことや、新規化合物が続々と使用されていることが判ってきた。

平成29年度から新たにスタートした「室内環境中の化学物質リストに基づく優先取組物質の検索とリスク評価」では、室内に存在する製品や化学物質の情報(物性、含有形態、含有率など)を収集した室内化学物質ライブラリを改善し、またその中で優先的に管理すべき物質のスクリーニング手法に係る評価ツールを作成する。また、ライブラリを用いたスクリーニングから抽出された高懸念物質のハザードを評価する。さらに、これらの化学物質のヒトへの正確な曝露状況を検討している。本発表では、本研究課題の進捗状況を報告し、本研究の今後の展開・展望について議論したい。

### 2. 室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の策定およびリスク低減化に関する研究

酒井 信夫(国立医薬品食品衛生研究所)

室内空気環境汚染化学物質は、シックハウス症候群の病因あるいは増悪因子となることから、厚生労働省では揮発性/準揮発性有機化合物(13物質)に室内濃度指針値を定めている。近年、室内濃度指針値策定物質の代替化学物質による室内空気汚染が報告されるようになり、シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会において、室内濃度指針値の採用を新たに検討すべき化学物質リストが提案され、それらのリスク評価が進行中である。

室内濃度指針値を新たに策定する際には、対象化学物質毎に妥当性の評価された標準試験法を提示する必要がある。また、室内濃度指針値の新規策定に際しては、ステークホルダーとの適切なリスクコミュニケーションや国民の不安を払拭するための効果的な低減策の提示が望まれる。そのためには、室内環境における主要な発生源を特定し、その発生源によってもたらされる定量的なリスク情報を提供する必要がある。演者らは、シックハウス検討会における審議に必要な科学的エビデンスを集積することを主たる目的として、研究組織内に【標準試験法グループ】と【リスク評価グループ】の2つのサブグループを設置した。【標準試験法グループ】では、室内濃度指針値の採用を新たに検討すべき化学物質について標準試験法を策定している。さらに、既存の室内濃度指針値策定13物質の測定法についても、最新の分析技術を基に汎用性の高い標準試験法に改訂し、国内・国際規格化を推進している。【リスク評価グループ】では、室内環境中の消費者製品から放散されるVOCsについて、放散源の特定および曝露評価ならびにハザード評価の両面から研究を実施している。本講演では、演者らの研究課題について概説する。

### 3. リスク評価に基づいた環境汚染物質のリスク低減手法に関する研究

徳村 雅弘(静岡県立大学)

自動車の平均車内滞在時間は、一日のおよそ5%と報告されており、この割合は住宅、オフィスに次いで高い値である。そのため、車室内環境は重要な室内環境の一つであると、近年認識されるようになってきた。

車室内は一般住宅の室内と比較し、内装品などに対する空間容積の割合が小さく、日射により高温になりやすいという特徴を持つ。そのため、化学物質濃度が一般住宅と比較し、高くなることが予想される。しかし、車室内濃度の調査データは、非常に限られているのが現状である。

演者らは、日本国内の 25 台の乗用車に対し、揮発性有機化合物 (VOCs) (52 種類) およびアルデヒド類 (3 種類) に加え、リン系難燃剤 (12 種類) の汚染実態調査を行った。その結果より、ホルムアルデヒドのヒト健康リスクが特に高く、対策の必要があることが明らかとなった。ホルムアルデヒドは、揮発性が高く、親水性であるため、吸着剤として汎用的に用いられている活性炭での除去が難しい。また、既存の酸化分解式の空気清浄機は、OH ラジカルによる分解が主な除去メカニズムであるため、電子密度の低いホルムアルデヒドは反応性が低く、除去が困難である。

本講演では、上述の車室内汚染実態調査の結果をより詳細に報告すると共に、リスクを効率よく低減するための対策と、その効果について推算した結果についても報告する。また、近年使われ始めた新しい代替難燃剤や、新しい曝露経路として近年注目され始めた経皮曝露などの最新知見についても紹介し、安全安心な室内環境の創造に必要なことについて議論したい。

#### 4. シックハウス(室内空気汚染)対策に関する研究：－シックハウス症候群レベルの室内揮発性有機化合物の吸入暴露の際の海馬 Percellome トキシコゲノミクスによる中枢影響予測－

北嶋 聡 (国立医薬品食品衛生研究所)

人のシックハウス症候群 (SH) の原因物質として、平成 14 年「厚生労働省シックハウス問題に関する検討会」により 13 物質が、守るべき指針値と共に掲げられた。この指針値と、通常実施する吸入毒性試験で得られる無毒性量 (病理組織学的な病変に基づく) を比較すると、両者には概ね 1,000 倍程度の乖離があることから、SH に関して毒性試験情報を人へ外挿することの困難さが行政施策上、問題とされてきた。これに対応すべく、先行研究にてガス体 11 物質を指針値レベルでマウスに 7 日間吸入ばく露し、肺、肝の遺伝子発現変動を高精度に測定し、そのプロファイルを分析した (Percellome 法)。うち、構造骨格の異なる 3 物質について、海馬の遺伝子発現変動、及び、情動認知行動を観測した。その結果、3 物質が共通して神経活動の抑制を示唆する変動を誘発すること、及び、それを裏付ける情動認知行動の異常が確認され、これが人の SH にお

ける「不定愁訴」の原因説明の手がかりとなる可能性を示した。肝・肺の連関解析から、その分子機序に関わる共通因子が推定された。

更なる評価手法の一般化を進めるため、第 20 回「シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会」(平成 28 年)が掲げた、SH が疑われる新たな室内汚染化学物質に本手法を適用し、中枢に対する有害性の有無につき検討しており、本シンポジウムではこの解析結果につき報告する予定である。

本法は、短期、小規模試験に遺伝子発現解析を組み合わせて、既に構築したデータベースとの照合により格段に高いスループット性を発揮するものであり、シックハウス対策に寄与することが期待される。

#### 5. 災害時における化学物質等の管理の現状と課題

中島 大介 (国立環境研究所)

我が国は自然災害大国と呼ばれることがある。激甚災害に指定されるような豪雨、暴風雨は毎年 2、3 件程度発生している現状にあり、また近年では数年に一度の頻度で大きな地震が発生している。大地震、洪水などの災害発生に伴って開設される避難所・仮設住宅については、建築基準法等の適用を受けないことからその室内環境のヒト健康に対する懸念がつきまとう。さらに 2016 年の熊本地震では、車内泊の多さが問題となり、発災時には車内も住環境のひとつとして注視する必要も出てきたところである。

演者らは、東日本大震災後の宮城県津波被災地における避難所等において、室内空気中の PM<sub>2.5</sub> 及び PM<sub>10</sub> 濃度を調査し、経時的に減少していく様子を観測した。またハウスダスト中の重金属濃度では、一部の避難所において高濃度の鉛が検出され、塗料に由来することが判明した。平時には住環境でない場所が急遽避難所として使用されることも想定し、公共施設の施行には配慮が望ましいだろう。また、災害廃棄物仮置場周辺においては、ハエの発生、カビやバクテリア等の飛散が認められた。本報告では、これらの結果と併せ、屋外の空気質の経時的变化についても紹介する。

災害時等の緊急時における化学物質の環境モニタリングには、技術的な課題と体制的な課題が残されている。技術的には、簡易で網羅的な化学物質のサーベイ法の確立が待たれており、演者らが環境研究総合推進費【S-17-3(2)】で行っている GC/MS による自動同定量システムの拡充についても紹介する。一方の体制については、我が国における他分野での対応チームの発足・活動事例や海外の先進的な体制、他学会での取り組みについても紹介し、現状の課題を共有したい。

## シンポジウムー2

### 「創エネ省エネ活動の実施・継続・展開ー自然エネルギー100%大学における ハートウェアづくりー」

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： 大学や高校などの高等教育機関においても気候変動への社会的責任は求められており、創エネや省エネ等の低炭素行動は、その具体的な対応の一つである。創エネ省エネ活動が短期的な活動となると、その効果は僅かであり、その活動の意義も活動の終了とともに失われてしまう。しかしその活動が長期にわたって継続すると、その効果は累積され大きくなり、また、社会的な意義を獲得しつづけることができる。

千葉商科大学では、大学が使用する消費電力量と大学が所有するソーラー発電所での発電量を同量にする「RE100 大学」を 2019 年 1 月に達成した。このシンポジウムでは各種活動報告を交えながら、創エネ省エネ活動の継続性や展開していく上での方策について検討していく。

**創エネ省エネ活動の実施・継続・展開**  
**ー自然エネルギー100%大学におけるハートウェアづくりー**  
**Implementation, Continuation, and Expansion on Energy Conservation & Generation Actions:**  
**Case Example of Developing Heartware on RE100 University**

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

【報告 1】 自然エネルギー100%大学に向けて ー千葉商科大学が実践する創エネ・省エネ活動ー

Toward RE100 University: CUC's Actions for Saving and Production of Energy

千葉商科大学 ○手嶋進

【報告 2】 自然エネルギー100%大学に向けて ー学生団体 SONE による取り組みー

Toward RE100 University: The Action tried by SONE

千葉商科大学 ○江波戸順史

【報告 3】 学生活動の継続要因 ー学生団体 SONE を対象としたアンケート調査ー

Factors on Keeping Actions on Students: Analysis of Questionnaire to SONE

千葉商科大学 ○杉本卓也

【報告 4】 社会へつながる環境人材の育成

Promoting Heartware Development through Energy Saving Activities at Toho University

東邦大学 ○竹内彩乃

## 1. はじめに

創エネ省エネ活動が長期にわたって継続すると、その効果は累積され大きくなり、また、社会的な意義を獲得しつづけることができる。このシンポジウムでは各種活動報告を交えながら、創エネ省エネ活動の継続性や展開していく上での方策について検討していく。

## 2. 各報告の要旨

### 2.1. 報告 1 (手嶋)

千葉商科大学では2019年1月末までの12ヶ月間の実績において、大学が所有する太陽光発電施設での発電量が、市川キャンパスでの消費電力量を上回り、大学が設定した「電気における自然エネルギー100%大学」となる目標を達成した。自然エネルギー100%に向けた具体的施策としては設備機器導入(ハードウェア)に頼るところが大きいですが、創エネ、省エネともに1つの施策だけで達成できるものではなく、制度の利用も含めて複数の施策を検討し、費用抑制と効果向上のための工夫を積み重ねてようやく実現できるものである。

創エネにおいては、大学が所有する既存の太陽光発電所へのパネル増設を行い、既存建物のうち10棟の屋上

に太陽光パネル(448kw)を設置し、発電した電気はキャンパス内の建物間で融通できるようにした。屋上設備の発電コストは、これまで大学が購入してきた電力単価よりも安く、大学に経済的メリットももたらした。省エネにおいては、全面的にキャンパス内にある建物内のほとんどを蛍光灯からLED照明に切り替えたほか、図書館では二酸化炭素濃度のセンサーにより外気取り入れの最適化も行った。学生の発案でキャンパス内にあった飲料自動販売機の数も20%減らし、また、残る自動販売機も旧型から新しい省エネ型に取り替えることで年間約15,000kWhの消費量を削減した。

千葉商科大学は現在、「電気、熱(都市ガス)を含む全てのエネルギーにおいて自然エネルギー100%大学になる」という第2の目標に向けて活動を継続中であり、これまで蓄積してきたデータを学生と分析して施設利用の工夫を考案するなどソフトウェア、ハートウェア分野での成果が期待される。

### 2.2. 報告 2 (江波戸)

千葉商科大学では2017年に開始された「自然エネルギー100%大学」に向けたプロジェクトが現在進行中である。3年目となる今年は、電力のみ(2018年5月から

2019年4月までのデータ)ではあるが発電と消費を同量にするという第1段階の目標は達成することができた。

この要因を考えると、ハードウェアによるところが大きいことは否めないが、ハードウェアの効果も軽視できない。ハードウェアとは、原科学長が提唱する観念であり、活動の継続に必要な人の推進意欲と環境への配慮を意味する。第1段階の目標達成は、学生、教職員が丸となって省エネに取り組んだ結果であるといえる。特に、学生に関しては、2018年に学生団体 SONE (Student Organization for Natural Energy) を立ち上げ、自発的に省エネ計画を立案し、それを実行している。

SONEは環境問題や省エネに関心がある学生によって構成され、その理念は「みんなが快適で無理せず続けられる省エネを考えたい」である。活動としては、夏にはゴーヤやヘチマを種から育て、作り上げたグリーンカーテンを学生食堂の日よけとして設置したり、打ち水イベントを実施したり、学生・教職員に向けた省エネ啓発活動を実践している。また、メンバーが昼休みに各教室を見回り、使われていない教室の電気や空調がつけっ放しになっているのを発見次第、電源スイッチ近くに「消し忘れ!」と書いたステッカーを張って注意を促している。その他には、教室内の席ごとの温度調査も実施している。

このような SONE による活動は、省エネに関心がなかった学生にも省エネを意識させるための一助となっている。自然エネルギー100%大学も学生の大部分に認知されつつある。省エネのためにはハードウェアの重要性は高く、SONEの地道な活動が花開くときも間近である。

### 2.3. 報告3 (杉本)

2018年3月末に設立した学生団体 SONE が活動を開始し1年が経過した。その間、学生・教職員が連携して省エネ活動や環境意識の啓発活動を進めている。

本シンポジウムの趣旨でも述べているが、上記のような活動は一過性なものではなく、活動が継続して行われていくことがより重要であると考え。活動主体が教職員である場合は、その活動は業務の一環として位置づけられることがあり、その場合は活動の継続性がある程度担保され得る。一方で学生団体 SONE は、学生の自発的意思に基づく活動団体であり、活動継続の如何はその学生の意思や意欲に大きく左右され得る。例えば「動機付け要因・衛生要因」の考え方があり、活動そのものや組織に対する認識や評価により、活動の意欲や満足度が大きく左右される。またモチベーション維持の要因としては、「安定」「変化」「意義」「連帯感」「成長」「貢献」といった、活動そのものや自己評価も影響する。

2019年3月に、学生団体 SONE のメンバーを対象に活動1年目の振り返りと自己評価に関するアンケート調査を実施した。今回の報告では、アンケート結果を交えながら、学生が活動継続するためのモチベーション維持について発表する。

### 2.4. 報告4 (竹内)

環境問題や複雑化する地域課題等の社会課題の解決に取り組むためには、様々なステークホルダーの協力が必要であり、多様な主体の間に立ってコーディネートする環境人材の育成が求められている。東邦 Ecolution は、2017年4月に東邦大学習志野キャンパスで設立された学生環境団体である。約20名が参加し、キャンパス内や近隣地域における社会課題を発掘し、教職員や地域の方々々と協力しながら課題解決に取り組んでいる。

プロジェクトベースの活動で最も難しいのは、学生の発想を社会課題と擦り合わせ、バランスを取りながらプロジェクトに落とし込んでいく作業である。プロジェクトのテーマに関わりのある支援者(教職員や地域の方々)が担当となり、目標設定や作業の具体化を支援する。例えば、生協のレジ袋有料化の活動では、生協の専務理事 I 氏が支援し、レジ袋有料化の実証実験まで行うことができた。I 氏が行ったのは、テーマに関する他大学の動向に関する「情報提供」やレジ袋有料化のメリットデメリットに関する「学習テーマの設定」、チラシや報告作成の「タイミング指導」であった。現在進行中の千葉県内中小企業との連携活動では、学生の提案に対し、教員や企業関係者がフィードバックする機会を何度も設け、「学生アイデアの具体化」に多くの時間を割いている。

上記のような取り組みは、時間や労力がかかり、効率性が重視される場合には倦厭されがちである。しかし、この取り組み自体が、社会課題の解決につながるのであれば、学生と支援者が win-win の関係で取り組むことが可能になる。学生と支援者の調整や内部の組織マネジメントに苦心する部分も多いが、それらを解決する取り組み自体も、人材育成の新しいプログラム構築のプロセスとして受け止められるのではないだろうか。

## 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。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 自然エネルギー100%大学、RE100、創エネ省エネ、活動の継続性



## シンポジウムー3

### 「気候変動の緩和・適応策としての都市・地域空間構造変更策の検討手法」

プロジェクト名：環境研究総合推進費 2-1706

「再生可能都市への転換戦略ー気候変動と巨大自然災害にしなやかに対応するためにー」

オーガナイザー 加藤博和（名古屋大学）教授  
北詰恵一（関西大学）教授

趣旨説明：今後数十年にわたる都市戦略では、持続性への重大な脅威となる気候変動に関する緩和・適応策とともに、深く関連するエネルギー危機や巨大自然災害をも考慮しておく必要がある。これら持続性への脅威に対し、しなやかに対応できる持続性の高い都市を「再生可能都市」と定義し、日本の都市・地域を中長期で漸次的に再生可能都市に転換していく戦略を地域主体で立案し実施するための空間構造変更の検討手法やその可能性および課題等について議論する。

# 気候変動の緩和・適応策としての都市・地域空間構造変更策の検討手法

## A Study on the Change of Spatial Structures for the Realization of Renewable City as Measures for Mitigation and Adaptation of Climate Change

オーガナイザー 名古屋大学 加藤博和、関西大学 北詰恵一  
名古屋大学 朴秀日、関西大学 北詰恵一、徳島大学 奥嶋政嗣

### 1. はじめに

今後数十年にわたる都市戦略では、持続性への重大な脅威となる気候変動に関する緩和・適応策とともに、深く関連するエネルギーセキュリティや巨大自然災害を考慮しておく必要がある。これら持続性への脅威に対し、しなやかに対応できる持続性の高い都市を「再生可能都市」と定義する。日本の都市・地域を中長期で漸次的に再生可能都市に転換していく戦略を、地域主体で立案し実施するための空間構造変更の検討手法について議論する。本要旨では3本の研究報告を紹介する。

### 2. 気候変動に対応した地域のサステナビリティとレジリエンスを同時に考慮できる評価手法

朴秀日、加藤博和、大野悠貴（名古屋大学）

急激な人口減少や超高齢化、気候変動（緩和・適応）、自然災害（地震・津波・洪水等）、エネルギー（脱炭素化・安定供給）など、都市の持続可能性への脅威にしなやかに対応できる都市空間構造を有する再生可能都市への転換に向けて、地域主体で政策を立案・実施する際の支援ツールの開発を目的とする。

具体的には、都市・地域やそれを構成する街区の単位で、環境（二酸化炭素：以降 CO<sub>2</sub>）、社会（Quality of Life）、経済（市街地維持費用）のトリプルボトムライン（Triple Bottom Line）を統合した長期のサステナビリティ（Sustainability）と、気候変動によって激甚化が予想される自然災害（地震・津波・洪水・土砂災害など）の1次被害（直接被害）や、災害発生後の長期避難生活に伴う不安やストレス、持病の悪化による2次被害（間接被害）へのレジリエンス（Resilience）の2側面に関する評価体系を構築した。このシステムを実都市（徳島県および徳島県東部都市計画区域など）に適用し、総合評価および気候変動適応・減災戦略の方向性などを考察・提示した。

本システムはコーホートモデルを用いて、建築物・インフラ更新と、交通活動や家庭・業務活動の変化が長期予測でき、それに起因する環境負荷やコストも推計できる。これらに従い、各分門における CO<sub>2</sub> 排出量の推計や削減計画の立案・検討に活用できるだけでなく、各地区の更新・集積・撤退のタイミングや、都市域の空間的な

再編の方向性を検討できる。

災害時に関しては、想定される巨大自然災害に関し、気温上昇や気候変動などの影響による海面上昇や津波、水害・土砂災害等の災害リスク増大を予測することによって、インフラ・建築物の整備等の防護策、立地変更策および危険地域からの撤退や安全な場所への誘導、自然災害に対する被害率を予測したハザードマップ作成といった各種の適応策の検討が可能となる。また、災害時におけるエネルギー・電力供給の阻害を防ぐ施策を考慮することもできる。

### 3. コンパクト化に向けた住宅エネルギー技術導入効果分析

北詰恵一、井ノ口弘昭（関西大学）

一般市民に対して、いくつかの環境技術を提示して意向を調べる web アンケートを実施した。これにより、環境施策がどのような世帯属性に適しているかを明らかにするとともに、エネルギー技術動向を踏まえた施策の浸透シナリオを提案することを目的とした。分析の結果、次のようなことがわかった。

①環境技術導入に適合した住宅であると、蓄電池等環境技術を活用したデマンドレスポンスの行動を選択する傾向にあるが、適合していない住宅であると、生活水準を維持した上で既存機器を活用した行動を選択する傾向にあるため、環境施策の導入にはさらなる工夫が必要となる。また、世帯収入が高く環境意識の高い世帯では、生活水準を下げてでもデマンドレスポンスの行動を起こす傾向にある。一方で、経済的メリットを重視する世帯が多く、普及加速化策としてはこれらの層を重視せざるを得ない。

②世代を問わず環境への意識差はあるため、地域属性に偏りがある場合でも環境意識に応じた環境施策を実施すれば、その導入効果は一定程度見込めると考えられる。また、持家世帯は借家世帯に比べて環境意識が高く、経済的メリットが実感できない場合であっても節電効果が実感できれば導入意思を示すことから、技術進歩が遅い場合でも環境施策の普及を見込むのであれば、節電効

果の向上に応じて進めることが望ましい。

③これらに基づき、環境技術の導入シナリオを定めた。環境意識の高い世帯、特に持家世帯や年収の高い世帯を「コスト負担グループ」とした。これらのグループは全体の5%程度の世帯数であり、節電効果の実感が環境施策導入の鍵となる。一方、経済的メリットを重視する世帯、特に借家世帯や年収の低い世帯は「コスト維持グループ」とし、環境行動の経済的対価の上昇が施設導入の鍵となると考える。技術進歩が早い場合では、環境行動による経済的メリットが早く実感できると、節電効果の向上を超えるスピードで施策が普及し、コスト維持グループに対して普及が加速すると考えられる。一方、技術進歩が遅い場合では、環境行動による経済的メリットより節電効果の実感が加速すると推測されるため、コスト負担グループにおいて先行して普及が進む。また、コスト維持グループにおいては、補助金等の支援制度により普及に要する費用および時間を削減することが可能となるが、普及に時間を要することは避けられないため、全体とした普及は長期化する。

#### 4. 徳島東部都市圏の居住環境評価

奥嶋政嗣、山中英生、渡辺公次郎（徳島大学）

地方都市圏では人口減少が進行しており、居住環境を持続可能とするためには、適正な都市構造へ誘導する必要がある。都市構造の持続可能性は、多面的な観点から総合的に評価される必要がある。特に、巨大災害が想定される地域では、災害リスクの低減を含めた評価が欠かせない。そこで、持続可能性に関する総合評価方法を徳島東部都市圏に適用し、居住環境評価に基づいて地域づくり戦略の有効性を検証する。

居住環境評価方法については、既存研究を参考に、交通利便性、居住快適性、安全安心性の評価軸に対して、それぞれ4種類の評価要素と評価項目を用いる。評価要素については、階層化意思決定法を適用して、その重視度を計測する。交通利便性に関して、企業施設利便性については勤務地までの時間、文化施設利便性については小学校までの時間、医療施設利便性については病院までの時間、買物施設利便性については大規模小売店舗までの時間によりアクセシビリティ指標を算定して計測する。居住快適性に関して、空間使用性については一人当たりの居住床面積、周辺調和性については空家率、自然環境性については緑地面積割合で計測する。安全安心性に関して、地震危険性については南海トラフ巨大地震による被害想定から求められる損失余命により、洪水危険

性については最大被害想定 of 洪水による損失余命により計測する。この結果として、人口密度に応じて交通利便性が高くなる一方で、安全安心性が高いエリアは交通利便性が低いエリアとほぼ重なり、トレードオフの関係にあることがわかる。

将来におけるBAUシナリオによる都市構造の居住環境評価に対して、対象都市圏における地域づくり戦略として規制・誘導型シナリオおよび高リスク地域撤退シナリオをそれぞれ適用した場合の評価結果を比較する。BAUシナリオでは、2050年までの人口減少を考慮した人口分布を想定する。これに対して規制・誘導型シナリオでは、立地適正化計画および公共交通網形成計画による交通利便性などの向上、市街化区域内の建物強靱化による安全安心性の向上とともに、居住人口の一定割合が居住促進区域に誘導されると想定する。高リスク地域撤退シナリオでは、L2津波での想定浸水深2m以上の地域、洪水に対する家屋倒壊等氾濫想定区域、土砂災害のレッドゾーンからの撤退を想定する。

評価の結果として、高リスク地域から高台などへの撤退は生活の質の低下を招くことが明確となり、その向上策を追加する必要性が示された。

#### 5. 今後に向けて

本研究の検討手法は、個々の要素技術導入の寄せ集めでなく、それらを地域特性を考慮した都市空間構造変更に織り込むことで気候変動に対する適応及び緩和を推進し、「再生可能都市」実現を目指す政策メニューを検討できるようにしている。今後は、得られた研究成果を自治体や国民に紹介し対話などを行いつつ、各チームの最終成果をとりまとめる。

謝辞 本稿は環境研究総合推進費（環境再生保全機構）2-1706「再生可能都市への転換戦略－気候変動と巨大自然災害にしなやかに対応するために－」の成果の一部である。

