

ISSN 2424-1083

季刊 全国環境研究会誌

JOURNAL OF ENVIRONMENTAL LABORATORIES ASSOCIATION

Vol.51 No.1 2026 (通巻 178 号)



目 次

【巻頭言】

風光明媚な海岸にもマイクロプラスチックが…… 村上 毅 / 1

【特 集／第52回環境保全・公害防止研究発表会】

第52回環境保全・公害防止研究発表会の概要 …… 茨城県霞ヶ浦環境科学センター / 2

特別講演：持続可能な環境監視

～ストックホルム条約における PFAS の動向と環境スペシメンバンキングの将来展望～

…… 高澤 嘉一 / 9

各座長によるセッション報告 …… 茶谷 聡・田中 宏和・田中 仁志・鈴木 剛

長濱 祐美・片倉 洋一・前田 良彦 / 17

【報 文】

PM2.5成分の長期測定データを用いた自動車排出ガス影響の解析

…… 高野 七海・長谷川 就一・太田 優・柴田 学 / 24

有田川における底生動物相を用いた水質評価とその変遷

…… 崎山 智伊 / 30

広島湾及び燧灘におけるアサリの成育・成熟の地域差と餌料環境

…… 後田 俊直・濱脇 亮次 / 34

ジフェニルカルバジド吸光光度法における建設汚泥改良土溶出液に含まれる六価クロムの添加回収率

の改善 …… 中村 和宏・古賀 敬興・安武 大輔 / 40

環境 DNA 分析における塩化ベンザルコニウム溶液の添加及び冷蔵保存による影響

…… 平川 周作・古賀 智子・中島 淳 / 47

C O N T E N T S

- Analysis of Impact of Vehicle Exhaust Using Long-term Data of PM_{2.5} Chemical Components
..... Nanami TAKANO, Shuichi HASEGAWA
Yu OTA, Manabu SHIBATA / 24
- Evaluation of water pollution and its transition using benthic fauna in the Arida River
..... Tomotada SAKIYAMA / 30
- Regional Differences of Growth and Sexual Maturation of Manila-clam, *Ruditapes philippinarum*
between Hiroshima Bay and Hiuchi-nada, and Effect of Their Food Environment
..... Toshinao USHIRODA, Ryoji HAMAWAKI / 34
- Enhancing Spike Recovery of Hexavalent Chromium in Eluate from Stabilized Construction Sludge
for Diphenylcarbazine Absorption Spectrometry
..... Kazuhiro NAKAMURA, Takaoki KOGA, Daisuke YASUTAKE / 40
- Effects of Benzalkonium Chloride Treatment and Refrigerated Storage on Environmental DNA Analysis
..... Shusaku HIRAKAWA, Tomoko KOGA, Jun NAKAJIMA / 47

◆巻 頭 言◆

風光明媚な海岸にもマイクロプラスチックが…

和歌山県環境衛生研究センター所長 村上 毅



全国環境研協議会東海・近畿・北陸支部の令和7・8年度支部長を務めています。和歌山県環境衛生研究センターの村上毅です。どうぞよろしくお願いいたします。

当センターは、大阪府との県境で和歌山の玄関口である和歌山市の中心部にあります。紀州徳川家の居城であった和歌山城や、万葉集にも詠われた風光明媚な景勝地である和歌の浦に程近いところに位置しています。

和歌の浦は、今から1300年前に万葉の歌聖・山部赤人が「わかぬ浦に 潮満ちくれば 瀉を無み 芦辺をさして 鶴鳴きわたる」と詠んだ和歌の聖地で、干潟と砂嘴（さし）からなる地形が特徴です。その砂嘴伝いに広がるのが片男波海岸です。全長1.2kmの白砂で水の透明度が高く、2008年には環境省選定「快水浴場百選」の海の部特選に選ばれました。ちなみに片男波の名は、先の歌「瀉を無み（かたをなみ）」が由来ともいわれています。また、京都の日本海に面する琴引浜と並んで微小貝（成貝になっても10mmに満たない小さな貝）が数多く見つかる美しい砂浜です。

片男波海岸は、地元を中心に散歩やジョギングする人が多くみられる他、波打ち際で投げ釣りをする人や、夏は海水浴場として京阪神からも大勢の人々が訪れる、明るくて開放的なビーチです。週末には、海の向こう側の淡路島に沈む夕陽を眺めながらのビーチヨガなども行われています。地元の管理組合の方々が清掃してくださっているおかげで、目につくごみも少なく、美しい砂浜が保たれています。私自身、ここに来ると心身ともにリフレッシュできるので、家族でよく訪れます。

波のない穏やかな日の干潮帯に、波打ち際から少し離れた汀線から満潮線あたりを歩きながら、砂に顔を近づけてよく観察してみると…、ある、ある。肉眼で粒形5mm未満のマイクロプラスチック（以下、「MicP」）をあちらこちらで見つけられます。数年前、小学生の息子と一緒に夏休みの自由研究を兼ねてMicPがどのくらいあるか調べました。山口県環境保健センターが作成された「環境学習用マイクロプラスチック調査の手引き」を参考にして、約1m四方の砂の表面をとり、5mmメッシュのふるいにかけて水に浮いたMicPをすくって数えてみると、青、黄、緑、黒、オレンジなど、色とりどりで様々

な形状のMicPが691個もありました。特に多かったのが発泡スチロール片209個、白色・透明片200個で、これらが全体の約6割を占めました。他に細い繊維片や、プラスチックの原材料となるレジンペレット、弾力のあるスポンジ様のもも見られました。尖った形もあれば、辺縁が丸く削られたものまであります。色褪せて表面がひび割れたものは、劣化して相当の年月が経っているのでしょうか。これらの多くは環境中に流出した生活由来のプラスチックが砕け、微細化したものと推察されます。また、付近には大きな漁港があることから、漁具など事業由来のMicPも一定数含まれているのではないかと思います（発泡スチロール片が多いのはこのため？）。採取した場所が、地形や潮の流れ等の影響を受けやすいところだったからかも知れませんが、MicPの数の多さに、とても驚きました。

MicPは、回収が難しい上に海洋生物に取り込まれやすく、生態系への影響が懸念されています。対策として、世界的には国連においてプラスチック汚染条約策定に向けた取り組みが、国内では産官学での調査研究がそれぞれ精力的に進められています。本県では海岸の良好な環境保全を目的に、海岸漂着物の回収事業やクリーンアップ運動などの発生源対策を実施し、当センターでは国立環境研究所主催の環境流出プラスチックに係るⅡ型共同研究に参加させていただいています。また、児童向け環境啓発事業では、トレイに入れた片男波海岸の砂の中から実際に採取したMicPをピンセットで見つけ出してもらい、レジンで固めて（下の写真）、キーホルダーなどにして持ち帰ってもらったり、赤外線分光光度計（FT-IR）を用いてMicPの定性を体験してもらっています。実際に触れながらMicPを含む海洋ごみの実態を知ってもらい、私たちのごく身近にある深刻な問題という意識を持ってもらえるような取り組みを進めています。

今後、全国の地方環境研究所で取り組まれている海洋ごみに係る事業や研究等につきましても、参考にさせていただければと思っております。どうか御教示・御指導の程よろしくお願いいたします。



＜特集＞第52回環境保全・公害防止研究発表会

第52回環境保全・公害防止研究発表会の概要

茨城県霞ヶ浦環境科学センター

令和7年11月13日（木）、14日（金）の2日間、環境省、全国環境研協議会及び茨城県の共催による第52回環境保全・公害防止研究発表会が土浦市の茨城県県南生涯学習センターで開催されました。

1日目は開会式、特別講演及び研究発表が行われ、2日目は引き続き研究発表、閉会式が行われました。

研究発表では、全国環境研協議会の会員のほか、国立環境研究所から計33題の演題応募があり、水環境、大気・騒音、廃棄物、化学物質、気候変動、生物に関する研究発表が行われました。2日間で会員及び行政機関等から延べ208名の参加があり、盛況のうちに終了しました。

1. 開会あいさつ



（茨城県霞ヶ浦環境科学センター長 小岩 明彦）

茨城県霞ヶ浦環境科学センターの小岩でございます。

本日は、第52回環境保全・公害防止研究発表会の開催にあたり、全国各地から多くの皆様方にご参加いただき、開催県事務局として心から感謝申し上げます。

本研究発表会につきましては、全国の環境関係の試験研究機関の皆様、日頃の研究成果や研究事例についてご発表いただく場として、また、研究者相互の連携を図る場として毎年開催されております。

今回の研究発表会では、特別講演としまして、国立環境研究所環境リスク・健康領域基盤計測センター環

境標準研究室長の高澤嘉一様から、PFAS規制の動向と環境試料の長期保存研究であります環境スペシメンバンクの利活用事例に関するテーマでご講演をいただくことになっております。

また、研究発表につきましては「水環境」、「大気環境」、「気候変動」などの6つのセッションにおいて、合計33題の発表が予定されているところです。

開催県といたしましては、皆様のご協力をいただきながらできる限り、準備をさせていただきました。何かと不行き届きの点があろうかと存じますが、皆様のご協力をいただきながら、有意義な発表会となりますよう努めてまいります。

それでは、この2日間、熱心なご討論と一層のご交流、そして発表会のスムーズな進行へのご協力をお願いいたしまして、ただいまから、第52回環境保全・公害防止研究発表会を開催いたします。

どうぞ、よろしくお願いいたします。

2. 主催者あいさつ

○ 環境省あいさつ



（環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室

室長 中村 真紀）

ただいまご紹介に預かりました、環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室の中村でございます。

第52回環境保全・公害防止研究発表会の開会にあたり、一言ご挨拶を申し上げます。

本日はご多用のところ、第52回環境保全・公害防止研究発表会に全国各地からご参加いただき、誠にありがとうございます。また、開催県事務局である茨城県の皆様、開催にあたりご尽力いただきまして感謝申し上げます。地方環境研究所の皆様におかれましては、各地域が直面する環境問題の解明や対策に極めて重要な役割を果たしていただいていると認識しております。このような皆様の日々のご尽力に対して深く敬意を表します。

さて、本研究発表会は環境研究・技術開発の成果等の共有及び普及を図るため、昭和49年から開催がスタートし、今年で52回目を迎えました。この長きにわたる歴史もひとえに、本日お集まりいただきました皆様や関係者の皆様方の長年のご尽力の賜物と考えております。重ねて御礼申し上げます。

私たちを取り巻く環境課題はかつてないほど多様化・複雑化しています。こうした中、それぞれの地域固有の課題に対し、地方環境研究所が果たす役割は極めて重要です。地域に根差した科学的データの蓄積と地域行政との連携が実効ある環境政策の基盤を支えていると、そのように認識しております。

本日の研究発表会では、全国で行われた研究成果が共有され、地域を超えた新たな連携が生まれることを願っております。

本日の研究発表会終了後には情報交換会も準備していただいていると伺っております。この場が、研究発表会と同様に活発な情報交換や意見交換、相互の交流の機会となり、地方環境研究所の取組の充実に繋がることを祈念いたしまして、わたくしのご挨拶とさせていただきます。

それでは2日間、どうぞよろしくお願いいたします。

○ 全国環境研協議会あいさつ



(全国環境研協議会 会長

福島県環境創造センター所長 郡司 博道)

ただいまご紹介いただきました、今年度、全国環境研協議会の会長を務めさせていただいております福島県

環境創造センター所長の郡司でございます。

第52回環境保全・公害防止研究発表会の開会にあたり、主催者として一言ご挨拶申し上げます。

本日は、全国各地から多数の皆様にご参加をいただき、誠にありがとうございます。

また、環境省、国立環境研究所、並びに開催県であります茨城県の皆様には、本発表会の開催に当たり、ひとかたならぬご尽力を賜り、心より感謝申し上げます。

そして、この後の特別講演では、国立環境研究所の高澤様から、近年問題となっている残留性有機汚染物質に関する国内外の動向や研究成果など、非常に興味深い内容のご講演をいただくことになってございます。どうぞよろしくお願いいたします。

さて、気象庁は先月、全世界の大気中温室効果ガス濃度が年々増加し、2024年の二酸化炭素の年増加量が観測史上最大を記録したと発表いたしました。こうした影響もあってか、今年の夏は全国の平均気温が平年より2.36度も高く、統計開始以来一番暑い夏になりましたが、環境への影響の深刻化が懸念される一方で、先月末に公表された内閣府の調査では、回答者の約1割が地球温暖化対策への取組に消極的であることが明らかになり、その理由として、「効果があるのか分からない」や「情報不足」といった点が挙げられたところでした。現在の環境問題は、こうした地球温暖化のような地球規模の課題から、地域特有の要因や特徴を持つ課題まで、複雑かつ多様化しておりますが、いずれの課題も、解決に向けて取り組むためには、科学的・客観的な根拠に基づいた正確な情報発信が不可欠です。

加えて、住民の皆様には「自分事」として捉えていただくため、各地域の具体的な要因や現状を示し、より身近な視点で伝えることが大切です。

一方で、こうした情報発信を行うためには、幅広い知識と経験が必要です。今年のノーベル化学賞の受賞が決定している北川進京都大学特別教授は、常々、学生に対して「自分のメインとする分野と全く異なる学会に参加しなさい」とおっしゃられているとのことですが、全国環境研協議会としても、引き続き、このように様々な分野の研究者が一堂に会する発表会の開催等を通じて、知識、技術の交流を深め、会員機関の更なる連携強化と技術の向上に努めてまいりますので、皆様のご理解とご協力をよろしくお願いいたします。

結びに、本発表会が、参加者の皆様にとって、有意義な機会となることを期待しますとともに、研究成果が地域の皆様の健康と生活環境の保全に役立つことを祈念いたしまして、開会の挨拶とさせていただきます。

2日間、どうぞよろしくお願いいたします。

○ 茨城県あいさつ



(茨城県県民生活環境部長 石川 仁)

茨城県の県民生活環境部長の石川でございます。

第52回環境保全・公害防止研究発表会の開催にあたりまして、開催県を代表いたしまして、一言ご挨拶を申し上げます。

本日は、環境省環境研究技術室長の中村様をはじめ、全国各地から多くの皆様に本研究発表会にご参加いただきまして、心より御礼申し上げます。心から皆様のご来県を歓迎申し上げます。また、国立環境研究所の高澤様におかれましては、大変お忙しい中、特別講演をご快諾いただき、深く感謝申し上げます。

さて、近年、自然災害の激甚化など、気候変動の影響が顕在化している中で、豊かな自然環境を守りながら、「安心して暮らせる社会基盤」をしっかりと維持し、次世代に引き継いでいくことが大変重要であると考えているところでございます。特に、本県は、全国第2位の面積を有します霞ヶ浦をはじめ、溜沼、牛久沼といった豊かな湖沼に恵まれており、これらを良好な状態で次世代に引き継ぐためにも、水環境の保全を図ることが必要であります。このため、湖沼ごとに水質保全計画や対応方針を定め、総合的な浄化対策の推進に取り組んでいるところでございます。

また、地球温暖化対策につきまして、本県は固定価格買取制度による再生可能エネルギー導入容量が全国第1位となっておりますが、さらなる省エネルギー対策や再生可能エネルギー導入を推進するとともに、クリーンエネルギー中心の産業構造への転換に取り組むなど、カーボンニュートラル実現に向けて、様々な主体と連携しながら施策を展開しているところでございます。

ここで、せっかくですので、少し茨城県のご紹介をさせていただきますと思います。今回の開催地であります土浦市は、万葉集にも歌われております「筑波山」や日本を代表する湖である「霞ヶ浦」など豊かな自然に恵まれておりまして、霞ヶ浦湖岸では、ナショ

ナルサイクルルートに指定されております「つくば霞ヶ浦りんりんロード」が全長180kmにわたり整備されておりまして、レンタサイクルにより手軽にサイクリングを楽しむことができる環境となっております。

また、食の分野につきましても、霞ヶ浦でとれるワカサギなどの水産物に加え、霞ヶ浦沿岸で生産されるれんこんをはじめ、生産量が全国第1位の農産物が沢山ございますので、これを機に、これらの食材を使用した料理をぜひ、召し上がっていただければと思います。

本日は、高澤様に特別講演をご講演いただいた後、全国の皆様方からの水環境、大気環境、気候変動など様々な分野に関する研究発表が予定されております。本研究発表会を通じて、最新の研究成果の共有や活発な意見交換が行われることによりまして、皆様方の研究が一層深まるとともに、ご発表いただいた研究成果が各団体の施策に活かされ、環境問題解決の一助となることを期待してございます。

結びに、本研究発表会のご成功と全国環境研協議会の益々のご発展、そして、ご参会の皆様方の一層のご健勝、ご活躍を祈念申し上げます。挨拶といたします。

2日間、どうぞよろしく願いいたします。

3. 特別講演

国立研究開発法人国立環境研究所環境リスク・健康領域基盤計測センター環境標準研究室長の高澤嘉一先生により、「持続可能な環境監視～ストックホルム条約におけるPFASの動向と環境スペシメンバンキングの将来展望～」と題して特別講演が行われました。概要は後段に特集として掲載します。

4. 研究発表

研究発表では、水環境、大気・騒音、廃棄物、化学物質、気候変動、生物に関する研究について、2日間で合計33題の発表がありました。その概要は以下のとおりです。

(1) 1日目 (A会場)

○ 大気・騒音 I [15:15-16:30]

座長：茶谷 聡

国立研究開発法人 国立環境研究所

1A1-1 道路交通騒音および振動に対するコンクリート舗装の新設効果の事例

宗宮 伸弥 (名古屋市環境科学調査センター)

1A1-2 青森県弘前市における大気中微小粒子状物質

- (PM_{2.5}) イオン成分濃度の解析研究
花石 竜治 (青森県青森環境管理事務所)
- 1A1-3 大阪府域における有害大気汚染物質の地点別の特徴について
村上 綾子 (大阪府立環境農林水産総合研究所)
- 1A1-4 アスベスト測定における位相差/偏向顕微鏡法と可搬型蛍光顕微鏡法の比較検証
兒玉 力哉 (ひょうご環境創造協会 兵庫県環境研究センター)
- 1A1-5 茨城県における発生源近傍での酸化エチレン濃度調査について
豊岡 久美子 (茨城県霞ヶ浦環境科学センター)

(2) 1日目 (B会場)

○ 水環境Ⅰ, 生物Ⅰ, 気候変動Ⅰ [15:15-16:30]

座長: 田中 宏和

福井県衛生環境研究センター

- 1B1-1 手賀沼における水生植物による水質及び底質への影響
白鳥 貴大 (千葉県環境研究センター)
- 1B1-2 多様な水環境の管理に対応した生物応答の活用 (中間とりまとめ)
田中 仁志 (埼玉県環境科学国際センター)
- 1B1-3 AI画像判別によるプランクトン計数システムを用いた生態系監視手法の検討
池田 将平 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)
- 1B1-4 諏訪湖におけるトンボ相の変遷
宮坂 真司 (長野県諏訪湖環境研究センター)
- 1B1-5 気候変動による福島県内の「イチョウの黄葉日」及び「カエデの紅葉日」の変化と将来予測について
蛭田 真史 (福島県環境創造センター)

(3) 2日目 (A会場)

○ 水環境Ⅱ, 廃棄物Ⅰ [9:15-10:30]

座長: 田中 仁志

埼玉県環境科学国際センター

- 2A1-1 連携プラットフォームを活用した環境流出プラごみの発生抑制に資する研究～実施概要と今後の展望～
鈴木 剛 (国立研究開発法人 国立環境研究所)
- 2A1-2 北海道における湖沼と流域情報の整備と発信～水質形成要因の解明と良好な環境の維持に向けて～

五十嵐 聖貴 (北海道立総合研究機構 エネルギー・環境・地質研究所)

- 2A1-3 出水時における河川マイクロプラスチック実態調査
中山 隆 (長野県諏訪湖環境研究センター)
- 2A1-4 マルチベネフィットの視点でとらえた土壁材の再生製品開発に向けた基礎研究
近藤 笑加 (三重県保健環境研究所)
- 2A1-5 霞ヶ浦沿岸におけるアオコの発生の長期的傾向及び要因検討
木村 夏紀 (茨城県霞ヶ浦環境科学センター)

○ 水環境Ⅳ, 化学物質Ⅱ, 廃棄物Ⅱ [10:40-11:55]

座長: 鈴木 剛

国立研究開発法人 国立環境研究所

- 2A2-1 河川水中人工甘味料の分析法開発とその動態について
花岡 雄哉 (広島県立総合技術研究所保健環境センター)
- 2A2-2 災害事故にともなう化学物質排出への対応力強化に向けた机上演習の紹介
小山 陽介 (国立研究開発法人 国立環境研究所)
- 2A2-3 人工甘味料及びパッシブサンプラーを用いたトレーサー調査手法の検討
倉持 隆明 (千葉県環境研究センター)
- 2A2-4 海岸に近い陸上埋立最終処分場における浸出水および周縁地下水の調査事例
田中 宏和 (福井県衛生環境研究センター)
- 2A2-5 安定型最終処分場において観測された高濃度窒素ガス組成の形成メカニズムの解明
石垣 智基 (国立研究開発法人 国立環境研究所)

○ 水環境Ⅴ, 気候変動Ⅲ [13:00-14:00]

座長: 長濱 祐美

茨城県霞ヶ浦環境科学センター

- 2A3-1 川崎市内親水施設における河川環境の経年推移 (2001年～2024年)
岩渕 美香 (川崎市環境総合研究所)
- 2A3-2 浜名湖における蛍光性溶存態有機物の構成とCODへの寄与
中桐 健志 (静岡県環境衛生科学研究所)
- 2A3-3 汽水湖「涸沼」における水質の変動状況
藤岡 裕真 (茨城県霞ヶ浦環境科学センター)

- 2A3-4 鹿島港周辺海域の海水温とCOD・表層D0の変動傾向
 牧 秀明 (国立研究開発法人 国立環境研究所)

(4) 2日目 (B会場)

○ 水環境Ⅲ, 化学物質Ⅰ [9:15-10:30]

座長：片倉 洋一

茨城県霞ヶ浦環境科学センター

- 2B1-1 岡山県内河川における医薬品・生活関連物質 (PPCPs) の実態把握について
 中野 温朗 (岡山県環境保健センター)
- 2B1-2 福岡県内河川におけるガドリニウム化合物の実態調査及び下水処理水トレーサーとしての評価
 中川 修平 (福岡県保健環境研究所)
- 2B1-3 AIQS-GCを用いた奈良県内公共用水域の平常時スクリーニング分析について
 平山 可奈子 (奈良県景観・環境総合センター)
- 2B1-4 LC-Q/TOFを用いた県内河川中の化学物質に関する平常時データの蓄積及び水質異常対応への活用
 弓庭 一輝 (和歌山県環境衛生研究センター)
- 2B1-5 固相抽出法を用いたPCBのスクリーニングについて—環境水への微量PCB添加回収試験—
 知花 睦 (沖縄県衛生環境研究所)

○ 大気・騒音Ⅱ, 気候変動Ⅱ [10:40-11:40]

座長：前田 良彦

茨城県霞ヶ浦環境科学センター

- 2B2-1 2024春夏季の群馬県におけるVOC高時間分解観測
 小池 有理子 (群馬県衛生環境研究所)
- 2B2-2 富山県における光化学オキシダント高濃度事例の解析
 箱江 史吉 (富山県環境科学センター)
- 2B2-3 大気汚染に関するⅡ型共同研究の第8期の成果と第9期の計画の紹介
 茶谷 聡 (国立研究開発法人 国立環境研究所)
- 2B2-4 首都圏の業務・家庭・運輸部門における電化促進によるエネルギー需要への影響
 片野 博明 (東京都環境科学研究所)

5. 閉会

環境省及び茨城県から閉会の挨拶が、岩手県から次期開催機関としての挨拶がありました。

○ 環境省閉会あいさつ



(環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室

室長補佐 相澤 絵美)

環境省環境研究技術室の相澤でございます。

本研究発表会の閉会にあたり、一言ご挨拶申し上げます。この2日間、全国各地からご参加いただきまして、大気関係や廃棄物関係、気候変動関係、水環境関係などにつきまして、各地域において実施いただいている、多岐にわたる取組や知見を共有いただき、貴重な場となりましたこと、心より感謝申し上げます。環境省として、これら皆様の取組がより一層円滑に進みますよう、引き続きサポートをしていければと考えております。そのうち、いくつか具体的なものをご紹介しますと、まず一つに環境調査研修所による研修がございまして、講義型の内容のものはオンライン形式を活用しつつ、双方向性のコミュニケーションが必要なものについては集合研修方式とするなど、臨機応変に工夫を進めてまいりますので、積極にご活用いただければと考えております。もう一つは、国環研を通じたサポートでございます。国環研では地環研との共同研究を実施しているほか各地域の気候変動適応センターへの技術的な助言を行う等の役割も担っておりますので、ぜひご活用いただければと思います。そして三つ目が、環境省所管の競争的研究費である環境研究総合推進費になります。今年度は令和8年度に開始する新規研究課題の公募を、9月から10月にかけて実施しておりまして、来年も9月から10月に公募をする予定ですので、ぜひご活用いただければと思います。

最後になりますが、改めまして発表者および座長の皆様、そして事務局である茨城県の関係者の皆様におかれましては、多大なるご尽力をいただきまして、深く御礼申し上げます。また、次年度主催の岩手県の皆様におかれましても、どうぞよろしく願いいたします。そして今後一層、地環研の皆様と環境省が緊密に連携することで、みなさまが環境研究・課題解決における地域拠点としての役割を広く果たしていただいくことをお願い申し上げます。私のご挨拶とさせていただきます。誠にありがとうございました。

○ 次期開催機関あいさつ



(岩手県環境保健研究センター所長 永井 榮一)

第53回環境保全・公害防止研究発表会の開催を仰せつかりました、岩手県環境保健研究センターの永井でございます。

まず、この場をお借りして、発災から14年を迎えた東日本大震災津波からの復旧・復興にあたり、全国の皆様、環境省をはじめ各都道府県地方環境研究所の皆様より多大なるご支援を賜りましたことに対し、改めて深く御礼申し上げます。

本発表会につきまして、昨日の国立環境研究所高澤先生の特別講演から本日のセッションまで、全33題の発表がございましたが、いずれも大変内容が濃く、示唆に富んだ成果であると感じました。印象的だったのは、各地方環境研究所の研究活動のクオリティが非常に高いこと、多くの若手研究者が自信に満ちて発表されていたことです。また、テーマとして気候変動適応が明確にフォーカスされており、既存の研究を再解釈した発展的な発表も多く、大変勉強になりました。今回の盛会は、地方環境研究所ネットワークの強さによるものはもちろんのこと、1年間にわたってご準備いただいた小岩センター長をはじめ、霞ヶ浦環境科学センターの皆様、茨城県の皆様のご尽力の賜物だと存じます。心より厚く御礼申し上げます。また、環境省、国立環境研究所、全国環境研協議会の皆様には、来年度も引き続きご指導を賜りたく存じます。

気候変動適応に関しましては、現在ブラジルでCOP30の議論が進められており、これまでとは異なるフェーズに入っているとの報道も見られます。来年、第53回開催の頃には、前進的な成果が示されることを期待しております。最近の報道を見ますと、殺伐とした、荒涼とした戦場の風景が連日のように映し出され、その中に、生物多様性や環境保全といったファクターは全く見受けられません。来年11月17日・18日の両日に盛岡市で再びお会いするまでに、気候変動適応に関する世界的な前進があり、また、環境保全に背を向けるニュースを目にすることがない日が来ることを祈念いたしまして、次期開催

県の挨拶とさせていただきます。

ありがとうございました。

○ 開催県閉会あいさつ

茨城県霞ヶ浦環境科学センターの小岩でございます。

皆様のご協力をおもちゃして、盛会のうちに全日程を終えることができました。

環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室の中村室長様、全国環境研協議会の郡司会長様、特別講演でご講演いただきました国立環境研究所環境標準研究室の高澤室長様、次期開催県であります岩手県環境保健研究センターの永井所長様、そして、発表者、座長の皆様、さらに、最後まで熱心にご討議いただきました参加者の皆様に、心より感謝申し上げます。

今回発表いただきました研究成果や情報交換で得られた知見やネットワークを今後の皆様の研究や環境行政の推進につなげていただければ大変幸いに存じます。

先ほど、岩手県環境保健研究センター所長の永井様からご挨拶がございましたとおり、来年度は岩手県での開催となっております。ぜひ、多くの皆様にご参加いただきまして、本研究発表会が益々発展してまいりますことを心から祈念しております。

それでは、これをおもちゃして、第52回環境保全・公害防止研究発表会を閉会いたします。

2日間ありがとうございました。

第52回環境保全・公害防止研究発表会プログラム概要

■ 1日目（11月13日（木））

開会 (13:30～13:45)	開会：A会場（5階 多目的ホール） ○ 開会あいさつ 茨城県霞ヶ浦環境科学センター長 小岩 明彦 ○ 主催者あいさつ 環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室長 中村 真紀 全国環境研協議会会長 郡司 博道 茨城県県民生活環境部長 石川 仁	
特別講演 (13:50～15:00)	○ 演題：持続可能な環境監視～ストックホルム条約におけるPFASの動向と 環境スペシメンバンキングの将来展望～ 講師：高澤 嘉一 国立研究開発法人国立環境研究所 環境リスク・健康領域 基盤計測センター 環境標準研究室 室長 座長：郡司 博道 全国環境研協議会 会長 福島県環境創造センター所長	
	休憩・移動（15min）	
	A会場（5階 多目的ホール）	B会場（5階 中講座室1）
研究発表 (15:15～16:30)	○ 大気・騒音 I	○ 水環境 I ○ 気候変動 I ○ 生物 I