キーワード 再生可能都市、気候変動の緩和と適応、持続可能性、レジリエンス

## シンポジウムー4

### 学術賞受賞記念シンポジウム 「環境研究における質量分析の役割と課題」

プロジェクト名：化学物質管理戦略研究会共同企画

オーガナイザー 高梨啓和（鹿児島大学）准教授  
亀屋隆志（横浜国立大学）教授

趣旨説明： 近年の質量分析の技術革新に伴い、環境研究に質量分析が活用される場面が増加したように感じられる。一方で、機器や解析ソフトウェアがブラックボックス化されていることや各種技術の限界により、誤った結果を得てしまうことや、想定した結果が得られないことがある。また、機器の高度化により、本来の性能を発揮させることが困難との声も聞こえてくる。

そこで本シンポジウムでは、水環境、化学物質管理、公定法、要監視項目などをキーワードに、質量分析の活用事例と問題点・限界を紹介し、今後、質量分析を環境研究にどのように活用していくべきかを議論したい。

# 排水処理プロセス内微生物細胞間シグナル物質の探索

## Exploration of microbial cell-cell signaling molecules in wastewater treatment processes

東京大院・工 ○飛野智宏

### 1. クオラムセンシングと排水処理プロセス

環境中に存在する一部の細菌は、クオラムセンシング (quorum sensing, QS) と呼ばれる細胞間情報伝達機構を有することが知られている。微生物間コミュニケーションと称されることもあり、細菌細胞が特定のシグナル物質の生産／授受を通して菌体密度に応じた遺伝子発現制御を行い、集団的生理機能 (バイオフィーム形成や病原性発現、等) を調節する機構である。

近年、活性汚泥法に代表される生物学的排水処理プロセス内においても QS が機能していること、またそれが種々のプロセス性能に影響を及ぼすことが報告されている (例えばグラニュール形成<sup>1)</sup>、Anammox 活性<sup>2)</sup>、等)。特に、膜分離活性汚泥法において、QS のシグナル物質を分解して QS を阻害することにより、ろ過に伴って生じる膜の目詰まりを緩和可能であることが多数報告されている<sup>3)</sup>。これは微生物生態学的機構を工学的プロセスに応用した点で革新的であるといえる。一方で、実際の排水処理プロセス内のシグナル物質濃度を測定し、プロセス性能との関係を示した例は少なく、QS と処理性能の関係に関する原理的な理解が不十分であるといえる。加えて、そもそも活性汚泥中にどのようなシグナル物質が存在しているのかについてはまだまだ知見が不足しており、メカニズムの解明にはシグナル物質の多様性を理解することも必要であると考えられる。

本発表では、これまで著者が進めてきた研究の中から、精密質量分析計を用いて活性汚泥内に存在するシグナル物質の検出、未知のシグナル物質の探索を行った事例を紹介する。

### 2. 膜分離活性汚泥法リアクター内シグナル物質濃度と膜ファウリングの関係<sup>4)</sup>

上述したように、膜分離活性汚泥法において、シグナル物質分解操作を通じた QS 阻害による膜目詰まり抑制についての報告は多くあるものの、シグナル物質の濃度を測定した例はほとんどない。著者らは、実都市下水を処理するベンチトップ膜分離活性汚泥法リアクターを連続運転し、リアクター内のシグナル物質濃度をモニタリングした。分析対象としたシグナル物質は acyl homoserine lactone (AHL) であり、グラム陰性細菌が用いるシグナル物質としてよく知られているものである。アシル基の炭素鎖長および 3 位の C の修飾 (-O、-OH) の有無などにより様々な AHL 種が存在しており、各細菌

は特定の AHL 種を用いることでシグナルの特異性が確保され则认为られている。流入原水、活性汚泥上清、処理水を採取し、固相抽出法 (Oasis HLB, Waters) により分析試料を調製した (20-40 倍濃縮)。逆相カラムを用いた LC での分離後、Q-Exactive Focus (Thermo Fisher Scientific 社) を用いて positive モードにて MS/MS 分析を行った。11 種類の標準物質で作成した検量線に基づき濃度を定量した。

約 1 年間の連続運転の結果、測定対象とした AHL 種の全てが検出されたが、概して、期間を通じて不検出となることが多く、特定の時期にいくつかの AHLs が検出された。検出された場合の濃度は概ね  $10^1 \sim 10^3$  ng/L であった。ある時期において、処理水中の C8-homoserine lactone (HSL) 濃度と膜間差圧との強い連動が見られた。同時期の活性汚泥上清中では C8-HSL が検出されなかったことから、膜ろ過の前後で C8-HSL 濃度が上昇したこととなる。このことは、膜面上に形成されたファウリング層 (バイオフィーム) 内で C8-HSL が生産され、ろ過に伴い処理水中に移行して検出されたことを示唆している。このことから、AHL 濃度と膜目詰まりとの関連を示すデータが一つ得られたといえる。一方で、このような関連は特定の時期のみに限られており、また多くの場合で AHL が不検出となり、膜目詰まりとの関連を議論可能なデータが少なかった。今後はより低濃度の定量を行うこと、そのための分析条件の検討が必要である。また、今回対象とした AHL 種のみでなく、その他の AHL 種や AHL 以外のシグナル物質に対象を広げた検討も必要であると考えられる。

### 3. ノンターゲット分析によるシグナル物質候補の探索

活性汚泥中には数百～数千種の細菌が存在しており、その中にはこれまでに知られているシグナル物質以外の多様な未知のシグナル物質が存在していることが考えられる。排水処理プロセス内に存在するシグナル物質の多様性は、QS のような微生物間相互作用を利用したプロセス制御を開発していく上で重要な基礎情報である。これまで、病原性細菌や発光細菌等から発見されてきたシグナル物質とそれをコードする遺伝子配列情報を手がかりに類似のシグナル物質を探索するのが一般的と思われるが、アプライオリな情報に基づかないシグナル物質の効率的な探索・スクリーニング手法があれば、シグナル物質多様性を知るための有用なツールとなる

ことが期待できる。

そのような探索方法の一つとして、ノンターゲット質量分析により検出されたピーク群の中から、ピーク強度の情報に基づきシグナル物質候補を絞り込んでいく方法が考えられる。そのような基礎的検討を *Pseudomonas aeruginosa* PAO1 株（以後、PAO1 株）を用いて行った。*Pseudomonas* 属細菌は環境中に広く存在し、活性汚泥中の存在も報告がある。また、PAO1 株は QS 機構を有し、C4-HSL および 3O-C12-HSL の 2 種類の AHL を生産することが知られている。PAO1 株を LB 培地に植菌して純粋培養を行い、培養中は 1 h おきに培養液中細胞濃度の分析および上清試料からの固相抽出（Oasis HLB, Waters）を行った。固相抽出後の試料は、逆相カラムによる LC の後、Q-Exactive Focus を用いて positive/negative の switching モードにて FullMS データを取得した。得られたデータは Compound Discoverer 3.0 (Thermo Fisher Scientific 社)を用いて解析を行い、 $m/z$  と retention time およびそのエリア値からなる component のリストを得た。

培養液上清からは合計 5,410 個の component が得られた。この中から絞り込むシグナル物質候補の条件として、AHL と同様の挙動を示す物質とした。すなわち、ある細胞濃度を超えると細胞あたりの AHL 量が急激に上昇するものとした。そのため、各 component において、i) エリア値の最大値/最小値の比が 1000 以上であること、ii)  $t$  と  $t-1$  における自己相関係数が 0.5 以上であること、の 2 つ条件でまず絞り込んだ。その結果、50 個の component が残った。次にそれぞれ component のピークエリア値をその component における最大値・最小値の範囲で 0~1 にスケールし、かつ各時間の細胞濃度 (cells/L) で割ったエリア値に変換した。この値を用いてクラスター解析を行った結果、大きく 3 つのクラスターに分かれた (図 1)。Cluster1 の属する component (28 個) は、7 h 以降にエリア値が対数的に増加するものが多数であった (図 2)。Cluster2 は 9 h 以降にエリア値が低下するものが多く、Cluster3 は明確な傾向は観察されなかった。Cluster1 の中には、PAO1 が生産する 3O-C12-HSL も含まれていたことから、今回のアプローチにおいて AHL 様の濃度変化を示すシグナル物質候補群を Cluster1 として絞り込むことができたと考えられる。なお、PAO1 が生産するもう一方の AHL である C4-HSL は、抽出された 5,410 個の component いずれにも該当するものが見当たらなかったことから、今回の component 抽出条件でうまく抽出されなかったと考えられる。

#### 4. 今後の展望と課題

菌体密度が低い場合には QS グナル物質の生産活性が低く、シグナル濃度が低い。また活性汚泥内では平均的

な濃度ではなくブロック内の局所的なシグナル物質濃度が重要となりえる。これらのことから、シグナル物質濃度の変動を捉えるためにはより高感度な検出が必要となる。また、ノンターゲット分析によるシグナル物質の探索では、得られる多数のピークの中からシグナル物質候補を絞り込む条件が重要となる。今回は AHL 様の濃度変動を示すものとしたが、必ずしも AHL とは同様な挙動のシグナル物質も存在するため、そのようなシグナル物質も広く捉えるための解析方法については検討が必要である。



図 1 50 個の component のクラスター解析結果

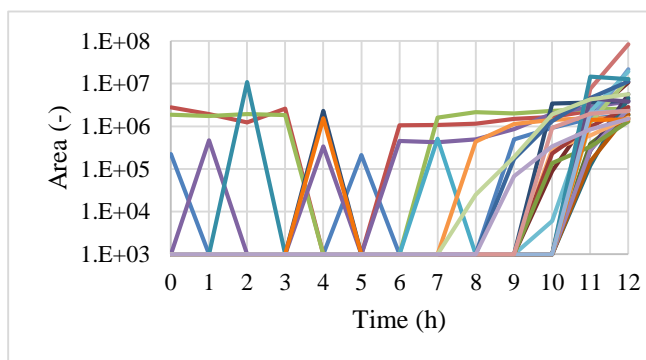


図 2 Cluster1 の component のエリア値の経時変化

#### 参考文献

- 1) Tan, C.H., Koh, K.S., Xie, C., Tay, M., Zhou, Y., Williams, R., Ng, W.J., Rice, S. a, Kjelleberg, S. (2014) The role of quorum sensing signalling in EPS production and the assembly of a sludge community into aerobic granules. *ISME J.* 8, 1186–97.
- 2) De Clippeleir, H., Defoirdt, T., Vanhaecke, L., Vlaeminck, S.E., Carballa, M., Verstraete, W., Boon, N. (2011) Long-chain acylhomoserine lactones increase the anoxic ammonium oxidation rate in an OLAND biofilm. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 1511–1519.
- 3) Oh, H.S., Lee, C.H. (2018) Origin and evolution of quorum quenching technology for biofouling control in MBRs for wastewater treatment. *J. Memb. Sci.* 554, 331–345.
- 4) 八木大輔, 飛野智宏, 中島典之, 山本和夫 (2018) MBR 中に存在するアシルホモセリンラクトン類濃度の定量と膜間差圧変化との関係, 第 52 回日本水環境学会年会講演集, 208

キーワード Quorum sensing, 活性汚泥、シグナル物質、ノンターゲット分析



# 高分解能質量分析計を用いたメタボローム解析による生態毒性評価：適用例と課題

## Assessment of ecotoxicity by metabolomic analysis using a high-resolution mass spectrometer: application and challenge

東京大院・工 ○柳原未奈、東京大・環安研セ 中島典之、東京大院・工 飛野智宏

### 1. 水生生物保全に向けた生態毒性試験

河川、湖沼、海域など多様な水環境に生息する水生生物を保全するため、我が国では水生生物の保全に係る水質環境基準が定められている。対象とする物質や、その基準値は、生態毒性試験によって得られる情報を基に決定される。また、環境試料を対象に、化学的な分画操作と生態毒性試験を組み合わせることで、毒性要因推定を行う場合もある。毒性要因推定は、試料の毒性を説明するような物質を推定することであり、毒性低減対策、発生源対策等につなげることを狙いとして行われる。

本稿では、毒性試験とメタボローム解析を組み合わせたアプローチについて取り上げる。そして、毒性要因推定に向けて水生生物のメタボローム解析を行った事例を紹介し、課題点についてまとめる。

### 2. 生態毒性分野におけるメタボローム解析の利用

#### 2.1. メタボローム解析の概要

遺伝子発現をもとに起こった代謝反応の最終的な産物を代謝物 (metabolite) と呼び、ある条件での個体中の metabolite のセットを metabolome、それを解析する手法として metabolomics (メタボローム解析) が発展してきた。メタボロームは具体的な物質を指す用語ではなく、網羅的に分析されるものの総称であるため、測定には質量分析計や Nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR) が主に用いられてきた。それぞれの分析原理によって検出可能な物質が異なるが、一般的には質量分析計の方が NMR よりも検出感度が高いと言われている<sup>1)</sup>。以下では、特に質量分析計を用いたメタボローム解析について述べる。

#### 2.2. 生態毒性分野への適用

メタボローム解析を生態毒性分野に活用することの利点は、その生物の実際の状態を観測できる点、また、予想しえない関係性を見出すことができる点、遺伝子情報を必要としないため多種多様の生物に適用できる点である<sup>2)</sup>。さらに、正常な条件下における応答とストレス条件下での応答の変化が大きいため、様々なストレスの影響を評価することができる。そのため、水温変

化などのストレス、特定の物質曝露の影響、混合物質の複合影響の評価など、適用例は多岐にわたる。特定の条件下での代謝物応答の変化は数多く報告されているものの、その変化の特異性や、変化する物質の種類について議論した研究例は限られる。メタボローム情報と曝露物質の関係性を評価することで、毒性要因推定への応用が期待されることから、関連する事例を次章で紹介する。

### 3. 適用例：汚染物質曝露時の汽水産端脚類のメタボローム解析

#### 3.1. 目的と概要

ここでは、汽水産端脚類の一種であるニホンドロソコエビ (*Grandidierella japonica*) のメタボローム解析について述べる。底生生物である *G. japonica* は、底質毒性を評価するための底質毒性試験に用いられてきた。汽水域の底質は汚染物質の蓄積が起りやすく、除去などの対策も困難であることから、底質中の毒性要因物質を推定することが求められている。そこで、メタボローム情報に基づいて毒性要因推定を行うため、様々な汚染物質に曝露した *G. japonica* のメタボローム情報を比較することを目的に、以下の実験を行った。

#### 3.2. 方法

メタボローム情報取得のため、USEPA で定められた方法<sup>3)</sup>を参考に *G. japonica* の4日間曝露試験を行った。試験条件として、汚染物質を添加しない Control 群のほか、汚染物質を LC50 の濃度で添加した曝露群を設定した。具体的には、クロム (Cr)、ニッケル (Ni)、銅 (Cu)、亜鉛 (Zn)、カドミウム (Cd)、フルオランテン (Fluoranthene)、ニコチン (Nicotine) のいずれかを添加した曝露群と、Cu, Zn, Cd を混合して添加した Mix 群、塩分濃度を Control 群の 30‰ から 5‰ または 45‰ へ変化した条件 (Salinity) について試験を行った。

4日間の曝露試験後、生存個体からメタボロームを抽出し、高分解能質量分析計 (Exactive, Thermo Fisher Scientific 社) による分析を行った。Flow-injection 分析による結果、のべ 7,474 種のピークが検出され、基準化などの前処理を行った値をもとに主成分分析を行った。こ

これらの一連の方法の詳細については、既報<sup>4)</sup>を参考にされたい。

### 3.3. 結果

*Grandidierella japonica* のメタボローム情報を変数とした主成分分析を行い、得られたスコアプロットを図1に示す。まず、Salinity (5‰) の条件と Nicotine 曝露条件において、他の条件下における応答と異なる応答が見られた (図1a)。また、重金属 (Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Mix) を曝露した場合と、重金属以外の Fluoranthene, Nicotine を曝露した場合の応答も大きく異なることが示された (図1b)。この結果のように、曝露する物質の種類によって応答する代謝物が異なることは他の研究においても報告されているものの、その作用機序や応答の特異性は明らかではない。今後、曝露物質と代謝物応答の関係性について詳細に検討することで、曝露のバイオマーカーの探索が可能となると考えられる。

### 4. 今後の展望と課題

代謝物応答と曝露物質の関係を評価するにあたり、質量分析によって検出された物質の推定が大きな一歩となる。物質を推定するためのデータベース自体は数多く存在するものの、物質の推定に至るにはいくつか課題が見られる。例えば、Kindら (2009) はイネ (*Oryza sativa*) の分析結果を用いて各データベースの性能について検証した。その結果、データベースに登録されている物質数や情報の質、また農薬・医薬品由来物質との区別という点で問題があることを指摘した<sup>5)</sup>。代謝物の同定は、他の omics アプローチによる結果との比較など、その後の考察に対して重要な情報を与えるため<sup>6)</sup>、データベースの機能・網羅性の向上が期待される。

本稿では、生態毒性分野におけるメタボローム解析の概要と適用例について述べ、今後の課題を示した。分析機器の性能向上とともに発展してきたメタボローム解析は、これからも数多くのデータが報告されると予想される。今後は、これらの情報の更なる活用に向けた、データ解析における発展も重要である。

### 参考文献

- 1) Viant MR and Sommer U (2013) Mass spectrometry based environmental metabolomics: a primer and review. *Metabolomics*. Vol.9, 144–158.
- 2) Bundy JG, Davey MP, and Viant MR (2009) Environmental metabolomics: a critical review and future perspectives. *Metabolomics*. Vol.5, 3–21.

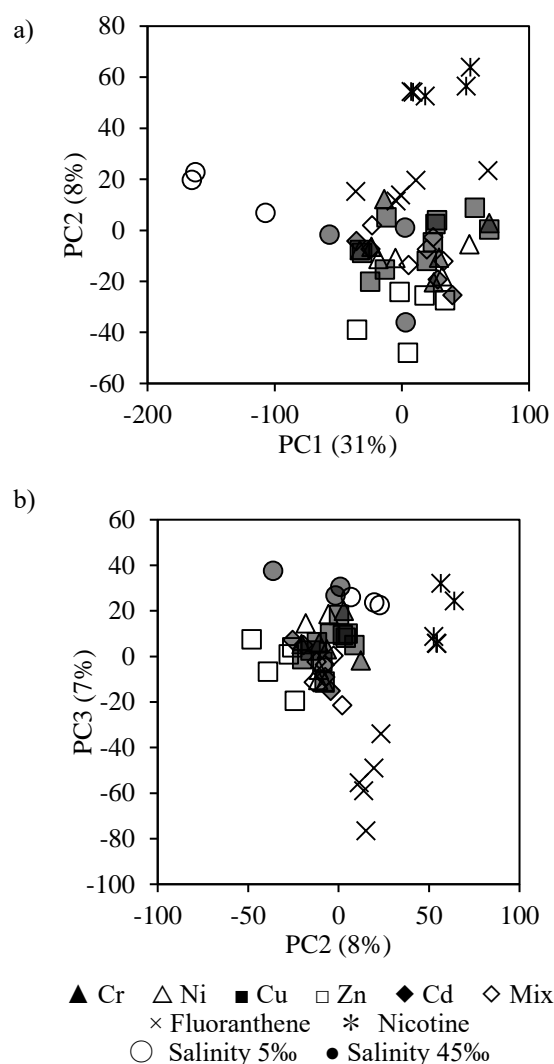


図1 High-dose 群における代謝物応答値の主成分分析結果 (a: PC1, PC2 によるスコアプロット、b: PC2, PC3 によるスコアプロット)

- 3) USEPA (1994) Methods for assessing the toxicity of sediment-associated contaminants with estuarine and marine amphipods (EPA 600/R-94/025).
- 4) Yanagihara M, Nakajima F, and Tobino T (2018) Metabolomic responses of an estuarine benthic amphipod to heavy metals at urban-runoff concentrations. *Water Sci. Technol.* Vol.78, 2349–2354.
- 5) Kind T, Scholz M, and Fiehn O (2009) How Large Is the Metabolome? A Critical Analysis of Data Exchange Practices in Chemistry. *PLoS One*. Vol.4, No.5, 1–10.
- 6) Beisken S, Eiden M, and Salek RM (2015) Getting the right answers: Understanding metabolomics challenges. *Expert Rev. Mol. Diagn.* Vol.15, 97–109.

キーワード メタボローム解析, 高分解能質量分析計, 生態毒性評価

# 環境省水質要調査項目調査へのスクリーニング分析導入の提案と課題

## Proposal of and Challenges in Introducing Screening Analysis for the Surveillance of “Items to be Surveyed” (Youchousa-Koumoku) for Water Quality by the Ministry of the Environment, Japan

東京大学大学院工学系研究科 ○栗栖太，謝理，石井淑大

### 1. はじめに

環境省による水環境保全に向けた取組のための要調査項目（以下要調査項目）は、平成 10 年に 300 項目が設定され、平成 26 年に 208 項目に見直された。環境省により「要調査項目等存在状況調査」が行われてきたものの、予算の制約により多くても毎年 20 項目程度の調査が行われているに過ぎず、現状では全項目を調査する目途が立っていない。要調査項目の設定の趣旨に鑑みると、高精度の測定値を確実に得ることよりも、今後注視すべき項目かどうかの判断を迅速に行うべきである。そこで我々は、高分解能精密質量分析計を用いた一斉スクリーニング分析の開発を行っている。本発表では、国内の河川水における検出結果をもとに、分析法開発の現状と展望について紹介する。

### 2. 実験方法

環境省要調査項目等存在状況調査が行われている地点のうち、2018 年 2－3 月に採水された 9 地点の河川水試料を対象とした（表 1）。保持粒子径 0.3  $\mu\text{m}$  のガラス繊維ろ紙でろ過し、Bond Elute PPL(Agilent)により固相抽出を行った。

固相抽出試料を、Orbitrap 質量分析計(Exactive, Thermo Fisher Scientific)によるフローインジェクション分析(FI 分析)、および Inert Sustain C18 カラム (GL Sciences) と四重極-Orbitrap 質量分析計(QExactive focus, Thermo)を用いた LC/MS 分析を行った。FI 分析の移動相にはメタノールを用い、LC/MS 分析にはそれぞれ 0.01 %のギ酸を添加したメタノールと超純水を用いたグラジエント分析とした。イオン化はエレクトロスプレーイオン化法で行い、対象  $m/z$  は 100-1,000 として Full MS 分析を行った。

FI 分析においては、要調査項目の脱プロトン分子／プロトン付加分子の  $m/z$  との差が 5 ppm 以内のイオンについてスクリーニングを行った。LC/MS 分析においては、上記  $m/z$  の誤差が 3 ppm 以内で、標準物質との保持時間の差が 0.5 分以内に検出されるものとした。また、 $^{13}\text{C}$  由来の同位体ピークが誤差 3 ppm 以内に検出され、強度比が計算値の  $\pm 20\%$  以内であることを確認した。

### 3. 結果

FI 分析においては、標準物質が検出可能であった 129 物質のうち、1 地点以上でスクリーニング条件に当てはまるものは 31 物質あった。これらは、検出の可能性のある物質と位置付けた。一方、LC/MS 分析においては、標準物質が分析可能であった 95 物質のうち、54 物質が検出された。FI 分析においてスクリーニングされた 31 物質のうち、LC/MS でも検出が確認された物質は 14 物質に過ぎなかった。精密質量のみの情報からスクリーニング分析した場合、確度は高くないといえた。

LC/MS 分析での各地点の検出物質数を表 1 に示す。本調査において、いずれかの地点で  $1\mu\text{g/L}$  以上の濃度で検出されたのはデカン酸、テトラヒドロメチル無水フタル酸、テレフタル酸であった。

検出された延べ 54 物質のうち、26 物質は環境省による存在状況調査が未実施の物質であった。LC/MS による一斉スクリーニング分析により、より迅速に調査が進められる可能性が示された。また、1 地点からも検出されなかった 41 物質については、本スクリーニング分析における検出下限値以下であるといえ、検出下限値が予測無影響濃度(PNEC)等の濃度に比べて十分に低いものについては、その物質は調査の重要度が低いと判断できる。

要調査項目の物質群は、毒性情報が不足しているものも多い。毒性情報の拡充も併せて行い、検出下限、検出値と比較することで、要監視項目、水質基準項目への格上げが必要かどうか「常に適切な科学的判断が加えられ」（環境基本法）るための一助となれば、と考えている。

表 1 調査地点および LC/MS 分析での検出物質数

水域	地点	都道府県	検出物質数
蛭田川	蛭田橋	福島県	20
休泊川	泉大橋	群馬県	18
古綾瀬川	綾瀬川合流点前	埼玉県	31
天白川	大井の川橋	三重県	25
大正川	平野川合流直前	大阪府	20
岡崎川	岡崎川流末	奈良県	25
土器川	丸亀橋	香川県	25
水無川	産島橋	熊本県	23
甲突川	松方橋	鹿児島県	23