■ 2日目（11月14日（金））

	A会場（5階 多目的ホール）	B会場（5階 中講座室1）
研究発表 (9:15～10:30)	○ 水環境 II ○ 廃棄物 I	○ 水環境 III ○ 化学物質 I
	休憩（10min）	
研究発表 (10:40～11:55)	○ 水環境 IV ○ 廃棄物 II ○ 化学物質 II	○ 大気・騒音 II ○ 気候変動 II
	昼食・休憩（65min）	
研究発表 (13:00～14:00)	○ 水環境 V ○ 気候変動 III	
	休憩（10min）	
閉会 (14:10～14:30)	閉会：A会場（5階 多目的ホール） ○ 閉会あいさつ 環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室長補佐 相澤 絵美 ○ 次期開催県あいさつ 岩手県環境保健研究センター所長 永井 榮一 ○ 開催県閉会あいさつ 茨城県霞ヶ浦環境科学センター長 小岩 明彦	

＜特集＞第52回環境保全・公害防止研究発表会

特別講演：持続可能な環境監視～ストックホルム条約における
PFASの動向と環境スペシメンバンキングの将来展望～

高澤 嘉一

(国立研究開発法人国立環境研究所 環境リスク・健康領域
基盤計測センター 環境標準研究室 室長)

座長 郡司 博道

(全国環境研協議会 会長：福島県環境創造センター所長)



(スライド3)

まず、はじめに環境スペシメンバンキングと化学物質環境実態調査について、お話しさせていただきます。そもそも、生物モニタリングとは、非常に古くから行われている手法であり、学問として意識され始めたのは1970年代の半ばだと考えられています。当時は、炭鉱のカナリアなど、有毒ガス検知のためにカナリアの感受性の高さを利用した方法や魚の入った水槽に薬を溶かして、水溶性の毒物を検知するなど、生物の感受性の高さを利用して、その化学物質の存在を調べる方法が昔から行われておりました。モニタリングの1つの意味としては、劇的な変化が起こる前に、可能な限りその汚染の程度を把握していきたいというところがあり、人間に対する影響をできる限り初期の段階で把握することに意味があります。

(スライド4)

今は「ワンヘルス」という考え方が浸透してきており、人の健康に対する影響や、化学物質の取り込み経路を調べていくうえで、人そのものではなく、私たちの周りにはいる動物や自然などをうまく包括的に調査していきながら、最終的に人への影響を総合的に評価していくという動きになっています。そのため、生物濃縮、生物蓄積しやすいということを考えた場合に、こういった経路で化学物質が私たちの体内に入ってくるのかを追跡していく必要があります。

(スライド5)

環境中に放出された化学物質の濃度は、一旦希釈され、当然低くなりますが、低次の生物から高次の生物にどんどん移行していくにしたがって、濃度は高くなっていきます。化学物質の排出源としましては、様々なとこ

ろがありますが、環境中の化学物質はほとんどが低濃度であり、直接その媒体を調べたとしても、そこで必ずしも検出できる状況ではありません。そのため、顕著な濃度や影響が出てくる前に把握するというのを考えた場合には、やはり環境中での濃縮というものを1つのポイントとして考え、それをうまく活かしていく必要があります。

(スライド6)

こちらは環境中での化学物質の濃度についての図ですが、環境中の濃度としては非常に低いレベルになっています。実際に分析をする場合には、前処理や試料精製などの時間が必要となりますが、現在は分析機器の進歩により、分析装置の感度としては、非常に低い濃度でも確認が可能となっております。

(スライド7)

生物濃縮としては、先ほど示したように化学物質が環境中に放出され、低次の生物から高次の生物に至る過程で濃縮されます。

(スライド8)

ただ、分析法にも限界があり、生物モニタリングを利用しないで直接、分析しようとする場合は、この4項目が課題として挙げられます。1点目は、水や大気など、いわゆる環境媒体を大量に集めてくる必要が生じる点です。もちろん、ホットスポットで汚染されているかどうか調べたいのであれば濃度としては高いので大量に集める必要はないかもしれませんが、一般的な環境モニタリングでは、それなりの量を集める必要があります。2点目は、試料精製時に大幅に濃縮する必要が生じる点です。また、3点目として、機器分析では、装置に導入する量をできる限り増やすような操作も必要になってきますし、場合によっては実験室由来の汚染にも注意が必要

になります。私もPFASの分析を2003年から2004年あたりに行っていたのですが、室内のブランクを下げるのにとっても苦労しました。例えば、溶媒が揮発しないように瓶の周りを巻いたテフロン製のシールテープから非常に強い汚染が出てしまっていて、当時は、ここまで室内汚染の影響を受けるとは思っていなかったもので、室内でのブランク対策に随分苦労した経験があります。ですから、このような二次汚染に十分、気をつける必要があります。

(スライド9)

一方で、生物モニタリングを用いた利点については、量が多ければ正確な検出や比較が容易であるということです。また、得られる濃度については、水質の場合、スポット採水であれば瞬間的な濃度となりますが、生物であれば、その生物が生きてきた積分値になりますので、その生息地の平均的な濃度が得られるというような利点があります。さらに、化学物質との相性もありますが、生物濃縮では、その蓄積性が高ければ、自然環境における本当にわずかな変化でさえも事前に把握することができます。

ここにスズキ、サンマ、ムラサキイガイの例を示しておりますが、黒本調査（化学物質環境実態調査）では、このような種を対象にしています。これらの種を対象とする理由については後ほどご紹介します。

(スライド10)

この黒本調査の名称というのは、この報告書の色が黒いため、「黒本」という通称で呼ばれています。報告書としては、令和5年度に実施した調査結果を掲載した令和6年度版の「化学物質と環境」が最新版となっています。令和7年度の調査については、おそらく皆様にも調査の協力依頼があり、水質、底質、大気などの試料採取をしていただいている段階だと思っておりますが、12月から2月ぐらいに令和7年度の試料を分析し、その結果を3月までに取りまとめる予定です。また、令和7年度の資料については、令和8年度の11月か12月頃に開催するPOPsモニタリング検討会で、精度管理の部分も含めて精査が行われるような流れになっております。

本調査については、本当に皆様のご協力があって成り立っている調査であり、長く地点を変えずに、継続性を担保できているのは大変ありがたい限りと感じております。

(スライド11)

黒本調査の構成を説明いたしますが、初期調査、詳細環境調査、モニタリング調査があり、初期環境調査については、選定された化学物質があるかどうか把握する調査になります。ここで選定された化学物質と記載していますが、これは皆様からの情報提供、あるいは社会情勢を踏まえた上で、これから注目・調査を進めていかなければ

いけないということでリストアップされた化学物質となります。2つ目の詳細環境調査は、把握した化学物質について分析を確立した上で、地点を変えたりしながら進めていく調査になります。3つ目のモニタリング調査については、毎年度、ストックホルム条約で規定されているPOPsを中心に汚染状況の実態を調査するもので、水、底質、大気、生物の4媒体が対象となっております。POPsモニタリング業務の事務局は私のところで受けておりますが、モニタリング調査の分析データについては、外部有識者の先生を招いて、分析機関の分析精度に問題がないか確認を行っています。また、毎年度、入札によってモニタリング調査分析機関が変わる可能性があるため、データの継続性を評価しながら進めています。

(スライド12)

黒本調査の特徴と検討課題についてですが、私から見た場合の黒本調査の特徴としては、この3つが挙げられると思います。1つはデータの継続性の担保です。この調査は昭和47年から50年あたり、戦後から進められている調査ですので、トレンドを確認する上では、比較可能なデータであることが重要になってきます。2つ目は国際的に整合性がとれているデータを提示する必要があることです。特に日本の場合には、個別の異性体を詳しく分析し、値を出していく手法を用いており、非常に良いことではありますが、国際的に見ると、かなり先進的な分析法であるため、調和が取れていないということがあります。今のところ、PCBのデータなどでは、データの一部を紹介し、あわせて全異性体の分析値も世界に対して公表するようなやり方をしております。それから、もう1つは非意図的な生成物の注視というところです。ここ1、2年では、PCBの二塩素化の11番が非常に問題になっています。まだ確実には言えませんが、非汚染地域のモニタリング結果を見ると、二塩素化の11番のPCB濃度が増えているようなトレンドを示しています。日本の場合には、特に特措法もありますので、PCBについては強く注視していく形になっています。これまでに挙げられた検討課題になりますが、ターゲット分析の限界という点については、POPsも初めは「Dirty Dozen」と呼ばれた12物質だけでしたが、今ではその倍以上、かなり多くの物質がPOPsに指定されています。限られた試料の有効活用を考えると、特定の目的に試料を使用するターゲット分析は限界をむかえつつあり、スクリーニング分析など、幅広く分析していくような手法に試料を活用するよう進めていかなければいけないと考えています。あとは、試料の長期保存と記載していますが、モニタリングにより現状の濃度データを知るだけではなく、スクリーニング分析法を使って、幅広く調査しつつ、さらに試料を保存しておき、将来振り返りできるような体制を構築

することが非常に重要であると考えています。

(スライド13)

令和6年度の「化学物質と環境」の水質のモニタリング地点になりますが、日本全国の47地点で採取されています。

(スライド14)

同じく底質のモニタリング地点です。底質の場合、基本的には水質と同じ地点で採取していただいておりますが、東京湾や大阪湾など港湾関係では2地点あるいは3地点と少し多めに地点を設定しているため、水質より地点数が多くなっています。

(スライド15)

大気のモニタリング地点については35地点あり、北から南まで幅広く網羅しています。

(スライド16)

生物のモニタリング地点については20地点となります。対象種としては魚類や貝類、それとカワウなどを対象としており、内陸の生物よりは海岸性あるいは海洋性の生物を対象としています。魚類では、遠くの方まで行くシロサケなどを対象にしています。

(スライド17)

POPsの特徴の話になりますが、POPsはここに挙げた4つの特徴を持つもので、今のところPOPRCと呼ばれるPOPs Review Committeeで、POPsに当てはめるかどうか、条約に追加するかしないかを判断しています。

(スライド18)

ストックホルム条約、2004年5月に発行されておりますが、そのベースとなっているものとして、「陸上活動からの海洋環境の保護に関する世界行動計画」がありました。特に人の健康に着目をするような形で本計画を発展させて、POPs条約が発行されましたが、その中で締約国に求められている行動計画が次の5項目になります。その中には、対策の有効性を評価するためのモニタリングの実施という項目が盛り込まれていますので、日本を含めて締約国は、条約事務局に対し、有効性評価のためのモニタリングであることを示す必要があり、先ほどお話しした黒本調査が若干関係しております。ここで有効性評価ということですので、本来であれば、ホットスポットなど汚染されている地域ではなく、非汚染地域での濃度を把握し、各国の対策により非汚染地域においてPOPsの濃度が減少する傾向が見られることが理想的ではありますが、先ほどの黒本調査の計画については非汚染地域ではありませんが、日本国内の取組として、条約事務局に挙げており、きちんと東アジアを含めた取組内容として評価はされている結果になっています。

(スライド19)

こちらPOPsに関連する国内法令を挙げております。化

審法、PCB特措法、ダイオキシン特措法、廃棄物処理法、バーゼル条約など挙げておりますが、実はバーゼル条約とPOPs条約については、UNEPでの条約事務局を同じ方が担当していますので、関連性が非常に強いと思います。そのほか化管法、大気、水質、土壌の各汚染防止法、対策法が関係法令になっています。

(スライド20, 21, 22)

黒本調査の結果については、環境省環境保健部のページに、全国の結果を取りまとめた報告されています。公表ページの左下にある「化学物質の環境中での残留実態」をクリックすると、これまでの黒本調査の結果が掲載されております。さらに、各年度をクリックすると、右側にPCBなどの調査対象物質について、各化学物質の元データが4つの調査媒体別に掲載されています。さらに、調査地点や同族体濃度などの詳しい情報も個別にPDFで確認することができますので、皆様方ご自身の自治体以外の地点情報など確認したいということであれば、本ページにアクセスいただければ確認可能となっています。

(スライド24)

次に、生物モニタリングで用いる生物を簡単に紹介します。まず、1つ目はスズキになります。スズキは黒本調査の中でも主要な生物で、一般的には西日本の沿岸で頻繁に見られますが、全国的にも東京湾は非常に捕獲しやすいということで、捕獲のしやすさが特徴の1つに挙げられます。また、沿岸近くに棲むため沿岸一帯での水の状況を把握しやすく、特定地域の汚染レベルの評価が非常に把握しやすい種になります。さらに、脂質含量は低いですが、食物連鎖の上位に位置しているため、濃縮性を生かして分布の低そうな物質、例えば、国内での使用実績がないような化学物質のモニタリングにおいて非常に有用な魚種になります。そのほか、漁業者を通じて安定して入手ができるので、スズキは地域の特性を把握していく上では有用性の高い種であると考えています。

(スライド25)

続いて、サンマですが、サンマは採取自体が難しくなっており、以前は茨城県沖のサンマを利用しておりましたが、近年は漁獲量が大幅に減少しているため、今はサバに変更しております。これまでのデータはサンマが非常に多かったのですが、継続していきかかったところですが、これからは代替種で考えていかなければならないと思っています。サンマについては日本列島を南北広範囲に回遊する種であるため、茨城県沖で採取したサンマであっても、その行動範囲を考えると太平洋側の汚染レベルを把握することができるような代表性のある位置付けとして採用されていた種になります。

(スライド26)

続いてはムラサキガイです。ムラサキガイは国立環境研究所で進めているスペシメンバンキングでもメインの採取種になっておりますが、世界的に分布していることから、古くは「整合値」というような印象を付けられて1970年代から80年代ごろには、この種を使った化学物質のモニタリングやトレンドを把握するような研究が盛んに行われてきました。

基本的にはエラで水をこして、化学物質を取り込むわけですが、代謝能が非常に低いため、取り込んだ化学物質をそのまま代謝せずに体内に留める性質を利用して、モニタリングする形となります。採取も非常にしやすく、とても利用しやすい種でしたが、近年はなかなか採取するのが難しくなっております。以前は東京湾の木更津や横浜港などの岸を見るとすぐに見つけることができましたが、今は非常に難しいです。ムラサキガイを関東で見ることができるのは、大洗海岸ぐらいでしょうか。昨年、千葉の銚子沖にも伺いましたが、本当にわずかししか見つけることができず、ここ数年は、本来、もう少し南の方まで生息していたものが生息できなくなっているような状況が顕著になっております。

(スライド27)

あとは、ウミネコです。先ほど鳥類としてはカワウがあると話しましたが、カワウのほかウミネコも対象としております。昭和57年度の調査から対象種として選定されており、沿岸性の海鳥で特に魚食性もあることから、生物濃縮の観点で、特定の地域というよりは日本広範囲の汚染濃度を把握することを目的に対象とした種となっております。

(スライド28)

ここからは、環境試料の長期保存事業スペシメンバンキングについて、ご紹介したいと思います。

これまでの説明の中でも少しお話ししましたが、今現在、将来的に起こり得る問題を推定していくことは、非常に難しいことから、今、採取した試料をなるべく広範な分析法を利用して幅広く活用するとともに、試料を保存し、将来の進んだ分析技術を利用して、遡って汚染史を振り返ることを目的に進められている事業となります。国立環境研究所では、2005年に環境試料タイムカプセル棟という建物ができ上がりまして、建物の中にはマイナス60度の冷凍室（大きさは24畳ほど）が2つありますので、全体で大体50畳ほどの冷凍室があります。もう1つは液体窒素を用いた保管で、各地点で採取した生物試料を粉碎均質化し、瓶詰めした後に液体窒素を使用して長期保管しています。液体窒素はタンクに自動供給する形となっております。当初のデザインとしては、化学物質の中には実際のところ2世代影響があるものが存在し

ますので、大体50年ぐらいを想定しています。このような事業を行う場合、特徴的な地点を対象とするなど試料を集める方についてはやりやすいのですが、試料を使う方についてはかなり決断力が必要といたしますか、本来であれば、採取するだけではなく、どのように使っていくかを考えていく必要があります。私はこの事業を5年前から引き継いでいますが、今は試料を収集するより、むしろ、使用していく方向へ舵を切りつつあります。全体のキャパシティがありますので、集めるだけでは、いつか破綻してしまうということもありますので、皆様の方でも使ってみたいという話がありましたら、利用できる可能性も十分ありますし、ぜひ、ご意見いただきたいと考えています。

このようなバンキング施設は海外でも幅広く設置されており、現在、日本以外におそらく25機関ほどあります。日本では、国立環境研究所のほか、より高次の海洋生物を対象とされている愛媛大学の沿岸海洋センターの2ヶ所になります。また、「IESB (International Environmental Specimen Bank Group)」という国際ネットワークがあり、2年に1回、幹事の施設紹介と2年間の事業の進捗状況などを共有する会議を開催しているところです。

(スライド29)

これは長期保存室にある液体窒素を使った保管タンクと低温室の写真になります。

低温室は、建物の中にある大きな部屋全体が冷凍室になっているイメージです。実は、東日本大震災の際に、液体窒素の保存タンクは影響がなかったのですが、低温室については、建物との間に小さな隙間が生じ、天井裏に水がたまるようになってしまいました。常時、大量の水がたまるようになってしまったので、2ヶ月に1度ほど、自分たちで排水作業を行いました。また、大型の室外機が4つ付いているのですが、一部、割れが生じてしまったため冷えにくくなり、おそらく室外機に負荷がかかってしまって、昨年度、停止してしまいました。今のところ、政府の補正予算を使って改修工事を行っており、ちょうど今、1室の工事が終わり、これから2室目の工事を行うところですので、来年5月頃には、元のおりになるかなと考えています。写真のように2室ともかなりの量が保存されていますが、工事中は、すべての試料を1室に集約しているため、相当な容積率となっております。

(スライド30)

実際にどのような方法で長期保存しているのかということですが、ここに凍結作業の様子を示しているとおり、紫外線や酵素による作用を抑えるため、できるだけ低温で試料作製を進めているところです。また、作製した試

料を粉碎処理するのですが、その際も液体窒素をかけて冷やしながら温度が上がらないよう十分注意して作業を行っています。

(スライド31)

こちらは、これまで採取してきた試料です。ムラサキイガイや、その類似種であるムラサキインコガイ、あと一部、カキも採集してきましたが、カキはイガイとはだいぶ蓄積特性が異なっており、いわゆる代替種にはなりえないということがわかってきています。

日本地図の黄色でマークした地点については、底泥を採取している地点、都市部の産業の影響を評価するために選定された地点、非汚染的な地点などが混在しており、おおむね7年かけて全国を一周するようなスケジューリングで試料採取を進めているところです。

(スライド32)

こちらの写真のように、研究所から機材を運んでいきまして、現地で貝を採取し、無菌にしたうえで殻をむいて液体窒素で凍結するなど現場での作業も行っております。

(スライド33)

こちらの写真は、試料を持ち帰ってから液体窒素に保存するまでのスキームになります。まず、個体の貝類を荒く粗粉碎しまして、その後、さらに細かく粉碎して瓶詰してから液体窒素下にて保存します。ガラス瓶は液体窒素の温度まで耐えられますが、キャップが耐えられませんが、実際のところは、液体窒素の中に瓶を丸ごと沈めるわけではなく、液体窒素の10~15cmぐらい上に吊り下げている状況です。このため、温度としては、マイナス170℃程度で長期保存しているのが実情です。

(スライド34)

貝類以外にも、以前はアカエイを粉碎する機会がありました。いずれの試料についても、およそ粒径として50μm程度になるように粉碎して、最終的に液体窒素の保管タンクで保存しています。また、例えば、マイクロプラスチックなどを対象とする場合、試料を粉碎してしまうと、優位性が失われてしまいますので、一部試料については粉碎せず、あえてバンクの状態での保管しています。

(スライド35)

保存試料の作製にあたって、注意すべき点の1つとして作業環境が挙げられます。二次汚染を防ぐために、試料採取から保管に至るまで、十分にコントロールしながら進めていかなければならず、かなり労力を費やしているところです。また、粉碎などの作業の際に、超純水で作った氷と一緒に粉碎して、使用している器具類からの重金属や化学物質の汚染を評価できるような体制をとっています。あとは、下側の写真に示しているとおり、試

料採取の現場に口を開けた状態で水が入ったビンを置きまして、試料採取の現場での汚染がないかということも評価するような管理体制をとっております。

(スライド36)

試料調製器具の汚染管理の事例紹介になりますが、写真に示しております「バランスディッシュ」には、様々な化学物質が含まれており、ノニルフェノールやBPAなどの濃度を調査したところ、ノニルフェノールの濃度が高かったため、作業には使用できないということになりました。このようなプラスチック類は極力使用しないということと、使用する場合には事前に十分に洗浄するというのを留意して進めております。

(スライド37)

2004年と2005年のノニルフェノールの濃度を比較したグラフになりますが、2004年にノニルフェノールによる室内汚染が大きくなったため、バランスディッシュの使用を取りやめたところ、2005年には室内汚染のレベルが低減したことがわかりました。

(スライド38)

続いて、試料の分析項目ですが、これまでの分析項目としては、重金属の主要元素や放射性元素、PAHs、POPs、PFASなどの化学物質になりますが、国際的なトレンドを踏まえて、分析項目を選定しております。

(スライド39)

次に、長期保存試料の活用事例として、PFASの中でもPFOSについて、左側の図に2003年から2006年の調査結果、右側の図に2009年から2014年の調査結果を示しております。PFOSは、2009年に国際規制がなされたことを受け、国内でも使用制限や廃絶を行ってまいりました。この結果をみると、全体的な傾向ではありますが、2003年~2006年に高濃度だった地域でも、2009年以降は濃度が低下していることがわかります。

このように、国内政策が有効に機能しているかを判断するための資料として、過去から現在まで保存されている試料は活用しやすいのではないかと考えています。

(スライド40)

1997年に起きましたナホトカ号の沈没事件により石川県沖で重油が流出しましたが、この時には、福井県から石川県の沿岸で二枚貝を採取して分析を行いました。事故直後は、ベンゾピレンの濃度が非常に高かったのですが、徐々に濃度が低下していき、2000年以降になると1000分の1近いオーダーまで濃度が低下していることがわかりました。

(スライド41)

続いて、2002年に起こりましたタンチョウの農薬へい死事件ですが、北海道女満別の小麦畑でタンチョウのへい死が発見されたことから、状況を確認するため、保存

試料の分析を行った結果、有機リン製剤のフェンチオンがかなり高濃度で検出しました。この結果は、タンチョウの生息状況などを管理している部署に活用していただき、この地域一帯でフェンチオンの使用規制が急速に進んだと聞いており、うまく規制に繋がった事例だと考えております。

(スライド42)

続いて、2021年に起きた八戸沖のタンカー座礁事故ですが、この時も八戸に行きまして、試料を採取しております。この事故の試料も手元にありますので、試料を活用したい、あるいは分析をしたいなど希望があれば、試料をお渡しすることが可能です。

(スライド43)

スペシメンバンキング事業として、現在、当研究所では、共同研究を含めて、外部の方々へ試料分与する利活用への取組に力を入れております。このため、研究所ホームページには、これまで採取した試料の一覧などを掲載しています。また、皆さんに採取していただいた黒本調査の試料、特に底質については、残余試料を研究所で長期保管しておりますので、環境省さんとの相談が必要なケースもありますが、ホームページの情報をご覧いただき、保存試料を使いたいという希望がありましたら、利活用の点では私たちとしても非常にありがたいと考えております。

(スライド44)

これまでお話ししてきました生物モニタリングについては、生物濃縮性を利用した非常に良い方法ではある一方で、生物試料を採取できるかどうかという問題があります。

海洋生物に頼らない方法として、化学物質を濃縮するような樹脂を海洋に沈めて評価する手法なども考えられますが、藻類の付着や濃度換算に課題があり、クリアする必要があります。濃度換算では、おそらく化学物質によって吸着係数が異なること、あるいは土壌粒子の付着状況も異なってくると思いますので、どうしても換算する際に推定となる部分がでてしまうことが課題と考えています。さらに、潮流の影響もありますので、これらのことを踏まえると、私個人としては、現時点では、生物モニタリングの方が優位性は高いと考えております。もちろん、生物モニタリングの代替手法については、今後も進めていかなければいけないということで、検討を始めているところです。

(スライド45)

次にPFASの話になりますが、その前に少しUNEPの状況を説明します。

現在、第4次の地域モニタリング報告書をまとめているところですが、第3次の地域モニタリング報告書で

は、2000年から2019年までのデータを統合し、POPs濃度を評価しています。第3次の報告書の要点としては、旧来からある多くのPOPsについては減少傾向を示す一方で、新しいPOPsについては様々な課題があるということをお知らせしております。この地域報告書はアジア太平洋地域に限ったもので、同様に、世界各国でブロック分けされた5~6地域ごとに報告書を取りまとめ、最終的には1つの報告書になるという形です。

(スライド46)

こちらに第3次地域報告書の要点を記載していますが、特に重要な点としては、2つ目に記載のあるHCB(ヘキサクロロブタジエン)のような新規POPsについては一部地域で濃度の上昇が確認されているという点が第3次報告書の特徴となっています。

(スライド47)

また、日本の場合、水質やその他の媒体において、PCBやHCBなどの旧来のPOPsは減少が確認されている一方で、PFOAやPFOSのようなPFAS関係は特徴的なトレンドがありません。特に水の場合はかなり複雑なところがあり、第4次報告に向けて、どのような書き方にするか考えているところではありますが、今のところは結論が出ていない状況であります。

(スライド48)

第4次の地域モニタリング報告書につきましては、昨年の後半頃から始まっており、コンサルの方も含めてデータの取りまとめを行っているところです。この第4次報告書は、2027年の第13回締約国会議(COP13)で提出予定になっており、国連5地域の状況を取りまとめて、ストックホルム条約の評価を進めていくこととなっています。

(スライド49)

各時期における全球モニタリング計画はグローバルモニタリングプラン(GMP)と呼ばれておりますが、フェーズ1から4まであり、それぞれの期間ごとに締約国会議(COP)で利用されている状況です。現在のところ、フェーズ4の2020年以降を進めながら、COP13に向かっている状況になっております。

(スライド50)

フェーズ4に向けて、全球モニタリング計画の改定に関する議論も始まっており、現在のところ、PFOS、PFOA、PFHxS、それから長鎖ペルフルオロアルキルカルボン酸が測定項目に入っていますが、前駆体まで広範囲に測定項目へ入れるかどうかという議論がありました。このため、黒本調査にも関わってきますが、次のモニタリングでは、PFASとして前駆体も測定項目に入ってくる可能性があります。

(スライド52)

当研究所では、2003年から2005年に特別研究として、河川や下水処理場でのPFOSの挙動について研究を行っており、結論としては、2005年当時、PFOSの大半は下水処理過程では処理できずに放流されていたという状況がわかっております。

(スライド53)

PFASの場合、解離基を持つため従来の脂溶性が高いPOPsとは全く異なった物理化学的性質を有していることから、これまでの考え方が当てはまらない物質です。例えば、水への溶解度、あるいは疎水性を示すオクタノール/水分配係数については、イオン化することで数桁異なってくることがわかっております。従って、ステレオタイプな考え方では当てはまらない、厄介な物質ということが当初から言われてきたところでもあります。

(スライド54)

POPs条約の中で、附属書A(廃絶)、附属書B(制限)、附属書C(非意図的生成物)があり、PFAS類についても割り振りがなされている状況です。

(スライド55)

これは条約における発効プロセスになりますが、条約に盛り込む物質として各国からの提案があると、UNEPの専門家グループがその物質について、(1)スクリーニング、(2)リスクプロファイル、(3)リスク管理に関する評価の検討を行います。これらのプロセスを経て、条約に追加するべきとの判断がなされると、締約国会議に勧告され、条約附属書へ掲載・発効されるという流れになります。

(スライド56)

一般的な話になりますが、PFASは撥水・撥油性が非常に高いなど様々な界面活性剤的な性質を有しておりますので、これまで世界的に様々な用途で幅広く利用されています。残留性の高い有機化合物として様々な物質がある中で、今、対象をPFOSやPFOAに定めていますが、それだけでは話が進まない状況になりつつあると考えています。

(スライド57)

こちらに示しているとおおり、PFASは、代替物質や前駆体、さらには、PFOSでも直鎖態と分岐鎖態もあり、1種類だけではないということです。

(スライド58)

条約で規制されるPFASについてですが、PFOS、PFOA、PFHxS、LC-PFCAが2009年から2025年にかけて附属書Aもしくは附属書Bに追加されました。一方で、LC-PFCAについては炭素数が9から21までとなっているものの、分析サイドとしては、炭素数21の物質を本当に測定できるのかと感じております。せいぜい炭素数14から16までが測

定の限界ではないかと思われませんが、先ほどお示したスクリーニングからリスクプロファイルの段階では、実際に分析できるかどうか、有効性評価のためのモニタリングが実施可能かという視点がやや薄いのかなと感じているところです。

(スライド59)

ここからは諸外国における飲料水のPFOS、PFOAの現状について説明します。

(スライド60)

飲料水については、PFOS、PFOAを対象に、2022年9月にWHOがガイドラインを設けており、ガイドラインの中で、PFOSおよびPFOAの目標値として100ng/Lという基準が示されております。この基準の良いところとしましては、現状で使用可能な分析法や処理の達成可能性に関するデータを踏まえて、値が設定されているところです。

(スライド61)

それに対して、アメリカのEPAでは、2022年3月に暫定値として、PFOSで0.02ng/L、PFOAで0.004ng/Lと非常に低い値を示しておりました。これについては、少し二次汚染してしまうと測定できないという非常に低い値でしたので、PFAS関係の分析をされてる方から本当に測定できるのかという意見が多く出されていたと思います。その後、2023年に第1種飲料水規制案として、それぞれ4ng/Lが提案されましたが、やはりWHOの値からはだいぶ低い値が設定されています。

(スライド62)

続いて、ヨーロッパの食品安全機関では、PFAS類としてPFOS、PFHxS、PFOA、PFNA(C9)について、1週間の耐容摂取量として4.4ng/kgという値が提示されています。

(スライド63)