# 未規制懸念物質の包括モニタリングにおける GC-MS AIQS-DB の活用事例

## An Application of GC-MS AIQS-DB System to Comprehensive Monitoring for Substances of High Concern Candidate

横浜国立大学 ○亀屋隆志, 三保紗織, 小林剛

### 1. 化学物質の包括的な環境安全管理

PCB によるカネミ油症事件を契機に、一部の有害な化学物質を原因として環境汚染を介して甚大な被害が起りうるということが認識され、1973 年に「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）」が制定された。以降、各国においても類似の制度が導入されるようになった。化審法では、上市前の新規化学物質に対して環境安全性の事前審査を義務付ける包括的な管理が導入され、難分解性・高蓄積性・長期毒性を有する物質は第一種特定化学物質として製造・輸入が事実上禁止されることになった。その後、法制定前から上市されていた既存化学物質についても国が安全性点検を行うことになり、高蓄積性を有しない第二種特定化学物質や指定化学物質の追加指定が行われた。2003 年改正では生態毒性を有する第三種監視化学物質の指定も行われ、さらに 2009 年改正ではすべての化学物質を対象に段階的なリスク評価が行われることになり、スクリーニング評価において環境リスクの懸念がないとは言えない物質が優先評価化学物質として指定され、第二種特定化学物質への該当を判断するため詳細なリスク評価が行われることになった。

一方、1992 年のリオサミットで採択された Agenda21 を契機として、化学物質の包括的なリスク管理が世界的な大きな潮流となった。経済協力開発機構（OECD）は、Agenda21 のフォローアップとして、1994-1995 年に加盟国の政府や民間企業、市民団体、国際機関、非加盟国の代表者等が参加する 5 回のワークショップを開催し、「PRTR 導入ガイダンスマニュアル」を取りまとめ、OECD 加盟国レビューを経て発行した。1996 年 2 月には OECD 環境大臣会合において、OECD 加盟国に対し『PRTR 導入勧告』を実施し、OECD 加盟国は 3 年後までに PRTR 制度を導入し、その状況を報告することとなった。これに対応するため、日本では 1999 年に「特定化学物質の環境中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）」が制定され、事業者が事業所から排出・移動される化学物質の量と行先を把握して行政に届け出る PRTR 制度が導入され、第一種指定化学物質が指定された。合わせて、化学物質を他の事業者へ譲渡・提供する際に、化学物質

の性状や取扱方法に関する情報を合わせて事前提供する SDS 制度が第一種指定化学物質および第二種指定化学物質に対して義務付けられた。

また、大気汚染対策においては、「大気汚染に係る環境基準」のほかに、1996 年の中央環境審議会「今後の有害大気汚染物質対策のあり方について（第 2 次答申）」において、有害大気汚染物質に係るリストについて、「有害大気汚染物質に該当する可能性がある物質リスト」<sup>1)</sup>として 234 物質が示され、さらにその中から「優先取組物質」として 22 物質が選定され、事業者等による自主的な排出抑制や、行政による体系的な実態把握が求められることになった。これらの物質リストは 2010 年の「今後の有害大気汚染物質対策のあり方について（第九次答申）」において大幅見直しがなされ、現在はそれぞれ 248 物質および 23 物質となっている。

また、水環境の保全においては、「水質汚濁に係る環境基準」および「監視項目」のほかに、1998 年に環境庁が水環境リスクに関する知見の集積が必要な物質として「水環境保全に向けた取組のための要調査項目リスト」<sup>2)</sup>として 300 項目を選定し、要調査項目等調査マニュアルも示されている。要調査項目は、その後 2014 年に改定され、現在は 208 項目となっている。

### 2. 一斉分析法の活用

法で定められた環境基準や要監視項目については、その適否を判断するため、物質ごとに定められた個別の公定分析法を一定の精度管理の下で用いて定期的な分析測定が行われなければならない。一方、本報において包括的な化学物質管理が目的となる未規制の懸念物質については、基準項目等に比べてその種類も性状も多岐に亘ることから、同等の個別分析法を採用する音自体が時として管理の促進の障害になりうる。

GC-MS 自動同定定量データベース（AIQS-DB）法は、一定の性能評価がなされた機器において同一の分析条件により測定されたガスクロマトグラムと質量スペクトルについて、あらかじめデータベース登録された物質の①保持時間、②質量スペクトル、③検量線から自動同定・定量を行うシステムである。検出漏れを回避するための誤同定が若干あり、定量性にやや欠け

この手法は門上ら<sup>3)</sup>によって開発されてきたものであり、同氏らによって数多くの分析測定事例も示されている。筆者らは、2008 年頃からこの方法に着目し、化管法対象物質や化審法旧三監物質（生態影響）、化審法優先評価化学物質、水質要調査項目、有害大気汚染物質に該当する可能性がある物質<sup>4)</sup> など、未規制懸念物質への幅広い応用を図ってきた。もともと半揮発性物質 SVOC を対象とするメソッドであるが、一部の未規制懸念物質については、トリメチルシリル TMS 誘導体化物への応用や環境中分解生成物への応用<sup>5)</sup>、分離条件の変更による揮発性物質（VOC）への応用など<sup>6)</sup> についても検討してきた。

2015 年夏季と 2016 年夏季に全国の計 50 地点で 1 度ずつ河川水をサンプリングした。各都道府県で 1 地点以上で、なるべく下流の地点を選定した。



既報<sup>5)</sup>と同様、河川水を Sep-Pak PS-2+AC-2 で固相抽出した 1000 倍濃縮液に内標準物質を添加して GC-MS 測定し、AIOS-DB 法により自動同定定量した。

データベースを用いた GC-MS AIQS-DB 一斉分析法により、未規制の環境汚染懸念物質のデータ収集能力が格段にアップし、管理の改善の促進が期待できる。

# 水道水質検査における質量分析の活用

## Application of mass spectrometry in drinking water quality analysis

国立医薬品食品衛生研究所 小林憲弘

### 1. はじめに

我が国の水道水質検査は、厚生労働省が定めた標準検査方法を用いて行われるが、水道水質検査においても質量分析の活用が進んでいる。

水道水質基準や管理目標は逐次改正方式によって、随時、見直しが行なわれているが、検査項目の基準値や目標値が引き下げられた場合、より低濃度まで測定することが求められる（通常は基準値の 1/10、農薬の場合は目標値の 1/100）ため、より高感度な分析手法が必要となる。また、検査労力を削減するために、複数の検査項目を一斉分析できる手法が求められている。

質量分析法は、滴定法や分光法等と比べて高感度であり、選択性が高く、一斉分析が可能であることから、水道水質検査においても質量分析法が注目され、新しい標準検査方法（告示法あるいは通知法）として設定されるとともに、検査機関においても徐々に普及が進んでいる。ここでは、水道事業者等に検査義務が課せられている「水質基準項目」と、水質基準に係る検査に準じた検査が求められている「水質管理目標設定項目」の検査に、質量分析がどのように活用されているかについて解説するとともに、実用化を目指して開発を進めているターゲットスクリーニング分析法の研究の進捗状況についても報告する。

### 2. 水質基準項目の検査方法

水質基準項目（51 項目）の検査は、厚生労働大臣が定める検査方法（以下、告示法）を用いて行われる。検水が水質基準に適合しているか（基準を超過していないか）どうかを判断するためには、告示法を用いて検査を行わなければならない。告示法に質量分析法が設定されている水質基準項目を表 1 にまとめた。

カドミウム等の金属類は、ICP/MS 法を用いることによって、従来のフレイム原子吸光光度法と比べてより高感度に一斉分析を行うことが可能となっている。

また、臭素酸は LC/MS（あるいは LC/MS/MS）法によって、従来のイオンクロマトグラフ・ポストカラム法と比べて高感度に分析することができるだけでなく、装置の汎用性やメンテナンス性にも優れている。

ハロ酢酸、ホルムアルデヒド、フェノール類については、以前から GC/MS 法が設定されていたが、近年、

LC/MS/(MS)法が追加された。いずれも LC/MS/(MS)法は、従来の GC/MS 法よりも迅速・簡便に検査できる。ハロ酢酸の LC/MS/(MS)法は、採水した検水をそのまま機器に導入して測定する手法であり、GC/MS 法では必要となる有害試薬（ジアゾメタン）を用いた前処理が不要である。ホルムアルデヒドの LC/MS/(MS)法は、GC/MS 法と比べて誘導体化の操作が簡便で、反応時間も短いため、より迅速に分析できる。前処理は HPLC 法と同じだが、HPLC よりも選択性が高く定量下限が低いことから、マトリックスの多い試料の分析により適している。フェノールの LC/MS/(MS)法はイオン化法が APCI 法(大気圧化学イオン化法)と特殊であるため、専用のプローブを必要とするが、GC/MS 法では必要となる誘導体化による前処理が不要である。

表 1 水質基準項目の質量分析法

項目	検査方法	別表番号
カドミウム、セレン、鉛、ヒ素、六価クロム、ホウ素、亜鉛、アルミニウム、鉄、銅、ナトリウム、マンガン、カルシウム、マグネシウム	ICP/MS	6
四塩化炭素、1,4-ジオキサン、シス-1,2-ジクロロエチレン、トランス-1,2-ジクロロエチレン、ジクロロメタン、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、ベンゼン、クロロホルム、ジブロモクロロメタン、プロモジクロロメタン、プロモホルム	PT-GC/MS	14
	HS-GC/MS	15
1,4-ジオキサン	固-GC/MS	16
ジオスミン、 2-メチルイソボルネオール (2-MIB)	PT-GC/MS	25
	HS-GC/MS	26
	固-GC/MS	27
	固マ-GC/MS	27 の 2
クロロ酢酸、ジクロロ酢酸、 トリクロロ酢酸	誘-GC/MS	17
	LC/MS/(MS)	17 の 2
臭素酸	LC/MS/(MS)	18 の 2
ホルムアルデヒド	誘-GC/MS	19
	誘-LC/MS/(MS)	19 の 3
フェノール類	固-誘-GC/MS	29
	固-LC/MS/(MS)	29 の 2

固：固相抽出，固マ：固相マイクロ抽出，誘：誘導体化



### 3. 水質管理目標設定項目の検査方法

水質管理目標設定項目（26 項目）の検査は、妥当性が評価されていれば、どのような検査方法を用いてもよいこととされているが、実際には、ほとんどの検査機関は、厚生労働省から通知された検査方法（以下、通知法）をそのまま用いている。

通知法として質量分析法が設定されている管理目標設定項目を表 2 にまとめた。中でも農薬類については毎年、新しい質量分析法が追加されている。その 1 例として、別添方法 20 の 2 は、採水した検水をそのまま機器に導入して測定する手法であり、年々、物質数が追加されている。直近（2019 年 3 月）では近年、検出報告例が増加しているイブフェンカルバゾンが追加され、現在はポジティブモードで 174 物質、ネガティブモードで 23 物質が対象となっており、厚生労働省が測定対象としてリストアップしている農薬の大部分を、この方法で測定することが可能である。

表 2 水質管理目標設定項目の質量分析法

項目	検査方法	別添方法
アンチモン、ウラン、ニッケル	ICP/MS	4
カルシウム、マグネシウム、マンガン、アルミニウム	ICP/MS	別表 6
1,2-ジクロロエタン、トルエン、1,1,1-トリクロロエタン、メチルセブチルエーテル、1,1-ジクロロエチレン	PT-GC/MS HS-GC/MS	1 2
フタル酸ジ(2-エチルヘキシル)	溶媒-GC/MS	番号なし
ジクロロアセトニトリル、抱水クロラル	溶媒-GC/MS	3
農薬類	固-GC/MS5	5
	固-GC/MS	5 の 2
	固-誘-GC/MS	6
	PT-GC/MS	7
	HS-GC/MS	8
	固-LC/MS	18
	固-LC/MS	19
	LC/MS	20
	LC/MS/MS	20 の 2
	固-LC/MS/MS	21
	誘-固-LC/MS/MS	22
	PT-GC/MS	23
	HS-GC/MS	24
	固-GC/MS	25

溶：溶媒抽出，固：固相抽出，誘：誘導体化

### 4. ターゲットスクリーニング分析法

ターゲットスクリーニング分析法は、分析対象物質の標準品を使用せず、機器のデータベースに登録した情報を基に定性・定量を行う手法である（表 3）。

近年、日本では人口減による水需要の減少と老朽化した水道管の更新費用の増加により、水質管理の人員や予算が削減されている。そのような状況下において水道水の安全性を確保し続けるためには、より迅速・簡便な水質検査方法が必要である。また、基準項目や管理目標設定項目以外の未規制物質の存在実態を把握することも重要であることから、国立医薬品食品衛生研究所や大阪健康安全基盤研究所を中心に、近い将来の実用化を目指して開発を進めている。

ターゲットスクリーニング分析法については、厚生労働省に設置されている平成 30 年度第 1 回水質基準逐次改正検討会（2018 年 11 月 15 日）において「固相抽出-GC-MS 法、LC-MS 法などの一斉分析法は検査に労力がかかることから、現在厚労科研において検討中ではあるが、スクリーニング検査法による簡易な測定により、農薬の検出状況の傾向を把握し、水質管理に役立てることも考えられる。」として、実運用に向けて期待が寄せられている。

表 3 標準検査法とスクリーニング分析法の比較

	標準検査法	スクリーニング分析法
測定モード	SIM	Scan
定性方法	対象物質の標準品を毎回測定	データベースの相対保持時間とスペクトルを利用
定量方法	対象物質の検量線を毎回作成	データベースの検量線を利用（装置性能評価が必要）
用途	水質基準・目標値の適合評価	検査対象物質の絞り込み 汚染事故時の原因究明 水質基準・目標値のスクリーニング評価
分析精度	真度：70～130% （妥当性評価ガイドライン）	当面は検出の評価のみ （将来的にはオーダーが一致することを目指す）

### 5. まとめ

水道水質検査における質量分析は、従来の検査方法と比べて高感度・高精度であるだけでなく、前処理を省略あるいは簡略化できることが多く、効率的な検査が可能である。また、ターゲットスクリーニング分析法についても、実用化を目指した検討が進んでいる。

# 高分解能質量分析を用いた未知物質の構造推定における問題点と限界

## Scope and limitations of the state-of-art mass spectrometry on environmental sciences

鹿児島大院・理工 ○高梨啓和

### 1. はじめに

2000年に電場型 FTMS (現在の Orbitrap<sup>TM</sup>) が開発<sup>1)</sup>され、同時期に飛行時間型質量分析計 (TOFMS) の質量分解能が向上すると、高分解能かつ高質量精度のマススペクトルが手軽に得られるようになり、環境中の未知物質の探索研究に応用が広まった。しかし、数多く検出される夾雑物のピークの中から意味のある未知物質のピークをどのように探索するのか、未知物質の構造推定に必須であるフラグメンテーションの解釈をどのように行うのか、探索に用いるデータベース (DB) をどのように整備するのかなど、自動化が困難であり検討に熟練を要する課題や物質数が多く整備が困難な課題が残った。そこで本稿では、紙面の許す限り、具体的な問題点、限界などを示し、シンポジウム当日の議論に繋げたい。

### 2. 高分解能質量分析に期待される役割

環境への排出量制御など、管理の必要性を検討すべき環境化学物質の物質数は数万と多い。さらに、近年使用される化学物質の分解性の向上に伴い、分解生成物である環境変化体がこれに加わる。検討すべき物質数が多いため、すべての物質を対象に個々の物質の環境中濃度を測定して曝露情報を取得するのは非現実的であり、多成分同時分析や網羅分析が可能な質量分析により効率よく曝露情報を取得することが期待される。

なお、これらの環境化学物質は、たとえ構造が既知であったとしても、サンプル中に含まれているか否かが不明であれば未知物質であり、定性分析の対象である。このような分析手法の呼称は明確に定まっていないと認識しているが、対象物質数が非常に多い場合でも、サンプル中に含まれている可能性がある物質 (ターゲット物質) のリストを作成し、そのリストと照合しながらスクリーニングするためにターゲットスクリーニングと称されることが多いと感じる。このような定性分析は、質量分解能が低い機器を用いても一定程度は可能だが、質量分解能が高い高分解能質量分析計を用いることにより誤同定の割合を低下させることが可能と考えられる。高分解能質量分析計は、一般的に半値幅法による質量分解能が 1 万以上の質量分析計を指す。

さらに、環境変化体や浄水工程における消毒副生成物

など、構造が未知な物質を対象にした定性分析が必要になる場合がある。そのような場合には、構造が未知であるが故に、予めターゲット物質のリストを作成することは不可能である。ターゲットスクリーニングと同様に呼称が定まっていないと認識しているが、このような定性分析の手法をノンターゲットスクリーニングと称されることが多いと感じる。

ここで注意すべきことは、両者ともスクリーニング分析であり、環境分析化学で重要視されている選択性と定量性を一定程度犠牲にして、偽陽性などを許容していることである。選択性を担保するためには標準物質を用いた確認 (同定)、定量性を担保するためには安定同位体で標識された標準物質を用いた定量分析が必須であり、測定の目的に応じてスクリーニングで留めるのか、選択性や定量性を担保するのかを使い分ける必要がある。

### 3. ターゲットスクリーニングの問題点と限界

#### 3. 1 プロダクトイオンスペクトルに基づく方法

質量分析計内部で分析種 (分析対象物質) にエネルギーを加えることにより、フラグメンテーションを惹起させることが可能である。フラグメンテーションのパターンであるプロダクトイオンスペクトルが物質の構造を反映していることを利用し、DB 化した既知物質のプロダクトイオンスペクトルと比較することにより未知物質を推定する研究が行われている。推定に必要な DB は、プロダクトイオンスペクトルを取得する条件を規格化した上で 267,376 物質の実測結果を収録した DB<sup>2)</sup> が米国国立標準技術研究所 (NIST) より市販されているほか、日本質量分析学会が無償公開している MassBank<sup>3)</sup> などが利用可能である。この方法は、プロダクトイオンスペクトルを取得する条件の規格化が容易な GC/MS を用いたターゲットスクリーニングに用いられることが多い。

比較的安価な装置で実施可能であり、実施も比較的容易なため、古くから行われてきた。しかし、GC による物質分離が不完全な場合 (分析種と夾雑物が同時にカラムから共溶出する場合) にプロダクトイオンスペクトルに夾雑物由来のプロダクトイオンが表れてしまい、誤同定に繋がりがやすい。わずかでもカラム保持時間が異なる夾雑物は計算機による排除が可能なので、排除アルゴリ

ズムの普及が期待される。また、イオン源の汚れなどに由来するノイズがプロダクトイオンスペクトルに表れていると誤同定に繋がるので注意したい。

### 3. 2 分子式に基づく方法

適用可能な物質は、ソフトイオン化により分子量関連イオンが検出可能な物質に限られるが、前世紀末に大気圧イオン化法が実用化し、既存の化学イオン化法、電界イオン化法などの様々なソフトイオン化法と合わせることで、広範な物性の物質のソフトイオン化が実現しつつある。また、分子式に基づくターゲットスクリーニングは、分子量関連イオンの分子式を推定するため、高分解能質量分析計を用いる必要がある。環境試料中の有害物質管理においては、分析種の分子量は数百 Da 程度と考えられ、生化学などにおける分析種と比較すると 10 分の 1 から 100 分の 1 程度低分子量である。この程度の分子量であれば、近年の高分解能質量分析計を用いることにより分子式を精度よく推定可能である。

分析種の分子式に基づくターゲットスクリーニングは、マススペクトルの情報を必要としないため、汎用の化学物質 DB が利用可能である。代表的な化学物質 DB として、英国王立化学会 (RSC) が運営する ChemSpider、米国国立衛生研究所 (NIH) が運営する PubChem をあげることができる。両者とも DB の集合体であり、登録物質数は前者が 7,400 万<sup>4)</sup>、後者が 9,600 万<sup>5)</sup> である。前述の NIST の DB に収録されている物質数が約 27 万と比較すると 270~360 倍程度、集録物質数が多い。しかし、これらの DB はカラム保持時間の情報が収録されていないために、異性体を区別することが不可能である。

### 3. 2 データベースの重要性

ターゲットスクリーニングは、DB に収録されている物質しか探索できないという限界があることに十分に注意する必要がある。一方で、環境研究と無関係な物質が収録されていると、DB マッチングの結果得られる候補物質の数が多くなり、誤同定に繋がりやすい。このため、探索目的物質以外を排除した DB であることが重要である。例えば、サンプル中の生態毒物質を探索するのであれば、生態毒性物質のみを収録した DB を用いるべきである。

### 4. ノンターゲットスクリーニングの問題点と限界

高分解能質量分析計を用いて未知物質の分子式を推定するまでは、分子式に基づくターゲットスクリーニン

グと同じ原理、同じワークフローである。ただし、DB マッチングを行わないので、数多く検出される夾雑物のピークの中から意味のある未知物質のピークを探索する必要がある。これは大きな問題であるが、紙面の関係上割愛する。

ノンターゲットスクリーニングでは、分子式を推定した上で、質量分析装置内部で分析種にエネルギーを加えてプロダクトイオンスペクトルを得る。得られたプロダクトイオンスペクトルを、既知物質のプロダクトイオンスペクトルの DB と照合することにより未知物質を推定する。ただし、ソフトイオン化で得た分子量関連イオンのプロダクトイオンスペクトルは、装置依存性が強く規格化が困難である。このため、高分解能質量分析計のメーカーより、自社製品で取得した 17,009 物質の実測測定結果<sup>6)</sup> を用いるか、NIST<sup>2)</sup> や日本質量分析学会<sup>3)</sup> が分析装置や分析条件を明らかにしたうえで市販・公開している DB を用いる必要がある。

しかし、そのような DB に収録されている物質数は限定的なので、プロダクトイオンスペクトルを解釈することにより構造を推定する必要が生じる。この方法による構造推定は、未知物質の構造を仮定し、その仮定を検証することにより行われることが多い。主に 3 種類の推定方法が用いられているが、紙面の都合により割愛する。

### 謝辞

本研究の一部は、環境省の環境研究総合推進費 (5B-1104) および (5-1406) により実施された。

### 文献

- 1) Makarov, A. (2000), Anal. Chem. 72(6), 1156–1162.
- 2) NIST/EPA/NIH, Mass Spectral Library (EI), <https://www.nist.gov/srd/nist-standard-reference-database-1a-v17> (2019 年 7 月時点) .
- 3) 日本質量分析学会, MassBank, <http://www.massbank.jp/Index> (2019 年 7 月時点) .
- 4) Royal Society of Chemistry, ChemSpider, <http://www.chemspider.com/> (2019 年 7 月時点) .
- 5) National Institutes of Health, PubChem, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/> (2019 年 7 月時点) .
- 6) HighChem, mzCloud, <https://www.mzcloud.org/> (2019 年 7 月時点) .