次に、カナダの飲料水目標値は2023年に設定されていますが、カナダでは、PFOSやPFOAといった個別の物質に対する値ではなく、全体を評価する視点として総PFASで30ng/L以下という値を設定しています。従来の飲料水ガイドラインの値は、2023年の設定値よりもおおむねワンオーダー高い値でしたので、私たち研究者の中では、だいぶ低い値を設定したという印象が共通認識だったと思います。

(スライド64)

続いて、ドイツでは、総PFASと近い考えになりますが、PFOS、PFOAを含む20種類のPFASについては100ng/L、PFOS、PFHxS、PFOA、PFNAの4種類のPFASについては20ng/Lという規制値を示しており、EPAの値よりも高い値となっています。分析サイドとしては、現状の分析レベルに近い値と感じておりますが、このあたりの落としどころが難しいところかと思えます。

(スライド65)

以上をまとめたものがこちらの表になりまして、日本のデータは一番下に示していますが、PFOSの目標値として、PFOS+PFOAで50ng/L、PFOAについても同様にPFOS+PFOAで50ng/Lという目標値が設定されております。

(スライド66)

次に、ロードマップのような話になりますが、2022年から2023年にかけて、特に飲料水について、各国ともにPFASの目標値あるいは規制値の検討を行っており、現在もおそらく議論されている状況ではないかと考えています。

(スライド67)

世界保健機関の総PFASの提言では、500ng/Lという値を新たに提案しているところです。

(スライド68)

EPAでは、個別にPFAS類を規制することはなかなか難しいということで、少し幅広にグループとして規制をしていくことを考えているようです。また、すでにPOPs条約に掲載されている、例えば、GenXなどの代替の有機物化合物についても、規制値を検討する動きがあるところです。

(スライド69)

次に、ヨーロッパでは、先ほどお示したように個別のPFASではなく、「PFAS total」あるいは「sum of PFAS」というように全体的に評価する動きになりつつあります。

(スライド70)

このため、表流水や生物体の含有量の規制値についても、今後、おそらく「PFAS total」という形になると思われれます。

(スライド71)

「PFAS total」では、活性炭カラムなど捕集可能な有機フッ素全般を対象としています。それ以外は「総PFAS」や「PFAS合計」すなわち「sum of PFAS」としていても測定可能な数物質に対象を限定して、モニタリングを進めているようです。

(スライド72)

2022年から2023年あたりの諸外国における目標値を表に示しておりますが、個別のPFASを対象とするよりは、総PFASあるいはPFASの合計としている国が非常に多くなっていることがわかります。

(スライド73)

特に2025年に追加された長鎖のPFCAについては、ちょっと厄介で、直鎖体と分岐鎖体の比率が発生源あるいは環境を移動する間にも変わってきますので、PFASの環境

モニタリングをされている方は十分注意が必要であると思います。また、土壌からの溶出試験結果において、分岐鎖体は土壌との相互作用が直鎖体よりかなり弱そうであること、長鎖のPFCAは底質に高い割合で蓄積しやすいとの特徴があります。さらに、魚類を使った生物濃縮試験では、炭素数が1つ増えるごとに、おおむね濃縮係数が8倍ほど増えることがわかっています。このようなことを踏まえると、長鎖のPFCAについては、生物モニタリングの方がいいのかなと考えています。

(スライド74)

最後にPFASの部分をもとめます。条約対応という意味では個別に定量を進めていく必要がありますが、今後は新たなPFASについては、個別にモニタリングするだけではなく、前駆体や代替物質を広範に測定する、いわゆる「PFAS capacity」を評価していく手法のニーズが高まっていると考えています。また、全酸化分析法と呼ばれる「TOPアッセイ」という手法があり、前駆体すべてを酸化し、カルボン酸に変化させて評価する手法もありますので、これらの手法が個別PFASのモニタリングを補完する手法として、今後利用されていくのではないかと想定しております。効率的にモニタリングを実施するためには分析法の整備が重要であり、今後も基礎的な検討の積み重ねが重要であると考えております。

<特集>第52回環境保全・公害防止研究発表会

各座長によるセッション報告

大気・騒音 I

国立研究開発法人 国立環境研究所

茶谷 聡

本セッションでは、大気と騒音に関わる5題の研究発表が行われた。

「道路交通騒音および振動に対するコンクリート舗装の新設効果の事例」(宗宮ら, 名古屋市環境科学調査センター)では、愛知県名古屋市内の道路におけるコンクリート舗装の打換え前後での騒音と振動を計測した内容が報告された。騒音については打換え前後であまり変化がなく、打換えによる路面の硬さと路面の平坦性の変化が小さかったためだと考えられた。一方、振動については低下が認められ、大型車両のサスペンションより下のばね下系の振動が抑制されたためだと考えられた。質疑応答では、舗装業界では強度などの安全性が重視されており、騒音や振動の抑制にはつながっていないことなどについて、議論が交わされた。

「青森県弘前市における大気中微小粒子状物質(PM_{2.5})イオン成分濃度の解析研究」(花石ら, 青森県青森環境管理事務所)では、青森県弘前市においてサンプリングされた大気中のPM_{2.5}に含まれるイオン成分の濃度について解析した内容が報告された。NH₄⁺は非海塩性成分(nss)のSO₄²⁻およびNO₃⁻との相関が高く、NH₄⁺の大部分がnss-SO₄²⁻、残りがNO₃⁻と対をなしていると考えられた。また、秋から冬にかけては、季節風の影響により、海塩性成分由来と考えられるNa⁺とCl⁻の相関も高かった。質疑応答では、青森県特有の気象条件の影響や、NO₃⁻による海塩性成分の損失の影響、アンモニアの発生源として畜産業の影響が考えられることなどについて、議論が交わされた。

「大阪府域における有害大気汚染物質の地点別の特徴について」(村上ら, 大阪府立環境農林水産総合研究所)では、大阪府における2015~2024年度の10年間の有害大気汚染物質モニタリング調査結果を用いて、地点別の特徴を解析した内容が報告された。環境基準および指針値の75%を1回でも上回った物質、外れ値として平均値の10倍以上の値を記録した物質、高濃度側の外れ値を10%程度記録した物質を、当該地点において濃度変動が

大きく、一時的に濃度が高くなることがある物質として抽出したところ、塩化ビニルモノマー、マンガン及びその化合物、ヒ素及びその化合物が該当物質として複数地点において抽出され、地点毎に特徴的な濃度変動が見られた。質疑応答では、高濃度物質の抽出方法の一般性や、事業所の指導につながるような詳細な解析の方向性について、議論が交わされた。

「アスベスト測定における位相差/偏向顕微鏡法と可搬型蛍光顕微鏡法の比較検証」(兒玉ら, 公益財団法人ひょうご環境創造協会兵庫県環境研究センター)では、アスベスト測定の公定法である位相差偏光顕微鏡法に対して、その簡易化や迅速化を図るため、可搬型蛍光顕微鏡法の有効性について比較検証を行った内容が報告された。アモサイトとクロシドライトについては両者による感度は同等であったが、クリソタイルについては可搬型蛍光顕微鏡による感度が高く、より細かいクリソタイルが存在していたためだと考えられた。また、可搬型蛍光顕微鏡では、検体数が増えても前処理に要する時間はわずかしこ増加しないことや、操作や判別方法が単純で比較的容易であることから、現場での使用は有効である可能性が示唆された。質疑応答では、アスベスト以外の繊維による干渉や、災害時における簡便で迅速な方法の重要性について、議論が交わされた。

「茨城県における発生源近傍での酸化エチレン濃度調査について」(豊岡ら, 茨城県霞ヶ浦環境科学センター)では、酸化エチレンの排出事業場の協力を得て、その周辺のこれまでモニタリングを実施していない地域において大気中濃度の調査を行った内容について報告された。事業場の敷地境界においては高濃度の酸化エチレンが計測されたほか、風向や時間帯に応じて、約2.6km離れた地点でも有害性評価値を超える濃度が検出される場合があった。質疑応答では、夜間の輸送経路の影響が大きいと考えられることや、流跡線解析の適用妥当性などについて、議論が交わされた。

以上、本セッションでは、道路騒音と振動、また大気環境の中でも関心が高くなっているPM_{2.5}、アスベスト、有害大気汚染物質、中でも酸化エチレンに対する地方環境研究所の取り組みについて興味深い結果が報告され、問題の解決に向けた有意義で活発な議論を行うことができた。

水環境 I, 生物 I, 気候変動 I

福井県衛生環境研究センター

田中 宏和

本セッションでは、水環境、生物及び気候変動に関する5題の研究発表があった。

「手賀沼における水生植物による水質及び底質への影響」(白鳥ら, 千葉県環境研究センターほか)の発表は、外来水生植物の大量繁茂が問題となっている手賀沼における水質及び底質への影響調査の報告であった。調査は夏から冬にかけて、外来水生植物が繁茂している地点、調査期間中に刈り取りがされた地点、繁茂していない地点(対象地点)の計3か所で実施した。調査の結果、水生植物が繁茂している地点は対象地点に比べて湖沼水の溶存酸素が低く、栄養塩類が高い傾向がみられたものの、刈り取りを行った地点では刈り取り後に溶存酸素の上昇等が確認された。底質調査では、水生植物が繁茂する地点の底質表層は強熱減量が高値であり、間隙水のアンモニア性窒素やリン酸態リンについても高い傾向がみられた。これらの調査により、手賀沼での外来水生植物が湖水の溶存酸素や栄養塩類の濃度に影響していることや、枯死して堆積した植物が栄養塩類の供給源となっていることが示され、刈り取りは有効な対策であることを結論づけた内容の発表であった。質疑応答では、水生植物が冬季に枯死して湖底に堆積する状況の様子や下層水のアンモニア濃度比が高い理由を問う質問があった。

「多様な水環境の管理に対応した生物応答の活用(中間とりまとめ)」(田中ら, 埼玉県環境科学国際センターほか)の発表では、国立環境研究所と複数の地方環境研究所が令和4年度から6年度に実施した共同研究「多様な水環境の管理に対応した生物応答の活用に関する研究」の成果が報告された。生物応答試験は未規制物質を含めた様々な化学物質が水生生物に与える複合的な影響を評価する上で有効な手法である。令和6年度の当該研究にはオブザーバーを含めて11機関の地方環境研究所が参加し、さらに他のII型共同研究「公共用水域における有機—無機化学物質まで拡張した生態リスク評価に向けた研究」と共同打ち合わせを行うなど、連携が進んでいることが紹介された。生物試験方法はWhole Effluent Toxicity(WET)手法の手引きを基本としており、水質分析ではpH等の基本的な項目に加えてAIQS-GCを用いた網羅的測定等の高度な測定手法も採用している。令和6年度は5地点の湖沼水及び河川水を対象に試験を実施した。当該研究で得られた成果や課題は令和7年度から開始しているII

型共同研究「良好な水環境の創出に向けた生物応答の活用に関する研究」に引き継がれ、代表機関は名古屋市環境科学調査センターに交代した。質疑応答では簡易的にバイオアッセイを行うための手法についての質問があった。

「AI画像判別によるプランクトン計数システムを用いた生態系監視手法の検討」(池田ら, 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)の発表は、豊かな経験と高度な知識を必要とするプランクトンモニタリングについて、職員の減員等により技術継承が困難な状況になりつつある問題を解決するために開発を行っているAI画像判別計数システムの研究状況に関しての報告であった。当該研究では4つのサブテーマを設定し、それぞれを共同研究機関が分担して進めている。発表研究機関は長期にわたりプランクトンモニタリングを継続実施していることから、サブテーマのひとつである解析性能班の研究分担者としてサンプル採取や計数を担当し、これまで蓄積されている固定検体とその計数結果も提供して性能評価に協力している。また、プロトタイプ機での操作性や改善点を検証し、併せてプランクトン同定の着眼点等を技術展開班及びシステム構築班にフィードバックするなど、汎用的で使いやすいシステム開発に尽力している。質疑では同定に用いた画像数や、誤判定しやすいプランクトンの種類や特徴について等の多くの議論が交わされた。

「諏訪湖におけるトンボ相の変遷」(宮坂ら, 長野県諏訪湖環境研究センターほか)の発表では、諏訪湖でのトンボ類の種組成と年変動等について報告された。近年の諏訪湖ではヒシの大量繁茂による底層の貧酸素化等の新たな問題が発生しており、こうした中、「諏訪湖の水環境保全」と「諏訪湖を生かしたまちづくり」に一体的に取り組むため「諏訪湖創生ビジョン」が策定され、その中で環境省レッドリストの絶滅危惧種II類に区分されているメガネサナエというトンボを指定水生動物としてモニタリングすることとしている。羽化殻調査では生息するトンボ種の構成比に大きな違いがある地点が確認され、底質や水草の繁茂状況の影響が示唆された。メガネサナエ属の幼虫は粘土の多い砂泥を好み、ヘドロが堆積して貧酸素状態となっている場所は好まないため、メガネサナエが優占種となっていた地点はヒシの繁茂がほとんどなかったことが影響していると推察された。また、2019年から2024年に実施したメガネサナエのラインセンサス調査では、成虫の確認数に明瞭な傾向は確認されなかったものの、諏訪湖以外の生息場所では確認地点や確認数の減少が報告されており、調査の継続が必要であると説明された。質疑では、抜け殻の計測において一般人が抜け殻をとってしまうことによる影響の有無等の質問があった。

「気候変動による福島県内の「イチョウの黄葉日」及び「カエデの紅葉日」の変化と将来予測について」（蛭田，福島県環境創造センター）の発表では，福島県における「イチョウの黄葉日」と「カエデの紅葉日」の経年変化及び将来予測の結果について説明された。気候変動を身近な問題として感じてもらうことが目的である。将来予測については，気候シナリオ「NIES2020」による3パターンの温室効果ガスの排出シナリオ（SSP1-2.6，SSP2-4.5，SSP5-8.5）に基づき推定した。発表の冒頭では，イチョウ葉の黄色化とカエデ葉の赤色化のメカニズムが異なること，将来予測の算出では日最低気温がイチョウの場合は10℃，カエデの場合は8℃が基準となること，そして，精度を上げるために気温の日較差を利用して補正を行ったことが説明された。過去のデータからは，「イチョウの黄葉日」と「日最低気温が9月1日以降初めて10℃以下になった日」とも年々遅くなる傾向がみられ，「カエデの紅葉日」と「日最低気温が9月1日以降初めて8℃以下になった日」も同様に遅くなる傾向がみられた。将来予測については，化石燃料依存型の発展の下で気候政策を導入しない最大排出シナリオであるSSP5-8.5では，2025年から2100年の間にイチョウ将来予測黄葉日が14日間，カエデ将来予測紅葉日が21日間程度遅くなることが説明された。質疑応答では当該研究成果を用いて，県民にどのようなアプローチができるかを問う質問があった。

水環境Ⅱ，廃棄物Ⅰ

埼玉県環境科学国際センター

田中 仁志

本セッションでは，マイクロプラスチックの流出実態把握，湖沼データの情報発信，土壁材の再利用，アオコの発生要因についての5題の発表があった。

「連携プラットフォームを活用した環境流出プラごみの発生抑制に資する研究～実施概要と今後の展望～」(鈴木ら，国立研究開発法人国立環境研究所ほか)は，Ⅱ型実施共同研究として地方環境研究機関（地環研）と協働し，環境省ガイドラインを用いて，環境流出マイクロプラスチック（以下，マイクロプラスチック）の調査手法の共通化，海洋への排出実態の把握，データ共有化，対策効果の検証に取り組んだ。第1期（2021～2023年度）を経て，第2期（2024～2026年度）は，サブテーマ1「調査手法の共通化と実態把握」とサブテーマ2「地域特性の把握と対策効果検証法の検討・データ共有化」に分けて紹介し，今後の展望も示した。既往研究と整合する結果に加

え，道路粉じんや人工芝に起因する特異なデータを確認。マイクロプラスチックが全体の77%を占め，小粒径の流出が顕著である一方，大粒径は管理可能と示された。

「北海道における湖沼と流域情報の整備と発信～水質形成要因の解明と良好な環境の維持に向けて～」(五十嵐ら，北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所ほか)は，道内に1ヘクタール以上の天然湖沼が220あり，多様な成因・規模・水質が資源・観光・生物多様性に貢献すると示した。一方，定期的なモニタリングは14湖沼に限られ全体把握は難しい。同研究所は1970年代から調査を継続し，1990年と2005年に『北海道の湖沼』を刊行。公共用水域データのデータベース化と精度管理，オープンデータを用いた流域情報の整備を進め，指標に基づき優先調査湖沼を選定した。2021～2024年に中小湖沼を中心に70湖沼を調査し，長期傾向で14湖沼に悪化，5湖沼に改善の示唆を得た（検出力は限定的）。さらに100湖沼でUAV空撮を実施し，2025年5月に『北海道の湖沼 第3版』をWeb公開して継続更新を可能にした。

「出水時における河川マイクロプラスチック実態調査」

(中山ら，長野県諏訪湖環境研究センターほか)は，千曲川千曲橋で環境省ガイドライン（2023）に準拠し，出水時年3回・平水時年4回の採水を実施。表層曳帆採水（0.3mm）と前処理（過酸化水素酸化，5.3Mヨウ化ナトリウム比重分離）後，デジタルマイクロスコープで計測しFT-IRで材質同定した。対象は1～5mmで，1mm未満と5mm超は参考とした。粒径が小さいほど個数が多く，個数密度（1～5mm）は平水時平均1.28個/m³，出水時平均7.49個/m³で約5.9倍。豊水流量を閾値とする試算で出水時の年間排出量寄与は76%（先行研究73.5%程度）。材質はPE・PP・PETが90%超で，粒径中央値はPE<PP<PET。FT-IR測定ではサンプルの扱いには静電気除去装置が有効だった。

「マルチベネフィットの視点でとらえた土壁材の再生製品開発に向けた基礎研究」（近藤ら，三重県保健環境研究所）は，家屋解体で生じる有機物含有土壁材の再資源化を目的に，有機物除去手法を比較した。三重県内の解体家屋由来5種（屋根材，聚楽壁，繊維壁，大津壁，漆喰壁）を対象に，乾式選別（1mm篩），湿式選別，焼成（800℃・2時間）を実施し，処理前後のTOCおよび焼成後の重金属溶出（Cd，Pb，As，Se，Cr(VI)，F，B）を評価した。焼成はTOCを大幅に低下させたが，As，Se，Cr(VI)，Fが基準を超過し，Crの酸化などが示唆された。湿式選別は洗浄水側へ有機物が移行する一方，処理後の溶出TOCが高く，除去効果が最も低かった。総合的に，1mm篩の乾式選別が現時点で実務的であり，低温・段階焼成の最適化と重金属溶出抑制，吸着材併用や表面被覆の検討が必要である。

「霞ヶ浦沿岸におけるアオコの発生の長期的傾向及び要因検討」（木村ら，茨城県霞ヶ浦環境科学センター）

は、霞ヶ浦でのアオコ発生の年度特性と要因解明を目的に、平成23年度以降の沿岸での発生状況と環境条件を整理・検討した。西浦・北浦の沿岸を地形で区分し、平成23～令和6年度の夏季調査に基づき、各エリア・各月の最大アオコレベル（0～6）を整理。高レベル（5・6）が複数年度で観測されたエリアは7か所で、北側沿岸で発生しやすく、夏季の南風の多さや北側への流入河川の偏在が要因と示唆された。アオコレベル6は19回中18回、レベル5は12回中7回で、いずれも6月時点でレベル2以上が観測され、6月に既に一定量が存在。今後は6月にレベル2以上の年度を対象に、6月前後の環境条件を精査し、発生条件を特定する。

本セッションでは質疑応答が活発に行われ、得られた知見と意見交換は、地方環境研究所が担う業務への有益なフィードバックとなることが期待される。

水環境Ⅳ，化学物質Ⅱ，廃棄物Ⅱ

国立研究開発法人 国立環境研究所

鈴木 剛

本セッションでは、人工甘味料を用いたトレーサー調査に関する2題、災害事故に伴う化学物質汚染対応に関する1題及び最終処分場での周辺環境調査に関する2題の研究発表があった。

「河川水中人工甘味料の分析法開発とその動態について」（花岡ら，広島県立総合技術研究所保健環境センター）の発表は、人工甘味料スクラロース（SUC）を人為排水マーカーとして活用するため、固相抽出法の改良と河川調査を行った。試料水のpHを塩基性条件とすることで、高濃縮時でも回収率が大きく改善した。改良法を用いて広島県内4河川を調査した結果、SUC濃度は全窒素と高い相関（ $R=0.98$ ）を示し、生活排水由来負荷の指標として有用であることが確認された。さらに、土地利用の違いに応じた上流から下流への濃度変化が把握され、人為排水の混入割合評価への応用可能性が示唆された。質疑では、トレーサーの人工甘味料の分解性について議論された。

「災害事故にともなう化学物質排出への対応力強化に向けた机上演習の紹介」（小山ら，国立研究開発法人国立環境研究所）の発表は、自然災害や事故時の化学物質流出対応力強化を目的に、情報基盤D.Chem-Coreを活用した机上演習を全国の地方環境研究所職員向けに実施した。

2回の演習を通じ、事故シナリオ設定や意思決定プロセスを検討するとともに、システムの有用性や課題を抽出した。地図機能の利便性が高く評価される一方、非公開情報の扱いや操作習熟の必要性が課題として示された。本演習は、平時からの対応力向上と情報共有体制構築に有効であることが示された。質疑では、実際に想定した机上演習のあり方について議論された。

「人工甘味料及びパッシブサンプラーを用いたトレーサー調査手法の検討」（倉持ら，千葉県環境研究センター）の発表は、人工甘味料を低影響な人工トレーサーとして活用し、POCIS（パッシブサンプラー）を用いたモニタリング手法の適用性を検討した。吸着材の違いにより、アスパルテーム、サッカリン、アセスルファムKで時間に対し直線的に吸着量が増加する条件が確認された。7日間捕集でng/Lレベルの平均濃度推定が可能であることを示した。一方、アスパルテームは吸着後に分解が進行することが明らかとなり、特性を踏まえたトレーサー選定と吸着材設計の重要性が示唆された。質疑では、最終処分場におけるトレーサーを用いた評価法について議論された。

「海岸に近い陸上埋立最終処分場における浸出水および周縁地下水の調査事例」（田中ら，福井県衛生環境研究センターほか）の発表は、海岸近くに立地する陸上最終処分場において、浸出水および周縁地下水の水質調査を実施した。浸出水では易溶出性塩類の洗い出しが継続している一方、有機物分解は緩慢に進行していることが示された。周縁地下水では風送塩や浅層地下水混合の影響が大きく、ECや Cl^- のみでは汚染検知が困難な事例であることが明らかとなった。主要イオン組成を含めた総合的評価の必要性が示され、沿岸処分場管理への重要な示唆を与えた。質疑では、調査対象の最終処分場の過去のデータや履歴について議論された。

「安定型最終処分場において観測された高濃度窒素ガス組成の形成メカニズムの解明」（石垣ら，国立研究開発法人国立環境研究所ほか）の発表は、埋立終了後の安定型最終処分場において、地表面および観測孔を用いた埋立地ガス調査を実施した。地表ではメタンはほぼ検出されなかったが、観測孔内では窒素が約90%を占める特異なガス組成が確認された。解析の結果、大気侵入のみでは説明できず、硫黄脱窒など複数の生物学的反応が関与する可能性が示唆された。メタンや二酸化炭素低下のみを安定化指標とする評価の限界を示し、ガス組成の多面的解釈の重要性が指摘された。質疑では、安定型最終処分場における高濃度窒素ガスの発生の頻度や対応のあり方について議論が行われた。

水環境Ⅴ, 気候変動Ⅲ

茨城県霞ヶ浦環境科学センター

長濱 祐美

本セッションでは、水環境および気候変動に関わる分野について、4題の研究発表があった。

「川崎市内親水施設における河川環境の経年推移(2001~2024年)」(岩渕ら, 川崎市環境総合研究所)の発表は、「川崎市大気・水環境計画」及びその前身となる「川崎市水環境保全計画」, 「川崎市河川水質管理計画」に基づき実施してきた水質及び生物調査について、2001年から2024年までの結果を用いて、河川水質の経年推移や生物の生息状況の変化を明らかにした。その結果、DOは緩やかな上昇傾向、BODは緩やかな減少傾向がみられ、底生生物の確認科数も増加していたことから、水質の改善に伴い底生生物が豊かになってきていることが確認された。また、これらの調査結果は環境学習イベントやSNS, 動画配信等を通じて市民へ発信しており、水辺への親しみや水環境への関心を高めることを目的とした取り組みについても紹介した。質疑では、水質の改善に伴って増加が見られた底生生物の種類等について議論が交わされた。

「浜名湖における蛍光性溶存態有機物の構成とCODへの寄与」(中桐, 静岡県環境衛生科学研究所)の発表は、閉鎖性の汽水湖であり、環境基準値の超過が懸念されている浜名湖を対象に、EEM-PARAFAC法を用いて、蛍光性溶存態有機物(FDOM)の構成を明らかにし、これらの時空間分布や他の環境因子との関連性を踏まえたCODへの寄与評価を行った。その結果、浜名湖のFDOMは、陸域由来の腐食様成分2成分と、湖内生成されるタンパク質様2成分の計4成分に大別でき、これらで良好に説明できることが明らかとなった。さらに、河川流入による希釈・輸送と湖内の内部生産がFDOMの挙動を支配する主要因であること、D-CODの変動は主にタンパク質様成分によって説明され腐食様成分の寄与は限定的であることが確認された。質疑では、溶存態と懸濁態の定義や、分解試験中の溶存態の増加、溶存態有機物の起源について議論が交わされた。

「汽水湖「涸沼」における水質の変動状況」(藤岡ら, 茨城県霞ヶ浦環境科学センターほか)の発表は、関東唯一の汽水湖である涸沼において、環境基準の未達成の状況が続いていることから、水質変動要因を明らかにすることを目的に、海水遡上の状況や水質の影響について調査及び解析を行った。潮汐に伴う海水遡上や密度成

層が涸沼の水質を複雑に変動させることから、上層・下層の湖水を毎月採取し、EC・塩化物イオン濃度や水温の連続観測を実施した。その結果、2022年から2025年には夏季及び冬季に湖内の塩分濃度が上昇し、塩分躍層が形成されている可能性が示唆された。さらに、DO濃度3mg/L以下を貧酸素化と定義して貧酸素化の割合を確認すると、夏季に最も高くなり、冬季にはほとんど貧酸素化が確認されなかった。質疑では、海水の水温や密度の状況、塩化物イオン濃度の測定について議論が交わされた。

「鹿島港周辺海域の海水温とCOD・表層DOの変動傾向」(牧, 国立研究開発法人国立環境研究所)の発表は、温水塊系の黒潮と冷水塊系の親潮の両方が流れ込み、短期間で表層海水温が劇的に変化するという特徴を持つ茨城県沿岸鹿島灘周辺海域に着目し、過去40年以上の水質データを用いて表層海水温の長期変動評価を行った。また、DOとCODについても長期変動を評価した。1980年代から直近の2019年までの水温は上昇傾向がみられ、その表層海水温トレンド上昇幅は2.4~3.3°Cであった。一般に水温が上昇すると、植物プランクトンの増殖が活発化し、CODは上昇、DOは低下傾向を示すのが合理的と考えられたが、今回の長期変動では、そのような関係は見られなかった。この理由として、生産性が低いとされる黒潮が優勢となり、結果的にCODは低下傾向、DOは上昇傾向をもたらした可能性が示唆された。質疑では、DOの上昇要因や黒潮の水温や当該海域における今後の水質について議論が交わされた。

以上、本セッションでは、親水施設における河川環境の調査と環境学習への応用、閉鎖性汽水湖における蛍光性溶存態有機物の構成、同じく汽水湖における塩分濃度とDOの変化、鹿島灘周辺海域における長期的海水温とCOD・DOの変動解析など、多岐にわたる研究報告が行われた。各研究が今後も一層発展し、多くの成果が得られるとともに、これらの成果が行政施策に活用されることを期待したい。

水環境Ⅲ, 化学物質Ⅰ

茨城県霞ヶ浦環境科学センター

片倉 洋一

本セッションでは、水環境および化学物質に関わる分野について、5題の研究発表があった。

「岡山県内河川における医薬品・生活関連物質(PPCPs)の実態把握について」(中野ら, 岡山県環境

保健センター)の発表は、岡山県内河川におけるPPCPsの実態を把握することを目的に、GC-MSおよびLC-MS/MSを利用した一斉分析法について検討するとともに河川の実態調査を行った。GC-MS分析では、試料をトリメチルシリル化することにより試料換算濃度 (ng/L) で検出可能な物質を増やすことができた。また、LC-MS/MS分析では、回収率が良好な範囲 (70~120%) で54物質を検出することができた。県内河川において調査対象とした151物質を測定した結果、50物質が検出され、特に春季および冬季は他の季節よりも高濃度になる傾向が見られた。PNECによる初期リスク評価では、検出した物質の多くが検出最高濃度とPNECの比が1/10未満と生物への影響が低いと評価されたが、一部の物質では1/10を超える濃度が検出した。質疑では、GC-MS分析のトリメチルシリル化による検出項目等への影響や河川調査における下水処理場の影響について議論が交わされた。

「福岡県内河川におけるガドリニウム化合物の実態調査及び下水処理水トレーサーとしての評価」(中川ら、福岡県保健環境研究所)の発表は、MRI検査の造影剤に使用されるガドリニウム化合物に着目し、福岡県内河川におけるガドリニウム化合物濃度を把握することにより、下水処理水トレーサーとして有効性について検討を行った。県内河川の人為汚染の影響がある44地点において調査した結果、17地点でガドリニウム化合物が検出された。最もガドリニウム化合物濃度が高かった河川において、上流域から下流域にかけて詳細調査を行った結果、下水処理場からの処理水が流入する地点の直下およびその下流地点においてガドリニウム化合物が検出したことから、下水処理場がガドリニウム化合物の供給源と推定され、下水処理水トレーサーとしての有効性が示唆された。質疑では、ガドリニウム化合物が検出した地点における環境基準の達成状況、本研究の行政への活用、下水処理場の処理方式について議論が交わされた。