キーワード 環境化学物質、暴露情報、多成分同時分析、網羅分析、データベース

## シンポジウムー5

### 「気候政策に取り組む自治体ネットワークの動向と課題」

プロジェクト名：科研費基盤 C(17K00705)

「気候保護政策に取り組む自治体ネットワークの日欧比較」

オーガナイザー 増原直樹（総合地球環境学研究所）上級研究員  
杉山範子（名古屋大学）特任准教授

趣旨説明： 近年、パリ協定等の気候変動に関する国際交渉において、自治体などの都市、事業者、NPO を中心とするノン・ステート・アクター（国以外の主体）の活動へ注目が高まっている。他方、国内においては SDGs 未来都市が選定される等、地域レベルの取組みが世界に影響を与えることが認識されつつある。このような状況下で、日本国内の環境・気候保護政策に取り組む自治体ネットワークは参加自治体数の観点からは低迷しているように見えるが、その内実はどのようなになっているのか。世界首長誓約（日本）、環境自治体会議、環境首都創造ネットワーク、イクレイ日本等と、それらに参加する会員自治体をケーススタディと比較分析の両面からとりあげ、自治体ネットワークの最新動向と課題を検討する。

# 気候政策に取り組む自治体ネットワークの動向と課題

## Recent trend and issues of local government network for promoting climate policy

総合地球環境学研究所 増原直樹, 名古屋大学大学院環境学研究科 杉山範子

### 1. シンポジウムの趣旨

近年、パリ協定等の気候変動に関する国際交渉において、自治体などの都市、事業者、NPOを中心とするノン・ステート・アクター（国以外の主体）の活動へ注目が高まっている。このような状況下で、日本国内の環境・気候保護政策に取り組む自治体ネットワークは参加自治体数の観点からは低迷しているように見えるが、その内実はどのようなになっているのか。

本シンポジウムでは、世界首長誓約／日本、環境自治体会議、環境首都創造ネットワーク、イクレイ日本等と、それらに参加する会員自治体をケーススタディと比較分析の両面から取り上げ、自治体ネットワークの最新動向と課題を検討する。

### 2. イントロ：研究の背景及び問題提起

○増原 直樹（総合地球環境学研究所）上級研究員  
本シンポの契機となった科研費研究は2017年度に開始したが、それ以降、気候政策に取り組む自治体ネットワークに関して、国内で大きな動きが3つあった。一つは2015年に採択されたSDGsが徐々に自治体レベルに浸透し、2018年からSDGs未来都市が指定される等の注目を集めるようになってきたこと、第二に、欧州から始まった「首長誓約」が「世界気候エネルギー首長誓約」として欧州以外にも広がり、国内で世界首長誓約／日本が立ち上がったこと、第三に、1990年代から活動が続けてきた環境自治体会議と環境首都創造ネットワークの統合協議が進展したことである。

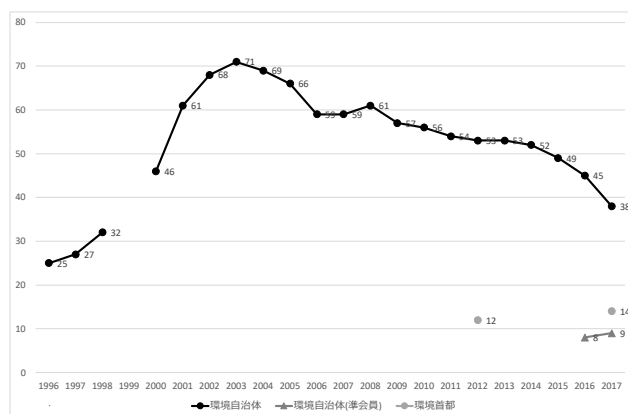


図1 環境自治体会議及び環境首都創造ネットワークの自治体会員数の推移（出典：各団体資料）

本シンポジウムでは、環境自治体会議と世界首長誓約/日本の事務局関係者を招くとともに、環境自治体会議及び環境首都創造ネットワークの会員自治体である多治見市、SDGs未来都市の一つである豊田市を対象として、このような変化の背景や効果を明らかにする。

環境自治体会議は後述の通り、96年から会員制を採用しており、近年は準会員を含めても会員自治体数は減少傾向にあることがわかる（図1参照）。一方、環境首都創造ネットワークは比較的遅れて発足したことから、環境自治体会議に比べて少数ではあるが、会員数は増加傾向にある（図1参照）。さらに、両者の財政的な実情についても分析結果を当日紹介する。

### 3. 環境自治体会議27年の歩みと新たなステージへの挑戦

○小澤 はる奈（環境自治体会議）事務局長

環境自治体会議は、1992年に数名の市町村長の呼びかけで第1回の全国大会を開催した。1996年から常設機関として事務局を設置し、今年5月には27回目の大会を開催した。首長が主導する会議体でありながら、市民団体や専門家、議員、職員らがフラットに参加し、様々な課題・論点が扱われてきたことが大きな特徴である。

全国大会以外の主な活動としては、首長や職員の交流・学習、先進事例の発掘と共有、年報「環境自治体白書」の製作、特定テーマでの政策研究等がある。

これまでの環境自治体会議の活動経過について、事務局では第1期：交流（1992年～2001年）、第2期：政策の実践（2002年～2011年）、第3期：連携（2012年～現在）の3段階に分けて整理している。さらに近年では、基礎自治体及び類似のネットワーク組織が置かれている状況の変化を踏まえ、多様な主体が参画し環境以外の政策課題をも扱うことへの要求が高まってきた。これを受けて今年の総会では、持続可能な地域づくりを標榜する新組織を2020年に設立することを決定した。

#### 4. 環境自治体会議と環境首都創造ネットワークへの参加と自治体間交流

○日比野 至（岐阜県多治見市）環境課課長

岐阜県多治見市における環境首都創造ネットワークとの協働は2001年の第1回環境首都コンテストに遡る。当時の多治見市は、循環型社会システム構想の構築、環境基本条例の制定、ISO14001認証の取得など、先進的な環境施策を推進していた。特に、環境NPOとの交流を深めたことが環境首都コンテストへの参加につながった。

また、同様な環境施策に取り組む自治体の事例は参考になるものであったことから、2002年度、環境自治体会議に加入した。2009年には、環境自治体会議の全国大会「たじみ会議」も主催した。

自治体間交流は、飯田市と職員を相互派遣するなどにより深まり、中部5市でTASKI（多治見、安城、新城、掛川、飯田）サミットの開催にも発展している。

#### 5. 地域から取り組む気候変動対策と自治体ネットワークへの参加

○塩谷 誠（愛知県豊田市）環境部環境政策課課長

豊田市における気候変動対策は、京都議定書の目標達成が叫ばれていた2009年の「環境モデル都市」の選定をきっかけに大きくスタートした。地域の強みである交通・産業・森林に関する施策を中心に、市民への情報発信と温室効果ガスの削減に取り組んできた。その間、民間企業等と連携して、生活者の行動動線に沿ったエネルギーの地産地消やVPP（Virtual Power Plant、仮想発電所）など、本市をフィールドとした様々な実証実験にも取り組んでいる。

また、パリ協定が採択され、更なる気候政策が求められる中、名古屋大学の呼びかけで、首長誓約やEU国際都市間協力プロジェクトの取組にも参画し、近隣自治体やEU都市との交流・連携も行っている。

昨年6月には、国から「SDGs未来都市」に選定され、経済・社会・環境の三側面における新しい価値創出を通して持続可能な開発を実現するSDGsの視点から気候変動問題にアプローチしていく。

#### 6. 地域気候政策の新たな展開「世界気候エネルギー首長誓約」とその課題

○杉山 範子（名古屋大学）特任准教授

自治体の首長が、気候政策等の推進を誓約する「世界気候エネルギー首長誓約」（Global Covenant of Mayors

for Climate & Energy）は9,200以上の自治体に参加する世界最大のネットワークである。日本では名古屋大学が「世界首長誓約／日本」の事務局として2018年8月より誓約・登録の受付を開始、2019年4月までに21自治体に参加している（図2）。日本の自治体に参加したきっかけは、首長の判断であったり、担当者が首長に提案したり、外部からの推薦などがある。

パリ協定発効後、国際的には自治体などの非国家主体（Non State Actors）が、地球温暖化対策の実装、低（脱）炭素インフラを構築するための投資の対象などとして注目されるようになった。また、気候変動の影響が顕在化しており、適応策の推進が急務となってきた。気候変動の緩和策に対し、適応策は分野もその対処方法も多様であるため、地域ごとの対策が求められている。

また、「世界気候エネルギー首長誓約」では、計画策定だけでなく、モニタリングをしながら、取組実施することが重要視されており、世界で統一した報告様式が開発されている。



図2 「世界首長誓約／日本」参加自治体

#### 参考文献

- 1) 中口毅博・増原直樹・環境自治体会議環境政策研究所（2012）環境自治体白書2012-2013年版，生活社，315.
- 2) 杉山範子（2015）欧州の地方自治体における気候政策・エネルギー政策の動向：「市長誓約（Covenant of Mayors）」を中心に，環境法研究，40，139-159.
- 3) 増原直樹（2018）自治体の新たな地球温暖化防止・エネルギー法政策の展開と課題，環境法研究，43，58-75.

キーワード 気候政策，自治体ネットワーク，SDGs，環境自治体，環境首都，世界首長誓約



## シンポジウムー6

### 「より迅速・簡便な水質検査法の開発」

プロジェクト名：平成31年度厚生労働科学研究費補助金  
「化学物質等の検出状況を踏まえた水道水質管理のための総合研究」

オーガナイザー 小林憲弘（国立医薬品食品衛生研究所）室長  
吉田 仁（（地独）大阪健康安全基盤研究所）主任研究員

趣旨説明： 水道水の安心・安全を確保するためには水質検査が不可欠であるが、その標準検査法である告示法や通知法は、前処理や測定方法が煩雑で、検査に時間を要するものが多い。日本では、人口減による水需要の減少等により、水質管理の人員および予算が削減される状況が続いている。また、年々増加傾向にある突発的な水質汚染事故に対応するためには、より迅速・簡便な水質検査方法が必要である。本シンポジウムでは、水道水および水道原水中の化学物質を効率よく測定するために開発している分析手法とその適用事例について4演題紹介する。さらに総合討論では、これらの分析手法を活用した「未来の水質検査のあり方」について議論する。

# より迅速・簡便な水質検査法の開発

## Development of Rapid and Simple Analytical Methods for Drinking Water Quality

シンポジウムオーガナイザー

国立医薬品食品衛生研究所 小林憲弘  
(地独) 大阪健康安全基盤研究所 吉田 仁

### 主旨

水道水の安全性を確保するためには水質検査を行うことが不可欠であるが、その標準検査法である告示法や通知法は、前処理や測定方法が煩雑で、検査に時間を要するものが多い。日本では、人口減による水需要の減少等により、水質管理の人員および予算が削減される状況が続いている。また、年々増加傾向にある突発的な水質汚染事故に対応するためには、より迅速・簡便な水質検査方法が必要である。

本シンポジウムでは、水道水および水道原水中の化学物質を効率よく測定するために開発された、あるいは現在開発中の分析手法とその適用事例について4演題紹介する。さらに総合討論では、これらの分析手法を活用した「未来の水質検査のあり方」について議論する。

なお、本シンポジウムは厚生労働省科学研究費補助金「化学物質等の検出状況を踏まえた水道水質管理のための総合研究」(19LA1005)により実施された研究成果を含むものである。

### 1. 水道水中のグルホシネート・グリホサート・AMPAのLC/MS/MS一斉分析法の妥当性評価

小林憲弘 (国立医薬品食品衛生研究所)

アミノ酸系除草剤のグルホシネートは、2013年に水道水の管理目標設定項目の対象農薬リストに追加されたが、当時、その水質検査方法は確立されていなかった。そこで本研究では、グルホシネートに加えて、同系統の除草剤であるグリホサートおよびその代謝物のアミノメチルリン酸 (AMPA) を対象物質として、クロロギ酸9-フルオレニルメチル (FMOC) による誘導体化と固相抽出を行い、LC/MS/MSで一斉分析する方法を検討した。さらに、分析法の妥当性を評価するため、衛生研究所、登録検査機関、水道事業体等の9機関において水道水を用いた添加回収試験を行い、各機関の分析条件、検量線、添加試料の真度、併行精度等について評価した。

添加回収試験の結果、1機関は保有する装置の感度が低く、グルホシネートが目標値の1/100 (0.2 µg/L) まで定量が困難であったが、他の8機関は対象とした3農薬

いずれも目標値の1/100の濃度における添加試料の真度と併行精度が「水道水質検査方法の妥当性評価ガイドライン」の目標を満たす良好な結果が得られたことから、本分析手法は、水道水中のグルホシネート、グリホサートおよびAMPAの一斉分析法として有用であることが明らかになった。

本研究において検証されたLC/MS/MS一斉分析法を用いることにより、グルホシネート、グリホサートおよびAMPAの水道水質検査をより効率的に行うことができることから、水道水の安全性確保に大きく貢献できると考えられる。

### 2. 水道水における界面活性剤の固相抽出-LC/MS/MSによる一斉分析法の検討

木下輝昭 (東京都健康安全研究センター)

東京都内の専用水道で飲用に供するために深井戸を掘削し、給水開始前の水質調査を実施したところ、非イオン界面活性剤が基準値を超過した。その原因を調べたところ、非イオン界面活性剤の告示法で対象としている非イオン界面活性剤ではなく、水溶性ポリマーのポリプロピレングリコール (PPG) によることが明らかになった。現行の水道水中の非イオン界面活性剤の告示法は2法あるが、いずれも比色法による間接的な方法であることから、ポリオキシエチレンアルキルエーテルのような非イオン界面活性剤だけでなく、PPGのようにコバルトイオンとキレートを形成する物質を誤検出する可能性がある。そこで、今回、国内生産量の多いPRTR対象のイオン性界面活性剤に対する現行の非イオン界面活性剤の告示法の選択性を調査するとともに、イオン性界面活性剤の固相抽出-LC/MS/MSによるスクリーニング法の検討を行ったので報告する。

非イオン界面活性剤の告示法における各種イオン性界面活性の影響を調査したところ、50 µg/LのN,N-ジメチルドデシルアミン=N-オキシド (陽イオン性界面活性剤\_AO) 及びポリオキシエチレンアルキル硫酸エーテルナトリウム (陰イオン性界面活性剤\_AES-20C) で発色が認められ、誤検出する可能性が示唆された。その他のイオ

ン性界面活性剤は、ほとんどが固相カラムに吸着されており、メタノールで溶出して LC/MS/MS で一斉分析を行ったところ、回収可能であることが分かった。また、本法は、環境水中において発泡等が見られた場合に、固相抽出後のメタノール溶液を用いて MS スペクトルパターンと照合し、原因物質を特定する等のスクリーニング法としても有用であると考えている。

### 3. 水道原水・浄水試料における GC/MS ターゲットスクリーニング分析法の定量精度について

高木総吉（（地独）大阪健康安全基盤研究所）

176 種の農薬類を対象としたガスクロマトグラフ-質量分析計 (GC-MS) を用いたターゲットスクリーニング分析法 (スクリーニング法) の構築のため、標準液を用いて複数の機関でその定性・定量精度を検証した。その結果、一部の農薬を除き、機関間および装置間での差は小さくなく、スクリーニング法としては十分使用可能であることを明らかにした。今回、実試料への適用を検討するため、当所の装置で測定した実試料のデータに当所の装置を含め 3 機関 4 台の GC-MS で作成したデータベースの検量線情報を適用させ、その定量精度を評価した。

水道原水 19 検体、浄水 23 検体、水源へ流入するゴルフ場排水 2 検体を実試料として使用した。試料の前処理方法は別添方法 5 の 2「固相抽出・ガスクロマトグラフ-質量分析計による一斉分析法」(通知法) に従った。

4 台の検量線情報を用いて定量した結果、24 種の農薬が 3 台以上の装置において定量下限値以上で検出された。その定量値を通知法に従った SIM 測定により得られた定量値と比較し、一致度を求めた。その結果、一致度は 0.11~8.37 であった。各装置での一致度を比較した結果、16 種の農薬において有意な差は認められなかった。したがって、別の装置や機関で作成された検量線情報を使用しても一定の定量精度が得られることがわかった。

一方、有意差が認められた 8 種の農薬について、装置間で検量線を比較した。その結果、有意差が見られた装置の検量線の多くは、検量線の最小濃度が他の装置より高く、内部標準物質に対する測定対象農薬のエリア面積比が小さかった。このことから、検量線作成時の装置状態に問題があり、8 種の農薬に対する測定感度が悪かったと考えられた。したがって、スクリーニング法を行う場合は装置状態を確認することが非常に重要である。また、装置状態に影響を受けた 8 種の農薬はスクリーニング法を実施する前の装置の性能評価用標準物質として使用できる可能性が示唆された。

### 4. イプフェンカルバゾンの分析法に関する検討

長谷川有紀（（地独）大阪健康安全基盤研究所）

トリアゾリノン系除草剤であるイプフェンカルバゾンは、2013 年に農薬登録され、翌年の 2014 年には出荷量が 2.5 トン、2015 年 22.5 トン、2016 年に 40.6 トンと年々増加傾向にある。厚生労働省医薬・生活衛生局水道課長通知による「水質基準に関する省令の制定及び水道法施行規則の一部改正等について」における留意事項において、平成 31 年 4 月 1 日から要検討農薬類に追加され、直接注入-LC/MS/MS 法である別添方法 20 の 2 で測定することが示された。また測定の際は、測定機器への吸着等による影響、すなわちキャリーオーバーの影響に留意するよう記載されている。イプフェンカルバゾンの目標値が 2 µg/L という低い値であること、ならびに測定機器の検出下限の関係からキャリーオーバーが判定値 (目標値の 1/100) 付近における定量精度に影響を与えることが考えられる。

そこで、通知法において示されている直接注入-LC/MS/MS 法、固相抽出-LC/MS/MS 法、及び固相抽出-GC/MS 法を用いて、妥当性評価を行い、イプフェンカルバゾンの最適な分析法を検討した。試料水は、あらかじめアスコルビン酸ナトリウムで残留塩素を消去した水道水を用いた。イプフェンカルバゾン標準液の添加濃度は、直接注入-LC/MS/MS 法では 0.01 µg/L、固相抽出-LC/MS/MS 法では 0.005 µg/L、固相抽出-GC/MS 法では 0.02 µg/L とした。

結果として、真度と併行精度は、直接注入-LC/MS/MS 法では 95%, 11%, 固相抽出-LC/MS/MS 法では 84%, 1%, 固相抽出-GC/MS 法では 114%, 4% となった。直接注入-LC/MS/MS 法を用いてキャリーオーバーの評価を行ったところ、検量線の最小濃度と比べ 1/3 程度の大きさのピークが確認され、目標値の 1/100 付近での判定に影響することがわかった。そのため、測定時にはカラムや機器内部を入念に洗浄する必要がある。一方、固相抽出-LC/MS/MS 法では、キャリーオーバーのエリア面積は、検量線の最小濃度に対して 1/20 程度となっており、定量精度への影響は小さいことがわかった。また、固相抽出-GC/MS 法においても妥当性ガイドラインの目標を満たしたが、近年ヘリウムガスが供給不足により入手困難であるため、最適な方法ではない。したがって、イプフェンカルバゾンの最適な分析法は、固相抽出-LC/MS/MS 法であると考えられた。

## シンポジウムー7

### 「パリ協定の気候・排出削減目標の達成に向けた世界・アジア・日本の 気候政策の統合分析」

プロジェクト名：環境研究総合推進費 2-1702「パリ協定気候目標と持続可能開発目標の  
同時実現に向けた気候政策の統合分析」 / 2-1908「アジアにおける温室効果ガス排出削減の  
深掘りとその支援による日本への裨益に関する研究」 合同報告会

オーガナイザー 高橋 潔（国立環境研究所）室長  
増井利彦（国立環境研究所）室長

趣旨説明： 環境研究総合推進費課 2-1702 (H29-H31) では、パリ協定気候目標 2 °C/1.5 °C  
目標と持続可能開発目標 (SDGs) の同時実現に向けた気候政策の統合分析を、世界  
と日本の 2 つの空間スケールで取り組んできた。一方で、推進費課題 2-1908 (H31  
-H33) では、日本の技術の貢献可能性、アジアでの支援活動の日本への裨益といっ  
た観点に特に注目しつつ、タイ・インドネシア等のアジアの国々を対象に、排出  
削減目標 (NDC) の深掘りと経済発展の同時達成に向けた気候政策の分析を実施す  
る。本シンポジウムでは、両研究課題ならびに公募講演の知見の交換を通じて、  
実効性のある気候政策の提案に向けた、世界・アジア・日本のマルチスケールで  
の分析のあり方について検討する。

# 世界規模の低炭素政策と持続開発目標

## Low Carbon Policy and Sustainable Development Goals at Global Scale

○立命館大学 長谷川知子

### 1. はじめに

2015 年における国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) 締約国会議 (COP21) は、パリ協定を採択した。パリ協定では、長期目標として産業革命以前からの平均気温の上昇量を  $2^{\circ}\text{C}$  より十分に低く保つことで合意した。一方、同年国連にて採択された「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」において 2030 年までの国際的な目標として持続可能な開発目標 (SDGs) が掲げられた。これは 2001 年に策定されたミレニアム開発目標 (MDGs) の後継として、持続可能な世界を実現するための 17 の目標・169 のターゲットから構成されている。SDGs では MDGs では未達成となった教育、母子保健、衛生といった項目に加え、気候変動や自然災害への対応、国内や国際間の格差拡大など、15 年間で深刻さを増した問題や新たに浮上した課題が追加されている。

SDGs の一つに気候変動問題も含まれており、パリ協定に基づいた  $2^{\circ}\text{C}$  目標へと向かうシナリオが SDGs にもたらす影響や便益、副次的効果に関する研究が進められてきた。本稿では代表的なものとして、気候変動政策が食料安全保障に与える影響について紹介する。

### 2. 既往研究

気候変動の緩和に求められる温室効果ガス (GHG) 排出の大幅な削減には、バイオエネルギーの導入や植林等の負の排出と呼ばれる大気中の炭素を吸収する対策が鍵になる。バイオエネルギーや植林は、気候変化の抑制を通じて農業や食料生産等への負の影響を軽減する一方で、有限な土地と水資源について、食料作物生産との競合をもたらすと指摘されてきた。

GHG 排出削減策が食料価格や飢餓リスクに及ぼす負の影響に関しては、これまでも単一の農業経済モデルを用いて評価されてきた。また、気候変化による収量変化が食料価格や飢餓リスクに及ぼす影響については、複数の世界農業経済モデルを用いた評価事例があるが、複数のモデルを用いて、気候変化と GHG 排出削減策の両方の影響を同時に評価した例はこれまでにない。

上記の課題をふまえ、本研究では、複数の世界農業経済モデルを用い、2050 年までに気候変化と GHG 排出削減策の両者による食料安全保障への影響を評価した。

世界の 8 つの研究機関の世界農業経済モデルが食料価格や食料需給に関する将来予測のデータ提供を行い、国立環境研究所・京都大学の研究チームが開発してきた飢餓リスク推計ツールを用いて解析を実施した<sup>1)</sup>。

### 3. 手法

気候変化と GHG 排出削減策が農作物の生産・消費や食料価格に及ぼす影響を、国際農業モデル比較プロジェクト AgMIP (Agricultural Model Inter-comparison and improvement Project) に参加する 8 つの統合評価モデルあるいは農業経済モデルを用いて評価した。国立環境研究所・京都大学の研究チームは統合評価モデル AIM/CGE (Computable General Equilibrium) を用いて参加している。これらのモデルは将来の人口と GDP を入力として、食料需給、土地利用変化、GHG 排出量、GHG 排出削減量などを出力 (将来予測) する。評価には、各モデルが出力する一人当たり食料消費カロリー、食料価格、さらにそこから導出される飢餓リスク人口、食料支出の指標を用いた。

モデル内で GHG 排出削減策は、異なる部門 (農業、土地利用、非農業部門) に由来する GHG 排出に対して、経済合理性のみの観点からコストが同じ対策は世界一律で実施する、つまり世界一律の炭素税を課すことで表される。この炭素税は次の 3 つの経路で食料安全保障に影響をもたらす。第一に、農業由来の GHG 排出に炭素税が課されることにより、農業財の価格が上昇し、生産・消費が抑制される。第二に、農業地の拡大に伴う土地利用変化由来の GHG 排出に炭素税が課させることにより、土地の価格が上昇し、これも食料価格の上昇、食料消費の減少を招く。第三に、化石燃料に炭素税が課されるとバイオエネルギーの需要が増加し、これもまた土地価格や食料価格の上昇、食料消費の減少につながる。

将来分析のシナリオには、まず、GHG 排出削減策を取らず気候変動が加速するケース (図中の RCP6.0) と、GHG 排出削減策を取り気候変動が緩和されるケース (図中の RCP2.6) の 2 種類を検討した。この 2 つのケースは共に気候変動による作物収量への影響を受け、今世紀末の世界の平均気温が産業革命以前に比してそれぞれ  $2.7^{\circ}\text{C}$  (RCP6.0)、 $1.6^{\circ}\text{C}$  (RCP2.6) 上昇するレベルに相

当する（註：RCP2.6 はパリ協定で言及された 2°C 目標（「2°C より十分低く保つ」）に整合的な GHG 排出経路として解釈されることが多い）。また、RCP2.6 では、GHG 排出削減策を取るために、GHG 排出に対して炭素税を課すことを想定した。また、この 2 つのケースに対して、3 つの異なる人口や GDP といった社会経済状況の将来想定（図中 SSP1-3）で同様に解析を行い、いずれの社会経済状況の将来想定でも同様の分析結果・解釈が得られるかを確認した。さらに、参照シナリオとして、気候変動緩和策を取らず仮想的に気候変動影響もないと仮定したベースラインケースを準備した。

### 3 結果

結果として、次のことが明らかになった。

(1) 2°C 目標の達成に向けた強い GHG 排出削減策を実施する場合(RCP2.6 シナリオに相当)、中庸な社会経済条件 (SSP2) では、気候変動緩和策を取らず仮想的に気候変動影響もないと仮定したベースラインと比べて、食料消費は年世界全体で平均 110kcal/日/人低下し(数値は複数のモデルによる中位値を示す。以下同様)、飢餓リスク人口は 7800 万人増加となった。一方、緩和策を実施しないシナリオ (RCP6.0) では気候変動による作物収量変化によって食料消費は 45kcal/日/人低下し、飢餓リスク人口は 1500 万人の増加となった(図 1)。

(2) GHG 排出削減策を強く実施すればするほど、食料安全保障への影響は大きくなることが示された。炭素税の上昇に伴って、食料価格は上昇・食料支出は増加し、食料消費が減少、さらには飢餓リスク人口が増加することが示された。

(3) 地域別にみると、サブサハラアフリカと南アジアで大きな負の影響が見られた。これらの地域は、気候変動緩和策を取らず仮想的に気候変動影響もないと仮定したベースラインにおいて、2050 年世界全体の飢餓リスク人口のそれぞれ 40%、20%を占めるが、2°C 目標相当の GHG 排出削減策の実施によって、ベースラインからさらに 1200 万人、1600 万人の飢餓リスク人口が増加することが示された。

### 4. 結果の解釈の注意点と今後の展望

(1) 本研究の結果は、2°C 目標などの強い気候変動の緩和のために、異なる地域・部門に対して経済的な公平性のみの観点から一律に炭素税を課すことにより GHG 排出削減を実施することは、低所得国を中心に食料安全保障に負の影響をもたらす可能性を示している。

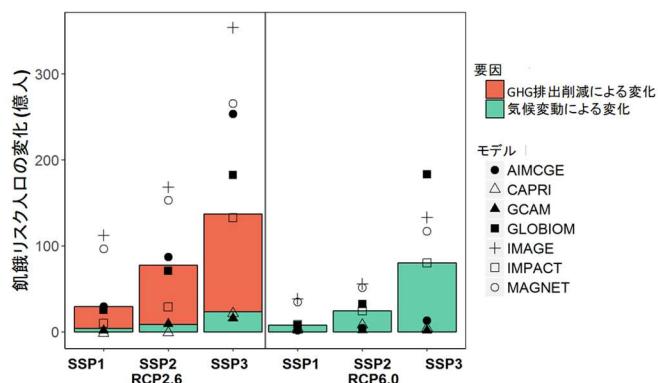


図 1 3 つの社会経済条件(SSP 1 ~ 3) 及び異なる GHG 排出削減シナリオにおける気候変動による作物収量変化と温室効果ガス排出削減策による飢餓リスク人口への影響。数値はベースラインからの変化量を示す。

これは、炭素税を農業部門にもまた低所得国にも一律に課すような単純な政策をとることは望ましくないということを示唆している。実際には、GHG の排出削減は炭素税だけでなく、様々な手法があり、例えばエネルギー起源排出に対しては炭素税を用いて、農業部門には飢餓リスクへの影響等も考慮したうえで直接排出規制を用いる、あるいは炭素税収を還元するといったような多様な政策を組み合わせることで、このような負の副次的効果は回避できる可能性がある。

(2) GHG 排出削減策を通じた気候変化の緩和は、農業部門での悪影響を軽減するためだけでなく、例えば暑熱による疾病・死亡の回避、生態系・生物多様性への影響の軽減、豪雨等の極端現象による自然災害の発生抑制など、様々な部門での悪影響を同時に軽減する。そのため、本研究で評価対象とした食料安全保障の悪化のみを理由に GHG 排出削減策の実施を否定することは著者らの意図ではない。むしろ、本研究の結果は上記(1)で述べた柔軟な政策の選択・実施による食料安全保障への負の副次的効果の回避の必要性を示している。

謝辞 本研究は(独)環境再生保全機構環境研究総合推進費(2-1702)の成果の一部である。

### 参考文献

- 1) Hasegawa T. et al., (2018) Risk of increased food insecurity under stringent global climate change mitigation policy, Nature Climate Change. Vol.8, pp.699-703.