「AIQS-GCを用いた奈良県内公共用水域の平常時スクリーニング分析について」(平山ら、奈良県景観・環境総合センターほか)の発表は、水質異常発生時における迅速な原因究明を図ることを目的に、緊急時の比較対照となる平常時のデータを取得するため、奈良県内河川においてAIQS-GCを用いた化学物質のスクリーニング分析を行った。AIQS-GCはデータベース構築時と同等の装置状態に設定することで、標準物質を使わずに同定および定量することが可能であることから、災害等の緊急時対応での活用が期待される。66種類の農薬について添加回収試験を行った結果、60種類で良好な回収率が得られた。県内河川の環境基準点19地点において調査した結果、大和川水系では115物質、紀の川水系では61物質が検出され、流域人口や土地利用の違いが検出数に影響し

たものと考えられた。また、除草剤のプロマシルなど検出物質によっては検出時期に季節性が見られた。質疑では、季節性がみられた物質の変動要因やAIQS-GCの解析作業について議論が交わされた。

「LC-Q/TOFを用いた県内河川中の化学物質に関する平常時データの蓄積及び水質異常対応への活用」(弓庭ら、和歌山県環境衛生研究センター)の発表は、水質異常時における原因究明のための解析に活用することを目的に、和歌山県内河川において、LC-Q/TOFを用いたノンターゲット分析を行い、河川ごとに平常時に検出される化学物質をリストとして整理した。県内の17河川24地点(環境基準点)においてLC-Q/TOFによる分析を実施し、その結果からS/N比10以上のピークを対象として、ライブラリー一致度が70%以上の物質を平常時の検出物質と定義し河川ごとにリスト化した。整理したリストの活用事例として、BOD超過事案に係る原因究明の事例紹介があった。BODが環境基準を超過した月では、甘味料成分Steviosideが検出しており、当該成分を含む排水がBOD超過の要因である可能性が示唆された。質疑では、原因特定のために必要な調査頻度や行政指導への活用について議論が交わされた。

「固相抽出法を用いたPCBのスクリーニングについてー環境水への微量PCB添加回収試験ー」(知花、沖縄県衛生環境研究所)の発表は、固相抽出法を用いたPCB分析について、低濃度域におけるPCB回収率の確認、ならびにPCB回収率のばらつき改善を目的に、前処理操作の見直しを検討し、環境水を用いた添加回収試験を行った。河川水および海水試料を用い、PCB濃度を環境基準の1/2としてアセトン添加量による回収率の変化を検討した結果、アセトン添加量40mLで両試料とも約90%の回収率が得られた。また、アセトン添加量を40mLに設定し、5種類の異なる環境試料について添加回収試験を行った結果、概ね80%以上の安定した回収率が得られる可能性が示唆された。質疑では、湧水と他の環境試料との検出ピークの違いに関する要因や固相抽出カートリッジの乾燥方法について議論が交わされた。

以上、本セッションでは、PPCPsの実態把握、下水処理水トレーサーとしてのガドリニウム化合物の活用、化学物質のスクリーニング分析を活用した水質異常の原因究明、PCB分析の回収率検討など多岐にわたる研究報告が行われた。各研究が今後も一層発展し、多くの成果が得られるとともに、これらの成果が行政施策に活用されることを期待したい。

大気・騒音Ⅱ，気候変動Ⅱ

茨城県霞ヶ浦環境科学センター

前田 良彦

本セッションでは、大気環境および気候変動に関わる分野について、4題の研究発表があった。

「2024春夏季の群馬県におけるVOC高時間分解観測」

(小池ら，群馬県衛生環境研究所)の発表は、日内VOCの挙動把握を目的として、2024年春夏季に群馬県前橋市においてVOCの日中高時間分解観測を実施した。観測は春季5/14～5/16，夏季7/22～7/24に実施し、サンプリングは日中2時間ごとの高時間分解観測(D1:9-11時，D2:11-13時，D3:13-15時，D4:15-17時，D5:17-19時)で5試料を，夜間は14時間(N:19-翌9時)の1試料とした。Ox生成に対するVOC寄与解析はOx低濃度日のオゾン生成能(OFP)からOx高濃度日のOFPを減算して行った。春季について，5/15は南関東からの移流の影響を受け，Oxは二山型のピーク挙動を示した。春季のVOC寄与は地域生成の影響が大きいD2の時間帯にアルカン，アルケンに寄与が大きく，移流の影響が大きいD5の時間帯は芳香族の寄与が特に大きかった。夏季は7/23に二山型のピーク挙動を示し，VOC寄与はすべての時間帯で植物由来VOC，特にIsopreneの寄与が大きかった。質疑では，OFPと地域生成の時間的影響について議論が交わされた。

「富山県における光化学オキシダント高濃度事例の解析」(箱江ら，富山県環境科学センター)の発表は，高濃度のOxが多く観測された2017年を対象に，大気汚染シミュレーション等を用いて解析を行った。2017年4月から5月までの期間について，大気汚染シミュレーション，後方流跡線，大気常時監視データ，気象データを用いて解析を行い，高濃度の要因を調べた。解析期間中に80ppb超のOx濃度が観測された期間は5回であり，その内5/29～31，4/29～5/1の2件について示した。2件とも大気汚染シミュレーションにより大陸からの高濃度のOxを含む大気塊の富山県への移動が見られ，大陸からの越境汚染が示唆された。また，後方流跡線解析により中国大陸の大気汚染の著しい地域から，富山県に大気の移動が見られ，大気シミュレーションの結果と整合していた。80ppb超の高濃度のOxが観測された他の期間についても同様の傾向が見られ，県内の高濃度のOxの多くは，越境汚染の影響を受けていることが示唆された。質疑では，CMAQの操作等について議論が交わされた。

「大気汚染に関するⅡ型共同研究の第8期の成果と第9期の計画の紹介」(茶谷，国立研究開発法人国立環境研

究所)の発表は，国立環境研究所と地方環境研究所による大気汚染に関するⅡ型共同研究の第8期(2022～2024年度)の研究成果と第9期(2025～2027年度)の研究計画について報告された。第8期では5つの研究グループに分かれ，解析や検討を行った。①Ox高濃度因子解明グループは，2011～2020年における月別のOx経年変化から，4～8月にかけて全国的に増加傾向が見られる中，関東では7～8月が減少傾向である特徴を捉えた。②統計モデルを用いたOx評価グループは，Ox濃度と気象条件の関連を多地点で把握し，統計ソフトRのパッケージを用いて図示し解析することで，統計モデルに使用する条件の整理・共有を実施した。③VOC・PM_{2.5}観測グループは，VOCとPM_{2.5}中のSOA(二次生成有機エアロゾル)の高時間分解観測を実施し，一部のVOCとSOAトレーサーとの間に相関関係があることを確認した。④PM_{2.5}成分データ長期的解析グループは，全国の成分分析データを解析し，2011～2022年度の期間に自動車排ガスに由来する元素状炭素や越境汚染による硫酸イオンの影響は経年的に減少している状況を把握した。⑤行政支援検討グループは，自治体が領域化学輸送モデルCMAQを独自に実行できるように勉強会開催などの支援を行った。第9期では第8期の内容を発展させるほか，ローコストセンサー利用可能性の検討等新たな試みも加えて実施する予定であることが紹介された。質疑では，空間分布と常時監視局配置の関連について議論が交わされた。

「首都圏の業務・家庭・運輸部門における電化促進によるエネルギー需要への影響」(片野ら，公益財団法人東京都環境公社 東京都環境科学研究所)の発表は，電化促進の効果を定量的に明らかにすることを目的に，首都圏1都7県を対象とし，技術選択モデルであるAIM/Enduseを用いて業務・家庭・運輸部門のエネルギー消費量とCO₂排出量を推計した。脱炭素対策を講じない現状維持ケースに対し，電力消費機器の普及を加速させる年を2030年，2035年，2040年の3通り設定した電化促進ケースを比較した。電化促進が最も早い2030年から電化を促進するケースは現状維持ケースと比較してエネルギー消費量及びCO₂排出量とも大幅に削減でき，電化の早期の推進は，化石燃料の代替燃料となる合成燃料消費量の大幅な削減，累積CO₂排出量の削減に寄与することが示唆された。加えて，合成燃料の技術開発や供給体制の整備の必要性についても言及された。質疑では，家庭・業務における冷房需要増加の影響について議論が交わされた。

以上，本セッションでは地域における大気環境への影響に関する報告及びエネルギー需要に関する報告が行われた。本セッションでの知見の共有や議論は，他の地方環境研究所における研究の参考になると考えられる。

<報文>

PM_{2.5}成分の長期測定データを用いた
自動車排出ガス影響の解析*

高野 七海**・長谷川 就一***・太田 優**・柴田 学****

キーワード ①微小粒子状物質 ②自動車排出ガス測定局 ③元素状炭素 (EC) ④窒素酸化物 (NO_x)

要 旨

2011年度に地方自治体においてPM_{2.5}成分分析が開始されてから10年以上が経過し、長期的なデータが蓄積されつつある。今回、2011～2022年度の全国のPM_{2.5}成分分析で得られた元素状炭素の大気濃度を用いて、PM_{2.5}における自動車排出ガスの影響を解析した。自動車排出ガス測定局19地点と各測定局の近くに位置する一般環境大気測定局の元素状炭素の大気濃度の差は近畿の一部の測定局を除き年々減少傾向であり、最大で約8割減少していた。自動車排出ガス測定局における元素状炭素と窒素酸化物の大気濃度は年々減少してきており、両者の年平均値の間には正の相関がみられた。こうした低減には自動車排出ガス規制や自動車NO_x・PM法に伴う基準適合車への置き換えが寄与したと考えられた。

1. はじめに

PM_{2.5}は大気中に浮遊する粒子状物質のうち、粒径2.5 μm以下の極めて小さな粒子であり、肺の奥深くまで入り込むことがあることから、健康への影響が懸念されている。日本国内では2009年に環境基準が設定され、さらに発生メカニズムの究明や効果的な対策の実現のため、2011年に成分分析ガイドライン¹⁾が策定され、国及び地方自治体においてPM_{2.5}の成分分析が開始された。

一方、PM_{2.5}の主要な発生源の一つである自動車排出ガスは、PM_{2.5}の環境基準が設定される以前から、大気汚染対策として規制が行われてきた。国内においては、1960年代に高度経済成長による自動車の普及とともに、自動車排出ガスによる大気汚染が深刻な社会問題として認識されるようになった²⁾。こうした状況から、1966年にガソリン車の一酸化炭素排出規制が日本で初めて導入され、さらに1968年に大気汚染防止法が制定されると、自動車排出ガス規制が法的な枠組みに組み込まれた。その後現在に至るまで段階的に規制が強化されてきており、自動車排出ガスによる大気汚染は改善してきている。

こうした規制はPM_{2.5}の低減にも寄与していることが報告されており³⁾、PM_{2.5}の成分や大気濃度の変化と自動車排出ガスの関係について全国規模で解析することで、

自動車排出ガス規制によるPM_{2.5}低減に対する効果の検証や地域ごとの効果的な対策の検討に役立つ知見が得られると考えられる。そこで本稿では、地方自治体によるPM_{2.5}成分分析の結果を用いて、自動車排出ガスの主要な成分である元素状炭素（以下、「EC」という。）の大気濃度の推移と自動車排出ガスの関係について取りまとめたので報告する。

2. 方法

解析には環境省が公表している2011～2022年度の全国PM_{2.5}成分分析結果を用いた。全国の自動車排出ガス測定局（以下、「自排局」という。）のうち、長期間継続したデータがあり、かつ近くに成分分析を実施している一般環境大気測定局（以下、「一般局」という。）が存在する19地点のデータを抽出し、各年度におけるPM_{2.5}質量濃度及びEC大気濃度の年平均値を算出した。また、PM_{2.5}における自動車排出ガスの影響の変化を調べるため、解析対象の自排局から近い一般局16地点のデータを抽出し、各自排局とその近くに位置する一般局との年平均EC大気濃度の差を算出した。解析対象とした自排局及び一般局は図1のとおりである。なお、図1に示す地点は解析対象の自排局の位置を表し、括弧内に比較対象とし

*Analysis of Impact of Vehicle Exhaust Using Long-term Data of PM_{2.5} Chemical Components

**Nanami TAKANO, Yu OTA (札幌市衛生研究所) Sapporo City Institute of Public Health

***Shuichi HASEGAWA (埼玉県環境科学国際センター) Center for Environmental Science in Saitama

****Manabu SHIBATA (札幌市保健所) Sapporo Public Health Office



図1 解析対象地点

た一般局名を記している。このデータは四季毎に14日間（年間56日間）の測定結果である。

EC大気濃度と自動車走行台数との関係を調べるため、国土交通省が公表している「平成27年度全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査」⁴⁾（以下、「道路交通センサス」という。）のデータから解析対象の自排局に隣接する路線の24時間自動車類交通量（上下合計）及び混雑度を抽出し集計した。集計の対象とした路線は表1のとおりである。なお、道路交通センサスの調査対象は高速自動車国道、都市高速道路、一般国道、主要地方道である都道府県道及び指定市の市道、一般都道府県道、指定市の一部の一般市道であり、自排局に隣接する道路のうち道路交通センサスの調査対象外の路線の交通量は含めていない。

併せて、国立環境研究所が公表している大気汚染常時監視データファイル⁵⁾を用いて、自排局19地点における2011～2022年度の窒素酸化物（以下、「NO_x」という。）の大気濃度の年平均値を算出した。また、EC及びNO_xの大気濃度と自動車走行量との関係を調べるため、国土交通省が公表している「自動車燃料消費量統計年報（2011～2022年度）」⁶⁾の燃料別、地方運輸局別の走行キロ（ガソリン、軽油）のデータを集計した。

3. 結果と考察

3.1 PM_{2.5}質量濃度及びEC大気濃度の経度分布

自排局19地点におけるPM_{2.5}質量濃度及びEC大気濃度の年平均値と経度分布を図2に示す。なお、ここでは経年変化が見やすいよう代表的な年度のみ表示している。PM_{2.5}質量濃度は西側が高く東側が低い傾向であった一方、EC大気濃度はこうした傾向は見られなかった。越境汚染の影響によりPM_{2.5}の年平均値は西高東低の傾向に

表1 自排局（19地点）に隣接する集計対象路線一覧

測定局名	集計対象路線
名取自排	一般国道4号
苦竹	一般国道45号
甲州街道国立	八王子国立線
打越町	一般国道16号（八王子バイパス）
青葉台	一般国道246号
池上測定局	東京大師横浜線、高速神奈川1号 横羽線
茅ヶ崎駅前交差点	一般国道1号、丸子中山茅ヶ崎
元塩公園	一般国道23号
大平	一般国道1号、岡崎環状線
千竈*	一般国道1号
自排南	一般国道1号
東大阪市環境衛生検査センター	大坂中央環状線、近畿自動車道
吹田簡易裁判所	一般国道479号
出来島小学校	一般国道43号
砂田子ども広場	米谷昆陽尼崎線
津門川	一般国道43号、高速神戸西宮線
船場自排	一般国道2号
林崎	明石高砂線
長津	一般国道2号

*千竈に隣接する名古屋市道高速2号については、測定局との高低差が大きいため集計対象外とした。

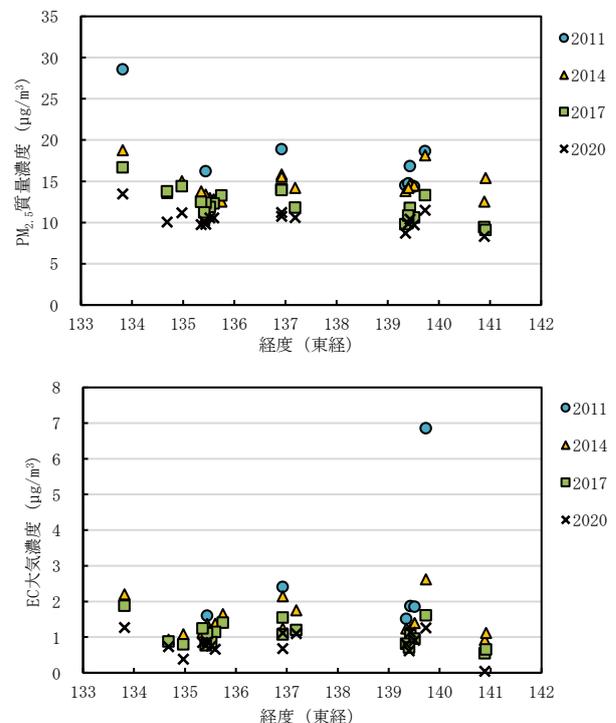


図2 PM_{2.5}質量濃度（上）及びEC大気濃度（下）の年平均値と測定地点の経度の関係

あることが報告されているが⁷⁾、EC大気濃度は特定の測定局において高い傾向にあったことから、越境汚染よりも地域汚染の影響を強く受けていたことが示唆された。

3.2 自排局におけるEC大気濃度と交通量の関係

2015年度における自排局19地点に隣接する路線(表1)の24時間自動車類交通量(上下合計)(以下、「24時間交通量」という。)とEC大気濃度の年平均値の関係を図3に示す。大型車だけの24時間交通量は、津門川(兵庫県)、東大阪市環境衛生検査センター(大阪府)、元塩公園(愛知県)、池上測定局(神奈川県)、大平(愛知県)の順に高かった。大型車・小型車の合計は東大阪市環境衛生検査センター、津門川、池上測定局、大平、元塩公園の順に高く、大型車だけの場合と似た傾向であった。24時間交通量とEC大気濃度の年平均値との関係において、池上測定局、元塩公園及び大平は他の測定局に比べ24時間交通量、年平均EC大気濃度が共に高く、傾向が一致していた。一方、東大阪市環境衛生検査センター及び津門川は24時間交通量が多いものの、EC大気濃度の年平均値は他の測定局と比べて高くなかった。東大阪市環境衛生検査センターと津門川はいずれも地上道路のほか高架道路が隣接しているため交通量が相対的に多かったが、一方で道路と自排局との間に距離があったことから、EC大気濃度が高くなかったのではないかと考えられた。

甲州街道国立(東京都)、船場自排(兵庫県)、林崎(兵庫県)及び長津(岡山県)は24時間交通量に対しEC大気濃度の年平均値が高い傾向にあった。甲州街道国立は隣接する路線の混雑度が集計対象とした路線の中で最も高く、慢性的に混雑状態であったと推測されること

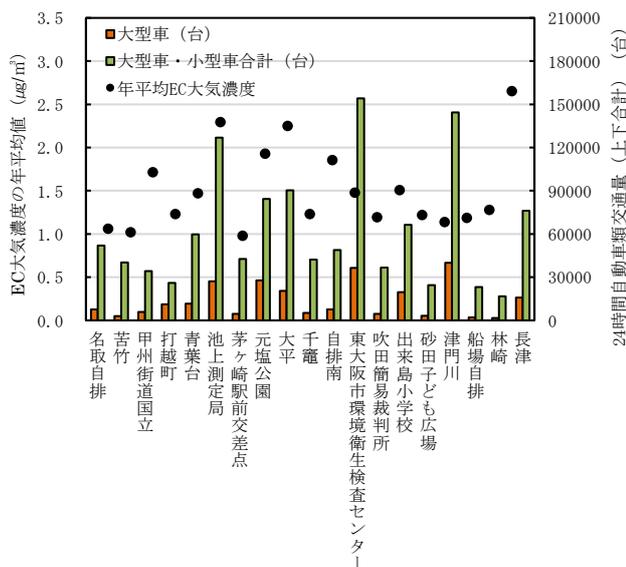


図3 自排局(全国19地点)におけるEC大気濃度の年平均値と隣接する路線の交通量の関係(2015年度)

から、相対的に交通量に対する自動車排出ガスの排出量が多くなり、EC大気濃度が高くなった可能性が考えられた。船場自排、林崎及び長津については、2015年度の夏季にEC大気濃度が例年より高濃度であり、この影響でEC大気濃度の年平均値が高くなったと考えられた。2015年度の夏季はPM_{2.5}が広域的に数日間にわたり高濃度となり、高濃度要因として越境汚染、地域汚染のいずれも示唆されたと報告されている⁸⁾。船場自排、林崎及び長津はいずれも西日本の瀬戸内海に面した立地であり、自動車以外の要因でEC大気濃度が高くなった可能性が考えられた。

3.3 自排局と一般局における年平均EC大気濃度の差の経年変化

自排局19地点とその近くに位置する一般局との年平均EC大気濃度の差の経年変化を図4に示す。自排局と一般局におけるEC大気濃度の差は主に自動車排出ガスの影響によるものと考えられるが、近畿の一部の測定局を除き年々減少傾向であり、自動車排出ガス由来の大気中ECが年々減少してきていることが示唆された。特に、3.2において交通量が多くEC大気濃度の年平均値が高いと述べた自排局(池上測定局、元塩公園、大平)では、測定開始時から2022年度まで(大平は測定を実施していた2020年度まで)に一般局との年平均EC大気濃度の差が約8割減少していた。

一方、兵庫県内の測定局は測定開始時から自排局と一般局の差が小さい傾向であったが、この要因として、瀬戸内海側に交通量の多い幹線道路や工場等が立地しており、海岸から山までの距離が比較的近いという地理的特徴から、自排局と一般局の年平均EC大気濃度にあまり差がみられなかったのではないかと考えられた(図5)。

3.4 自排局におけるEC及びNOx大気濃度の推移と自動車排出ガス規制の関係

自排局19地点における2011~2022年度のNOx及びECの大気濃度の年平均値の間には正の相関が見られた(図6)。NOx及びECの大気濃度の年平均値の推移を図7に示す。図7ではNOxとECのスケールは測定局ごとに異なるが、いずれの測定局においても両者の低下傾向は概ね同じように進んできていた。一方、2011~2022年度における燃料別、地方運輸局別の自動車走行量(ガソリン、軽油)は、2020年度に新型コロナウイルス感染症の影響を受けて減少した以外は、年々横ばい~微増傾向であった。

国内において自動車の排出ガス規制が開始されたのは1966年であるが、その後NOx排出量の規制が1973年に、ディーゼル自動車の排出ガス中に含まれる粒子状物質(以下、「PM」という。)排出量の規制が1994年に開始

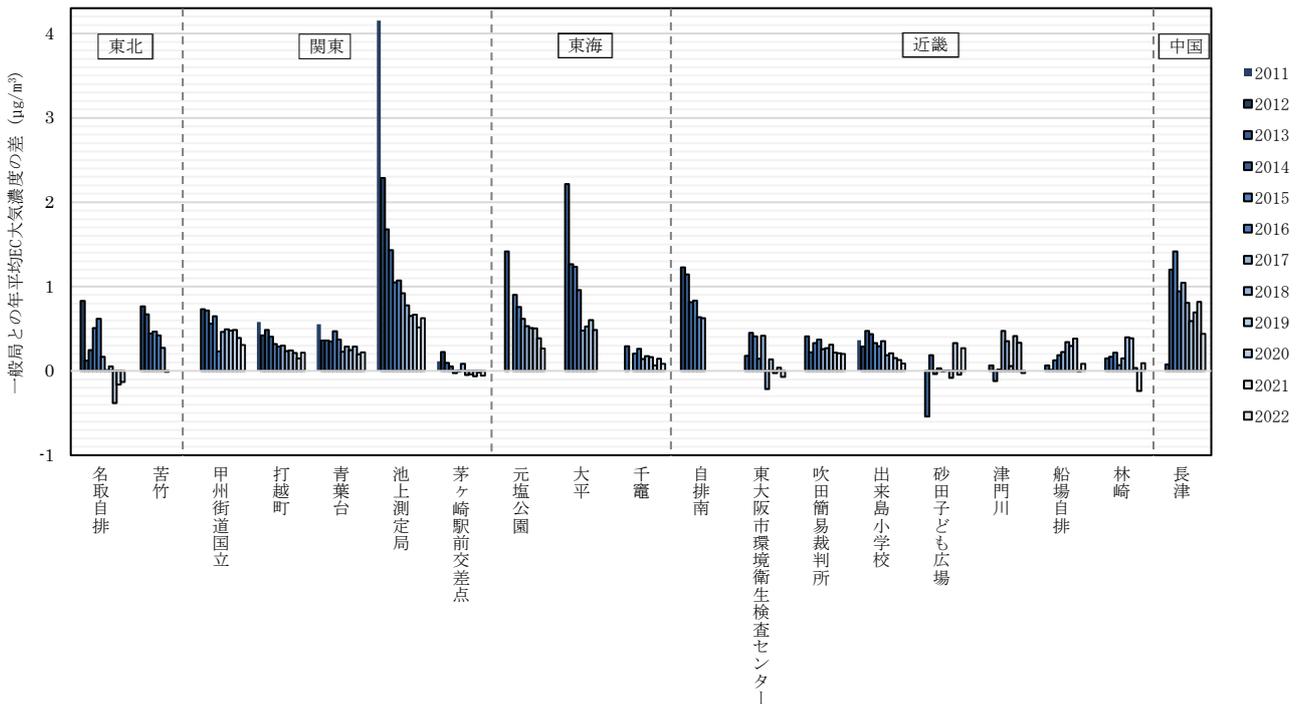


図4 自排局（全国19地点）における一般局との年平均EC大気濃度の差の経年変化（2011～2022年度）※

※自排局または比較対象の一般局においてEC大気濃度の測定を実施していない年度についてはグラフから除外した。

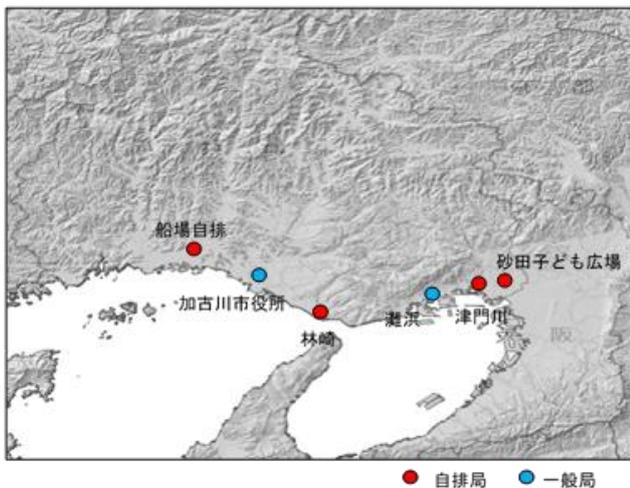


図5 兵庫県周辺の地形及び測定局の配置図

され、段階的に強化されてきた。2001年には自動車NO_x・PM法が制定され、大都市圏における車種規制が行われるとともに、各自治体が条例等により流入車規制を行ってきており、自動車NO_x・PM法対象地域における基準適合車への置き換えが進んできたことが報告されている⁹⁾。この報告によれば、対象地域内における普通貨物車の規制区分別通行台数比率は、2011年では長期規制（1997～1999年規制）・新短期規制（2002～2004年規制）・新長期規制（2005年規制）で大部分を占めていたが、その後ポスト新長期規制（2009年規制）適合車の割合が徐々に増加するとともに長期規制・新短期規制適合車の割合が減少し、2018年にはポスト新長期規制適合車の割合が全

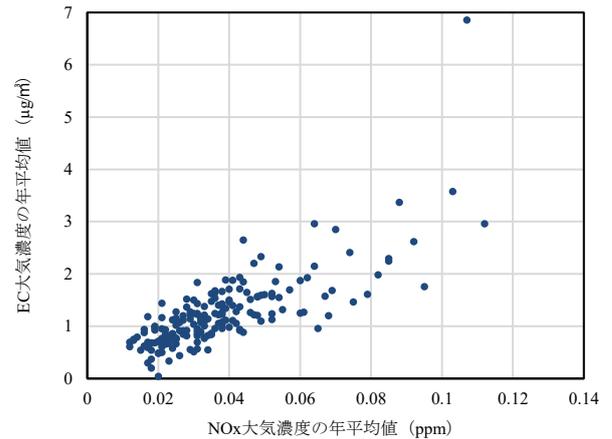


図6 自排局（全国19地点）におけるEC大気濃度及びNO_x大気濃度の年平均値の関係（2011～2022年度）

体の4割に達した。ポスト新長期規制適合車には酸化触媒やSCR (Selective Catalytic Reduction) 触媒等のNO_x触媒、DPF (Diesel Particulate Filter) が装着されており、これによりNO_xとPMの同時低減が進み、ディーゼル重量車の規制値は長期規制に比べてNO_xでは88%減、PMでは99%減、新短期規制に比べてNO_xでは85%減、PMでは97%減となっている¹⁰⁾。こうしたことから、自動車NO_x・PM法対象地域内はもとより、それ以外の地域でもポスト新長期規制適合車の走行が多くなる傾向が広がった結果、全国的に自排局のEC大気濃度がNO_x大気濃度と同様に低下したのではないかと考えられる。

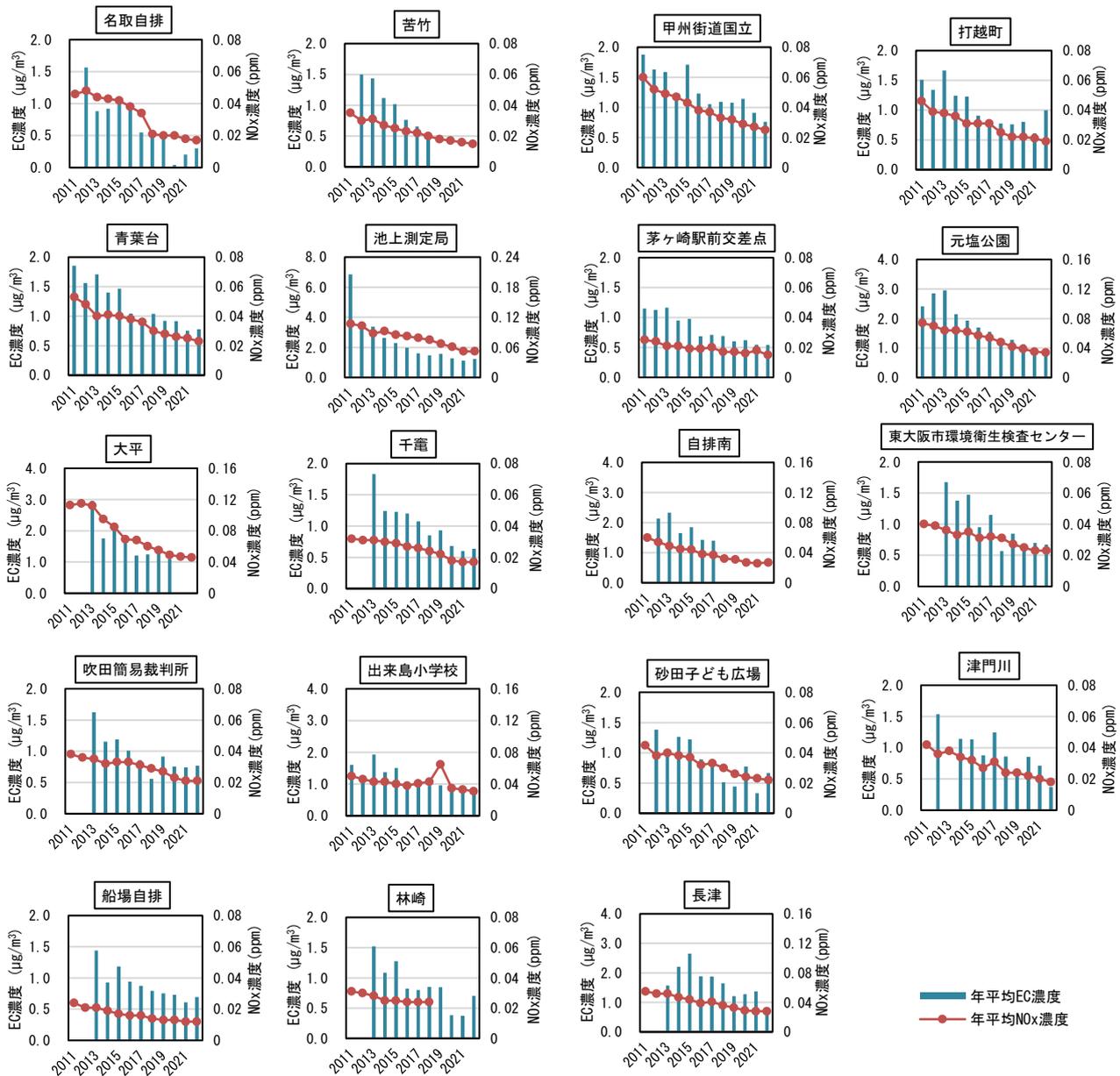


図7 自排局（全国19地点）におけるEC大気濃度及びNOx大気濃度の年平均値の推移（2011～2022年度）

4. まとめ

全国の自排局19地点について、2011～2022年度のPM_{2.5}成分分析結果を解析し、以下の知見を得た。

- 1) PM_{2.5}質量濃度は越境汚染の影響から西高東低の傾向を示すが、EC大気濃度にはその傾向が見られず、地域汚染の寄与が示唆された。
- 2) 24時間交通量の多い路線に隣接する自排局はEC大気濃度の年平均値が高い傾向にあったが、傾向が一致しない自排局もあった。これは、自排局と道路との距離や慢性的な混雑状況、一時的な高濃度傾向が影響したと考えられた。
- 3) 自排局とその近くに位置する一般局との年平均EC大気濃度の差は、近畿の一部の測定局を除き年々減少傾向であり、最大で約8割減少していた。この

ことから、自動車排出ガス由来のPM_{2.5}が年々減少してきていることが示唆された。

- 4) 自排局における2011～2022年度のNOx及びECの大気濃度の年平均値はいずれの測定局においても年々減少傾向であり、両者の間には正の相関がみられた。これは、自動車排出ガス規制や自動車NOx・PM法に伴うポスト新長期規制適合車への置き換えが寄与したと考えられた。

5. 謝辞

本報の内容は、全国の地方環境研究所と国立環境研究所によるⅡ型共同研究「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み」（2022～2024年度）において行われ、データ整理や解析におきま

してはPM_{2.5}長期解析グループのメンバーにご協力いただきました。また、自動車排出ガスの規制とEC・NO_x大気濃度の変化について小林伸治氏（元国立環境研究所）にご助言をいただきました。ここに感謝申し上げます。

6. 引用文献

- 1) 環境省：微小粒子状物質（PM_{2.5}）の成分分析ガイドライン，
<https://www.env.go.jp/content/900403675.pdf>
(2026.1.30アクセス)
- 2) 国土交通省：昭和44年度運輸白書，
<https://www.mlit.go.jp/hakusyo/transport/shouwa44/index.html> (2026.1.30アクセス)
- 3) Makiko Yamagami, Fumikazu Ikemori, Shinji Wakamatsu, Kazuo Osada : Trends in PM_{2.5} Concentration in Nagoya, Japan, from 2003 to 2018 and Impacts of PM_{2.5} Countermeasures. *Atmosphere*, **12(5)**, 590, 2021
- 4) 国土交通省：平成27年度全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査，
<https://www.mlit.go.jp/road/census/h27/>
(2026.1.30アクセス)
- 5) 国立環境研究所：環境展望台大気汚染常時監視データ，
<https://tenbou.nies.go.jp/download/>
(2026.1.30アクセス)
- 6) 国土交通省：自動車燃料消費量統計年報（2011～2022年度），
https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00600370&kikan=00600&tstat=000001051698&cycle=8&result_page=1&tclasslval=0 (2026.1.30アクセス)
- 7) 長谷川就一，寺本佳宏，武直子：全国常時監視データの解析によるPM_{2.5}の経年推移と地域の特徴，*全国環境研会誌*，**45(2)**，22-28，2020
- 8) 梶田奈穂子，中島亜矢子，池田光広，山本真緒，中坪良平，寺本佳宏，山神真紀子，牧野雅英，木戸瑞佳，花岡良信，武田麻由子，熊谷貴美代，遠藤昌樹，佐久間隆，長谷川就一，菅田誠治：2015年7，8月におけるPM_{2.5}高濃度事例の解析，第57回大気環境学会年会講演要旨集，204，2016
- 9) 環境省：自動車排出ガス総合対策小委員会（第12回）議事次第・配布資料，
https://www.env.go.jp/council/07air-noise/12_4.html (2026.1.30アクセス)
- 10) 国土交通省：新車に対する排出ガス規制について，
https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_tk10_000002.html (2026.1.30アクセス)

<報文>

有田川における底生動物相を用いた水質評価とその変遷*

崎山 智伊**

キーワード ①和歌山県 ②有田川 ③底生動物 ④水質評価

要 旨

底生動物相を用いた水質評価は、河川における底生動物の分布を調査することで河川の水質を評価する手法であり、一般的な理化学分析と比べ、中長期的評価が可能という特徴がある。本稿では、平成13年度と令和6年度に和歌山県の二級水系河川の一つである有田川を対象に底生動物相を用いた水質評価を実施し、その河川の水質の変遷を調査した。平均スコア法等3種類の評価法を用いて結果を比較したところ、いずれの評価法においても令和6年度は平成13年度に対して同等以上の水質を示し、有田川の水質が良好に保たれていると評価された。

1. はじめに

河川の水質評価は、環境基本法に基づく環境基準として定められた水素イオン濃度(pH)や生物化学的酸素要求量(BOD)などの項目を対象とする高精度な理化学分析により行う。しかしながら理化学分析は、採水した時点の水質を評価する手法であり、水質に異常が認められても、それが一時的なものか継続的なものか判断できない。この問題には生物学的評価である底生動物相を用いた水質評価が有効と考えられる。底生動物相を用いた水質評価は底生動物の種類との相関から河川の水質を評価する手法であるため、理化学分析に比べて精度が劣るが、底生動物の生息期間を反映した中長期的な水質評価を行うことができる。

和歌山県では平成6年度から平成16年度まで、河川の保全に関する検討を行う上で基礎となる底生動物の生態系に関するデータの取得と底生動物による水質評価を目的として和歌山県内の主要11河川を対象とした調査を実施してきた(以下、「第1次調査」と言う)。さらに平成28年度からは、良好な水環境が維持されているかを確認等するために、同一河川を対象とした「第2次調査」を実施しているところである。今回報告する有田川(図1)は、和歌山県の北東から紀伊水道にかけて流れる二級水系河川であり、その流域は「有田みかん」の栽培が有名である。平成13年に実施した第1次調査では、水質が良好で多種多様な生物が生息する環境と評価された¹⁾。

しかし、平成24年度及び平成25年度の公共用水域調査の結果で有田川の一部の環境基準点においてBOD75%値が環境基準を超過した経緯がある。そこで本研究では、令和6年度に有田川を対象とする第2次調査を実施し、底生動物相を用いた水質評価と第1次調査との変遷を明らかにした。また理化学分析で観測された水質異常について、底生動物相による中長期的な観点から評価したので、報告する。



図1 有田川 (St. 6田殿橋周辺にて撮影)

*Evaluation of water pollution and its transition using benthic fauna in the Arida River

**Tomotada SAKIYAMA (和歌山県環境衛生研究センター) Wakayama Prefectural Research Center of Environment and Public Health

2. 調査方法

2.1 調査地点

調査地点を図2に示す。

有田川の上流より八幡橋 (St. 1), 鳥居橋 (St. 2), 消防署前 (St. 3), 榎瀬橋 (St. 4), 東川橋 (St. 5), 田殿橋 (St. 6) の6地点で, 第1次調査と同じ地点とした。St. 1およびSt. 2は森林に囲まれ数軒の民家がある地域, St. 3, St. 4, St. 5およびSt. 6は住宅や商業施設などが立ち並ぶ地域であり, St. 3とSt. 4の区間には二川ダムが設置されている。

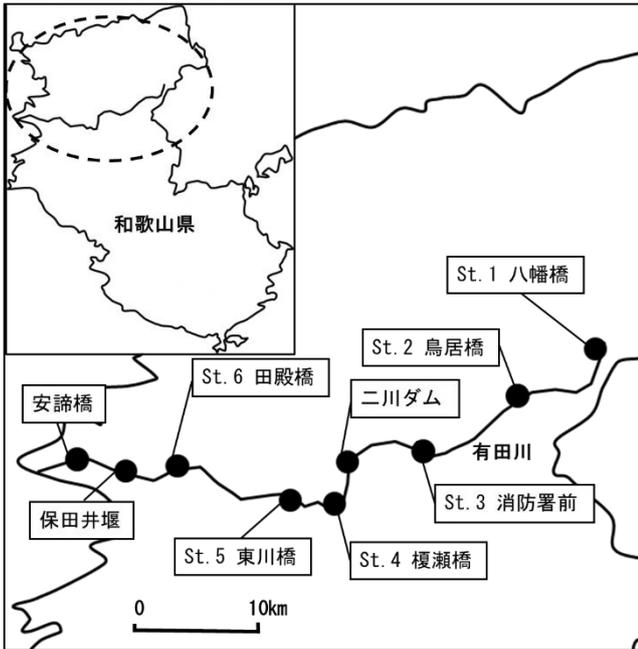


図2 有田川の調査地点

2.2 底生動物の採取と同定方法

調査は前期 (春) と後期 (秋) の2回実施した。採取方法は, 環境省の水生生物による水質評価法マニュアル²⁾に基づくキック&スイープ法にて行った。同定・分類は「日本産水生昆虫」³⁾を参照し, 可能な限り種まで同定を行った。種の同定・分類が困難な場合は属, 科, 目とどめ, 便宜上それらを1種類として取り扱うこととした。

2.3 底生動物相を用いた水質評価

独自の特徴をそれぞれ持つ, 次の3種類の評価法により評価した。

平均スコア法は, 指標となる生物の科ごとに割り振られたスコアの平均から河川の清冽さを判定する評価法である。平均スコア値は1から10の値で表され, 7.5以上

は「とても良好」, 6.0以上7.5未満は「良好」, 5.0以上6.0未満は「やや良好」, 5.0未満は「良好とはいえない」とする4つの階級で判定される。

汚濁指数法は, 指標となる生物が科のみならず種類によっては属, 種ごとに1.0から4.0の値が割り振られた指標値とその種類ごとの出現頻度を用いて河川の清冽さを判定する評価法である。汚濁指数は, 1.0~1.5を貧腐水性水域, 1.5~2.5をβ-中腐水性水域, 2.5~3.5をα-中腐水性水域, 3.5~4.0を強腐水性水域とする4つの階級で判定される。

多様性指数法は, 多種多様な生物が生息する環境かを総個体数と各種類の個体数を用いて判定する評価法である。多様性指数は0以上の値で表され, 値が大きいほど多種多様な生物が生息できる環境と判定される。なお, 多様性指数は上記の平均スコアや汚濁指数のように, 絶対数で河川の清冽さを表す指標はなく, 相対的な評価として用いられる。

2.4 理化学的環境要因調査

底生動物の採取と併せて現地調査および河川水を採水し, 理化学分析を行った。現地調査については, 気温, 水温, 流水幅, 水深, 流速を測定した。理化学分析として, 水素イオン濃度 (pH), 生物化学的酸素要求量 (BOD), 化学的酸素要求量 (COD), 浮遊物質 (SS), 溶存酸素量 (DO), 電気伝導率, 全窒素, 全リン, 全亜鉛について分析した。

3. 結果および考察

3.1 底生動物相を用いた水質評価および水質評価の変遷

3.1.1 底生動物相

各地点での採取された底生動物の種類・科数を表1, 第1および第2優占種を表2に示す。

本調査の総種数・総科数は第1次調査とほぼ同数であり, 評価に十分な数を採取した。

優占種については, 汚濁指数法における貧腐水性水域およびβ-中腐水性水域を示す指標生物が優占する傾向があった。このことは第1次調査と同様の傾向である。また, St. 3消防署前の後期時にカミムラカワゲラやSt. 5東川橋の後期時にフタツメカワゲラ属sp. (図3) といった他の河川であまり優占種として出現しないカワゲラ科の生物が現れており, 有田川は他の河川と比べカワゲラ科の割合が高いことがわかった。

表1 種数及び科数

地点番号	地点名	採取時期	総種数	総科数
St.1	八幡橋	前期	34	20
		後期	33	18
St.2	鳥居橋	前期	46	21
		後期	28	15
St.3	消防署前	前期	38	18
		後期	29	19
St.4	榎瀬橋	前期	41	20
		後期	41	20
St.5	東川橋	前期	28	16
		後期	27	12
St.6	田殿橋	前期	32	16
		後期	20	13
第1次調査			17~38	13~21

表2 優占種

地点番号	地点名	採取時期	第1優占種	第2優占種
St.1	八幡橋	前期	コカゲロウ科	ヌカカ科
		後期	オオマダラカゲロウ	ウルマーシマトビケラ
St.2	鳥居橋	前期	キイロヒラタカゲロウ	コガタシマトビケラ
		後期	コガタシマトビケラ	シロタニガワカゲロウ
St.3	消防署前	前期	ヒメドロムシ亜科	ヤマトビケラ属sp.
		後期	ヒメドロムシ亜科	カミムラカワゲラ
St.4	榎瀬橋	前期	コカゲロウ科	コガタシマトビケラ
		後期	コカゲロウ科	コガタシマトビケラ
St.5	東川橋	前期	ヨシノマダラカゲロウ	キブネタニガワカゲロウ
		後期	フタツメカワゲラ属sp.	シロタニガワカゲロウ
St.6	田殿橋	前期	ヨシノマダラカゲロウ	エルモンヒラタカゲロウ
		後期	コカゲロウ科	コガタシマトビケラ



図3 カミムラカワゲラ (左) 及びフタツメカワゲラ属 sp. (右)

3.1.2 平均スコア値

前期・後期の値を平均して(以下、汚濁指数および多様度指数においても同様), 第1次調査と第2次調査の平均スコア値を比較した結果を図4に示す。

第1次調査ではSt. 4榎瀬橋のみが「とても良好」を示す7.5以上の数値であったが, 第2次調査ではすべての地点で「とても良好」であった。これは, 第1次調査でわずかに出現したミミズ網(スコア値1)やヒル網(スコア値2)といったスコア値の低い底生動物が, 第2次調査ではほとんど出現しなかったためである。

3.1.3. 汚濁指数

汚濁指数を比較した結果を図5に示す。

第1次調査はすべての地点で「貧腐水性水域」を示す。

す。1.5以下であったものの, St. 6田殿橋の地点においてやや高い数値を示していた。第2次調査では同じくすべての地点で「貧腐水性水域」を示す1.5以下で他の地点とほぼ同等の水質を示した。

3.1.4 多様度指数

多様度指数を比較した結果を図6に示す。

多様度指数については, 上記の平均スコア値と汚濁指数のような絶対値で河川の清濁さを示す指標はないが, 第1次調査ではすべての地点で4未満であったのに対し, St. 2鳥居橋とSt. 4榎瀬橋においては多様度指数が4を超える値であったことから同等かそれ以上の水質を示した。

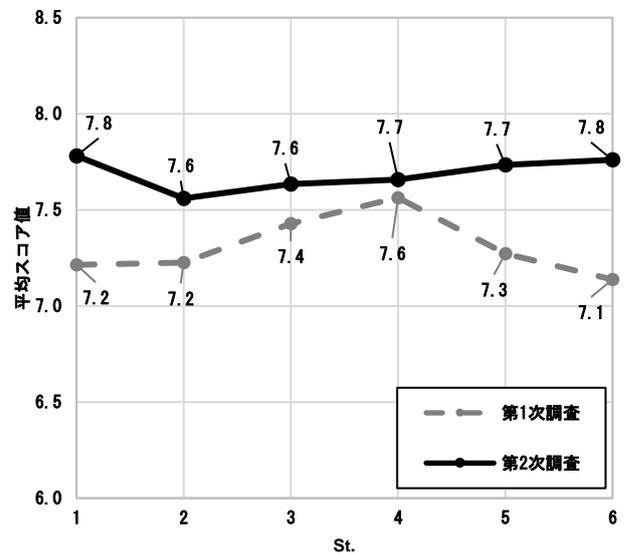


図4 平均スコア値の比較

(前期・後期の値を平均した値を表示)

(第1次調査時のスコア値は水生生物による水質評価法マニユアルー日本版平均スコア法ーに換算した値を表示)

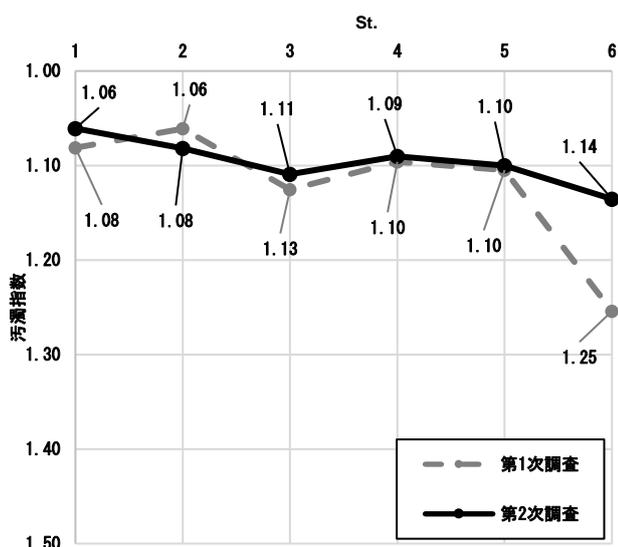


図5 汚濁指数の比較

(前期・後期の値を平均した値を表示)

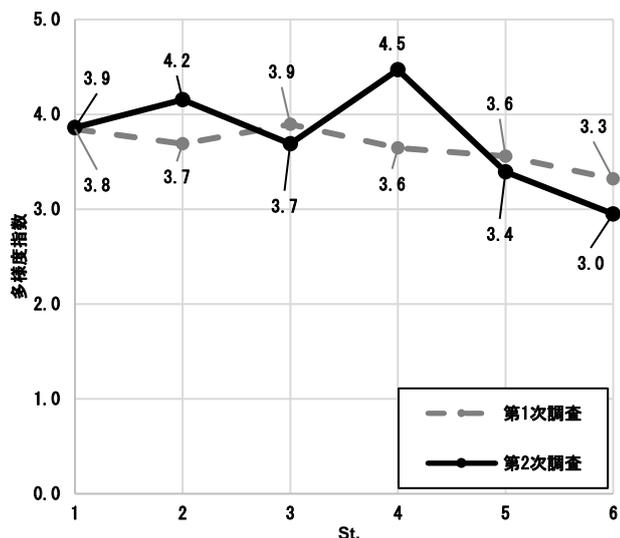


図6 多様度指数の比較

(前期・後期の値を平均した値を表示)

3.2 理化学分析による水質異常に対する中長期的評価

各地点の理化学分析の結果を表3に示す。

6地点中5地点は前期・後期で環境基準に適合したものの、St.1八幡橋については後期において、BODが2.1 mg/Lとなり、環境基準(2mg/L)を超過した。この原因は、周辺に数軒の民家があることから生活排水によるものと考えられるが、水質異常が一時的なものか継続的なものは判断が難しい。一方で、底生動物を用いた水質評価では異常が認められず、St.1の水質は中長期的に安定していることから、理化学分析で観測された水質異常は一時的なものであったと判断できる。

4. まとめ

今回、有田川を対象とする第2次調査を実施した。生物学的評価の結果、いずれの地点においても清潔な水域であり、第1次調査と比較しても同等以上の水質を示した。理化学分析において発生した水質異常についても一時的なものと考えられる。第1次調査と第2次調査の期間で発生した平成24年度および25年度における水質悪化も含めて、現在の底生動物相にはほとんど影響がないことが本調査から示唆された。

5. 引用文献

- 1) 猿棒康量他：底生動物相を用いた河川の水質評価－有田川－. 和衛公研年報, 48, 40-45, 2002
- 2) 環境省水・大気環境局：水生生物による水質評価法マニュアル－日本版平均スコア法－, 2017
- 3) 川合禎次・谷田一三共編：日本産水生昆虫一科・属・種への検索－(第二版), 東海大学出版部, 2018

表3 理化学分析の結果

地点番号	地点名	採取時期	気温(°C)	水温(°C)	流水幅(m)	水深(cm)	流速(cm/s)	電気伝導度(mS/m)	DO(mg/L)	pH	BOD(mg/L)	COD(mg/L)	SS(mg/L)	全窒素(mg/L)	全リン(mg/L)	全亜鉛(mg/L)
St.1	八幡橋	前期	20.4	15.5	14	20	41	0.058	8.9	7.4	<0.5	0.9	<1	0.52	0.013	<0.001
		後期	23.9	15.0	16	30	55	0.066	9.2	7.4	2.1	1.1	<1	0.30	0.016	<0.001
St.2	鳥居橋	前期	19.6	17.1	40	25	82	0.079	10	7.3	0.6	0.9	6	0.26	0.021	<0.001
		後期	20.9	16.0	21	35	72	0.070	11	7.3	1.2	0.8	<1	0.41	0.010	<0.001
St.3	消防署前	前期	22.4	15.9	29	30	38	0.071	10	7.4	0.5	0.6	<1	0.21	0.008	<0.001
		後期	22.4	16.0	30	20	73	0.083	11	7.4	1.0	0.9	<1	0.44	0.011	<0.001
St.4	榎瀬橋	前期	14.4	12.8	21	40	49	0.050	8.9	7.9	0.9	1.1	<1	0.12	0.007	<0.001
		後期	15.7	15.0	22	40	95	0.069	8.8	8.0	1.1	1.1	1	0.27	0.007	<0.001
St.5	東川橋	前期	15.4	15.8	19	30	73	0.077	8.9	8.0	0.9	1.5	1	0.21	0.014	<0.001
		後期	17.3	15.1	22	30	58	0.076	10	7.9	1.1	1.8	7	0.46	0.025	<0.001
St.6	田殿橋	前期	21.2	15.5	29	30	64	0.073	8.9	7.9	0.7	1.2	<1	0.32	0.011	<0.001
		後期	18.1	16.8	42	20	64	0.090	10	7.8	1.2	1.8	2	0.62	0.015	<0.001
環境基準			-	-	-	-	-	-	7.5	6.5~8.5	2	-	25	-	-	<0.03

<報文>

広島湾及び燧灘における アサリの成育・成熟の地域差と餌料環境*

後田俊直**・濱脇亮次**

キーワード ①アサリ ②クロロフィルa ③餌料環境 ④貧栄養 ⑤広島湾

要 旨

相対的に富栄養な広島湾と貧栄養な燧灘の干潟においてアサリの成育・成熟について実態調査を行い、これらに差が生じた要因について各干潟の餌料環境により考察した。アサリは、広島湾の干潟では年間を通して成長するのに対して、燧灘の干潟では11月から5月にかけて成長が停滞した。肥満度は広島湾の干潟が総じて高く、肥満度及び群成熟度の結果から、広島湾の産卵盛期は春季と秋季の2回、燧灘では夏～秋季の1回のみと推察された。直上水のクロロフィルaは、広島湾の干潟で高く、特に燧灘で成長が停滞する11月から5月にかけては、5倍以上の差があり、アサリの成長・成熟の地域差は餌料環境に起因していることが推察された。また、底生付着藻類の巻き上がり易さが直上水のクロロフィルaの上昇に寄与し、アサリの成長・成熟の地域差に関与していることが示唆された。

1. はじめに

瀬戸内海は、かつて「瀕死の海」と言われるほど水質が悪化し、赤潮の発生により水産業に多大の被害が生じた。しかし、その後の環境保全施策の効果によって、水質は改善されたものの、流入負荷の減少に伴う「貧栄養化」が問題となってきた¹⁾。貧栄養化の水産への影響については、まずノリ養殖で、次いでアサリ養殖でも認識され、現在では魚介類全般で懸念されてきている²⁾。栄養塩類が減少すると、沿岸生態系の一次生産者である植物プランクトンや底生微細藻類の量が減少し、海域の生物生産性が低下する。これらの減少は、それを餌とする魚介類の減少に直結し、漁獲量の減少につながる。

このような状況を受けて、2015年に瀬戸内海環境保全特別措置法が改正され、生物の多様性や生産性が確保された「豊かな海」を目指すことが明確にされた。さらに2021年の改正では、栄養塩類管理制度が創設され、特定の海域への栄養塩類供給が可能となった。瀬戸内海は多くの湾・灘で構成されており、海域ごとの環境特性は異なる。このため、それぞれの湾・灘の実情に応じた「順応的な管理」の考え方や十分なモニタリングに基づいた対策が求められている。

一方、アサリは身近な水産物の一つであるが、漁獲量は1980年代以降大幅に減少し、瀬戸内海では1985年の約

4.5万トンから2020年には75トンまで激減した³⁾。この要因として、埋め立て、乱獲、病害、貧酸素などが挙げられているが、近年は貧栄養化による餌不足が指摘されている⁴⁾。広島県は、現在、瀬戸内海一のアサリの産地であり、漁業者による養殖や地域住民による保全活動が盛んに行われているが、県内のアサリの漁獲は、広島湾及び県東部の尾道地区に限られており、県中部での漁獲はほとんどない。

本報では、相対的に富栄養な広島湾と貧栄養な県中部の燧灘においてアサリの成育・成熟についての実態調査を行い、成育・成熟の地域差が生じた要因について各干潟の餌料環境により考察したので報告する。

2. 方法

2.1 試験場所の概要

試験は、広島湾内に位置する広島県廿日市市宮島町及び燧灘に位置する呉市安浦町の干潟で行った(図1)。いずれも前浜干潟である。各地点の近隣にある環境省広域総合水質調査⁵⁾における全窒素(TN)、全リン(TP)及びクロロフィルaの2019～2023年の5年間の平均値を表1に示す。これらはいずれも広島湾で高く、特にアサリの餌料の指標となるクロロフィルaは、広島湾7.5 μg/L、燧灘1.7 μg/Lと広島湾の方が4倍以上高くなっていた。相対的

*Regional Differences of Growth and Sexual Maturation of Manila-clam, *Ruditapes philippinarum* between Hiroshima Bay and Hiuchi-nada, and Effects of Their Food Environment.