キーワード 統合評価モデル, 気候変動, 飢餓リスク



# アジア主要国における排出構造と削減目標に関する分析 Analysis on GHG emission compositions and national reduction targets in Asian Countries

みずほ情報総研株式会社 ○平山 智樹, 日比野 剛, 元木 悠子

## 1. はじめに

アジア諸国は著しい発展を遂げ、中国やインドは既に多量排出国であることに加えて、今後も中期的に排出量の増大が見込まれる ASEAN 地域の GHG 削減対策が急務となっている。本研究では、アジア地域における更なる低炭素化の可能性を明らかにするため、現状の GHG 排出構造の整理を行った上で、技術選択モデルによる排出量将来推計を実施し、各国が独自に設定した GHG 削減目標の深掘り余地や、2 度目標に整合する排出パスとの関係性について、定量的に分析した。

## 2. アジア主要国の GHG 排出構造

IEA<sup>1)</sup>から整理したアジア主要国の GHG 排出構造を図 1 に示す。インド、インドネシア、タイ、ベトナムでは CO<sub>2</sub> の排出比率が増大傾向にある一方、CH<sub>4</sub> の比率も大きい。製造業とサービス業を主要とする中国と日本では、2015 年の CO<sub>2</sub> 比率が 8 割以上を占める。

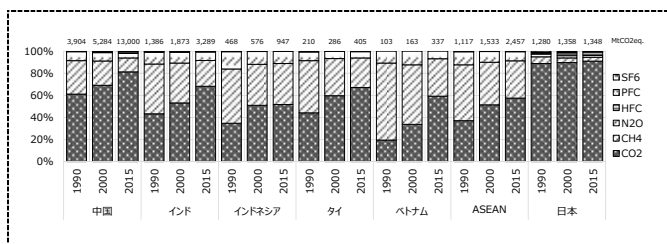


図 1 アジア主要国の GHG 排出構造の推移

## 3. アジアの主要な途上国の排出削減目標

表 1 に主要なアジア途上国が独自に設定した削減目標値を示す。インドネシア、タイ、ベトナムは BaU 比での削減目標に加え、技術移転や資金提供等の国際支援を前提とした条件付目標を掲げており、BaU の排出量も併せて記載している。一方で中国、インドでは、目標値が GDP 当たりの排出削減原単位であること、GDP の想定値が示されていないことから、排出量としての目標水準を把握することはできない。

表 1 アジアの主要な途上国の削減目標値

中国	2030年までにGDP当たりのCO2排出量を2005年比で60～65%削減
インド	2030年までにGDP当たりのGHG排出量を2005年比で33～35%削減
インドネシア	2030年までにGHG排出量をBaU比で29%削減（条件次第で41%削減）
タイ	2030年までにGHG排出量をBaU比で20%削減（条件次第で25%削減）
ベトナム	2030年までにGHG排出量をBaU比で8%削減（条件次第で25%削減）

## 4. 将来の排出量推計結果と削減目標との比較

各国が掲げる削減目標について、排出量による定量的な分析を実施するため、逐次動学型技術選択モデル AIM/Enduse を用いて GHG 排出量の推計を実施した。図 2 には特に中国の結果として、BaU（現行なりゆきの CO<sub>2</sub> 排出パス）、2 度シナリオ（産業革命前と比較し世界平均気温上昇を 2 度以内に抑える得る排出パス）の排出量を線グラフで、2 度シナリオの排出内訳と BaU からの部門別削減寄与を棒グラフで示した。更に、中国の削減目標である 2030 年 GDP 排出強度目標の上限値（2005 年比 ▲65%）を、IIASA<sup>2)</sup>と IEA<sup>3)</sup>の GDP 見通しを元に排出量に換算し、▲と●で示した。BaU、2 度シナリオのいずれも、削減目標を下回る可能性があり、特に 2 度シナリオが通る 2030 年の排出量は、削減目標相当から半減程度となり、その削減余地は発電部門や産業部門で大きいとの結果が得られた。

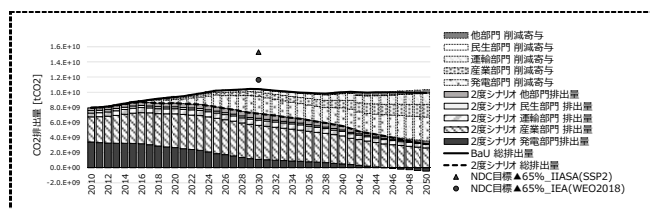


図 2 技術選択モデルによる中国の 2 度シナリオ及び BaU の CO<sub>2</sub> 排出量推計結果と削減目標値との関係

## 5. 結論と今後の研究展望

中国の削減目標は現行施策のなりゆきでも達成される可能性があり、2 度目標に整合する排出パスでは 2030 年時点で削減目標から半減程度まで削減対策を行う必要がある可能性が示唆された。今後も継続的に AIM/Enduse を用いたインド、インドネシア、タイ、ベトナムの排出量推計の精緻化を進めていくとともに、アジア各国における更なる低炭素化の可能性を定量的に明らかにしていく。＜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 2-1908 により実施された。

## 参考文献

- 1) IEA (2018) CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion
- 2) IIASA (2018) SSP Database version 2.0
- 3) IEA (2018) World Energy Outlook 2018

キーワード アジア, GHG 排出量, 削減目標, NDC

# アジア主要国を対象とした経済モデルの開発とそれを用いた低炭素シナリオの定量化 インドネシアを例に

## Development of economic models for Asian countries and quantification of low carbon scenarios

国立環境研究所 ○増井利彦, Marissa Malahayati, Ambiyah Abdullah,  
バンドン工科大学 Retno Dewi, Ucok Siagian, ボゴール農業大学 Rizaldi Bore

### 1. アジアにおける温室効果ガス排出削減

パリ協定締結後、世界は2℃目標を共通の目標として掲げるようになったが、NDCとして定められている排出目標と2℃目標を達成する排出量には大きな乖離が見られる。このため、各国は排出削減の深掘りが求められているが、特に発展途上国にとっては、経済発展と温室効果ガス排出削減のバランスが問題となる。国立環境研究所では、2019年度から（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費 2-1908 で、アジア主要国の研究者とともに、AIM（アジア太平洋統合モデル）を適用して、各国の排出削減目標の深掘りに向けた定量的な評価を開始している。本報告では、その例として、インドネシアを対象としたNDC評価の方法について説明する。

### 2. 分析手法

本研究では、アジアの主要国を対象に、国別に構築されるAIM/EnduseやAIM/CGEと呼ばれるモデルを適用し、省エネ対策を中心に様々な緩和策について、経済影響も含めた分析を実施する。以下では、応用一般均衡モデルであるAIM/CGE [Country]<sup>1)</sup>を用いた分析方法について説明し、例としてインドネシアの結果を報告する。

分析では、各国の特性に配慮しつつ、共通の枠組で分析結果を比較、評価することができるよう、モデル構造の共有化を行っている。モデルは46部門を基本とした逐次均衡型の1国モデルであり、発電部門は火力（石炭、石油、ガス）、水力、地熱、風力、太陽光、バイオマス、廃棄物、原子力に細分化される。インドネシアでは農業、土地利用起源のGHG排出削減対策が重要となることから、これらの部門における取り組みも評価できるようにしている。気候変動緩和策は、新規投資によって設置される設備を通じて対策が導入され、従来技術、省エネ技術など複数の技術から内生的に選択される。

### 3. 分析結果

インドネシアを対象としたGHG排出量の推移を図1に示す。モデル構築に当たっては、インドネシアの産業連関表、エネルギーバランス表、隔年報告書等を用いて、基準年である2010年のデータセットを作成し、隔年報

告書等をもとにNDCで取り上げられている対策など2030年までの想定を行った上で、シミュレーションを行っている。なお、インドネシアにおける2030年の排出削減目標は、BaUに対して29%削減（条件次第で41%削減）である。今回の試算では、NDC達成による2030年のGDPは、BaU比-0.4%と推計された。

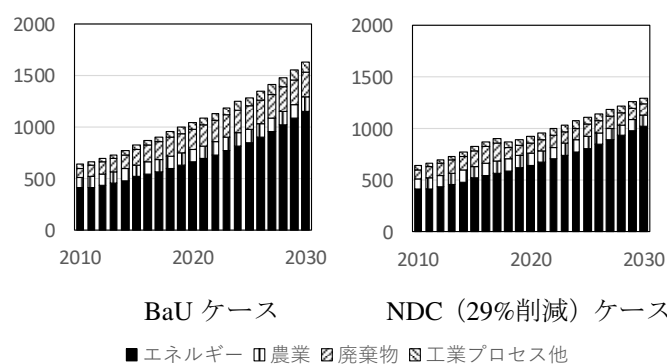


図1 GHG排出量の推移（単位：MtCO<sub>2</sub>eq）

### 4. 今後の取り組み

現在、インドネシアの他に、日本、タイ、中国等を対象としたモデル開発を行うとともに、分析結果についての政策決定者との意見交換も予定している。様々な取り組みを内生的に評価できる本モデルの特徴を活かして、NDCで検討されている取り組みの評価や、2℃目標の実現に向けた更なる取り組みの評価を行う予定である。

### 5. 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 2-1908 により実施された。

### 参考文献

1) 増井利彦他（2014）技術選択を考慮した応用一般均衡モデルによるわが国の温室効果ガス排出削減目標の評価，土木学会論文集 G(環境)，70 (5)，I\_43-I\_51

キーワード 気候変動緩和策，パリ協定，応用一般均衡モデル，政策評価

# アジア域の CCUS 法政策と炭素循環システムの社会実装に関する研究

## The Legal and Policy for CCUS and Implementation for Carbon Cycle in Asia Region

明治大学 ○小松英司, 柳憲一郎, 早稲田大学 大塚直

### 1. はじめに

アジア域は、2016 年にはエネルギー・セクターにおける世界の二酸化炭素排出量の 48%を占め、最も急速に増加している温室効果ガス (GHG) 排出源となっているため、GHG 削減する革新的な取り組みを具現化することを挑戦する地域でもある (BP Statistical Review of World Energy, 2017)。アジア域では今後も経済成長し続けることが確実視されており、GHG 排出削減目標を達成するため、二酸化炭素回収・利用・貯留 (CCUS) はアジア域で必須とされている (IPCC, 2018)。パリ協定の 2℃目標 (2DS) に向けて、アジア域の CCUS の大規模導入に必要な CCS 法政策や域内 2・多国間の共同実施の協定・共通ルールのあり方について早急に議論を行い、CCUS・炭素循環システムの導入による低炭素社会への移行シナリオの策定・実現は最優先課題の一つである。

### 2. CCUS 法規制モデルと GHG 削減シナリオ

CCUS を実施するには、既存の枠組み (IEA, 2014 など) や EU 指令等の CCS 法に踏まえると①貯留サイトの選定、②貯留許可、③事業実施状況の報告 (貯留計画実施に関する事項・モニタリング結果・異常事象の発生等の報告)、④地域住民への情報開示、⑤閉鎖及び閉鎖後の管理、⑥監督官庁による監視・是正命令、⑦漏洩防止体制の確保、更に財政措置及び貯留サイトの長期責任の移転を含めた包括的法規制・政策を構築すべきである。わが国でこの CCS 法規制を社会実装した場合では、2050 年には年間 5.17 億トンの CCS の導入が必要となることを試算した (柳ら, 2019)。特に、長期目標を達成するためには GHG 削減の代替案が乏しい産業部門に CCS が装備されることが求められるが、これは大きな削減ポテンシャルとなると示唆した。

### 3. アジア域の CCUS の可能性

ADB は 4 カ国を事例にアジア域の貯留ポテンシャルを推定しており (図 1)、CCS が GHG の大規模削減手段の一つであることを示した (ADB, 2013)。特に油田開発している国は CCUS (EOR-CCS) が可能であり、経済成長と温暖化対策を両立し得る。東南アジアで大きな貯留ポテンシャルがあると推定されているインドネシアは 26%の GHG 削減を長期目標と掲げており、CCS 付設の

石炭火力の開発・導入が必須となるが、上述した通り産業部門 (鉄鋼、化学工業、セメントが主) の CO<sub>2</sub> を有効利用・貯留することにより大きな GHG 削減ポテンシャルが得られる。また、アジア域ではバイオマス発電の導入を増加させることが可能であり、ネガティブエミッション技術である BECCS や BECCU の適用により更に GHG 削減が可能になる。しかし、東南アジアの諸国は関連法も含めて CCUS の法規制はほとんど未整備である (Gibbs, 2016 ; 柳, 2019)。これらの地域で経済成長と温暖化対策を両立させるためには、CCS の法規制とともに CCU を推進する関連法や政策を早期策定し、排出源 - 利用・貯留サイトマッチングにより地域ごとに最適な炭素循環システムを見出し、それを普及・開発する法政策の策定及び実施が必須となる (e.g.WRI, 2010)。

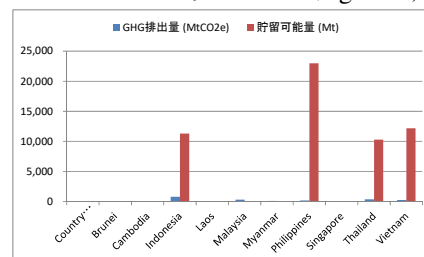


図 1 アジア域の GHG 排出量と貯留ポテンシャル

### 4.最後に

アジア域では、大規模 GHG 削減を実現する CCUS を中核技術とし、地域社会～圏域の炭素循環社会を構築するとともに、水・大気環境保全、循環型社会を併せて実現する革新的技術システムと必要となる法規制・社会制度の整備が必要である。廃棄せざる負えない CO<sub>2</sub> の貯留を CCS 法の下適正実施を可能とした上で、CO<sub>2</sub> の変換・有効利用を最大限に導入する炭素循環の社会制度を見出し、上位計画や地域開発計画に盛り込むことにより、炭素循環社会・システムを社会インフラとして着実に実装していくことが求められることになるだろう。

主な参考文献：

- 1) ADB, 2013, “Prospects for Carbon Capture and Storage in Southeast Asia”, ISBN 978-92-9254-290-0.
  - 2) 柳, 小松, 大塚 (2019) 環境科学会誌 32(4), 1-12.
- キーワード CCUS, 法政策, 炭素循環社会

# パリ協定気候目標を踏まえた日本の長期排出経路に関する分析 Japan's long-term emission pathways in the context of the Paris Agreement goal

京都大学 ○大城賢

## 1. はじめに

2015年に採択されたパリ協定では、産業革命以前からの平均気温上昇を2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求するという目標が示された。また、日本が2019年6月に国連気候変動枠組条約(UNFCCC)事務局に提出した長期戦略では、2050年までの温室効果ガス排出80%削減に加えて、今世紀後半のできるだけ早期に脱炭素社会を実現するという目標が提示された。パリ協定の気候目標と、日本の長期目標の整合性について定量的に明らかにすることは、日本の長期目標の評価、今後の中長期目標見直しにあたり有益であると考えられる。そこで本研究では、国際モデル比較プロジェクトCD-LINKS (<http://www.cd-links.org/>)の一部として実施された、日本の長期排出経路の分析結果<sup>1)</sup>に基づいて、パリ協定気候目標を踏まえた、日本の長期排出経路への含意について述べる。

## 2. 手法

長期の排出経路推計にあたっては、2つの一国モデル(AIM/Enduse[Japan]他)、7つの世界モデル(AIM/CGE他)が用いられた。シナリオは、2℃未満の可能性が50%および67%となるケース、1.5℃の可能性が67%となるケース(それぞれ1600・1000・400と記載)について、2030年のNDC(Nationally Determined Contribution)の考慮の有無別(それぞれNDC・NPiと記載)に区分した。世界モデルに対しては、1600・1000・400ケースについて、2011-2100年のカーボンバジェット(累積排出量)を1600、1000、400 Gt-CO<sub>2</sub>とし、国別排出量は限界費用均等化に基づき推計した。一国モデルに対しては、世界モデルの結果に基づき、1600・1000ケースについて、2011-2050年のカーボンバジェットをそれぞれ36、31 Gt-CO<sub>2</sub>とした。詳細は文献1)を参照されたい。

## 3. 結果・考察

日本の2100年までのCO<sub>2</sub>排出量(エネルギー・工業プロセス起源)の推計結果を図1に示す。実線は複数モデルによる推計結果の中央値、幅は25-75パーセンタイル幅を示している。シナリオ別の長期排出経路の特徴として、主に以下の二点が挙げられる。

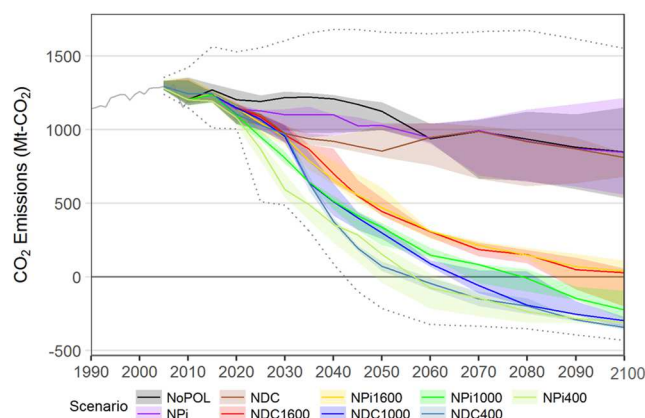


図1 日本の長期CO<sub>2</sub>排出経路の推計結果

第一に、1600、1000、400シナリオにおいて、CO<sub>2</sub>ゼロ排出となる時点は、それぞれ2100年、2070-2080年、2055年頃となった。したがって、2070年頃までに脱炭素社会が実現できれば、2℃目標と整合的であるといえる。第二に、2050年時点のCO<sub>2</sub>排出量は、1600、1000シナリオでそれぞれ約66%減、75%減(2010年比)となった。これより、2050年80%削減目標が達成されれば、2℃目標を満たす可能性が高いことが示唆された。

本研究を踏まえ、日本の削減目標の検討・評価を行うにあたっては、以下の点について議論が必要である。第一に、国別のカーボンバジェットの値は、エフォートシェアリングの手法によって大きく変わり得るため、限界費用均等化以外の手法を用いれば結果は変わり得る。第二に、1000・400シナリオでは今世紀後半の大規模なネガティブエミッションが必要となり、それが困難な場合は、2050年までに追加削減が必要となる可能性がある。

謝辞 本研究は(独)環境再生保全機構環境研究総合推進費(2-1702)の成果の一部である。

## 参考文献

1) Oshiro, K. et al. (2019) Mid-century emission pathways in Japan associated with the global 2℃ goal: National and global models' assessments based on carbon budgets, Climatic Change (accepted)

キーワード パリ協定, カーボンバジェット, 緩和策

## シンポジウムー8

### 学術賞受賞記念シンポジウム

#### 「超学際的アプローチによる統合型将来シナリオ手法の開発」

プロジェクト名：総合地球環境学研究所コア FS

「超学際的アプローチによる統合型将来シナリオ手法の開発」

オーガナイザー 馬場健司（東京都市大学）教授

増原直樹（総合地球環境学研究所）上級研究員

趣旨説明：科学的に未解決な不確実性の高い課題に起因して発生する地球環境・地域環境問題については、ステークホルダー間で生じるフレーミングギャップを超えて合意を形成し、政策を具現化していくことが求められる。その解決手法の1つとして、科学的知見を叙述的なシナリオとして翻訳し、ステークホルダーや一般市民にも分かりやすい形で、地域社会の将来像を提示するシナリオの構築が各地で試みられている。本シンポジウムでは、気候変動、エネルギー、生物多様性の分野において世界や日本全体での定量的な長期シナリオと、これをダウンスケーリングしたデータをベースとしつつ超学際アプローチにより専門知や現場知を統合したローカルなシナリオの双方について共有し、分野間での相違点や共通点、今後の展望について議論を行う。



# 超学際的アプローチによる統合型将来シナリオ手法の開発

## Development of the Methodology for the Integrated Future Scenario Building with Trans-disciplinary Approach

東京都市大学 馬場健司、総合地球環境学研究所 増原直樹

### 1. はじめに

科学的に未解決な不確実性の高い課題に起因して発生する地球環境・地域環境問題については、ステークホルダー間で生じるフレーミングギャップを超えて合意を形成し、政策を具現化していくことが求められる。その解決手法の1つとして、科学的知見を叙述的なシナリオとして翻訳し、ステークホルダーや一般市民にも分かりやすい形で、地域社会の将来像を提示するシナリオの構築が各地で試みられている。本シンポジウムでは、気候変動、エネルギー、生物多様性の分野において世界や日本全体での定量的な長期シナリオと、これをダウンスケーリングしたデータをベースとしつつ超学際アプローチにより専門知や現場知を統合したローカルなシナリオの双方について共有し、分野間での相違点や共通点、今後の展望について議論を行う。

### 2. 気候変動予測とそのダウンスケーリング

(海洋研究開発機構・石川洋一)

気候変動適応策では地域によって重要とされる評価対象が異なるとともに、気候変動の影響も一様ではないために、ニーズに合わせたきめ細かな情報が求められている。グローバルな気候変動予測に関しては世界気候研究計画(WCRP)が主導する結合モデル相互比較計画(Coupled Model Inter-Comparison Project: CMIP)の成果が広く使われているが、CMIPで用いられている結合モデルの空間解像度は100km程度であり、地域レベルにおける影響を評価するためには十分な解像度とは言えない。そのため地域における気候変動の影響評価を行うためにはダウンスケーリングという手法を用いて高解像度(約1km)の将来予測データセットを作成し、影響評価に用いているが、このダウンスケーリング手法には様々なバリエーションがあり、ニーズに応えるために適切な手法を選択しなければならない。本発表ではニーズとシーズのマッチングによるダウンスケーリング手法の選択・データセットの作成とその利用に関するいくつかの事例を紹介する。

### 3. 気候変動を入口とした長良川流域における地域適応シナリオ(東京都市大学・馬場健司)

気候シナリオとそのダウンスケーリングの結果に基づいて、長良川流域における様々な気候変動影響評価がなされる一方で、気候変動を入口とした長良川流域の将来像を共有するため、図1に示すような統合型将来シナリオ手法を実施している。まず、岐阜県各部局、河川管理者、流域自治体、漁業関係者、事業者組合、民間企業・個人、NPO法人など計30団体(各団体1~3名程度、合計43名)のステークホルダーを対象として聞き取り調査やステークホルダー会議を実施した結果、自然災害、漁業(世界農業遺産である鮎など)、地域社会全般の3つの分野に対する関心が大きいことが明らかとなった<sup>1)</sup>。そこで、ステークホルダーの懸念をベースとして、自然災害45本、漁業46本、地域社会全般45本のストーリーを作成し、合計9名の専門家に対して、各ストーリーの「なりゆき未来が起こりうる可能性」「なりゆき未来が社会に悪影響を及ぼす可能性」「理想的な未来への適応行動の妥当性」「理想的な未来への適応行動の実現可能性」について5件法で回答を求めるデルファイ調査を実施した。現在、この結果を集計しつつ、地域適応シナリオ案を作成し、ステークホルダーや一般市民と共有する場(シナリオワークショップ)の準備を進めている。

### 4. エネルギー政策における長期シナリオ

(電力中央研究所・永井雄宇)

パリ協定以降のエネルギー政策は、協定で合意された枠組みと長期目標を念頭に置いた上で策定されている。地球温暖化は非常に複雑な問題であるため、様々な学問分野(経済、工学、自然科学等)の知識を統合した統合評