**Toshinao USHIRODA, Ryoji HAMAWAKI (広島県立総合技術研究所保健環境センター)

Hiroshima Prefectural Technology Research Institute, Public Health and Environment Center

に広島湾は富栄養、燧灘は貧栄養な海域といえる。

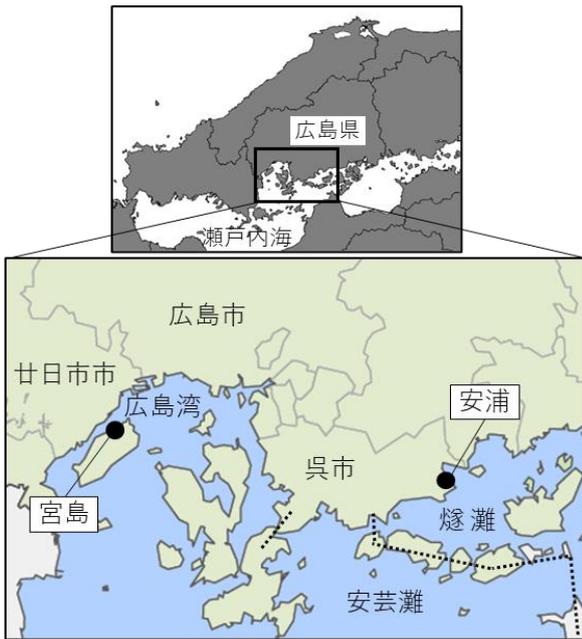


図1 広島湾及び燧灘における調査地点

表1 広島湾及び燧灘における全窒素、全リン及びクロロフィルaの年平均値（2019～2023年の5年間の平均値）

海域	測定地点	TN (mgN/L)	TP (mgP/L)	クロロフィルa ($\mu\text{g/L}$)
広島湾	広島県411	0.24 (0.19~0.27)	0.026 (0.023~0.029)	7.5 (4.1~13.1)
燧灘	広島県363	0.13 (0.12~0.14)	0.021 (0.018~0.025)	1.7 (1.1~2.0)

カッコ内は、（最小値～最大値）を示す。

2.2 アサリの育成試験

クロダイ等の捕食を避けるために、網袋（収穫ネット袋10kg用、ポリエチレン製、350mm×600mm）に砂を封入し、この中でアサリを育成した。アサリの成長は、地盤高により差が生じるので、いずれの干潟も網袋はDL+0.9m程度の位置に10個程度設置した。試験は、2021年～2024年の間に3回行い、アサリの成長と成熟の指標として、殻長、生残、肥満度及び群成熟度を定期的に測定した。育成試験の期間と測定項目を表2に示す。第1期及び第2期は7月、第3期は9月に試験を開始し、アサリ稚貝を1袋当たり50個体収容した。供試稚貝は、宮島で採捕した稚貝を用い、安浦にはこの稚貝を移植した。なお、試験開始時のアサリの平均殻長は、第1期及び第2期は12～14mm程度、第3期は約18mmであった。アサリの殻長及び生残の測定は概ね2ヶ月に1回の頻度で行った。生残の測定は、網袋内のアサリを取り出し、個体数を計数し（n=3）、開始時からの生残率を求めた。殻長はうち1袋をデジタルノギスにより計測した。これらの計測は毎回同じ網袋で行い、計測後は砂とともに元の網袋に再収容し、試験を継続した。

肥満度及び群成熟度は、宮島では1ヶ月に1回、安浦では2ヶ月に1回の頻度で測定した。これらの測定は、上記の3袋を除く複数の網袋から殻長25～30mmのアサリを計6～10個体程度取り出し実験室に持ち帰り測定した。なお、網袋には予備の網袋から同サイズのアサリを同数補充して試験を継続した。肥満度はアサリの栄養状態（身入り）の指標であり、次式により算出した。肥満度の値に対応するランク及び栄養状態を表3に示す⁶⁾。

$$\text{肥満度} = \frac{\text{軟体部湿重量(g)}}{\text{殻長(mm)} \times \text{殻高(mm)} \times \text{殻幅(mm)}} \times 10^5$$

群成熟度は、生殖巣の発達状態を目視により表4に示すようにA～Cの3段階に評価し、安田らの簡易成熟度判別法⁷⁾に準じて次式により算出した。これらは、肥満度を測定した個体について行った。

$$\text{群成熟度} = \frac{n_1A + n_2B + n_3C}{N}$$

(n_1, n_2, n_3 :それぞれA, B, Cと判定された個体数, N:総個体数)

表2 育成試験の日程と測定項目

	期間	殻長	生残	肥満度	成熟度
第1期	2021年7月～2023年7月	○	○		
第2期	2022年7月～2024年12月			○	
第3期	2023年9月～2024年12月			○	○

表3 アサリ肥満度と栄養状態

ランク	肥満度	状態
A	20.1以上	産卵期でたいへん身入りが良く、太っている。
B	15.1～20.0	身入りが良好である。波浪減耗の危険はない。
C	12.1～15.0	やや身が落ちていますが、減耗が起きることは少ない。
D	8.1～12.0	身入りが悪く、活力が低い。減耗が起きる可能性がある。
E	8.0以下	身入りが非常に悪く、減耗が起きる危険が高い。栄養状態が悪いため、強い洗掘がなくても死亡する（餓死）可能性がある。

表4 アサリ生殖巣の成熟度判別基準

成熟段階	数値	生殖巣の成熟具合
A	1	生殖巣は充満し、表面が全体に乳白色を呈す。
B	0.5	生殖巣は内臓部の約1/2またはそれ以下を覆い乳白色を呈す。
C	0	生殖巣（乳白色）はほとんどない。



2.3 餌料環境調査

餌料環境を示す指標として干潟直上水と底質のクロロフィルa（Chl-a）を測定した。干潮時に干潟直上水（底上約20cm）及び底質（表層1cm層）を採取し、アセトン抽出法⁸⁾により行った。干潟直上水は、2022年7月～2024年11月の期間に、底質は、2022年5月～2024年3月の期間に2ヶ月に1回の頻度で行った。また、干潟の底生付着藻類の巻き上げを評価するため、2024年3月及び7月にアクリル

製円筒容器（内径105mm，高さ180mm）に表層土壌を深さ50mm程度コア採取した（n=3）。実験は図2に示す装置で行った。採取したコア内に直上水としてろ過海水を入れ、攪拌装置で攪拌速度100rpm，1分間攪拌後，直上水のChl-aを測定した。なお，攪拌速度100rpmは，目視で土壌粒子の巻き上げが確認できない程度のゆっくりとした速度である。

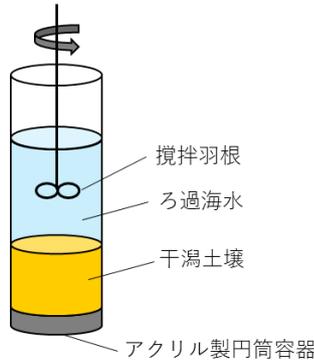


図2 巻き上げ実験装置

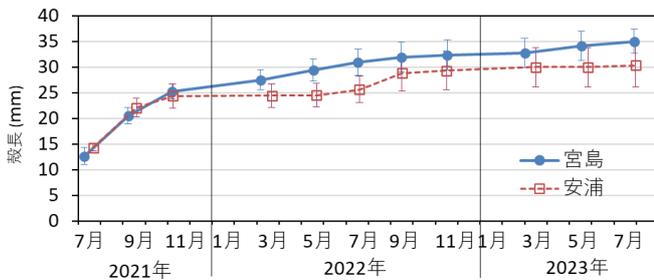


図3 アサリの平均殻長の推移

(エラーバーは標準偏差，n:測定時の生存個体数)

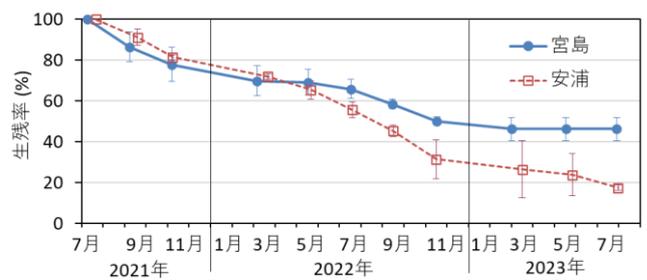


図4 アサリの生残率の推移

(エラーバーは標準偏差，n=3)

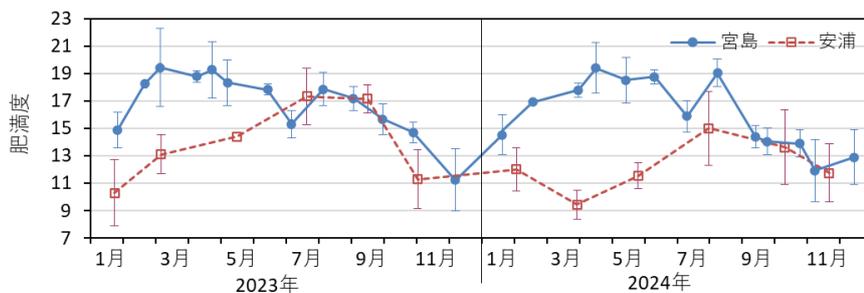


図5 アサリの肥満度の推移

(エラーバーは標準偏差，n=6~10)

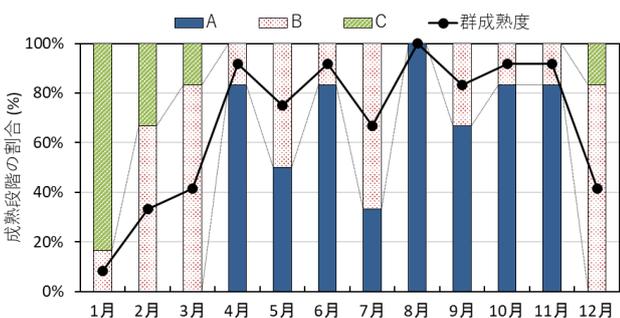


図6 アサリの群成熟度と成熟段階の割合の推移（宮島）

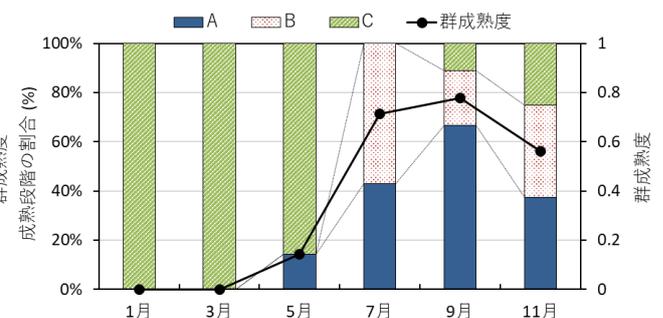


図7 アサリの群成熟度と成熟段階の割合の推移（安浦）

19.4)。その後6月にかけては比較的高く推移した。7月には一旦低下するが、8月に再びピークとなり、その後冬にかけて低下した。ランクB以上(15.1以上)の身入りが良好な状態は、2023年は2月から10月まで、2024年は2月から8月まで継続した。一方、安浦では春季にピークはなく、7~9月頃にピークとなった。ピーク時の肥満度の最大値は、2023年7月:17.3、2024年7月:15.0となっており、宮島と比べると低い値であり、身入りの良いランクB以上の期間も短くなっていた。また、肥満度は、ランクD以下(12.0以下)になると種々の原因により減耗が起りやすくなるといわれている⁶⁾。今回の調査期間中、宮島では肥満度がランクD以下となったのは2023年12月(11.2)の1回のみであった。それに対して安浦では、冬季から春季にかけてランクD以下になる場合が多く、特に2024年3月には最低値9.4であり、宮島と比べて身入りが悪く活力が低い期間が長くなっていた。この期間は成長が停滞する時期と一致していた。

宮島及び安浦における群成熟度及び成熟段階の割合をそれぞれ図6及び図7に示す。群成熟度は、0~1の値をとり、0に近いほどその個体群には未熟な個体が多く、1に近いほど成熟した個体が多い状態にあるといえる。この時系列曲線の極大付近が産卵放精開始期に当たり、曲線の下降する間が産卵放精期、上昇する間が生殖巣増大期、極小付近が休止期に当たると考えられている⁷⁾。群成熟度は、宮島では1月に極小となるが、その後上昇し、産卵期に向けて生殖巣が増大しているものと推察された。4月になるとAの性成熟した個体がみられるようになった。4~11月にかけては性成熟した個体の割合が高く、群成熟度も高い値で推移した。アサリの産卵ピークは、東京湾以南では春季と秋季の年2回といわれている⁹⁾。また、瀬戸内海ではアサリは4月頃から11月頃まで産卵し、広島湾では、浮遊幼生の調査により、5~6月と10~11月にピークがあると報告されている¹⁰⁾。今回の宮島の肥満度及び群成熟度の結果はこれを支持していた。一方、安浦では1~3月に群成熟度が極小となり、この期間は全ての個体が未成熟であった。5月以降から群成熟度は増加し9月に極大となった。この結果から、安浦では、春季には産卵は起こっておらず、産卵期は夏~秋季の1回のみであると推察された。

アサリの成長や成熟には水温や餌料環境が密接に関係しているといわれており^{9, 11, 12)}、アサリの殻長の伸び、肥満度、放卵・放精個体の比率は、いずれも摂餌量の多い方が高くなるのが室内実験により確認されている¹²⁾。今回の調査地点間では、水温の差は大きくないと考えられるため、餌料環境が影響しているものと考えられた。そこで、各干潟において餌料環境の調査を行った。

3.2 アサリの餌料環境

アサリは懸濁物食者であり、水中の植物プランクトンのみならず、砂泥表面から巻き上がった付着珪藻やデトリタスを餌としている^{13, 14)}。このため、一般的に植物色素量がアサリの餌料の指標とされている¹⁵⁾。宮島及び安浦における干潟直上水中のクロロフィルa、SS及びSSに対するクロロフィルaの割合(Chl-a/SS)の推移を図8に示す。クロロフィルaは総じて宮島の方が高く、調査期間中の平均値は、宮島:10.6 $\mu\text{g/L}$ 、安浦:4.6 $\mu\text{g/L}$ であった。SSの平均値は、宮島:38mg/L、安浦:35mg/Lと同程度であったが、Chl-a/SSは総じて宮島の方が高くなった。一般に懸濁物質中の無機物濃度が低い方がアサリのろ水活性は高く¹⁶⁾、Chl-a/SSの高い懸濁物ほど餌料価値が高いといわれている¹³⁾。このことからクロロフィルaの量・質の高い宮島の方がアサリの餌料環境として好適であると考えられた。ここで安浦でのアサリの成長期及び停滞期にそれぞれ相当する5~9月及び11~3月に分けて解析を行った。5~9月及び11~3月のクロロフィルaの平均値を図9に示す。5~9月のクロロフィルaは、宮島:8.7 $\mu\text{g/L}$ 、安浦:6.5 $\mu\text{g/L}$ に対して、安浦で成長が停滞する11~3月には、宮島:12.7 $\mu\text{g/L}$ 、安浦:2.3 $\mu\text{g/L}$ と5倍以上の差が見られた。また、アサリの成育に必要なクロロフィルaの下限值は厳密には不明であるが、3 $\mu\text{g/L}$ を目安とされる場合が多い¹⁷⁾。このことから、安浦での冬季~春季の成長の停滞、肥満度の低下は餌料に起因していることが示唆された。次に底質のクロロフィルaの推移を図10に示す。宮島では、2023年の1月に高値となっているが、底生付着藻類は、植食動物の摂食圧が下がる低水温期にブルームが見られることが多いといわれており¹⁸⁾、この高値はブルームによるものと推察された。調査期間中の平均値は、宮島:8.8 $\mu\text{g/cm}^2$ 、安浦:11.3 $\mu\text{g/cm}^2$ と安浦の方が高くなっていた。前述のようにアサリは懸濁物食者であるため、砂泥に付着した藻類はそのままの状態では摂取することはできない。そこで底生付着藻類の巻き上げを評価する実験を行った。底質コアの採取は、両地点とも成長の認められる7月と安浦で成長が停滞する3月に行った。結果を図11に示す。なお、コア採取時の底質のクロロフィルaは、7月は宮島:5.8 $\mu\text{g/cm}^2$ 、安浦:4.7 $\mu\text{g/cm}^2$ 、3月は宮島:5.2 $\mu\text{g/cm}^2$ 、安浦:8.8 $\mu\text{g/cm}^2$ であった。7月の結果では、宮島と安浦で顕著な差は認められないが、3月の結果では、底質のクロロフィルaは安浦の方が高いにもかかわらず、攪拌後の直上水のクロロフィルaは宮島の方が2倍以上高くなった。このことは、3月は宮島では底生付着藻類の巻き上げが起り易く、直上水のクロロフィルaの上昇に寄与しているものと推察された。アサリは海底面近くで水管を伸ばして海底直上の水を吸い込むため、底生付着藻類が巻き上がりやすい環境

は、アサリの餌料環境に適していると考えられ、宮島と安浦の成長の差に寄与していることが示唆された。

底生付着藻類のうち沿岸の干潟・浅海域で一般に優占する分類群は珪藻であり¹⁹⁾、干潟の砂泥等の基質に付着して生息している。付着珪藻は、細胞の大きさ、形、運動性など様々なタイプがあり、種によって付着力が異なることが報告されている²⁰⁾。波浪や潮汐によって懸濁されやすい付着力の弱いタイプが餌として利用されやすいことが予想される。今回の調査では種の調査を行っていないが、宮島では付着力の弱い種が優占していた可能性が考えられる。

付着珪藻は、干潟では主要な一次生産者であり、生物量、生産量とも植物プランクトンに匹敵するといわれている²¹⁾。近年、安定同位体比を用いた研究が進むにつれて、餌として植物プランクトンだけでなく、付着珪藻が重要であるという報告が増えてきている²²⁾。また、直上水の溶存態窒素 (DIN) が低下すると底生付着藻類の付着力が高まり、水中に再懸濁されにくくなるという報告もあり²³⁾、海域の貧栄養化が関係している可能性も示唆された。一般的に海域の貧栄養化が議論される場合、餌料環境として植物プランクトンにより評価されることが多いが、今後は植物プランクトンだけでなく底生付着藻類についても評価を行っていく必要がある。

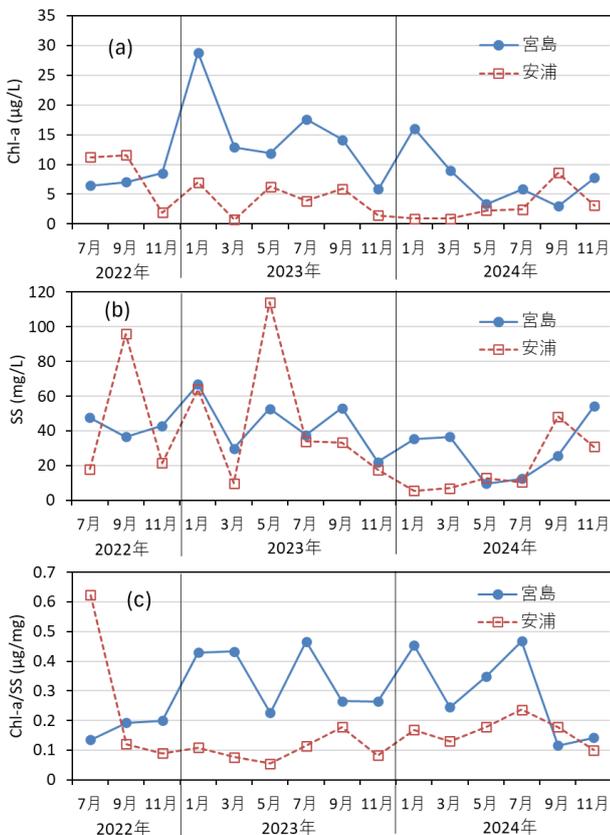


図8 干潟直上水の (a)クロロフィルa, (b)SS及び (c)Chl-a/SSの推移

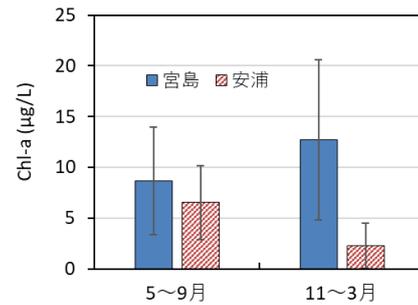


図9 干潟直上水のクロロフィルaの期間平均値 (エラーバーは標準偏差, 5~9月:n=8, 11~3月:n=7)

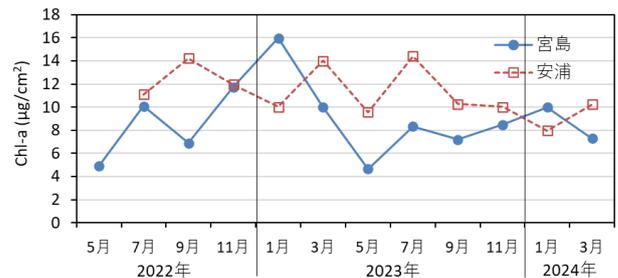


図10 干潟底質のクロロフィルaの推移 (2022年5月の安浦は欠測)

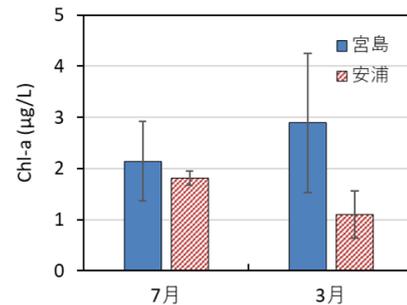


図11 底質巻き上げ実験における攪拌後の直上水のクロロフィルa (エラーバーは標準偏差, n=3)

4. まとめ

相対的に富栄養な広島湾と貧栄養な燧灘の干潟においてアサリの成育・成熟についての実態調査を行い、これらに差が生じた要因について各干潟の餌料環境により考察した。その結果、得られた知見は以下のとおりである。

- 1) アサリの成長速度、生残率、肥満度及び産卵時期には地域差があった。アサリは、広島湾の干潟では年間を通して成長し、生残率、肥満度及び群成熟度は燧灘の干潟と比べて総じて高くなった。燧灘の干潟では11月から5月にかけて成長が停滞し、肥満度及び群成熟度の季節変動から広島湾の産卵盛期は春季と秋季の2回に対して燧灘では夏～秋季の1回のみと推察された。
- 2) 広島湾の干潟では、直上水のクロロフィルa及びSSに

対するクロロフィルaの割合 (Chl-a/SS) が高く、量・質とも餌料環境として好適であった。特に燧灘で成長が停滞する11月から5月にかけては、クロロフィルaは5倍以上の差があり、アサリの成長・成熟の地域差は餌料環境に起因しているものと推察された。

3) 室内実験の結果から、底生付着藻類の巻き上がり易さが直上水のクロロフィルaの上昇、すなわちアサリの餌料環境に寄与していることが示唆された。

5. 謝辞

本研究の実施にあたり、現地調査では、瀬戸内倶楽部株式会社今村賢太郎氏の協力を得た。また、国立環境研究所と地方環境研究所のⅡ型共同研究「里海里湖流域圏が形成する生態系機能・生態系サービスとその環境価値に関する研究」のメンバーから有益な助言を得た。ここに謝意を表す。

6. 引用文献

- 1) 山本民次, 花里孝幸: 海と湖の貧栄養化問題～水清ければ魚棲まず～, pp. 55-59, 地人書籍, 東京, 2015
- 2) 反田實, 樋口和宏: 栄養塩類の管理方策と豊かな漁業生産. 海洋と生物, **39**, (6), 579-585, 2017
- 3) 環境省: せとうちネット 瀬戸内海における魚種別生産量の推移,
https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa_net/setouchiNet/seto/g2/g2cat02/suisangyou/index.html (2025. 11. 17アクセス)
- 4) 内田基晴, 辻野睦: 瀬戸内海の干潟漁場における生物多様性・生物生産性. 瀬戸内海, **72**, 12-16, 2016
- 5) 環境省: 水環境総合情報サイト,
<https://water-pub.env.go.jp/water-pub/mizu-site/mizu/kouiki/dataMap.asp> (2025. 10. 30アクセス)
- 6) 水産庁: 干潟生産力改善のためのガイドライン. pp. 97, 2008
- 7) 安田治三郎, 浜井生三, 堀田秀之: アサリの産卵期について. 内海区水産研究所研究報告, **6**, 277-279, 1954
- 8) 西條八束: クロロフィルの測定法. 陸水学雑誌, **36**, (3), 103-109, 1975
- 9) 鳥羽光晴, 夏目洋, 山川紘: 東京湾産アサリの成熟と産卵に関する二, 三の知見. 水産工学, **29**, (1), 47-53, 1992
- 10) 浜口昌巳: 広島湾のアサリ資源再生のための浮遊幼生調査. 瀬戸内通信, **26**, 4-5, 2017
- 11) 磯野良介, 喜田潤, 岸田智穂: アサリの成長と酸素消費量におよぼす高温の影響. 日本水産学会誌, **64**, (3), 373-376, 1998
- 12) 鳥羽光晴: アサリの水槽飼育での性成熟過程における摂餌量の重要性. 水産増殖, **37**, (1), 63-69, 1989
- 13) 児玉真史, 渡部諭史, 鳥羽光晴, 片山知史, 中田薫: 盤洲干潟における懸濁物質組成とアサリの餌料環境. 海岸工学論文集, **55**, 1146-1150, 2008
- 14) 沼口勝之: アサリ漁場の餌料環境としてのセジメント. 水産工学, **37**, (3), 209-215, 2001
- 15) 柴田輝和, 鳥羽光晴, 酒井美恵, 兼子昭夫: アサリ漁場の生産力評価のための植物色素量の指標性. 千葉水試研報, **55**, 67-72, 1999
- 16) Tabata A., Morinaga T., Arakawa H.: Influences of concentration, particle-size and kind of inorganic suspended matter on feed caught by Manila clam, *Ruditapes philippinarum*. *La mer*, **37**, 163-171, 2000
- 17) 水産庁: 令和2年度水産庁水産基盤整備調査委託事業「アサリ漁業復活のための大規模整備技術・維持管理手法の開発」成果報告書,
https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_the_ma/houkokusho/attach/pdf/R2houkokusho-8.pdf (2026. 1. 25アクセス)
- 18) 河村知彦: 付着珪藻の生態. 日本水産学会誌, **70**, (5), 788-789, 2004
- 19) MacIntyre H.L., Geider R.J., Miller D.C.: Microphytobenthos: The ecological role of the "Secret garden" of unvegetated, shallow-water marine habitats. I. Distribution, abundance and primary production. *Estuaries*, **19**, 186-201, 1996
- 20) 河村知彦: 海産付着珪藻の分類と生態. 付着生物研究, **10**, (2), 7-25, 1994
- 21) 山口一岩: 温帯沿岸域における底生微細藻類の生物量と生産量. 日本ベントス学会誌, **66**, 1-21, 2011
- 22) 渡部諭史: アサリ資源の増殖と環境要因について. 豊かな海, **45**, 21-26, 2018
- 23) 水産庁: 令和4年度漁場環境改善推進事業のうち栄養塩, 赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発 (1) 栄養塩の水産資源に及ぼす影響の調査報告書
https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyosei/supply/seika/attach/pdf/R04_ippan-1.pdf (2026. 1. 25アクセス)

<報文>

ジフェニルカルバジド吸光光度法における 建設汚泥改良土溶出液に含まれる六価クロムの添加回収率の改善

中村和宏**・古賀敬興**・安武大輔**

キーワード ①六価クロム ②ジフェニルカルバジド ③同時添加法 ④LC/ICP-MS

要 旨

建設資材のリサイクル製品である建設汚泥改良土を対象として、環告46号試験に基づくCr(VI)分析(JIS K 0102-3(2022)24.3.1 ジフェニルカルバジド(DPC)吸光光度法、以下、「JIS法」という)を実施したところ、発色が著しく妨害される事例が確認された(添加回収率0%)。この要因として、試料中には硫酸酸性下で還元性を示す物質が含まれており、DPC/アセトン溶液添加前の硫酸酸性条件下において、Cr(VI)がCr(III)に還元された可能性や中和操作により、Cr(VI)がCr(III)へ変化した影響が考えられた。そこで、JIS法の改良手法として、硫酸(1+9)溶液とDPC/アセトン溶液を5:2で混合した試薬を同時に添加する方法(以下、「同時添加法」という)を検討した。その結果、同時添加法によりCr(VI)の添加回収率は78%と大幅に向上した。さらに、中和操作を省略したところ、添加回収率は86%まで向上した

1. はじめに

リサイクル製品のさらなる普及を目的として、各都道府県においてリサイクル製品認定制度の構築が進められている¹⁾。福岡県では資源の循環利用及び廃棄物削減の促進を図ることを目的に、建設資材のうち品質や安全性等、一定の基準を満たすリサイクル製品を認定する「福岡県リサイクル製品認定制度」を導入している²⁾。本制度における認定基準として、土壤汚染対策法における土壤溶出試験(平成3年8月環境庁告示46号)(以下、「環告46号試験」という)等を実施し、土壤の汚染に係る環境基準(土壤環境基準)等を満たしていることが求められる²⁾。

六価クロム(Cr(VI))の分析は、ジフェニルカルバジド(DPC)吸光光度法、フレイム原子吸光光度法、電気加熱原子吸光法、ICP発光分光分析法、ICP質量分析法及び液体クロマトグラフィー-ICP質量分析法(LC/ICP-MS)で行うこととされている。このうちDPC吸光光度法は、操作が簡便であることから広く用いられている³⁾。この方法は、試料を硫酸で酸性にした後、発色試薬としてDPC/アセトン溶液を添加し、Cr(VI)によりDPCが酸化され生成するジフェニルカルバゾン(DPCO)とDPCによりCr(VI)が還元され生成する三価クロム(Cr(III))が反応し、生成する

[Cr(DPCO)]錯体の吸光度(540 nm)を測定する手法である^{4)~7)}。図1に、DPCとCr(VI)の反応式を示す。この反応では、硫酸酸性下で還元性を示す物質が共存する場合、硫酸添加後、還元性物質がCr(VI)をCr(III)に還元するため、DPCOが生成されず、それに伴い[Cr(DPCO)]錯体も生成されないため、正常な発色が得られず、添加回収率が低下することが報告されている^{8)~10)}。

建設資材のリサイクル製品のの一つである建設汚泥改良土に対し環告46号試験に基づくCr(VI)分析(JIS K 0102-3(2022)24.3.1 DPC吸光光度法、以下、「JIS法」という)を実施したところ、添加回収試験時に正常な発色が得られない事例が生じた。試料は無色透明であり、硫酸添加による懸濁物も目視では確認されなかった。このことから、硫酸酸性下における試料中の還元性物質による妨害が考えられた。この場合、JIS K 0102-3(2022)24.3.1.6 e)に基づき、次亜塩素酸による前処理を行うこととされているが、次亜塩素酸の添加量等の詳細な記載がなく、その都度適切な添加量を判断する必要があることから、分析操作の煩雑さを招いている¹¹⁾。そのため、現状の分析操作を大きく変更せず、還元性物質の妨害を受けずに正常な発色を得る実用的な方法の確立が求めら

*Enhancing Spike Recovery of Hexavalent Chromium in Eluate from Stabilized Construction Sludge for Diphenylcarbazide Absorption Spectrometry