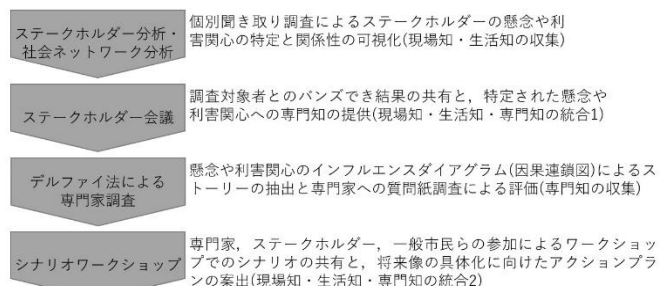


図1 統合型将来シナリオ手法の手順



価値モデルや、工学プロセスを積み上げるボトムアップ型モデルと経済指標などのマクロな関係を主とするトップダウン型モデルをリンクするハイブリッドモデルにより、定量的分析が行われることが多い。

その一方、モデルが扱う分野の範囲が広く、不確実性が大きい事象を分析するため、モデルによって結果に大きな差異が生じる。モデル分析からより蓋然性の高い結果を提供するために、世界各国のモデルが参加する国際モデル比較プロジェクトが多く実施されている。異なるタイプのモデルが多く参加することにより、低炭素社会の実現のために必要となる新たな政策や重要となる技術開発などの理解を深めている。

## 5. 別府市におけるエネルギー・水ネクサスシナリオ

(総合地球環境学研究所 増原直樹)

2013～17年度にかけて、総合地球環境学研究所で実施された「アジア環太平洋地域の人間環境安全保障—水・エネルギー・食料連環」プロジェクトでは、日本有数の温泉密集地である大分県別府市を研究対象地の一つとして選定した。別府において、2014年より図1とほぼ同様の手順に従って、自然科学・社会科学両面からの研究を推進することで水・エネルギー(温泉)・食料(生態系)ネクサスに関する科学的な不確実性を減少させるとともに、地域の利害関係者と共に、将来の別府の温泉観光や資源活用に関するシナリオ作成を進めてきた<sup>23)</sup>。

デルファイ法を用いた専門家調査の結果、別府の温泉・地熱資源と観光に関して、3通りの将来シナリオが構築できた。この結果は2018年4月頃のものであり、その後1年余りで現実化は「モニタリングすべきストーリー」をたどっているように見える。シンポジウム当日に、その詳細を報告する。

## 6. IPBESをはじめとする生物多様性分野における将来シナリオ(国際連合大学・齊藤修)

生物多様性分野での将来シナリオとしては、ミレニアム生態系評価(MA)<sup>4)</sup>によるグローバルスケールでの4つのシナリオがある。生物多様性分野のIPCCとして設立された生物多様性及び生態系サービスに関する政府間プラットフォーム(IPBES)では、地域・グローバルアセスメント報告書<sup>5)</sup>を作成にあたり、独自の将来シナリオの構築はせず、あくまでも既存のシナリオの横断的なレビューに留まっていた。その一方で、IPBES独自の将来シナリオ構築に向けた試みがNature Future Frameworkという枠組みで現在進められており、そのためのワークシ

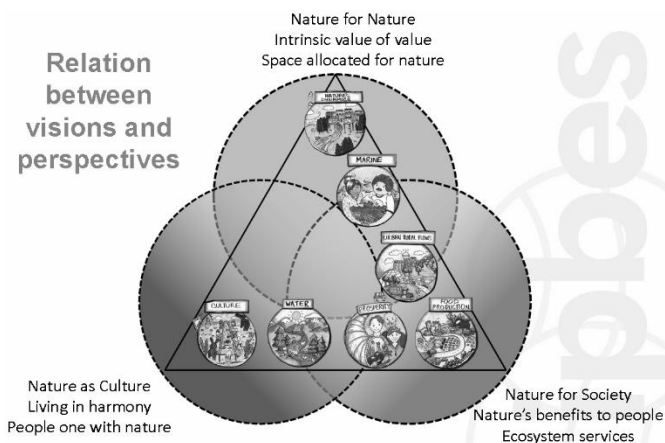


図2 IPBESのNature Future Frameworkの概念図<sup>6)</sup>

ョップ“Visions for nature and nature’s contributions to people for the 21st century”が2019年3月25-27日にカナダのバンクーバーにて開催された。本ワークショップでは、先行して行われたIPBESのワークショップで提示された図2<sup>6)</sup>のような枠組みで既存のシナリオを再整理すると同時に、その枠組みが内包すべき具体的な要素と指標について包括的な議論が行われた。これらの結果は、今後の生物多様性の2020年以降の戦略と目標(ポスト愛知目標)に資することが期待されている。

## 参考文献

- 1) 岩見麻子・馬場健司 (2017) 岐阜県長良川流域の社会・気候変動をめぐるステークホルダーの関心事項の可視化の試み, 環境情報科学 学術研究論文集, 31, 29-34.
- 2) 馬場・高津・鬼頭・河合・則武・増原・木村・田中(2015)地熱資源をめぐる発電と温泉利用の共生に向けたステークホルダー分析-大分県別府市の事例-, 環境科学会誌, 28(4), 316-329.
- 3) 馬場健司・増原直樹・遠藤愛子 (2018) 地熱資源をめぐる水・エネルギー・食料ネクサス—学際・超学際アプローチに向けて—, 近代科学社, 293.
- 4) Millennium Ecosystem Assessment (MA) (2005) Ecosystem and human well-being – summary for decision makers. Island Press, Washington, DC, 137 pages. (<http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>)
- 5) IPBES (2019) Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 39 pages ([https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/spm\\_unedited\\_advance\\_for\\_posting\\_htn.pdf](https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/spm_unedited_advance_for_posting_htn.pdf))
- 6) Schoolenberg, M., den Belder, E., Okayasu, S., Alkemade, R., Lundquist, C., Pereira, H., Chettri, N., Cheung, W., Ferrier, S., Hauck, J., Hendriks, R., Karlsson-Vinkhuyzen, S., Kim, H., Kolomytsev, G., Kuiper, J., Leadley, P., Metzger, J.P., Ninan, K.N., Palomo, G., Pereira, L., Pichs, R., Popp, A., Ravera, F., Rondinini, C., Rosa, I., Sathiyapalan, J., van Vuuren, D. (2018) Report on the Workshop ‘Next Steps in Developing Nature Futures’, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 27 pages.

キーワード 気候シナリオ、シナリオプランニング、エネルギー政策、ネクサス、IPBES

## シンポジウムー9

### 「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取り組み」

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  
片谷教孝（桜美林大学）教授

趣旨説明： わが国の化学物質排出・移動量届出制度（PRTR）は法制化から 20 年目を迎える。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 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」の研究内容について各サブテーマから紹介するとともに、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。

# PRTR データを活用した物質フロー・排出インベントリの把握手法の開発 Utilization of PRTR data for developing the substance flows and emission inventories of chemicals

国立環境研究所 ○小口正弘

## 1. はじめに

わが国の化学物質排出・移動量届出制度（PRTR: Pollutant Release and Transfer Register）は法制化から 20 年目を迎え、これまでの間、制度の浸透と多くのデータの蓄積、排出抑制のための自主管理の促進が図られてきた。わが国の PRTR 制度では 462 と多岐にわたる化学物質の排出源と大気・水・土壌への排出量および廃棄物への移動量を継続的に把握している。そのデータは公開されることから、PRTR 制度はあらゆる化学物質管理政策の基盤となる環境情報インフラとも呼ぶことができる。

しかしながら、PRTR データはそのポテンシャルに比して、未だ十分に活用されていない。第 5 次環境基本計画に盛り込ま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、WSSD2020 年目標及びそれ以降の化学物質のさらなる適正管理の実現に向け、質の高い環境情報が常に政策や戦略立案のベースとして活用される社会、制度を目指し、より実践的に活用できる PRTR 制度への発展、進化を図っていくことが求められる。

このような背景をふまえ、環境研究総合推進費戦略的研究開発領域（II）において 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」を開始した。SII-4 の構成を図 1 に示す。テーマ 1（SII-4-1）は PRTR データの正確性向上や PRTR 対象物質の物質フローや排出インベントリ把握への活用に向けた検討を行うものであり、テーマ 2（SII-4-2）は PRTR データを活用した事業者の自主管理や地方環境行政の指導・監視、地域環境の改善把握を支援するツールやデータベース開発を行うものである。以上をふまえ、課題全体として国・地域・事業所レベルでの PRTR データのより実践的な活用のための科学的基盤を提示する。

## 2. SII-4-1「PRTR データを活用した化学物質の排出管理手法の構築」の概要

PRTR 制度によって収集されている排出移動量データであるが、排出インベントリや物質フローの把握、管理という観点では十分に活用されていない。その理由として、化学物質の物質フローや環境排出における PRTR データの捕捉範囲や反映の程度が不明であること、全体へ

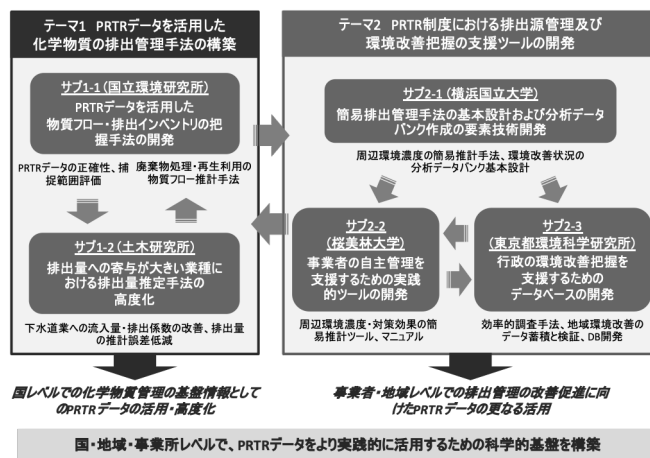


図 1 環境研究総合推進費 SII-4 の構成

の寄与が大きい可能性がある廃棄物処理・再生利用や下水処理における化学物質のフローや環境排出の情報が不足・欠落していることなどが挙げられる。

SII-4-1 では、化学物質の物質フロー・環境排出量としての PRTR データの評価と課題整理、廃棄物の処理・再生利用や下水処理における物質フロー・環境排出量の推計手法構築や改善を行い、物質フロー・排出インベントリ把握への PRTR データの活用方法を提示する。

SII-4-1 は以下の 2 つのサブテーマで構成している。

- サブテーマ(1)「PRTR データを活用した物質フロー・排出インベントリの把握手法の開発」（担当：国立環境研究所）
  - サブテーマ(2)「排出量への寄与が大きい業種における排出量推定手法の高度化」（担当：土木研究所）
- サブテーマ(1)では、物質フロー及び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、廃棄物の処理・再生利用に伴う化学物質のフロー推計手法の構築を行う。サブテーマ(2)では、下水道を対象に排出量推計手法の高度化を目指し、流入実態情報の拡充、実測データの蓄積、簡易推計式による推計値の検証等を行う。これらを取りまとめ、国レベルでの化学物質の物質フロー・排出インベントリ把握への PRTR データ活用に向けた科学的基盤として提示する。これにより、PRTR データの正確性向上に資するとともに、化学物質の物質フローや排出インベントリの情報を恒常的、継続的に提供するための手法論を提示し、PRTR データのより実践的な活用

に貢献することを目指している。

### 3. 環境排出量としての PRTR 届出排出量

PRTR 制度は個々の事業者の自主管理促進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データの整備とは目的や対象範囲をやや異にするものであることから、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。

特定の物質を対象とした過去の研究事例において、環境排出量としての PRTR データの不完全性が示されている。例えば、産総研が 2000 年代に刊行した詳細リスク評価書シリーズでは、いくつかの評価書において PRTR データで捕捉されていない排出源からの排出量を独自に把握、推計している<sup>1)</sup>。排出インベントリが別途作成されている水銀について PRTR 届出・届出外推計排出量との比較を行った事例<sup>2)</sup>では、PRTR データによる環境排出量の捕捉率は合計で 0.1%程度、排出源ごとには 0%～80%であった。これらは、PRTR 制度で届出対象業種となっていない排出源や PRTR 制度では捕捉されない不純物由来の排出量の存在が主な要因である。

また、実測に基づいて算出されている排出量の評価として、下水道業の金属類の届出排出量の評価を行った事例<sup>3)</sup>では、実測はほぼ測定の下限值未満であり、その結果をもって算出を行なっていることから、届出排出量が実際の環境排出量を反映していないことが示されている。下水道業の届出排出量は特別要件施設としての届出が主であり、下水道法に基づく水質検査の結果（測定下限値を一律排水基準の数分の 1 から 1/30 程度に設定している）を用いているため極端な事例ではあるが、この事例は環境排出量としての届出排出量データの正確性が算出方法や根拠データに依存することを示している。

このように、PRTR データの活用にあたっては、排出源の捕捉範囲、低含有／不純物由来排出の捕捉有無、算出方法等に起因する実態の反映の程度をふまえることが必要であるが、現行制度における届出情報からはこれらが判断できない。そこで本課題では、PRTR データの正確性や捕捉範囲を評価・整理することで、PRTR データの精緻化と物質フロー・排出インベントリ把握への活用方法を提示することを目指している。

### 4. 廃棄・循環過程における化学物質フローの把握

PRTR 制度では排出量に加え、下水道および廃棄物処理への化学物質の移動量も把握している。廃棄物処理へ

の移動量は、462 物質合計では届出排出・移動量全体の 6 割を占め、物質ごとに見れば半数以上の物質で届出排出・移動量全体の 9 割以上を占めている。また、PRTR 制度開始以降、届出排出量は減少しているのに対し、廃棄物処理への移動量はほぼ横ばいである。このことから、廃棄・循環過程における化学物質のフローを把握することは、化学物質のライフサイクルにわたるリスク低減の実現に向けて極めて重要な課題である。

PRTR 届出移動量には、化学物質が含まれていた廃棄物の種類と移動先での処理方法が届出されている。これらの情報から、廃棄・循環過程へ移動した化学物質の行方ある程度把握することが可能である<sup>4)</sup>。例えば、金属類は全体的に焼却・溶融、破碎・圧縮、最終処分への移動が多く、有機化合物はいずれの物質も焼却・溶融への移動が大きな割合を占めている。焼却・溶融への移動量に着目すると、金属類は汚泥、廃酸、廃アルカリに含まれて移動するものが多く、有機化合物は廃油に含まれて移動するものが大部分であることがわかる。

しかしながら、現行の届出ではこれらの項目が複数選択式となっており、届出データによっては廃棄物の種類や処理方法の実態を把握することができない。また、産業廃棄物処理は複数の中間処理を経る場合もあり、その考慮も必要である。本課題では、届出移動量の廃棄物の種類や処理方法ごとの内訳の詳細等を調査、把握した上で、事業所レベルで PRTR データと廃棄物行政情報の接続を行うことで、廃棄物処理へ移動した後の化学物質のフローを推計する手法を提示することを目指している。

特に、移動量の届出を行っている事業者は廃棄物の排出事業者でもあることから、PRTR 届出データは廃棄物行政情報と事業所レベルでの突合、接続が可能である。ただし、両者は異なる制度のもとで収集されているデータであるため、両者の整合性の確認から始めている。

#### 参考文献

- 1) 例えば、中西ら（2007）詳細リスク評価書シリーズ 12 塩化ビニルモノマー、丸善
- 2) 小口（2013）廃棄物資源循環学会誌、24(2)、135-143
- 3) 小口ら（2018）第 27 回環境化学討論会プログラム
- 4) Oguchi et al. (2018) Inflows of chemical substances to industrial waste incineration and other treatment processes in Japan, Proceedings of CRETE 2018

キーワード PRTR, 化学物質管理, 物質フロー, 排出インベントリ, データ評価

# 下水道における PRTR 対象物質の排出量推定手法の高度化

## An advanced approach to calculate the loading amounts of Japanese PRTR designated chemical substances discharged through domestic sewerage systems

(国研) 土木研究所 水環境研究グループ (水質) 鈴木 裕識

### 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 制度)では、現在、462 種の第一種指定化学物質(PRTR 対象物質)を対象に、24 業種の事業者からの届出排出量が集計されている。2016 年度の届出集計結果<sup>1)</sup>をみると、公共用水域への届出排出量のうち下水道業からの量は全業種の総量の 53.4%を占め、寄与が大きかった。一方、下水道業から届出排出量が集計されたのは 34 種のみであり、ほとんどが下水道法に基づき下水道事業者が水質検査の対象とする項目であった。つまり、他の PRTR 対象物質は届出情報のみでは排出実態を的確に捉えられていないと考えられる。

環境省および経済産業省では、PRTR 対象事業者から届け出られた排出量以外の対象化学物質の環境への排出量(以下、届出外排出量)についても、定められた事項別に推計手法の説明文書と共に毎年公表している<sup>2)</sup>。2016 年度の下水处理場に係る排出量の推計手法に関する資料<sup>3)</sup>(以下、下水处理場に係る公表推計資料)を参照すると、161 物質に対しては物性データを利用した簡易推計式で媒体別移行率を求めて推計されていたが、実測値に基づく推計対象物質数は 57 種と少なく、実際に推計値が得られた PRTR 対象物質は全体の半数以下(176 種)であった。さらに、下水処理過程で非意図的に生成される化学物質の排出量は 1 種も推計されなかった。以上より、下水道における届出外排出量の推計においては、流入実態情報の拡充、実測データの蓄積、簡易推計式から得られた推計値の信頼性の検証、移行率が 100%を超えるケースへの対応が必要であるといえる。

以上の背景から、本研究では環境総合研究推進費 SIH-4-1(2)において、下水道における PRTR 対象物質の排出量推定手法の高度化を目的に研究を開始した。本講演では、その紹介と現段階での検討状況を報告する。

### 2. 研究の概要

下水道を対象に 1.PRTR 届出データの解析による下水道への化学物質の流入実態の検討、2.実処理場における実測データの収集と簡易推計データとの比較、3.下水処理過程で負荷量が増加する物質の挙動の把握を課題として研究を実施する。下水処理場に係る PRTR 対象物質の流入および排出のイメージと本研究で検討する項目を図 1 に示す。なお、本図は下水処理場に係る公表推計資料<sup>3)</sup>の記載内容を一部抜粋、編集したものである。本研究では、下水処理場への流入量データの基本となる個別事業者からの届出データ、下水処理過程での挙動、そして、放流水中に残存して排出される排出量の 3 点に着目する。次章で、各課題について紹介する。

### 3. 本研究で取組む課題とその内容

#### 3.1. 届出データの解析による下水道への流入実態の検討

下水処理場に係る公表推計資料<sup>3)</sup>を確認すると、処理場への流入量が把握可能な物質のみが推計対象となっていた。つまり、下水道への移動・流入量の把握は、推計において最も重要な点の一つである。下水道への移動・流入量は、個別事業者からの届出データ以外に、すそ切り以下事業者、非点源(家庭・非対象業種)、家庭排水(その他の物質)、路面等からの雨水のデータが利用されている。本課題では、下水処理場の現地調査によって

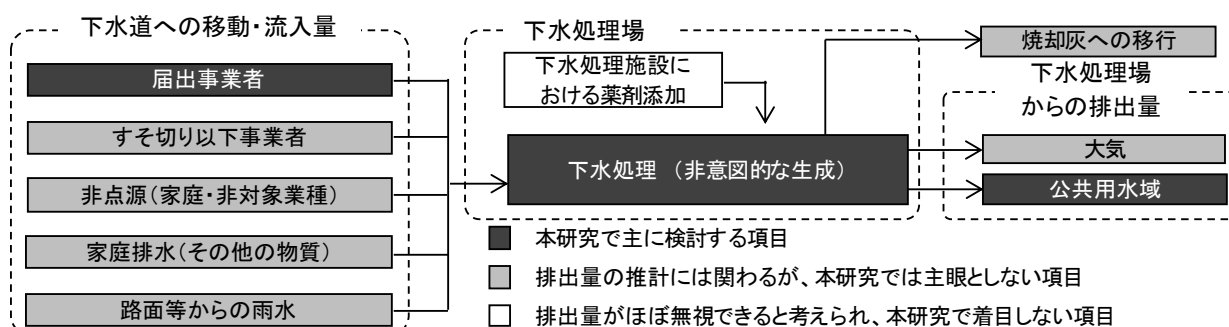


図1 下水処理場に係るPRTR対象物質の流入および排出のイメージと本研究で検討する項目  
(参考文献<sup>3)</sup>の記載内容を一部抜粋、編集)

流入下水の実測データを蓄積し、届出データとそれ以外の項目により得られる下水道への移動・流入量との比較から誤差の要因を検討する。

### 3.2 実測データの収集と簡易推計データとの比較

本課題では、届出データを解析し、全国約 2,200 箇所 の下水処理場のうち、移動・流入元となる個別事業者数が多い、あるいは、移動・流入する PRTR 物質数が多い処理場等の条件から調査対象を選定し、各種水試料を検体として実測を試みる。対象とする化学物質は課題 1 での優先度も考慮して選定する。ここで、下水処理場に係る公表推計資料<sup>3)</sup>において、推計に利用されているデータを図 2 に示す。既往の届出外推計手法では、主に、過年度の PRTR データ、下水道統計、そして下水道における化学物質排出量の把握と化学物質管理計画の策定等に関するガイドライン(案)から入力データを参照していることがわかるが、一部の情報についてはデータの信頼性の検証が必要であることに気づく。本課題により、実測データが拡充されることで、簡易推計データとの比較から推計誤差の要因が把握、解消され、推計の高度化に繋がることが期待される。また、462 種の PRTR 対象物質全てを個別ターゲット分析することは困難であることを踏まえ、HPLC-TOF-MS や Orbitrap-GC-MS 等の精密質量分析装置を活用したターゲットスクリーニング分析を実施予定である。これにより、これまで流入実態が不明であった PRTR 物質の流入の有無やその推計の必要性の検証、半定量的データではあるが媒体別移行率の設定改善に資する情報提供が可能となると考えている。

### 3.3 処理過程で負荷量が増加する物質の挙動の把握

ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS) は 2010 年に PRTR 対象物質に追加された。2010 年以降の PRTR データを参照すると、届出排出量および届出外排出量の推計値は一度も得られておらず、PFOS 原体の排出は企業

側の管理により低減されているように推察できる。一方で、有機フッ素化合物類 (PFCs) には前駆体となる類縁化合物の存在が報告されており、PFOS の前駆体が公共用水域中から検出された事例もある。つまり、下水処理場への流入時には存在が確認されなかった PFOS が生成し、濃度が把握できる負荷量に達することで、排出量として顕在化する可能性がある。前駆体から PRTR 対象物質が生成する事例は、ヘキサメチレンテトラミンからのホルムアルデヒドの生成 (共に PRTR 対象物質) などもある。本課題では、文献調査により検討対象物質を選定し、下水処理過程での挙動を実測も含めて検討する。

### 4. おわりに

本研究では、上述の 3 つの課題に取り組むことで下水処理場からの推計排出量の精緻化を目指す。下水道における PRTR 物質に係る知見が蓄積されることで、当該事業者や関係各所において PRTR データの実践的な活用が促進されるよう研究活動を進めていく。

### 参考文献

- 1) 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 <https://www.env.go.jp/chemi/prtr/result/gaiyo.html> (2019.7.1 アクセス)
- 2) 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 [https://www.env.go.jp/chemi/prtr/result/todokedegai\\_siryo.html](https://www.env.go.jp/chemi/prtr/result/todokedegai_siryo.html) (2019.7.1 アクセス)
- 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/todokedegai/H29/syosai/21.pdf> (2019.7.1 アクセス)

キーワード PRTR, 下水道, 排出量, 実測, 推計

PRTR公表データ(平成27年度)	下水道における化学物質排出量の把握と化学物質管理計画の策定等に関するガイドライン(案)(平成23年度)
・都道府県別・対象化学物質別の届出された下水道への移動量(kg/年)	・家庭排水中の金属化合物等の平均濃度(mg/L)
・都道府県別・対象化学物質別のすそ切り以下事業者から公共用水域への排出量(kg/年)	・路面排水中の金属化合物等の平均濃度(μg/L)
・都道府県別・対象化学物質別の非点源(家庭・非対象業種)からの下水道への移動量(kg/年)	・実測調査ごとの対象化学物質別・媒体別の移行率(%)
・下水道業による都道府県別・対象化学物質別・媒体別の届出排出量(kg/年)	・対象化学物質別の無次元化したヘンリー定数
	・対象化学物質別のオクタノール／水分配係数
	・標準活性汚泥処理における挙動シミュレーションによる媒体別の移行率(%)
	・国交省ガイドライン(案)に示された対象化学物質別の生分解度の上限(補正前)(%)
下水道統計(平成26年度)	
・都道府県別の面積ベースの下水道普及率(%)	
・都道府県別の水洗便所設置済み人口(人)	
・都道府県別の下水処理施設(処理場内ポンプ場)における雨水ポンプ揚水量(m <sup>3</sup> /年)	
その他	
・1年間の下水排出日数(日/年)(365日と仮定して適用)・対象化学物質別の生分解度(%)	
(化学物質の環境リスク評価第1巻～第15巻、化学物質の初期リスク評価書)	

図2 公表されている下水処理場に係る排出量の届出外推計資料<sup>3)</sup>の中で推計に利用されているデータ一覧(H28年度)



## PRTR 制度における排出源管理及び環境改善把握の支援ツールの開発 ～簡易に使える実践的なツールに何が求められるか？～

### Support tools for release source management and environment improvement validation using PRTR scheme: What is required for the tools used easily and practicable?

横浜国立大学 ○亀屋隆志, 小林剛

#### 1. はじめに

化管法の制定から間もなく 20 年を迎えようとしている。法の制定・施行の当初には、事業所内で化学物質を効率的に管理できるデータベースシステムの導入や、地域住民との対話集会の開催等が盛んに行われ、また、同じ時期に大気汚染防止法改正によって揮発性有機化合物 (VOC) の 30% 排出削減を目標とした規制が行われたこともあり、枠組規制である化管法においても、対象物質の管理の改善が急速に進んだ。一方で、化管法には直接的に具体的な排出行為に対する禁止や制限、義務付けがないため、事業者の意識向上と創意工夫に期待しつつも、目標の達成やこれまで努力してきた事業者の取り組みの成果を点検しさらなる効果的な改善へとつなげていく手段が不足している。

こうした現状を鑑み、我々は 2019 年度環境研究総合推進費の戦略的研究開発(II)において「SII-4-2 PRTR 制度における排出源管理及び環境改善把握の支援ツールの開発」を提案し、これが行政ニーズ課題として認められた。

本報では、PRTR データを現場の事業者が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するためのツールの開発と、その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するためのツールを開発するにあたり、簡易かつ実践的なツールに求められる要件について考察したので報告する。

#### 2. 戦略的研究課題 SII-4-2 の概要

テーマ SII-4-2 は 3 つのサブテーマから構成され、横浜国立大学が「SII-4-2(1) 簡易排出管理手法の基本設計及び分析データバンク作成の要素技術開発」を、桜美林大学が「SII-4-2(2) 事業者の自主管理を支援するための実践的ツールの開発」を、東京都環境公社東京都環境科学研究所が「SII-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」をそれぞれ担当している。

サブテーマ SII-4-2(1)では、事業者支援のための PRTR 対象物質の特性に応じた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およびケーススタディを実施する。

- ① 事業所内での簡易排出シナリオおよび周辺環境への管理暴露シナリオの基本設計
- ② シナリオパラメータの影響分析とリスク評価手法への展開方法の検討
- ③ 自主管理目標排出量算定手法の基本設計
- ④ 自主管理および包括的管理のための一斉分析手法の構築とその適用性の検証

サブテーマ SII-4-2(2)では、高度な環境解析技能を有しない事業者においても利用が可能となる、PRTR データを活用した事業者の自主管理を支援するための実践的ツールを開発する。全国に先駆けて独自の「環境リスク評価システム」を構築し、地域での化学物質のリスク管理に取り組んでいる川崎市と連携・協力し、住民への影響が最も直接的である大気を検討対象として、以下の検討を行う。

- ① 周辺環境の簡易な推計ツールの作成
- ② 簡易ツールの検証と信頼性の確保
- ③ 濃度推計と対策効果推計のデータの蓄積
- ④ 専門家レビューと実践的ツールのマニュアル作成

サブテーマ SII-4-2(3)では、地方環境行政における指導・監視や地域環境の改善状況の把握を支援するため、PRTR 対象物質について環境実態を効果的に把握するための手法を整備し、行政が簡易に利用することが出来るデータベースを開発する。

- ① PRTR 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
- ④ 行政支援のための地域環境改善状況のデータベース開発

### 3. 簡易で実践的なツールの背景とコンセプト

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）では、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（法第1条）が目的とされ、事業者に対し、化学物質の取扱い等に係る管理とその状況に関する国民の理解を深めるよう努める（法第4条）ことを求めている。しかし、排出行為に対する禁止や制限、義務付けがないため、自主的取組としてどのような物質／使い方を改善すべきかの方針が不明確で、取組みの成果を点検して改善へつなげるための手段がない。このため、法制定後20年が経過したが「管理の改善の促進」と「国民の理解の増進」がなかなか進まない。経済産業省が行った化管法施行状況調査<sup>1)</sup>によれば、リスク評価ツールを使ったこと事業者は約5%に過ぎず、化学物質や製品の入力、条件の選択式など誰でも使える簡易で安価なツールが欲しいと希望する事業者が64%に達し、リスク評価ツールの認知度も数%から高々20%以下と低迷している。

本研究における「簡易なツール」の開発ポリシーとして以下の3点を掲げる。

- 実践現場の担当者が「多少の準備で取扱える」
- 現状把握や必要対策の「レベルを判断できる」
- 把握精度が「科学的に検証されている」

### 4. 尺度化法によるリスク評価

本研究では、化学物質の有害性とばく露量をわかりやすく尺度化でき、ユーザーが多少の準備で取扱えるコントロール・バンディング法<sup>2)</sup>を事業所周辺の環境リスク評価に適用する。精緻な拡散シミュレーションによって推計精度を検証しながら、使用現場の管理状況に合った簡易リスク評価方法の確立を行う。

具体的には、感度の高い重要パラメータを抽出して定量化カテゴリの条件とその設定値の重み付けの検証を行う。例えば、事業所周辺の最大着地濃度は最大風向の風下側で出現することを考えると、

最大着地濃度(年平均値)

$\leq \text{一方向移流拡散の計算値} \times \text{最大風向頻度}$  (1)  
といった近似も考えうる。このように簡易化すれば、一方向の移流拡散が各地点で風向を選ばずに計算できるので尺度化が容易になる。さらに、1年間8760時間のうち最大風向に風が吹いた時間割合を考慮すれば、風向変化による一方向への過大評価をある程度補正できる。このような近似とそれに伴う精度低下の検証を

積み重ねることで、極力少ない重要パラメータを用いる簡易な尺度化法を確立する。

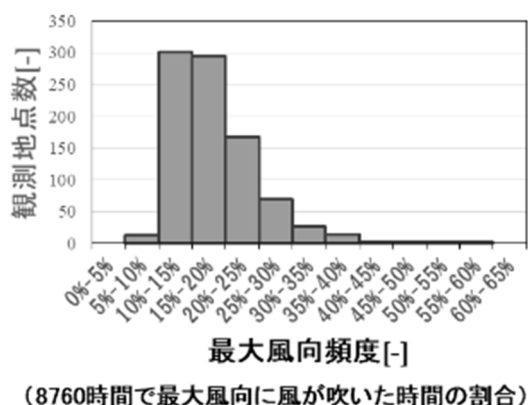


図1 風向の考慮

### 5. データベースを活用した包括的モニタリング

多種多様な化学物質の環境汚染実態を効率的に把握して具体的アクションにつなげることを志向する。GC-MS自動同定定量データベース（AIQS-DB）法<sup>3)</sup>は、機器の性能評価を毎日行うことで毎回の検量線作成をデータベース活用によって省略でき、定量性にはやや欠けるが、環境汚染データの収集能力が格段にアップできる簡易法である。本研究では、特に事業所周辺の大気モニタリングへの適用拡大を考え、揮発性有機化合物や誘導体化分析が必要な物質を対象に、捕集カラムの選定や脱離溶媒、昇温条件、分析妨害物質への対策方法を検討する。

### 6. まとめ

簡易法により信頼性低下を危惧する意見はもともとであり、論理や実態をかけ離れることがないよう検証を重ね、『使ってもらえるツール』の開発を進める予定である。

### 参考文献

- 1) 経済産業省（2007）化管法施行状況調査,  
[https://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/law/information/info10.html](https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/information/info10.html)
- 2) 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>
- 3) 門上希和夫ら（2004）有害化学物質一斉分析用ガスクロマトグラフィー/質量分析法データベースの開発, 分析化学 **53**(6), 581-588.

キーワード PRTR, 排出源管理, 環境改善, 支援ツール

# 事業者の自主管理を支援するための実践的ツールの開発 Development of practical support tools for release management by private companies

桜美林大学 ○片谷 教孝

## 1. はじめに

PRTR 制度の普及・促進により、事業者による化学物質の自主的な排出管理の促進が図られ、届出排出量は減少し、制度は排出削減に貢献してきた。しかし近年、化学物質の排出量は下げ止まっており、さらなる排出量削減を図るには工夫が必要である。化学物質排出量の削減は、法や条例による規制にはなじみにくく、排出事業者の自主管理による削減が有効とされている。しかし、事業者が削減に取り組むモチベーションのためには、削減が環境の改善にどれだけ結び付くかが明らかになることが必要である。削減効果の推定のため、シミュレーションモデルが多く開発されているが、ほとんどは専門知識を必要とするレベルのものであり、中小事業者が利用するには適していない。そこで本研究では、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、事業者自らが改善効果を確認することができるような、実践的なツールを開発することを目的とする。今回の発表では、環境総合研究推進費 SII-4-2(2)で実施する研究内容を紹介する。なお今回の研究では、川崎市を対象地域とし、川崎市環境総合研究所の協力をいただいて実施する。そのため、川崎市のこれまでの取り組みについて、次報で紹介する。

## 2. 研究の概要

本テーマでは図 1 に示すように、以下の 4 項目を中心として研究を行う。

- (1) PRTR データを活用した周辺環境濃度の簡易推計手法開発
- (2) 簡易推計手法の検証
- (3) 対策効果のシミュレーション計算とその蓄積
- (4) 事業者支援のための実践的ツールマニュアル化

これらの作業においては、実測データによる検証作業が重要となる。川崎市がこれまで次報で紹介するリスクアセスメントシステム構築を通じて実施してきた環境リスク評価事業の中で蓄積してきた実測データを活用するとともに、本研究の一環としても新たに環境実態調査を実施する。環境媒体としては大気に限定し、対象物質は川崎市内で排出実態のある PRTR 第一種指定化学物質を対象とする。

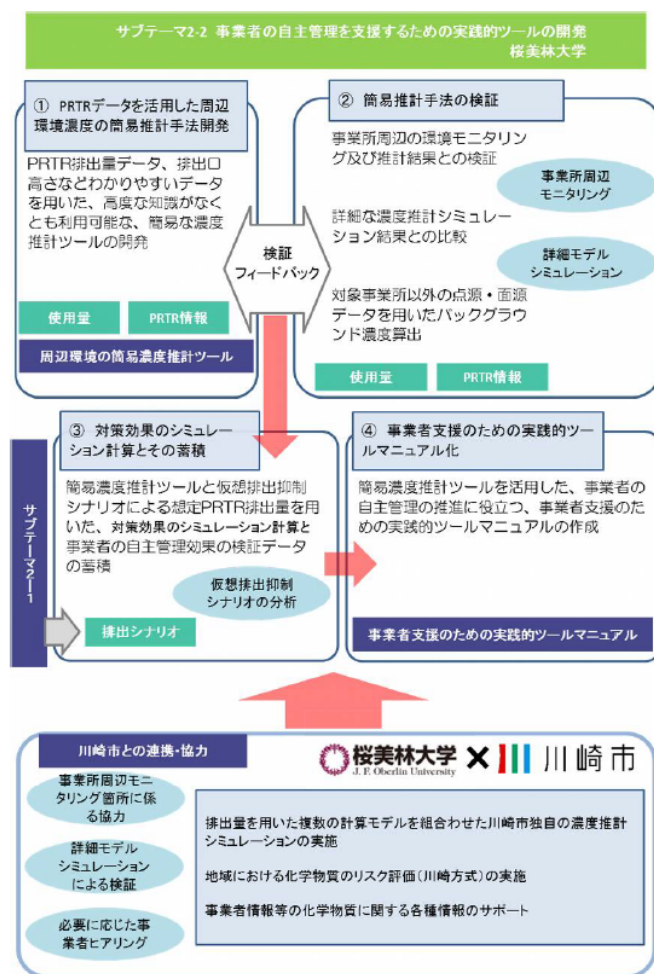


図 1 研究概要

## 3. 研究計画と成果目標

本研究は、環境総合研究推進費 SII-4 の中で実施するため、2019 年度～2021 年度の 3 年計画である。2021 年度には、事業者向けマニュアルまでを開発し、開発したツールとともに事業者に配布する計画としている。

これらを通じて、事業者による自主管理を促進し、地方環境行政の推進にも貢献する。

### 参考文献

- 1) 環境省：令和元年版環境・循環型社会・生物多様性白書（第 5 章）包括的な化学物質対策に関する取組、2019.

キーワード PRTR、排出量削減、自主管理、ツール

# 川崎市の化学物質対策と事業者の自主管理支援について

## Chemical substance management of Kawasaki City and self-management support of industrial manufacturers

川崎市環境局環境総合研究所 ○金井正和，喜内博子，時岡泰孝，重水洋平

### 1. 目的

川崎市は、市民の化学物質に対する安全・安心の確保に向け、PRTR の促進及び化学物質の適正管理の推進に取り組んでおり、化学物質全体の排出量が大きく削減するなど一定の成果が挙げられている。さらなる化学物質対策として、市民への暴露の可能性が高い化学物質の大気への排出に着目し、市内事業所から大気環境中に排出された化学物質について、濃度推計及び実測調査を行うことで市内環境中のリスクを評価し、優先的に削減に取り組むべき化学物質を明確にすることで、事業者による自主的な排出削減・排出抑制に向けた取り組みを促進している。

### 2. 手法

暴露評価と、化学物質の毒性や不確実性といった有害性評価をもとに、市内の環境リスク評価を行う。

表 1 川崎市におけるリスクの判定の例

判定基準 (MOE)	川崎市におけるリスクの判定
10 未満	優先的に環境リスクの低減対策について検討すべき物質
10 以上 100 未満	環境リスクの低減対策について検討することが望ましい物質
100 以上	現時点で環境リスクの低減対策の必要性は低いと考えられる物質

### 3. 暴露量評価

自然的及び社会的条件を考慮して、市域を臨海部（川崎区）、内陸部（幸区、中原区及び高津区）及び丘陵部（宮前区、多摩区及び麻生区）に分け、評価対象地域ごとの大気濃度を、数理モデルによる予測又は実測により求める。

#### 3.1. 数理モデルによる大気濃度の予測

PRTR 制度による環境への排出量公表データ等を用い、数理モデルとして、経済産業省－低煙源工場拡散モデル（以下、METI-LIS）及び産業技術総合研究所－曝露・リスク評価大気拡散モデル（以下、ADMER）を

組み合わせて、年間の大気濃度を予測する。

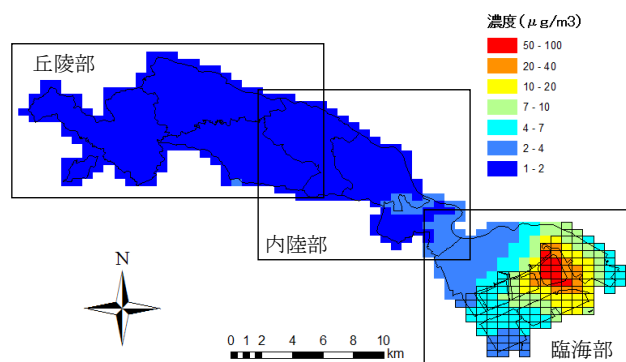


図 1 大気濃度予測図

#### 3.2. 実測調査

臨海部、内陸部及び丘陵部ごとに代表点の実測調査を行うとともに、環境リスクが高い物質については発生源近傍においても詳細調査を実施している。

### 4. まとめ

これまで、発がん性を有する可能性がある物質や環境リスクが比較的高いと思われる物質として 46 物質を評価した結果、13 物質について環境リスクが高いと評価された<sup>1)</sup>。

今後も評価対象物質の拡張、環境リスクの高い化学物質の経過観察を実施し、市内環境中のリスクをモニタリングしていく。

排出された化学物質の環境実態を提示することで、事業者による自主的な排出削減・排出抑制に向けた取り組みが促進され、もって市民の化学物質に対する安全・安心が確保されることを期待している。

#### 参考文献

- 1) 川崎市：化学物質の環境リスク評価結果報告書  
<http://www.city.kawasaki.jp/kurashi/category/29-1-3-1-10-0-0-0-0-0.html>

キーワード 環境リスク評価，PRTR，自主管理

# 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 Development of database to support environmental improvement verification by Administration

(公財) 東京都環境公社 東京都環境科学研究所 星 純也

## 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）による化学物質の排出・移動量の把握が法制化されて 20 年目を迎えようとしており、PRTR 制度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。この原因の一つとして、PRTR データを基にした環境改善状況把握のための手段が十分に整備されていないことが挙げられる。そこで、本研究は PRTR データと環境モニタリングデータの組み合わせによる地域環境改善状況の把握手法を検討し、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実施する。本講演では環境総合研究推進費 S II -4-2(3)で実施する内容の紹介と現段階での研究結果について報告する。

## 2. 研究の概要

本テーマでは図 1 に示したように、I. PRTR 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、II. 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、III. 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という 3 つの研究事項と、それらを統合して行政支援に資する地域環境改善状況を簡易に把握するためのデータベースの開発を行う。

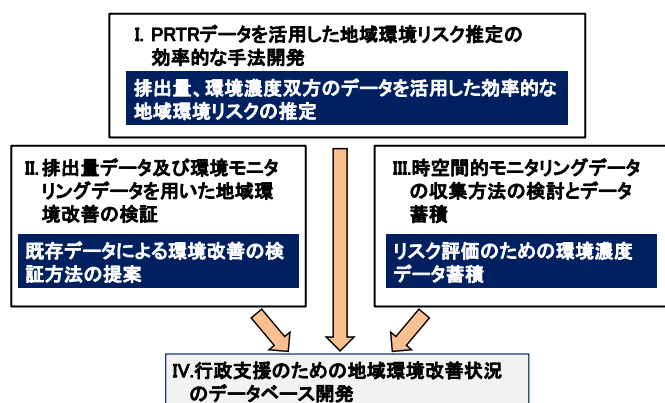


図 1 研究概要

## 3. 研究方法

### 3.1. PRTR 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

ここでは、東京都が保有する環境モニタリングデータと PRTR 制度で収集された排出量データの双方を活用して化学物質の大気からの暴露による地域リスクを効率的に推定する手法を検討する。まず、環境モニタリングデータを用いたリスク評価として、これまで東京都が実施してきた有害大気汚染物質モニタリングデータや VOC モニタリングデータの測定値を基準値等で除した基準値比を大気リスクの大きさとみなして、地点ごとのリスクの経年変化を確認した。用いた基準値等は基本的にはエコケミストリー研究会<sup>1)</sup>によって算出された大気管理参考濃度を用い、一部の物質については最新の知見による値に入れ替えて用いた。1997 年度から 2017 年度までに毎月モニタリングされた化学物質(最大 120 物質)のうち PRTR 対象物質は 47 物質であった。算出された基準値比から、都内一般環境の平均では、経年的にはリスクは減少傾向にあるが、ホルムアルデヒド等は現状でも高いリスクを有している可能性が示された。

排出量データを用いた解析では届出及び届出外排出量の都内合計排出量を基準値で除したリスクの排出強度を算出し、化学物質の排出リスクとみなした。届出外排出量は物質毎、需要用途毎に大気への排出率を設定して大気排出量を推定した。2017 年度の一般環境平均値の大気濃度の基準値比と排出強度の関係を図 2 に示した。青のプロットの環境濃度、排出量データ双方がある青のプロットが直線的な関係にならない原因として、排出量が地域毎に推計されていないことや、排出量を基に大気寿命を考慮した形で大気濃度推計をした値でないことが原因と考えられる。今後、都内区市町村別の排出量の推計やモデル計算による排出量からの大気濃度推計を行い、地域リスク評価手法を検討していく予定である。

3.2. 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  
ここでは、これまでの PRTR データを用いて、地域の環境改善の検証方法を検討していく。東京都では PRTR とは別に条例による化学物質の排出量等の報告制度が



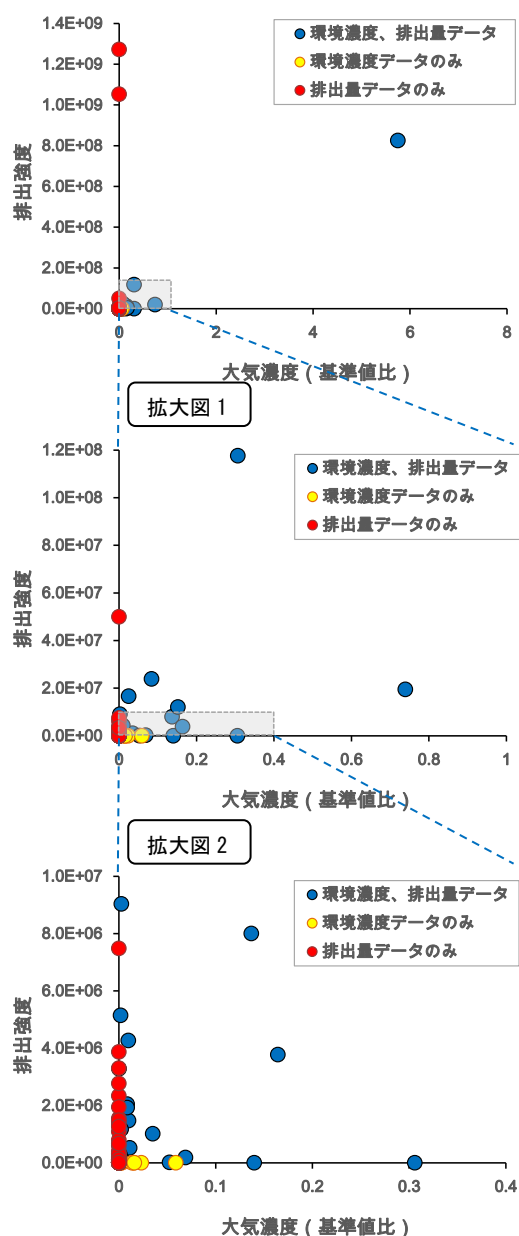


図2 大気濃度（基準値比）と排出強度の関係

あり、年間使用量 100 kg 以上の工場等からの使用量等の報告値が蓄積されている。このデータと PRTR データを組み合わせ、年間使用量 1t 以上、100 kg～1t 未満、100 kg 未満の 3 つの取扱規模での排出量の把握が可能になる。また 3.1 で算出する地域（区市町村）毎の排出量を用いて物質毎、地域毎に環境濃度低減に寄与した発生源を取扱規模別に検証していく。

### 3.3. 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

ここでは、地域リスク評価のための適正な測定地点、頻度の検討を行う。測定地点については豊富な常時監視データを利用し、相関分析やクラスター解析を用いて、

測定地点の類似性を明らかにする。一方、常時監視データと PRTR 対象物質の関係から、検討した地域分布等を PRTR 対象物質に広げ、適正な測定地点を検討する。測定頻度の検討は都が保有する VOC 連続測定データを利用する。これまで常時監視データで適用された手法<sup>2)</sup>を応用し、PRTR 対象物質でリスク評価に必要な測定頻度を算出する。結果の一部は別途、礒島らが報告する<sup>3)</sup>。また、都でも連続測定データのない物質については月毎の測定データや物性、排出実態から推計する。連続測定データの解析を基にデータのない物質の推計精度を検証し、他の自治体でも応用できる手法を検討していく。

また、現在モニタリングされていない物質（図 2 の赤のプロット）でも 3.1 の排出強度の大きい物質については、上記で解析された測定地点、頻度を基にモニタリングを実施していく。測定は別途 S II-4-2(1)で開発する一斉分析法を適用するとともに、リスク（基準値比）が高いことが想定される物質については高精度な分析法を検討しデータを蓄積していく。

### 3.4. 行政支援のための地域環境改善状況のデータベース開発

これまでに記した 3 つの項目の結果を統合し、行政支援のためのデータベースの開発に取り組んでいく。ここでは、どこで測定すれば良いか（測定地点）、年間何回測定すれば良いか（測定頻度）、どの物質から対策を始めるべきか（優先順位）、どこまで対策すべきか（目標と現状との乖離）を簡単に把握するツールとして整備していく。これらの情報を取り入れたデータベースを活用することにより、地域の実情に合わせたリスク評価と政策立案・実施、環境監視、事業所指導への取組の促進が期待できると考える。

### 参考文献

- 1) エコケミストリー研究会，使いやすい PRTR 情報 <http://www.ecochemi.jp/PRTR2017/prtr-index.html> (2019.6.22 アクセス)
- 2) 吉門ら (2000)，一定周期の間欠的測定から算定される年平均濃度の特性 (NO<sub>2</sub> に関して)，大気環境学会誌，35，368-376
- 3) 礒島ら (2019)，地域リスク評価のための適正な環境モニタリング頻度等の検討，環境科学会 2019 年会発表要旨

キーワード PRTR，大気環境リスク，化学物質排出量



## シンポジウムー10

### 「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」

プロジェクト名：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」

オーガナイザー 松橋 啓介（国立環境研究所）室長  
高橋 潔（国立環境研究所）室長

趣旨説明：日本の気候変動影響評価と緩和・適応策の分析をより効果的に行うとともに国際的な貢献を促進することを目指して、日本全体および都道府県における気候変動影響・適応策・緩和策評価に利用可能な社会経済シナリオを構築しています。世界の SSP（共通社会経済パス）を参考に、日本独自の将来見通しを考慮し、都道府県レベルの影響評価や緩和・適応策検討の観点を反映した叙述シナリオと、日本の人口や GDP 等の定量化情報を作成しました。引き続き、都道府県単位およびグリッド単位の定量化情報を計算するにあたって、都道府県等における影響・適応評価の現況と展望について意見交換を行います。

# 日本の叙述シナリオの構築

## Narratives for shared socioeconomic pathways in Japan

国立環境研究所 ○陳鶴, 松橋啓介

### 1. はじめに

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社会経済パス（SSP: Shared Socio-economic Pathways）が活用されている。しかし、世界を5地域に分けた情報しか存在しない、国レベルの詳細な分析・評価に SSP の活用、各国の政策状況等を踏まえた将来見通しの反映などの課題がある。