**Kazuhiro NAKAMURA, Takaoki KOGA, Daisuke YASUTAKE (福岡県保健環境研究所) Fukuoka Institute of Health and Environmental Sciences

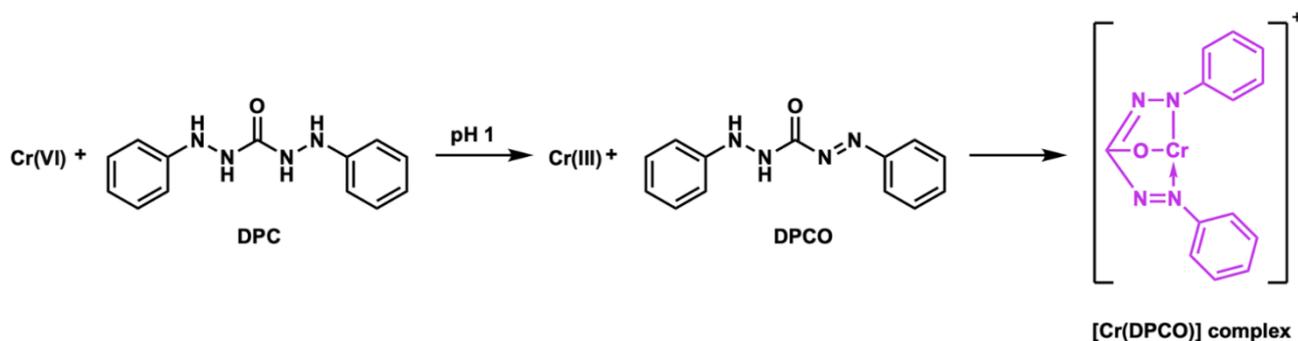


図1 DPCとCr(VI)の反応

れている^{8)~10)}。

そこで本研究では、硫酸酸性下における試料中の還元性物質による妨害を防ぐ実用的な方法として、硫酸(1+9)溶液とDPC/アセトン溶液を5:2で混合した試薬を同時に添加する方法(以下、「同時添加法」という)を検討したので報告する。

2. 実験

2.1 溶出液の調製

環告46号試験に基づき、風乾させた建設汚泥改良土50 gに精製水500 mLを加え、6時間振とうした。3,000 Gで20分間遠心分離を行い、メンブランフィルター(直径90 mm, 孔径0.45 μm)(アドバンテック東洋(株))でろ過し、溶出液とした。

2.2 試薬

DPC吸光光度法及びLC/ICP-MSを用いた分析に使用した試薬は以下のとおりである。

Cr(VI)標準溶液: 関東化学(株)製(原子吸光分析用)Cr標準液100 mg/Lを適宜希釈したもの。

Y標準溶液: 富士フィルム和光純薬(株)製(ICP分析用)1000 mg/L Y標準液を精製水で希釈し、富士フィルム和光純薬(株)製(有害金属測定用)硝酸を加え0.1 mg/L(1%硝酸)としたもの。

DPC/アセトン溶液(10 g/L): 富士フィルム和光純薬(株)製(クロム(VI)測定用)DPC 1 gを富士フィルム和光純薬(株)製(残留農薬・PCB試験用)アセトン100 mLに溶解させたもの。

エタノール: 富士フィルム和光純薬(株)製(試薬特級)

硫酸(1+35): 富士フィルム和光純薬(株)製(有害金属測定用)硫酸と精製水を1:35の容量比で混合したもの。

硫酸(1+9): 富士フィルム和光純薬(株)製(有害金属測定用)硫酸と精製水を1:9の容量比で混合したもの。

1 mol/L水酸化ナトリウム溶液: 富士フィルム和光純薬(株)製(試薬特級)水酸化ナトリウム40 gを精製水に溶か

して1 Lとしたもの。

20 mmol/L 2,6-ピリジンジカルボン酸(PDCA)溶液: 富士フィルム和光純薬(株)製(和光特級)2,6-PDCA 3.35 g, 富士フィルム和光純薬(株)製(試薬特級)りん酸水素二ナトリウム2.85 g, 富士フィルム和光純薬(株)製(試薬特級)酢酸アンモニウム38.5 gを精製水900 mLに加え、1 mol/L水酸化ナトリウム溶液でpH 6.9とし、精製水を加えて1 Lとしたもの。

2 mmol/L 2,6-PDCA溶液: 20 mmol/L 2,6-PDCA溶液100 mLに富士フィルム和光純薬(株)製(試薬特級)硝酸アンモニウム2.4 gを加え、精製水で1 Lとしたもの。

2.3 分析方法

溶出液のpH及び酸化還元電位(Eh)の測定には、マルチ水質計MM-43X(東亜ディーケーケー(株))またはpH複合電極GST-5841C(東亜ディーケーケー(株))を使用した。CODは、JIS K 0102に準拠して求めた。イオン類の測定には、イオンクロマトグラフInuvion(Thermo scientific(株))を使用した。Cr(DPCO)の吸光度測定には、吸光光度計UV-1850(島津製作所)を使用した。Crの形態分析には、LC部に1200LC(アジレント・テクノロジー(株))を、ICP-MS部に7900(アジレント・テクノロジー(株))のLC/ICP-MSを使用した。

2.4 試薬の添加方法の検討

2.4.1 正添加法

JIS法に準じた試薬添加方法を正添加法とする。なお、JIS法ではメスフラスコを用いることとされているが、本研究では15 mL高純度ポリプロピレンチューブ(PPチューブ)(ジーエルサイエンス(株))を使用した。

図2(a)に分析手順を示す。溶出液10 mLをPPチューブに分取し、硫酸(1+35)を40 μL加え中和した。次いで、硫酸(1+9)を625 μL、続いてDPC/アセトン溶液を250 μLの順で添加した。最後に、全体の液量を精製水で15 mLに定容したものを試料とした。この試料を分光光度計用セルに

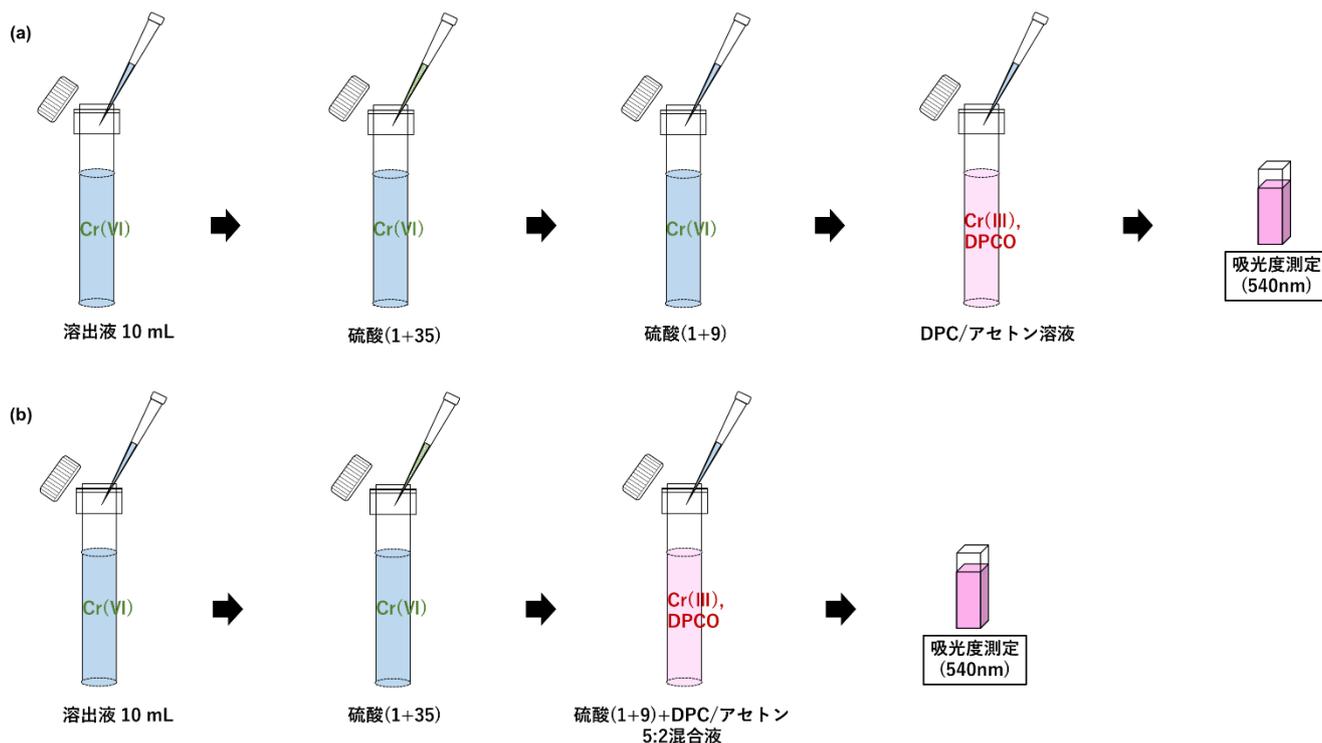


図2 分析手順 ((a) 正添加法, (b) 同時添加法)

移し、波長540 nmにおける吸光度を測定した。

ブランク試料は溶出液10 mLをPPチューブに分取し、硫酸(1+35)を40 μL加え中和した。次に、硫酸(1+9)を625 μL、エタノールを500 μL添加し、煮沸することでCr(VI)を還元し、過剰のエタノールを除去した。この溶液を放冷後、DPC/アセトン溶液を250 μL添加し、最終的に全体の液量を精製水で15 mLに定容した。このブランク試料の吸光度を試料と同様に測定し、その吸光度を試料の吸光度から差し引くことで、試料中のCr(VI)の濃度を算出した。

添加回収試験は、添加量が試料に対して0.1 mg/LとなるようにCr(VI)標準溶液を溶出液に添加し、試料と同様にCr(VI)の濃度を算出した。

2.4.2 同時添加法

図2(b)に分析手順を示す。溶出液10 mLをPPチューブに分取し、硫酸(1+35)を40 μL加え中和した。次に、硫酸(1+9)とDPC/アセトン溶液を5:2で混合した試薬を875 μL添加し、最終的に全体の液量を精製水で15 mLに定容したものを試料とし、吸光度を測定した。

ブランク試料は2.4.1と同じ手順で作製し、吸光度を測定した。試料の吸光度からブランク試料の吸光度を差し引くことで、試料中のCr(VI)の濃度を算出した。

添加回収試験は、添加量が試料に対して0.1 mg/LとなるようにCr(VI)標準溶液を添加し、試料と同様にCr(VI)の濃度を算出した。

2.5 硫酸(1+9)とDPC/アセトン5:2混合液

2.5.1 吸収スペクトルに対する影響

硫酸(1+9)とDPC/アセトン5:2混合液を用いることによる試料の吸収スペクトルに変化が生じないかを確認するため、Cr(VI)標準溶液(0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1.25, 2.5及び5.0 mg/L)を添加し、吸収スペクトルを測定した。比較のため、正添加法で作製した試料にも同様にCr(VI)標準溶液を添加し、吸収スペクトルを測定した。

2.5.2 硫酸(1+9)とDPC/アセトン5:2混合液の安定性試験

硫酸(1+9)とDPC/アセトン5:2混合液の安定性を確認するため、調製直後の溶液及び調製後冷暗所で24時間保存した溶液を、吸収スペクトルの確認と同様に、Cr(VI)標準溶液(0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1.25, 2.5及び5.0 mg/L)を添加し、吸光度を測定した。

2.6 Crの化学形態分析

硫酸酸性下、Cr(VI)がCr(III)に変化することを確認するため、LC/ICP-MSを用いたCrの化学形態別分析を行った。LC部の条件については、カラムはAgilent Bio SAX, NP5, PK guard 5 μm, Non-Porous, 4.6 x 50 mmを2つ繋げたもの、移動相は2 mmol/L 2,6-PDCA溶液(アイソクラティック)、移動相流量は0.4 mL/min、カラム温度は40°C、注入量は100 μLとした。ICP-MS部の条件については、RFジ

エネレーターは27 MHz, 1550 W, プラズマガス流量はAr 15 L/min, 補助ガス流量はAr 0.9 L/min, キャリアガス流量はAr 1.09 L/min, サンプリングコーン及びスキマーコーンはNi, コリジョン/リアクションセルガス流量はHe 3.5 mL/min, Cr(VI) m/zは52, 内標Y m/zは89とした。分析条件の確認のため, Cr(III)とCr(VI)が測定時にそれぞれ0.001 mg/Lとなるように調製した混合溶液を用いて分離度(R)の評価を行った。

測定サンプルについては, 溶出液1 mLに対して, (a) 添加なし, (b) Cr(VI) 0.5 mg/L 0.2 mL添加したもの, (c) Cr(VI) 0.5 mg/L 0.2 mL添加後希硫酸で中和し, 硫酸(1+9) 0.125 mLを添加したもの, の3つを調製した。これらに20 mmol/L PDCA 1 mLを加え精製水で10 mLとし, ウォーターバス(80°C)で30分加熱した。なお, 最終的なCr(VI)添加量は試料に対して0.1 mg/Lに相当する。

2.7 中和操作の影響の検討

JIS法では, 溶出液が酸性の場合, 水酸化ナトリウム(40 g/L), アルカリ性の場合, 硫酸(1+35)で中和することとなっている(以下, 「中和操作」という)。本研究で使用した溶出液はアルカリ性であったことから, 硫酸(1+35)で中和したものについて, 2.4.2の同時添加法を検討した。ここで, 中和操作によって, Cr(VI)がCr(III)に変化する可能性が考えられたことから, 中和操作を省略し, 同時添加法で試薬を添加し, 吸光度を測定した。

3. 結果

3.1 溶出液の特性

溶出液の分析結果を表1に示す。pHは12と強いアルカリ性を示した。CODは20 mg/Lであり, 有機物が含まれていた。Ehは0.28 Vで, 中和することで0.36 Vとなった。イオン成分については, 硫酸イオン(227 mg/L)及びナトリウムイオン(148 mg/L)が他のイオン成分よりも高い濃度を示した。

3.2 溶出液に含まれるCr(VI)濃度

正添加法の分析手順に従い試料中のCr(VI)の濃度を算出した結果, 0 mg/Lであった。

同時添加法の分析手順に従い試料中のCr(VI)の濃度を算出した結果, 0.019 mg/Lであった。

3.3 添加回収率

正添加法の分析手順に従いCr(VI)の添加回収試験を行った結果, Cr(VI)の回収率は0%であり, 発色が強く妨害された。

同時添加法の分析手順に従いCr(VI)の添加回収試験を

表1 溶出液の分析結果

分析項目	測定値	単位
pH	12, 7.7*	-
Eh	0.28, 0.36*	V
COD	20	mg/L
フッ化物イオン(F)	0.74	mg/L
塩化物イオン(Cl)	9	mg/L
臭化物イオン(Br)	0	mg/L
亜硝酸イオン(NO ₂ ⁻)	0	mg/L
硝酸性窒素(NO ₃ ⁻ -N)	0.26	mg-N/L
硫酸イオン(SO ₄ ²⁻)	227	mg/L
リン酸イオン(PO ₄ ³⁻)	18	mg/L
ナトリウムイオン(Na ⁺)	148	mg/L
カリウムイオン(K ⁺)	30	mg/L
マグネシウムイオン(Mg ⁺)	0.52	mg/L
カルシウムイオン(Ca ²⁺)	19	mg/L
アンモニウムイオン(NH ₄ -N)	0.15	mg-N/L

* 中和した溶出液の値

行った結果, Cr(VI)の回収率は76%であり, 正添加法と比較して大きく向上した。また, 中和操作をしない場合のCr(VI)の回収率は, さらに, 86%に向上した。

3.4 硫酸(1+9)とDPC/アセトン5:2混合液の適用と安定性

Cr(VI)標準溶液を添加した試料の吸収スペクトルを図3に示す。同時添加法は正添加法と同様に, 波長540 nm付近に最大吸光度を示す吸収スペクトルが得られた。このことから同時添加法で使用する硫酸(1+9)とDPC/アセトン5:2混合液を用いることに問題がないことが確認された。

また, 硫酸(1+9)とDPC/アセトン5:2混合液の安定性を確認するためCr(VI)標準溶液を添加した各試料の吸光度には有意な差は認められなかった。このことから硫酸(1+9)とDPC/アセトン5:2混合液は, 調製後24時間は冷暗所保存が可能であることがわかった。

3.5 Crの化学形態

2.6に示す条件で, Cr(III)とCr(VI)の混合溶液でピークの分離度(R)評価したところ, 1.65であり十分にピークとして分離可能であった。このことから, この条件で分析可能であることが確認された。測定サンプルの測定結果を表2及び図4に示す。(a)の結果から, 試料にはCr(VI)が0.023 mg/L含まれていることがわかった。(b)及び(c)の結果からCr(VI)の添加回収率はそれぞれ100及び0%であった。(c)の添加回収率が低下したことから, 硫酸酸性

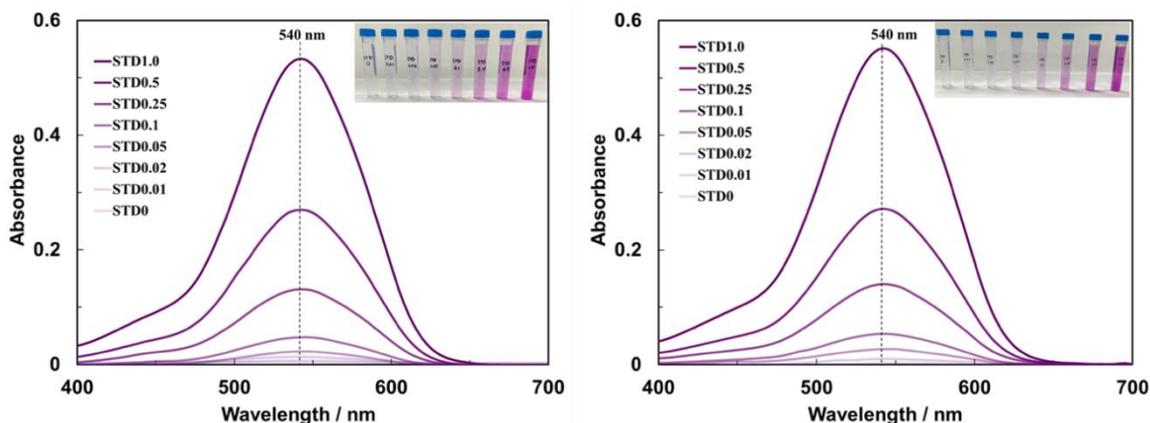


図3 [Cr(DPCO)]錯体の吸収スペクトル (左：正添加法, 右：同時添加法)

表2 試料中のCr(III), Cr(VI)及び全Cr濃度

	Cr(III) mg/L	Cr(VI) mg/L	全 Cr mg/L
(a)	0.0002	0.0023	0.0025
(b)	0.0004	0.0123 (100%)	0.0127
(c)	0.0127	0.0000 (0%)	0.0127

(a) 添加なし

(b) 0.01 mg/L Cr(VI)を添加

(c) (b)に硫酸(1+9)を添加

括弧内の数値は添加回収率

下でCr(VI)のほとんど全てがCr(III)に変化したことが明らかとなった。

4. 考察

4.1 同時添加法によるCr(VI)の添加回収率の向上

これまで、硫酸酸性下で還元性を示す有機物等を含む検体では、硫酸添加後に、それら有機物等によるCr(VI)からCr(III)への還元が指摘されてきた^{8)~10)}。本研究の溶出液について、CODが20 mg/L(表1)であったことから有機物はある程度含まれており、また、硫酸酸性下でCr(VI)のほとんど全てがCr(III)に変化したことから、還元性を示す有機物が含まれている可能性がそれぞれ示唆された。このことから、正添加法では、硫酸(1+9)を添加することによって、硫酸酸性下で還元性を示す有機物等がCr(VI)と反応し、全てのCr(VI)がCr(III)に変化したことにより、[Cr(DPCO)]錯体が生成せず、回収率が低下した可能性が考えられた。一方で、同時添加法では、硫酸(1+9)とDPCが同時に溶液に加わることにより、硫酸酸性下で還元性を示す有機物とCr(VI)の反応よりDPCとCr(VI)の反応が速かったまたは優先的であったため、回収率が向上した可能性が考えられた。

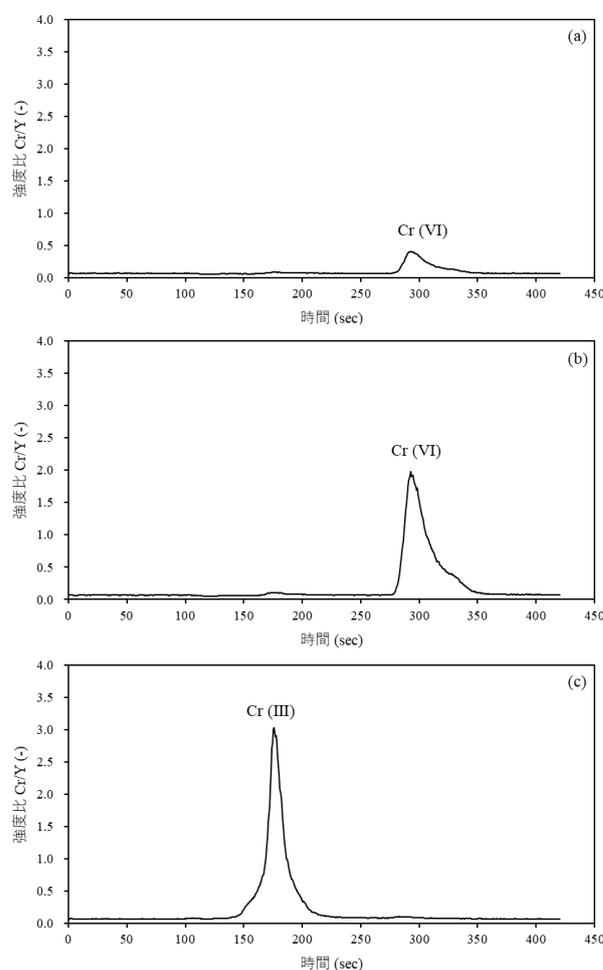


図4 Cr(III)及びCr(VI)のクロマトグラム

(a) 添加なし, (b) 0.01 mg/L Cr(VI)添加, (c) (b)に硫酸(1+9)を添加

4.2 中和操作のCr(VI)回収率への影響

CrのEh-pH図¹²⁾を図5に示す。試料の中和操作前のpH(12)、Eh(0.28 V)及び中和操作後のpH(7.7)、Eh(0.36 V)をプロットしたところ、中和操作前はCr(VI)の存在域にあるが、中和操作後はCr(III)の存在域へ移動していた。このことから、pHの高い試料では中和操作によってCr(VI)がCr(III)に変化する可能性があるため、中和操作を行わないことが精確な定量評価に繋がると考えられた。

ここで、中和操作を行わず、硫酸(1+9)を同時に添加せずにDPC/アセトン溶液のみを先に添加した場合、溶液は赤褐色に着色した。これはアルカリ性条件下においてDPCが酸化され、DPCOに変化したためであると考えられ^{13)~15)}、Cr(VI)の吸光度に影響を与えることから、硫酸(1+9)とDPC/アセトン溶液は同時に添加する必要がある。

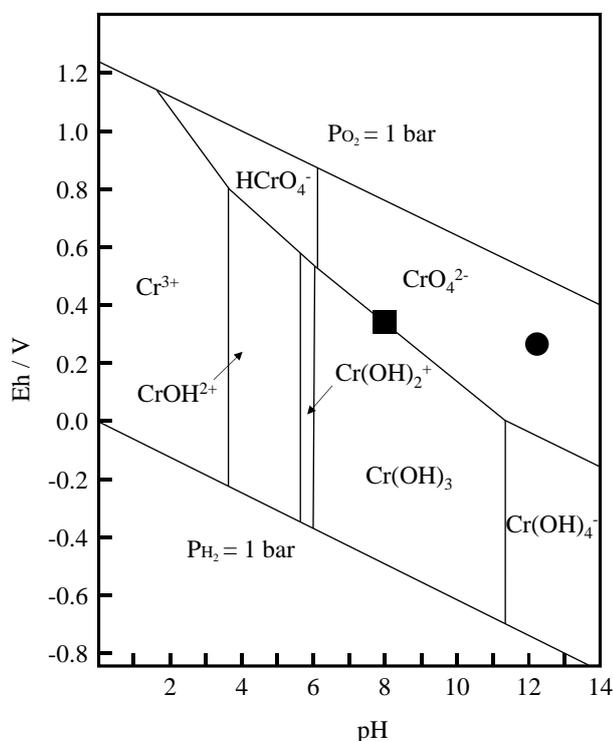


図5 CrのEh-pHプロット(文献12を参考に一部改変)

(●; 中和操作前, ■; 中和操作後)

5. まとめ

建設汚泥改良土に対し環告46号試験に基づくCr(VI)分析(JIS法)を実施したところ、添加回収試験時に正常な発色を得られず、Cr(VI)回収率が0%である事例が生じた。これは、溶出液に硫酸(1+9)を加えると、試料中に含まれる硫酸酸性下で還元性を示す有機物の影響によりCr(VI)の全てがCr(III)に還元されたことが要因である可能性が考えられた。このことから、硫酸(1+9)溶液とDPC/アセトン溶液を5:2で混合した試薬を同時に添加する同時添加法

によりCr(VI)の回収率を求めたところ、76%に向上した。

また、溶出液は強いアルカリ性を示していたことから、Cr(VI)分析に従うと中和操作が必要となるが、今回試験対象とした建設汚泥改良土の溶出液は、中和操作によってCr(VI)がCr(III)に変化することが考えられた。このことから中和操作を行わず、同時添加法でCr(VI)を分析したところ、Cr(VI)の回収率は86%に向上した。

6. 引用文献

- 1) 国立研究開発法人国立環境研究所: リサイクル製品認定制度情報サイト(2022), <http://recycle-nintei.eco.coocan.jp/index.html#aboutus> (2025.4.16アクセス)
- 2) 福岡県環境部循環型社会推進課: 福岡県リサイクル製品認定制度(2025), <https://www.recycle-ken.or.jp/nintei/> (2025.4.16アクセス)
- 3) 環境省水・大気環境局総務課環境管理技術室: 平成28年度環境測定分析統一精度管理調査結果. 2017
- 4) Willems G. J., Blaton N. M., Peeters O. M., De Ranter C. J.: The interaction of chromium(VI), chromium(III) and chromium(II) with diphenylcarbazide, diphenylcarbazone and diphenylcarbazodiazone. *Anal. Chim. Acta.*, **88**, 345-352, 1977
- 5) Hua L., Chan Y. C., Wu Y. P., Wu B. Y.: The determination of hexavalent chromium (Cr⁶⁺) in electronic and electrical components and products to comply with RoHS regulations. *J. Hazard. Mater.*, **163**, 1360-1368, 2009
- 6) Duffy G., Maguire I., Heery B., Gers P., Ducree J., Regan F.: ChromiSense: A colourimetric lab-on-a-disc sensor for chromium speciation in water. *Talanta.*, **178**, 392-399, 2018
- 7) Petrescu M., Bucur E., Danciulescu V., Cozea A., Borcescu C. M., Bratu M., Tanase G.: Analytical methods for the determination of Cr⁶⁺ from fixed source emissions. *Romanian Journal of Ecology & Environmental Chemistry.*, **2**, 185-192, 2020
- 8) 古賀敬興, 平川周作, 石橋融子: 鉄共沈操作を用いた排水試料の六価クロム測定における添加回収率向上のための分析手法検討. *環境化学*, **30**, 140-144, 2020
- 9) 柘植亮, 齋藤麻衣, 新家淳治: 工場排水等の六価クロム測定手法の確立に関する研究. *三重保環研年報*, **17**, 74-80, 2015
- 10) 門木秀幸, 有田雅一: ジフェニルカルバジド吸光光度法によるばいじん溶出試験でのクロム(VI)分析における妨害除去法の検討. *分析化学(Bunseki Kagaku)*, **66**, 693-698, 2017

- 11) 山形県環境科学研究センター水環境部：六価クロム分析における妨害物質の除去操作について．山形県環境科学研究センター年報，**31**，68-69，2024
- 12) European Chemicals Bureau. Risk Assessment Report: Chromium Trioxide, Sodium Chromate, Sodium Dichromate, Ammonium Dichromate and Potassium Dichromate. European Commission, Joint Research Centre, Ispra, Italy, **53**, 72, 2005
- 13) 長島潜, 町田彌, 中山憲子, 内海喩：ジフェニルカルバジド試薬の品質検定及び溶液の安定性．分析化学 (*Bunseki Kagaku*), **33**, 533-537, 1984
- 14) Hernandez P. S., Hernandez A. R., Silva M. T. R. : Kinetic and thermodynamic study of the behaviour of diphenylcarbazine in aqueous solution with pH. *Spectrochim. Acta A*, **59**, 2667-2675, 2003
- 15) Crespo G. A., Andrade F. J., Inon F. A., Tudino M. B. : Kinetic method for the determination of trace amounts of copper(II) in water matrices by its catalytic effect on the oxidation of 1,5-diphenylcarbazine. *Anal. Chim. Acta*, **539**, 317-325, 2005

<報 文>

環境DNA分析における塩化ベンザルコニウム溶液の添加及び冷蔵保存による影響*

平川周作**・古賀智子**・中島淳**

キーワード ①環境DNA ②塩化ベンザルコニウム溶液 ③魚類相 ④微生物群集構造

要 旨

環境DNA分析では、環境水中のDNA分解抑制のために塩化ベンザルコニウム溶液(BAC)の添加や一時的な冷蔵保存が提案されている。一方、BACを添加することによるPCR阻害なども指摘されている。本研究では、環境DNAを用いた魚類相と微生物群集構造の同時解析を目的として、福岡県内の3河川を対象にBAC添加及び冷蔵保存による影響を調査した。魚類相を比較した結果、BAC添加及び冷蔵保存による明確な影響は認められなかった。一方、微生物群集構造はBACの添加によって顕著に変化した。また、BAC添加により冷蔵2日間で異なる微生物群集構造の変化が起こることも確認された。以上の結果より、魚類相と微生物群集構造の同時解析には、BACを添加せず、採水後速やかに試料をろ過し、DNAを抽出することが適当と考えられた。