一方、日本に目を向けると、国レベルの気候変動影響評価や適応・緩和策の分析をするときは、さまざまな研究がそれぞれに世界シナリオや国内の政府見通し等を使ってきた。今後、日本における将来シナリオを用いた適応計画、グローバルストックテイクなどの研究解析への政策需要は引き続き高いと考えられる。

そこで本研究は、日本及び国内自治体での気候リスク評価と適応策の検討・推進のため、世界 SSP と関連付けた日本版社会経済パスの叙述シナリオの開発を目的とする。

### 2. 手法

まず、世界 SSP の理念・考え方を再整理するとともに、国際的な地域別 SSP の取り組みのレビューを行い、日本版 SSP 叙述シナリオを構築する際の手順と必要条件を整理する。

また、世界 SSP の概念と日本の特徴の双方を反映したシナリオを構築するために、「叙述シナリオ構築会合」を行い、日本版 SSP で考慮すべき要因の洗い出し、気候変動の緩和・適応がより容易な社会像とより困難な社会像について議論を行う。

会合に基づき、世界 SSP を基本とし、日本独自の特徴を明示し、日本版 SSP 叙述シナリオを構築する。とくに、日本のシナリオを左右する主要な要因と考えられ要素に関する記述を追加する。日本版 SSP を構築する概略図を図1に示す。

### 3. 結果

会合内外の議論に基づき、世界 SSP のスケッチを修正する形式で、日本版 SSP 叙述シナリオの素案を構築した。

国や国内スケールにも適用可能な記述については記述を広げ、人口の記述は日本に合わせて修正した。とくに、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追加した。

人口に関しては、大都市圏・地方圏と市街地・非市街地の特徴を整理した。SSP2 では全体の人口減少を反映しながらも現況の過疎化気味の傾向が続く想定とした。SSP1 では市街地に、SSP5 では大都市圏および市街地に人が集まり、残りやすい想定とした。SSP4 では、市街地の衰退により非市街地化が進み、結果的に非市街地に居住する人の割合があまり減らないことを想定し、SSP3 では非市街地の急激な衰退がこれに加わる想定とした。

### 4. おわりに

本研究では、世界 SSP で考慮されてこなかった日本独自の将来見通しを明示的に取り込んだシナリオ叙述を構築した。今後、緩和・適応対策の検討、日本の環境政策、IPCC など国際研究コミュニティへの研究成果の発信など、幅広い効果が期待される。

### 参考文献

1) K. Riahi, et al., <The Shared Socio-Economic Pathways and their energy, land use and greenhouse gas emissions implications: an overview>, Global Environment Change, vol42, pp. 153-168, 2017

キーワード シナリオ, 叙述, 緩和策, 適応策

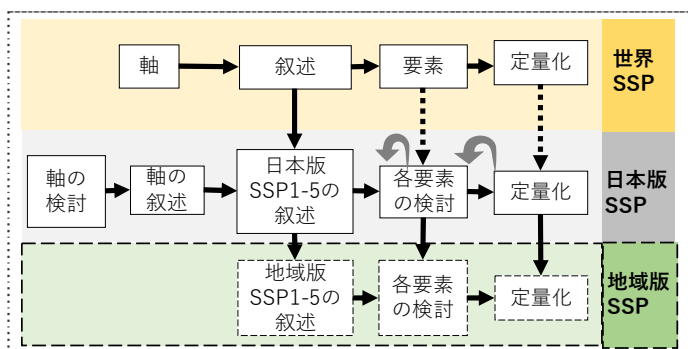


図1 日本版 SSP 構築の概略図

# 日本版 SSPs における人口と地域別動向 Population Scenarios and Regional Pattern in Japan SSPs

国立環境研究所 ○松橋啓介, 陳鶴

## 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」では、世界の SSPs (共通社会経済パス Shared Socio-economic Pathways) を参考に、日本独自の将来見通しを反映し、都道府県等での影響評価に利用するための、日本の人口のシナリオと地域別パターンを作成した。

## 2. 手法

世界 SSPs では、rich-OECDs 国群における出生率と死亡率と移民の傾向を高中低で表した設定と、日本の 2100 年までの推計人口が SSP1~5 について示されている。しかし、日本の国立社会保障・人口問題研究所 (社人研) による人口推計の基本推計は、世界 SSPs より小さい傾向にある。

まず、世界 SSPs に示される出生率と死亡率の記述 (高中低) を採用し、これに合う社人研推計を選定・比較した。この場合、人口減少の傾向は日本に合致したものが示されるが、シナリオ間の幅が小さいことが分かった。特に、既に高齢化が進んでいるためか、死亡率による将来人口の差がほとんど生じない。また、9 つの基本推計には、移民の傾向の違いが含まれず、考慮できないという問題もある。

日本版 SSP：社人研条件付推計から選定

	SSP1	SSP2	SSP3	SSP4	SSP5
出生率	高	中	低※1	低※2	中
死亡率	中	中	中	中	中
移民	中	中	中	中	高※3

※1 出生率1.0(2065年) ※2 出生率1.2(2065年)

※3 外国人移動25万人(2035年)

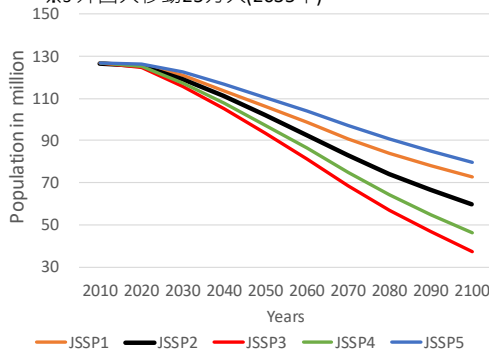


図1 日本版 SSP の人口シナリオ

次に、中庸である SSP2 の予測値を社人研推計の中位推計に合致させる補正係数を求め、SSP1~5 に乗じることによって、人口減少の傾向に合いかつ幅を持つ補正版 SSP1~5 の人口を求めた。こうすることで、人口減少の傾向を反映しつつ、シナリオ間の幅を持たせることができる。しかし、こうして求めた補正値を提供されても国や都道府県がそのまま使うことは想定しにくい。

そこで、社人研が行った出生、死亡、外国人移動を仮定したより詳細な感応度分析である条件付推計と補正版 SSP1~5 とを比較して、値が近い条件付推計を選定するとともに、該当する出生率と死亡率と移民の傾向の高中低の記述が、日本の叙述シナリオの検討でされた議論にあてはまっているかをチェックすることとした。

## 3. 人口シナリオ

結果を図1に示す。推計人口に与える差が小さいことから、死亡率は中位に統一した。次に、rich-OECDs における想定出生率は日本にとっては高い数値であるため、2100 年に+18% (73 百万人) となる高出生率のケースを SSP1 に選定した。SSP3 と SSP4 は、低出生率の条件付推計を用いて幅を持たせた。SSP5 は、2035 年に 25 万人外国人移動の条件付推計とした。なお、この条件付推計は出生率と死亡率については中位のみしか存在しない。なお、50 万人外国人移動では世界 SSP5 と比較しても過大となるため、25 万人外国人移動を選定した。高中低の記述を世界 SSPs から変更した箇所を図中の赤字で示した。いずれの箇所も、日本版 SSPs 叙述シナリオの検討の範囲に収まることを確認した。

## 4. おわりに

社人研の条件付き推計から SSP1~5 に相当する日本の推計人口を選定した。世界 SSPs に示される一人当たり GDP と乗じることによって、日本の GDP を求めることができる。また、出生率と移民の設定をもとに、SSP1~5 の市町村別人口推計に取り組んでいる。さらに、叙述シナリオの検討から国土構造・都市構造の違いを設定し、市町村別人口推計に反映させることも試みている。

キーワード 人口, シナリオ, 地域

# 日本版 SSPs 定量化に関するニーズ把握ならびにデータベース構築

## User needs survey and scenarios database development towards development of Japan SSPs

国立環境研究所 ○高橋潔, 松橋啓介, 株式会社 E-konzal 越智雄輝, 京都大学 藤森真一郎

### 1. はじめに

環境研究総合推進費課題「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」では、国内における緩和・適応策分析の共通の前提条件としての利用を想定し、日本全体および都道府県における社会経済シナリオの構築に取り組んでいる。構築手順としては、世界を対象地域として開発・公表されている世界版 SSPs

(Shared Socioeconomic Pathways; 共通社会経済経路)をベースに、同経路との整合性を保持しつつ、日本独自の将来見通しを考慮し、都道府県レベルの影響評価や緩和・適応策検討に要する観点を含めた叙述シナリオ(ストーリーライン)と、人口・GDP・土地利用等の定量化シナリオの開発が並行して進められている。

そのうち定量化シナリオについて、気候リスク評価に際して考慮が必要な3要素であるハザード(hazards)、曝露(exposure)、脆弱性(vulnerability)のうち、曝露の将来想定となる人口や土地利用などは、いずれのセクタでも影響予測の際に用いられることが多い。一方、例えば医療費、灌漑面積などのように、特定セクタの影響予測にのみ想定が必要な因子もある。日本 SSP の構築に際しては、セクタ別影響予測・適応評価でのニーズの把握が求められる。本発表では、文献調査ならびに有識者ヒアリングに基づく部門別シナリオニーズについての調査の取組について報告する。

また、日本版 SSPs の定量化作業にあたり、わが国を対象に開発・利活用された既存の社会経済想定について、それらを体系化して収集・整理し、また本研究で新規に開発する日本版 SSPs との関係を明らかにすることが求められる。その作業支援を目的として、本研究では日本シナリオデータベース(JSD)を設計し、関連データの収録と基礎解析を実施した。

### 2. 影響予測におけるシナリオニーズの把握

影響予測における社会経済シナリオへのニーズを把握するために、人口・GDP・土地利用以外の社会経済因子について SSP 別あるいは SSP 以前から用いられてきた SRES シナリオ別に想定・利用した影響予測の事例をセクタ別に文献調査し、想定・利用された変数種やその

想定値について整理した。例えば水資源セクタの影響予測では、灌漑効率、工業部門・電力部門の水利用効率、電力部門の冷却効率、家庭部門の水利用効率、水の価格弾力性などについて、SSP 別の想定をおいた影響予測があった。さらに、日本国内を対象に影響予測研究に従事した経験を有する専門家にヒアリングを実施し、過去に実施した研究での社会経済因子の想定や、今後の研究のための追加ニーズなどについて意見を得た。シンポジウムでは両調査の概要を紹介する。

### 3. 日本シナリオデータベースについて

国内の各種の中長期的計画・政策、シナリオを調査し、世界版 SSPs の考え方に対応づけた整理を行うことで、日本シナリオデータベース(JSD; Japan Scenario Database)を構築した。日本を対象とした将来シナリオに関する文献を、研究論文、政府機関あるいは NGO の発行するレポート、政府委員会等で公表された資料などから幅広く収集し、特に基礎的な社会経済変数、エネルギーや排出量に関わる変数を中心に選定を行った。16 文献の合計 152 個のシナリオを日本シナリオデータベース(JSD: Japan Scenario Database)として整理した。なお、世界版 SSPs と比較しやすいように、様式には IAMC のデータテンプレートをを用いた。データベースに格納される情報は、文献コード、シナリオコード、変数名、単位、年ごとの変数の値である。

次に、JSD と世界版 SSPs との比較を行った。人口については、世界版 SSPs の方が人口減少が緩やかで、JSD に整理した日本の既存の将来シナリオの方が減少が顕著であった。また、原子力発電について、JSD は世界版 SSPs よりも発電量を幅広に想定している傾向がみられた。このように、JSD に含まれる日本を対象としたシナリオ研究と世界版 SSPs ではシナリオのレンジの異なる変数が存在することが示された。乖離の生じる要因を同定し、既存の世界版 SSPs のシナリオに従うか日本独自の想定に基づいたシナリオを構築するかといった検討が必要となる。

キーワード 社会経済シナリオ, 気候変化, 適応

# Development of land use scenarios for Japan based on downscaling of the global SSP land use scenarios

○Wenchao Wu<sup>1</sup>, Tomoko Hasegawa<sup>2</sup>, Kiyoshi Takahashi<sup>1</sup>, Shinichiro Fujimori<sup>3</sup>, Ken Oshiro<sup>3</sup>

1. National Institute for Environmental Studies; 2. Ritsumeikan University; 3. Kyoto University

## 1. Introduction

The Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) is a collection of pathways that describe alternative futures of socio economic development. Multiple integrated assessment models have been used for the quantitative projections of future agriculture, food system, and land use on the global scale. Recently, there are growing needs for the quantification of SSPs on the national level. However, current models are too coarse for country-level analysis. The objective of this study is to downscale the global scale Asian-Pacific Integrated Model/Platform for Land-Use and Environmental Model (AIM/PLUM) for Japan's SSP analysis.

## 2. Method

We improving the spatial resolution to 0.05° (targeting 1km) from the global model of 0.5° for AIM/PLUM-Japan by incorporating the statistical production area data and spatial land use information (Figure 1).

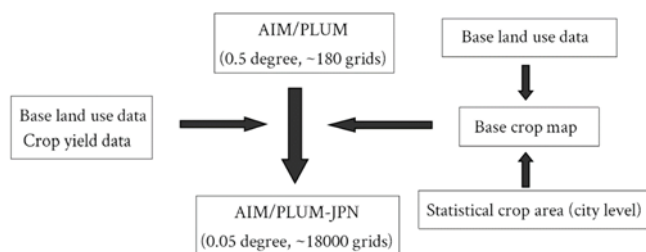


Figure 1. Downscaling Framework

## 3. Result

Agricultural land use could be downscaled to 0.05° resolution and future gridded agricultural land use information could be generated using this model at a 10-year step with 2005 as the base year. Figure 2 shows the crop location in 2050 under SSP2.

The downscaled model could be used for various purpose, one example is bioenergy potential estimation in country level (shown in Section 4). Moreover, this downscaling framework could also be applied to other regions.

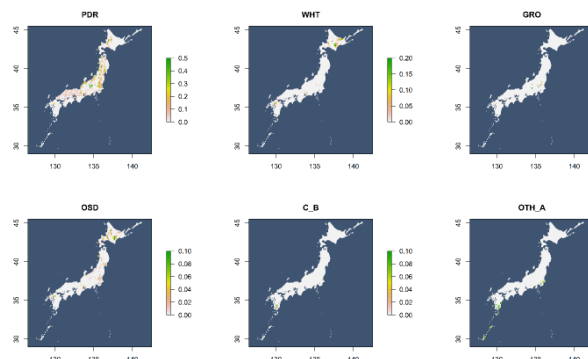


Figure 2. Crop map for Japan in 2050 under SSP2

## 4. Application example

Bioenergy is expected to increase by double or triple by 2030 in Japan both for mitigation and energy supply. Analysis using the downscaled model suggests that bioenergy potential in Japan could achieve 2 EJ/yr by 2100, which accounts for 10% of current primary energy demand. Our assessment is significantly larger than previous estimates [1] and suggests that Japanese energy and climate policy can enhance more bioenergy use in a sustainable way.

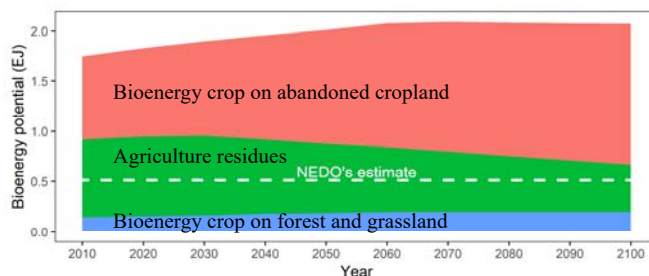


Figure 3. Bioenergy potential for Japan

## 5. Conclusion

We downscaled a global land use model to country level by improving the spatial resolution to 0.05°. It could be used in policy-relevant analysis, such as bioenergy supply potential.

## Reference

1) NEDO, Renewable energy technological white paper (V2).

Keyword: Japan SSP, land use, downscaling, bioenergy

# 社会経済シナリオに基づく地域気候リスクの経済評価：埼玉県を事例として

## Economic assessment of regional climate risks based on socioeconomic scenarios: A case in the Saitama Prefecture

埼玉県環境科学国際センター ○本城慶多，原政之

### 1. 背景と目的

2018 年 12 月に気候変動適応法が施行され、地方自治体は地域気候変動適応計画を策定する努力義務を負うことになった。気候変動は農業、防災、健康など人間活動のあらゆる側面に影響を及ぼす。本研究では、酷暑に悩まされている埼玉県を対象として影響評価の一例を示す。埼玉県に関連する気候リスク指標は多岐にわたるが、今回は企業のエネルギーコストに注目する。

### 2. 研究方法

気候変動の影響評価を行うには、気候リスク指標の予測モデル、気候シナリオ、社会経済シナリオが必要となる。本研究では、資源エネルギー庁の都道府県別エネルギー消費統計、経済産業研究所の R-JIP データベース 2017、日本エネルギー経済研究所のエネルギー価格データ、熊谷地方気象台の気温データを用いて、県内 18 業種の電力・燃料需要を予測するための統計モデルを構築した。モデルに気候シナリオと社会経済シナリオを入力することでエネルギー需要の予測値が得られる。気候シナリオには、防災科学技術研究所が文部科学省 SI-CAT（気候変動適応技術社会実装プログラム）で開発した統計的ダウンスケーリングデータを使用した（2026～2050 年、全国 1km 解像度、代表的濃度経路 RCP2.6 & RCP8.5、5 種類の全球気候モデル（GCM））。社会経済シナリオには、環境研究総合推進費 2-1805 で開発を進めている都道府県版 SSP を使用する予定だが、現時点ではマクロ計量モデルから生成した 2 種類のシナリオ（生産性向上&停滞）を使用している。上記の方法で得られた電力・燃料需要の予測値に電力・燃料価格（2010 年度実績値）を乗じて将来のエネルギーコストを算出した。

### 3. 結果

18 業種について 2026～2049 年度のエネルギー需要とエネルギーコストを予測し、現在の水準からの変動を算出した。分析の第 1 段階として、経済指標を 2010 年度の水準で固定し、気温上昇がエネルギー需要に与える影響を評価した。その結果、電力需要は 15 業種で、燃料需要は 9 業種で増加することが分かった。エネルギー需

要の変動をコストに換算した結果を図 1 に示す。機械、他製造業、民間サービス業においてコスト増加が顕著である。特に、機械、他製造業、食料品、卸売小売業のコスト変動は GCM に由来する不確実性が大きく、気温上昇に対して弾力的に反応することが予想される。なお、RCP2.6 と RCP8.5 の結果に大きな差異は見られなかった。気候シナリオと社会経済シナリオを組み合わせることで、人口動態や産業構造の変化を織り込んだ形でコスト変動を計算できる。その結果についてはシンポジウムで紹介したい。

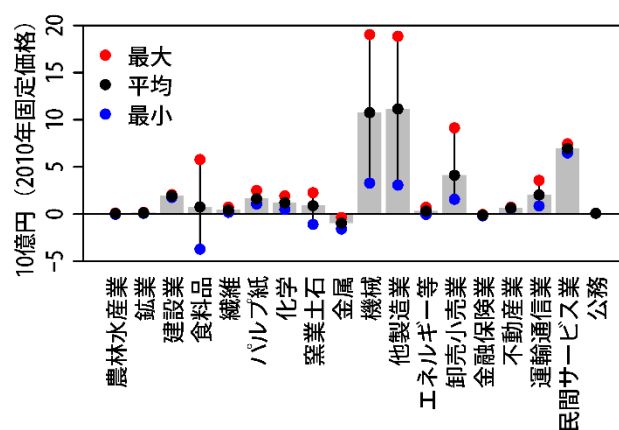


図 1 気温上昇に伴う業種別エネルギーコストの変動（RCP2.6, 5GCM, 経済指標は 2010 年度で固定, 2040～2049 年度の期間平均を現在の水準と比較）

### 4. 今後の課題

電源構成（電力排出係数）、エネルギー価格、炭素価格の変動を社会経済シナリオに組み込み、企業のエネルギーコストが最小となるような適応シナリオ（省エネ率と電力化率の経路）を描くことが今後の課題である。

### 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 2-1805 による成果の一部である。

キーワード 気候変動，影響評価，エネルギーコスト



# 埼玉県における適応策の取り組み

## Actions for Climate Change Adaptation in Saitama Prefecture

埼玉県環境科学国際センター ○原政之、本城慶多、嶋田知英

### 1. はじめに

2015年に、国土交通省及び農林水産省の気候変動適応計画が発表され、引き続き、政府の気候変動適応計画が発表された。これにより、国内での気候変動適応に関する動きが活発になり、都道府県や政令市などの地方自治体においても気候変動適応策に関する動きが活発になってきた。2018年12月には気候変動適応法が成立し、地方自治体における気候変動適応計画策定が努力義務となり、適応策に関わる取り組みは全国の現在急速に進みつつある。

### 2. 国内の地方自治体における気候変動適応計画

都道府県・政令市における地球温暖化対策は、これまで、主に、緩和策主導に行われてきた。緩和策に関して、都道府県・政令市においては、全ての自治体において地球温暖化対策実行計画（事務事業編・区域施策編）が策定されており、温室効果ガスの削減に向けて、着実に計画を進めている段階にある。

一方、都道府県・政令市における気候変動適応策は、ここ数年で急速に広まってきている。2015年11月に策定された政府適応計画では、基本戦略の一つに「地域での適応の推進」を掲げ、地方自治体の適応計画策定の支援等を謳っている。また、2018年2月には、気候変動適応法案が閣議決定され同年12月に施行されたが、法案では、気候変動適応計画策定および地域気候変動適応センターの設置が地方自治体の努力義務として位置づけられた。現在は、独立した適応計画を策定している地方自治体はまだ少ないが、気候変動適応法の成立を受け、今後増えると考えられる。また、都道府県・政令市以外の地方自治体においても、策定の動きが広まることが想定される。

### 3. 埼玉県の気候変動適応策

埼玉県は、2018年7月23日に最高気温41.1度を記録するなど、暖候期に暑くなる地域として知られている。また、2010年には熱中症で125名の方が亡くなり、同年には水稻の暑熱被害も出ている。そのため、住民の方々には暑熱環境の悪化及びその影響に対する関心が比較的高い。

#### 3.1. 埼玉県の気候変動適応計画

埼玉県では全国に先駆けて、適応策の考え方の県計画への入れ込みを行なってきた。2009年策定の“ストップ温暖化・埼玉ナビゲーション2050”の中で既に適応策に触れており、その改訂版では1章を割いて適応策に関して記載している。その後、2016年3月には“地球温暖化への適応に向けて～取組の方向性～”を策定したが、現時点では気候変動適応法に対応する適応計画は策定していない。県としては、これらの計画の策定のみならず、これまでに様々な地球温暖化対策および都市ヒートアイランド対策の事業を実施してきている。2018年12月1日には、埼玉県環境科学国際センターが埼玉県の地域気候変動適応センターとして位置付けられた。

#### 3.2. 適応策の具体例

埼玉県では、様々な気候変動適応に関する取組が行われているが、ここでは暑熱環境悪化への対策の具体例を紹介する予定である。

- (1) 都市ヒートアイランド対策を施した住宅街普及事業
- (2) 中小企業に対する施設の暑熱環境悪化対策補助事業
- (3) 打ち水、日傘の普及
- (4) 熊谷スポーツ文化公園の暑熱環境悪化対策

#### 謝辞

本発表に関わる研究の一部は、文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)の支援によって行われた。また、埼玉県環境部温暖化対策課埼玉ナビゲーション担当栗原諒至氏には、助言をいただいた。

#### 参考文献

- 1) 原政之・小林健太郎・嶋田知英(2018)自治体による暑熱環境適応の取り組み(埼玉県)-都市ヒートアイランドおよび気候変動への適応-, 日本ヒートアイランド学会誌, 13, 18-21

キーワード 気候変動適応策, 地方自治体, 暑熱環境対策

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 2019 年会

### 実行委員会

委員長	片山 新太	名古屋大学 未来材料・システム研究所
幹事長	谷川 寛樹	名古屋大学 大学院環境学研究科 都市環境学専攻
幹事	奥岡 桂次郎	名古屋大学 大学院環境学研究科 都市環境学専攻
幹事	笠井 拓哉	名古屋大学 未来材料・システム研究所
委員	赤渕 芳宏	名古屋大学 大学院環境学研究科 社会環境学専攻
委員	加藤 博和	名古屋大学 大学院環境学研究科 都市環境学専攻
委員	白川 博章	名古屋大学 大学院環境学研究科 都市環境学専攻
委員	中野 牧子	名古屋大学 大学院環境学研究科 社会環境学専攻
委員	林 希一郎	名古屋大学 未来材料・システム研究所
委員	渡辺 彰	名古屋大学 大学院生命農学研究科

### 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・古川 佳奈	

本講演要旨集の著作権は当学会に帰属しておりません。  
転載許可につきましては個々の著者に直接お問い合わせ頂けますようお願いいたします。

環境科学会 2019 年会 講演要旨集  
編集・発行:公益社団法人 環境科学会  
〒162-0801 東京都新宿区山吹町 358 番地 5  
TEL:03-6824-9383  
E-mail:sesj-office@bunken.or.jp  
URL:<http://www.ses.or.jp/>