1. はじめに

短鎖DNAを大量に解読可能な超並列シーケンス技術の進歩や生物の網羅的検出に適したユニバーサルプライマーの開発などにより、環境中に放出された生物由来のDNA(環境DNA)を分析する技術が急速に発展している。日本国内においても、環境省では2020年6月に「環境DNA分析技術を用いた淡水魚類調査手法の手引き 第1版」を公開して以降、新しい科学的知見をもとに改訂を実施しており、2025年4月21日の時点で淡水魚類と両生類を対象とした「環境DNA分析技術を用いた調査手法の手引き(淡水魚類・両生類)第1版」¹⁾や「MiFish法に係る誤同定チェックシートver. 1.2」²⁾が公開されている。また、環境DNAの調査には、研究者や調査対象によって様々な方法が用いられているが、分析手法の普及と標準化を目的として一般社団法人環境DNA学会がマニュアルを作成しており、こちらも新たな知見をもとに改訂が実施され、2026年1月8日時点では「環境DNA調査・実験マニュアルVer. 3.01(2025年6月16日発行)」³⁾が公開されている。

環境DNAについて、狭義には魚類などの大型多細胞生物の組織断片に由来するDNAを指すが、広義には細菌や原生生物といった微生物由来のDNAも含まれる⁴⁾。環境水のろ過によって捕集された環境DNAには、狭義・広義の生物に

由来するDNAが混在し、生物種または生物分類群に適した分析手法を用いることによって標的生物を検出することができる。魚類では、Miya *et al.* (2015)が開発したMiFishプライマーが魚類相の把握を目的としたメタバーコーディング法に広く用いられている⁵⁾。また、微生物では、16S rRNAをマーカー遺伝子とした微生物群集構造を解析する手法⁶⁾が提案されており、この方法では培養を必要としないことから難培養微生物も含めた群集情報も獲得することが可能となっている。

我々はこれまでに、環境水の環境DNAを用いた魚類相調査方法の検討^{7,8)}や廃棄物最終処分場の浸透水から抽出した環境DNAの微生物群集構造を解析^{9,10)}してきた。しかし、前述のように環境水から抽出した環境DNAには大型多細胞生物以外に微生物由来のDNAも含まれている。そのため、理論上は、同一の環境DNA試料から異なる多様な分類群の生物情報を得ることができる。これは環境DNA分析の利点として、他分類群を同時に解析できる可能性を示している。

これまでに魚類などの大型多細胞生物の環境DNA分析を目的とした環境水の保存方法として、冷蔵¹¹⁾や冷凍¹²⁾、環境DNAの分解抑制を目的とした塩化ベンザルコニウム溶液(BAC)の添加処理¹³⁾などが報告されている。

*Effects of Benzalkonium Chloride Treatment and Refrigerated Storage on Environmental DNA Analysis

**Shusaku HIRAKAWA, Tomoko KOGA, Jun NAKAJIMA (福岡県保健環境研究所) Fukuoka Institute of Health and Environmental Sciences

このうち、冷凍は速やかなる過が実行できない場合などに後日まとめて処理ができる利点がある一方、PCR阻害が起きやすくなり検出率が低下するとの指摘がある¹²⁾。BACの添加処理は試料中のBAC濃度が0.01%になるように添加するといった簡便な操作でDNAの分解抑制が図れるものの、PCR酵素によっては阻害が生じることが報告されている¹⁴⁾。また、BACは殺菌効果があることや抵抗性がある菌種も報告されている¹⁵⁾。そのため、BACを添加することによって、調査地点の本来の微生物群集構造への影響が懸念される。

本研究では、環境DNAを用いた魚類相と微生物群集構造の同時解析を目的として、福岡県内の3河川においてBAC添加による影響を調査した。

2. 試料と方法

2.1 試料の前処理とDNA抽出

試料とした河川水は、2019年11月に福岡県太宰府市内において、御笠川水系鷺田川田中小橋付近(N33.5111, E130.5045)、御笠川水系御笠川落合橋付近(N33.5133, E130.5028)、御笠川水系大佐野川久保橋付近(N33.5111, E130.4995)の順に採水した(図1)。各調査地点において8 Lポリプロピレン製バケツを用いて橋上から流心部を採水し、よく攪拌したものを1 Lポリプロピレン製容器4本に分取した。そのうち、2本の容器にはDNAの分解抑制を目的として10% BAC溶液を試料中濃度が0.01%になるように添加した。

採水後は直ちに実験室に持ち帰り、BAC添加あり及びBAC添加なしの試料を各地点1本ずつ0.45 µm Microfil V(Merck, Darmstadt, Germany)でろ過し、3地点計6検体のDNAをDNeasy PowerWater Kit(QIAGEN, Hilden, Germany)により抽出した。残りの試料は冷蔵保存し、2日後にDNA

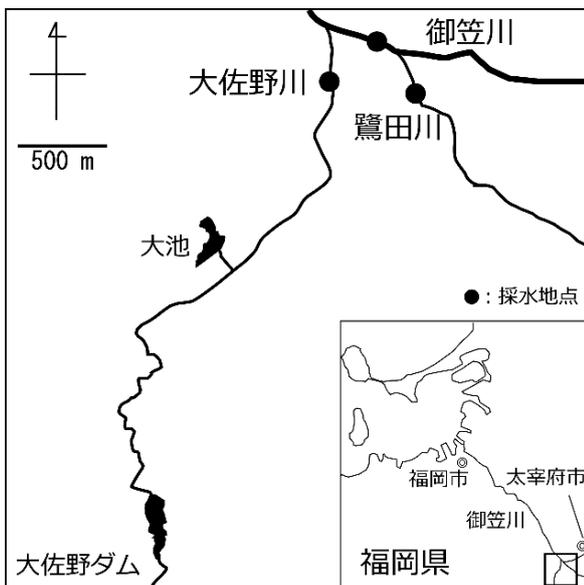


図1 調査地点

を抽出した。

2.2 魚類の環境DNAメタバーコーディング解析

抽出したDNA溶液を用いて、魚類の12S rRNA領域を標的としたメタバーコーディング法による魚類相調査を実施した。各試料のDNAライブラリーは、TAKARA Ex Taq HS(タカラバイオ株式会社, 草津)を用いて2回のPCR反応により作製した。なお、1st PCRはMiya *et al.* (2015)が開発したMiFish UとMiFish Eを混合したプライマーセット⁵⁾を用いて4連で実施し、アンプリコンを混合したものを2nd PCRに適用した。シーケンシング解析は、MiSeq system(Illumina, San Diego, CA)及びMiSeq Reagent Kit v3(Illumina)を用いて、2×300 bpの条件でおこなった。

取得したリード配列は、FASTX-Toolkit(ver. 0.0.14)¹⁶⁾のfastq_barcode_splitterを用いて、配列の読み始めがプライマー配列と完全に一致する配列を抽出し、QIIME2(ver. 2020.2)¹⁷⁾のdada2プラグインでプライマー配列と3'-末端配列、キメラ配列、ノイズ配列を除去した後、代表配列を取得した。代表配列は、MitoFish¹⁸⁾と国際塩基配列データベースに登録済みのMiFish参照配列に対してBLASTN(ver. 2.9.0)により相同性検索を行い、最も相同性の高い種を検出種とした。種までの同定が困難な場合は属として表記した。取得したDNA配列データは、DDBJ Sequence Read Archiveに登録した(Accession No. PRJDB20293)。

2.3 微生物群集構造解析

上記の抽出したDNAについて、細菌及び古細菌の16S rRNA V3-V4領域を標的とした2回のPCR反応⁶⁾により、微生物群集構造解析に用いるDNAライブラリーを作製した。酵素は、TAKARA Ex Taq HS(タカラバイオ株式会社)を使用した。1st PCRは、341f_MIX(forward: 5'-ACACTCTTCCCTACACGACGCTCTCCGATCT-NNNN-CCTACGGGNGCWGCAG-3')と805r_MIX(reverse: 5'-GTGACTGGAGTTCAGAGCGTGCTCTCCGATCT-NNNN-GACTACHVGGGTATCTAATCC-3')で実施し、2nd PCRでインデックス配列を付与した。シーケンシングは、魚類相調査と同様にMiSeq system(Illumina)を用いて2×300 bpの条件で実施した。取得したリード配列は、FASTX-Toolkit¹⁶⁾及びQIIME2¹⁷⁾を用いてデータ処理し、代表配列はGreengenes(ver. 13_8)¹⁹⁾により系統分類を行った。また、微生物群集構造解析から得られたDNA配列データは、DDBJ Sequence Read Archiveに登録した(Accession No. PRJDB20294)。

微生物群集構造の解析には、vegan package 2.4-3をインストールしたR version 3.2.2を基盤とするRStudio 2022.07.2を用いた^{20,21)}。微生物群集構造の類似性を評価

するためBray-Curtis指数を算出し、metaMDS関数を使用した非計量多次元尺度構成法(NMDS)により試料を二次元平面上にプロットした²²⁾。なお、本研究で使用した微生物群集解析の実験方法では、植物由来と考えられるChloroplast(葉緑体)がCyanobacteria門として検出されてしまうことから、網レベルのデータから葉緑体のリード配列を除外し、試料間のリード数を揃えるために14,387リードに希釈化して解析を行った。

なお、本研究における次世代シーケンスによる配列解析は株式会社生物技研に委託して実施した。

3. 結果及び考察

3.1 魚類相調査におけるBAC添加及び冷蔵保存の影響

2019年11月に福岡県太宰府市内の鷺田川、御笠川、大佐野川の調査地点(図1)で採水を行い、BACを添加せず当日及び冷蔵2日後に抽出したDNA試料、BACを添加して当日及び冷蔵2日後に抽出したDNA試料を用い、メタバーコーディング法による魚類相調査を実施した(表1)。

魚種別に検出の傾向を確認した結果、ミナミメダカ *Oryzias latipes*は、検出された6試料中5つがBACを添加した試料であり、BAC添加なしで検出された1つは大佐野川の採水当日に処理した試料であった。また、全12試料の環境DNA分析において、ドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus*、オオクチバス *Micropterus nigricans*、ブルーギル *Lepomis macrochirus*は大佐野川のみ検出された。本研究で調査した大佐野川の地点では、これまでに2014年6月から2020年1月にかけて7回の採捕調査(目視含む)を実施しているが、ドジョ

ウ、オオクチバス、ブルーギルは確認されていない⁸⁾。しかし、2020年10月に実施した目視観察調査により、上流の大佐野ダムにオオクチバス及びブルーギルが生息していることを確認した⁸⁾。また、2025年11月2日に大佐野川の環境DNA調査地点における採捕調査によりドジョウが確認された。これらは、調査地点から上流に離れて生息している種や生息数が極めて少ない種でも検出可能である環境DNA分析の感度の高さを表している。そのため、外来種の侵入の早期検知や希少種の存在把握に有効な方法になり得ることを示す結果と考えられる。

表1の魚類相をみると、本研究で大佐野川の試料から検出された魚種は、調査地点上流からのDNAの混入が疑われる種を除き、平川・中島(2020)の調査で検出された魚種と全て一致していた⁸⁾。また、鷺田川や御笠川ではモツゴ *Pseudorasbora parva*、タモロコ *Gnathopogon elongatus elongatus*、ナマズ *Silurus asotus*が検出されているが、採水順が最後であった大佐野川ではこれらの魚種は検出されていない。これは本研究の採水方法は適切に実施され、試料間のDNAコンタミネーションが極めて小さいことを示唆している。以上の結果から、調査地点に生息する魚種の検出については再現性が高く、魚類を対象とした環境DNA分析は採捕調査を補完する方法として有効な技術と考えられる。

次に、BACによるDNA分解抑制効果をBAC添加の有無で比較したが、魚類の検出種数に顕著な差は認められなかった(表1)。また、2日間の冷蔵保存でもBAC添加による差異は確認されなかったことから、PCR阻害の影響も認められなかった。本研究では、魚類のユニバーサルプライマーで増幅されたアンプリコンを配列解析し、魚類相の把握

表1 BACの添加及び冷蔵保存の有無による環境DNAを用いた魚類相調査結果の比較

種名		鷺田川				御笠川				大佐野川			
和名	学名	当日	2日後	当日	2日後	当日	2日後	当日	2日後	当日	2日後	当日	2日後
コイ	<i>Cyprinus carpio</i>	○	○	●	●	○	○	●	●	○	○	●	●
フナ属	<i>Carassius sp.</i>	○	○	●	●	○	○	●	●	○	○	●	●
ゲンゴロウブナ	<i>Carassius cuvieri</i>		○					●	●	○	○	●	●
オイカワ	<i>Zacco platypus</i>	○	○	●	●	○	○	●	●	○	○	●	●
カワムツ	<i>Nipponocypris temminckii</i>	○		●	●	○		●	●	○	○	●	●
カマツカ	<i>Pseudogobio esocinus</i>	○	○	●	●	○	○	●	●	○	○	●	●
イトモロコ	<i>Squalidus gracilis gracilis</i>	○	○	●	●	○	○	●	●	○	○	●	●
ムギツク	<i>Pungtungia herzi</i>					○	○			○	○	●	●
モツゴ	<i>Pseudorasbora parva</i>	○	○		●	○	○	●					
タモロコ	<i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>	○	○		●	○	○	●					
ナマズ	<i>Silurus asotus</i>	○	○	●	●	○		●	●				
ミナミメダカ	<i>Oryzias latipes</i>			●	●				●	○		●	●
ドンコ	<i>Odontobutis obscura</i>	○	○	●	●	○	○	●	●	○	○	●	●
ヨシノボリ属	<i>Rhinogobius sp.</i>	○	○	●		○	○	●	●	○	○	●	
ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>									○	○		
オオクチバス	<i>Micropterus nigricans</i>									○			
ブルーギル	<i>Lepomis macrochirus</i>									○	○		
種数		11	11	10	11	12	10	12	11	14	12	11	10

当日: 採水当日に DNA 抽出した試料, 2 日後: 冷蔵 2 日後に DNA 抽出した試料

○: BAC を添加していない試料から検出された魚種

●: BAC を添加した試料から検出された魚種

を行う定性分析を実施している。そのため、DNAの分解が進んでいたとしても同一種のDNAが残存していれば増幅・検出されることから、魚類相としての検出種の比較では差が表れなかった可能性がある。先行研究をみると、DNA量を測定する環境DNAの定量分析では、BAC添加の効果がより明確に示されるかもしれない¹³⁾。

3.2 微生物群集構造解析におけるBAC添加及び冷蔵保存の影響

魚類相調査に供試した同じDNA試料を用いて、微生物群集構造の解析を実施した。この方法は、培養が困難な菌種もDNAの増幅によって確認できるという利点があるものの、生菌だけでなく死菌であってもDNAが残存していれば検出される。そのため、微生物群集構造解析では、微生物の種数変化ではなく存在割合の変化に着目し解析を行った。

網レベルの各微生物の存在割合を図2に示す。鷺田川と御笠川の微生物群集構造が類似しているが、これは同一の流れの上流と下流に位置するためと考えられ、大佐野川の微生物群集構造が異なっていたのは、他の2地点と集水域が異なる河川であることが要因と考えられる(図1)。

BAC添加なしの場合、採水当日と冷蔵保存2日後にDNA抽出した微生物群集構造では、*Flavobacteriia*綱や*Gammaproteobacteria*綱の割合の増加が確認された。*Flavobacteriia*綱には、低温・無酸素環境において脱窒作用を発揮するものや²³⁾、深海の低温環境でも炭水化物異化作用を有して生息するものが報告されており²⁴⁾、*Gammaproteobacteria*綱についても南極大陸の湖から低温活性のある株が分離されている²⁵⁾。本研究で確認され

た冷蔵保存中の微生物群集構造の変化は、低温環境でも活性を有する微生物が増殖した結果を反映しているかもしれない。

BAC添加の有無を比較したところ、全ての調査地点においてBACの添加による微生物群集構造の変化が確認された。採水当日にDNA抽出した試料においてもBACの添加による微生物群集構造の変化は顕著であり、BAC添加による即効性が示唆された。

試料間の微生物群集構造の類似性を把握するため、NMDSを用いて二次元平面状に試料を配置した(図3)。NMDSの散布図は、各軸に特定の解釈はなく類似性を位置関係で示すものであり、近くに位置するものほど微生物群集構造が類似していることを示唆している。本研究では、BAC添加及び冷蔵保存による位置の変化を解析した。

全体の配置図から、微生物群集構造はBAC添加ありとBAC添加なしのグループに分かれることが示された(図3 A)。また、採水当日にDNA抽出を実施したBAC添加なし試料とBAC添加あり試料を比較すると、BACを添加することによって全ての調査地点でNMDS 1軸のマイナス側に移動し、特に鷺田川と御笠川は大きく位置が変化した(図3 A)。次に、冷蔵保存による微生物群集構造の変化に着目したところ、BAC添加なしで2日間冷蔵保存した場合、NMDS 1軸及び2軸ともにプラス側に大きく移動した(図3 B)。一方、BAC添加ありで2日間冷蔵保存した場合、微生物群集構造に顕著な変化は認められなかったが、NMDS 1軸ではマイナス側に移動し、NMDS 2軸方向の変化は明確ではなかった(図3 B)。以上の結果から、BACを添加せず採水当日にDNAを抽出した試料を基準とした場合、冷蔵保存中にBAC添加ありではNMDS 1軸マイナス側、BAC添加なしでは

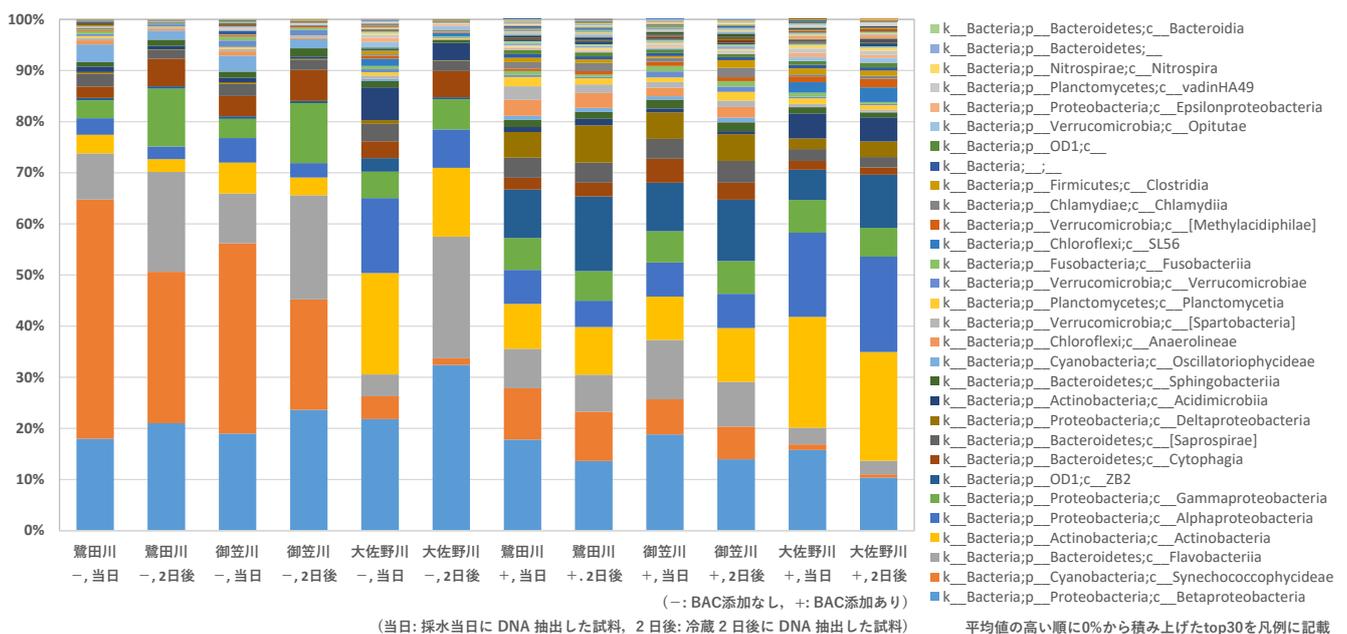


図2 BACの添加及び冷蔵保存の有無による微生物群集構造解析結果(網レベル)の比較

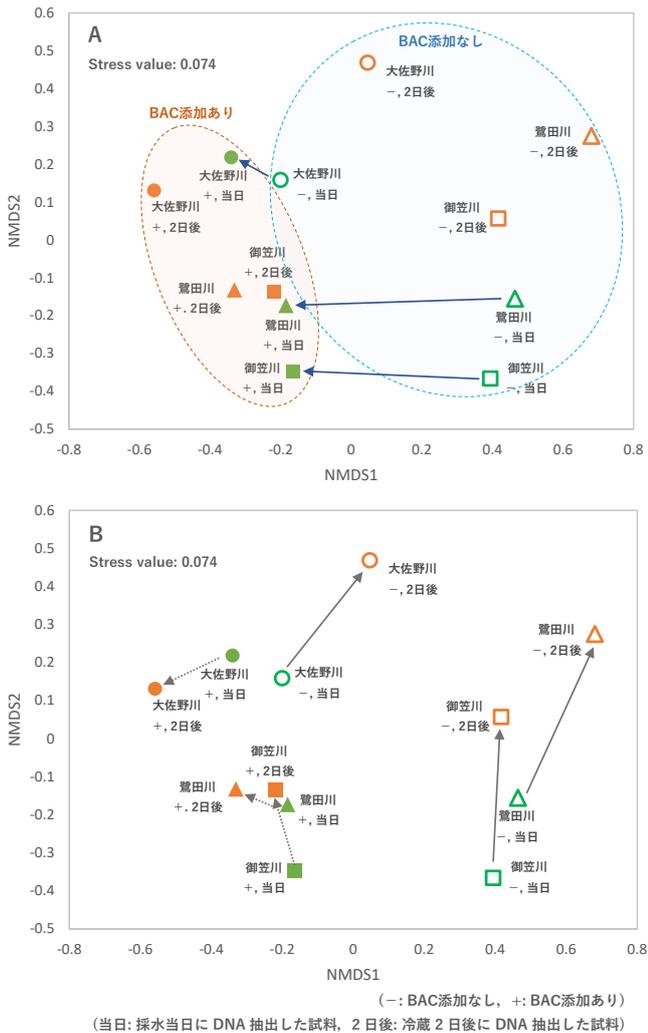


図3 NMDSを用いたBACの添加及び冷蔵保存の有無による微生物群集構造(綱レベル)の類似性比較
(A) BAC添加による微生物群集構造の変化
(B) 冷蔵保存による微生物群集構造の変化

NMDS 1軸プラス側に移動することから、それぞれ異なった微生物群集構造の変化をすることが示された。

伊知地(2019)は、BACは微生物に作用するため環境DNA分析において対象とする生物種に応じて留意が必要であることを指摘している²⁶⁾。また、BACに対する抵抗性を持つ菌種も報告されている^{15, 27)}。既報及び本研究の結果から、調査地点の微生物群集構造を反映した情報を取得するには、BACを添加せずにできるだけ速やかにろ過し、DNAを抽出することが有効と考えられた。

4. 現地作業の提案

以上の結果を受け、現在当所では採水後直ちに現地にて作業を進められるよう、ペリスタポンプを用いて筒状フィルターユニットSterivex(Merck KGaA, Darmstadt, Germany)に通水する可搬式自動ろ過装置を作製した(図4 A)。ろ過後は、Sterivexを十分に脱水した後にDNA安定

化剤としてRNAlater™ Stabilization Solution(Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA)を添加することでDNAの劣化防止を図っている(図4 B)。さらに、本装置を用いる追加の利点として、調査地点間の移動中にろ過が可能になったことから、作業効率化の効果も得られている。

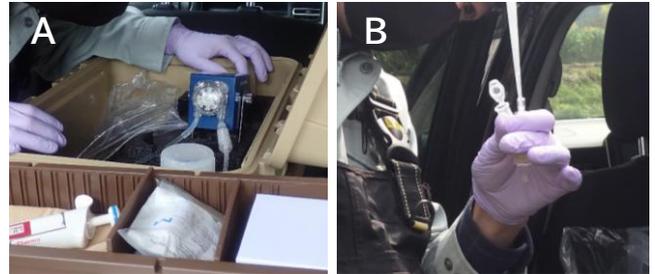


図4 (A) 可搬式自動ろ過装置を用いた現地ろ過及び (B) SterivexへのDNA安定化剤の添加作業

5. まとめ

環境DNAを用いた魚類相と微生物群集構造の同時解析を目的として、福岡県内の3河川においてBAC添加及び冷蔵保存による影響を調査した。魚類の存在の検出を判断基準とした魚類相調査において、冷蔵保存して2日以内にDNA抽出した場合は、BAC添加によるDNA分解抑制の効果は明確に表れず、魚類検出には冷蔵保存のみでも有効と考えられた。ただし、本研究では魚類のDNA量の変化は把握できていないため、定量を目的とした環境DNA分析を実施する場合には差が生じる可能性がある。また、微生物群集構造については、採水当日に抽出したDNA試料でも、BACを添加することにより微生物群集構造が顕著に変化することが確認され、即効性の影響が示された。また、冷蔵保存した場合、BAC添加なしの試料では低温環境で活性を有する菌が増殖し、微生物群集構造が変化する可能性も示唆された。以上の結果から、環境水中の環境DNAを標的として魚類相と微生物群集構造の同時解析を実施する場合、BACは添加せず、採水後速やかにろ過し、DNAを抽出することが適当と考えられた。

謝辞

本研究は、JSPS科研費JP22K04390及びJP25K01361の助成を受けたものです。

6. 引用文献

- 1) 環境省生物多様性センター：環境DNA分析技術を用いた調査手法の手引き(淡水魚類・両生類)第1版, https://www.biodic.go.jp/edna/reports/mifish_anphi_tebiki1.pdf (2025.4.21アクセス)

- 2) 環境省生物多様性センター：MiFish法に係る誤同定チェックシートver. 1.2, https://www.biodic.go.jp/edna/reports/mifish_checksheetsheet_ver1.2.xlsx (2025.4.21アクセス)
- 3) 一般社団法人環境DNA学会：環境DNA調査・実験マニュアルVer. 3.0.1, <https://ednasociety.org/manual/> (2026.1.8アクセス)
- 4) 玉田貴, 柴田直樹：環境DNA分析の「い・ろ・は」サンプリングから分析・解析まで, 実践のための技術. *ぶんせき*, **9**, 462-468, 2021
- 5) Miya, M., Sato, Y., Fukunaga, T., Sado, T., Poulsen, J.Y., Sato, K., Minamoto, T., Yamamoto, S., Yamanaka, H., Araki, H., Kondoh, M., Iwasaki, W. : MiFish, a set of universal PCR primers for metabarcoding environmental DNA from fishes : detection of more than 230 subtropical marine species. *Royal Soc. Open Sci.*, **2**, 150088, 2015
- 6) Illumina : 16S metagenomic sequencing library preparation Part#15044223 Rev.B, http://jp.support.illumina.com/content/dam/illumina-support/documents/documentation/chemistry_documentation/16s/16s-metagenomic-library-prep-guide-15044223-b.pdf (2025.4.21アクセス)
- 7) 平川周作, 中島淳, 松木昌也, 古賀敬興, 秦弘一郎, 柏原学, 古閑豊和, 石間妙子, 宮脇崇, 金子洋平, 志水信弘, 松本源生, 石橋融子：環境DNAメタバーコーディングを用いた河川における魚類調査手法の検討と水質による影響の解析. *環境化学*, **30**, 125-132, 2020
- 8) 平川周作, 中島淳：河川水を対象とした環境DNA分析による魚類相調査の可能性. *福岡県保健環境研究所年報*, **47**, 62-66, 2020
- 9) Hirakawa, S., Koga, T., Shimizu, N., Fujikawa, K., Tobiishi, K., Toba, M. : Exploring landfill conditions : analyzing relationships among waste composition, leachate water quality, and microbial community structure in inert-waste landfill sites. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, **27**, 1050-1061, 2025
- 10) Hirakawa, S., Koga, T., Shimizu, N., Hori, T., Kurokawa, Y., Toba, M. : Nitrification-related factors involved in the biochemical oxygen demand of leachate from inert-waste landfill site. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, **21**, 1341-1349, 2019
- 11) Pilliod, D.S., Goldberg, C.S., Arkle, R.S., Waits, L.P. : Estimating occupancy and abundance of stream amphibians using environmental DNA from filtered water samples. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **70**, 1123-1130, 2013
- 12) Takahara, T., Minamoto, T., Doi, H. : Effects of sample processing on the detection rate of environmental DNA from the Common Carp (*Cyprinus carpio*). *Biol. Conserv.*, **183**, 64-69, 2015
- 13) Yamanaka, H., Minamoto, T., Matsuura, J., Sakurai, S., Tsuji, S., Motozawa, H., Hongo, M., Sogo, Y., Kakimi, N., Teramura, I., Sugita, M., Baba, M., Kondo, A. : A simple method for preserving environmental DNA in water samples at ambient temperature by addition of cationic surfactant. *Limnology*, **18**, 233-241, 2017
- 14) 笹野祥愛, 山下洋：塩化ベンザルコニウムによるPCR阻害とDNA精製の効果. 第7回環境DNA学会つくば大会要旨集, P-17, 17, 2024
- 15) 消毒剤マニュアルー消毒剤の特徴・使用法・使用上の留意点ー, 健栄製薬株式会社, 大阪, 2012
- 16) FASTX-Toolkit : FASTQ/a short-reads pre-processing tools., https://github.com/agordon/fastx_toolkit/releases/tag/0.0.14 (2025.4.21アクセス)
- 17) Bolyen, E., Rideout, J.R., Dillon, M.R., Bokulich, N.A., Abnet, C.C., Al-Ghalith, G.A., Alexander, H., Alm, E.J., Arumugam, M., Asnicar, F., Bai, Y., Bisanz, J.E., Bittinger, K., Brejnrod, A., Brislawn, C.J., Brown, C.T., Callahan, B.J., Caraballo-Rodriguez, A.M., Chase, J., Cope, E.K., Da Silva, R., Diener, C., Dorrestein, P.C., Douglas, G.M., Durall, D.M., Duvallet, C., Edwardson, C.F., Ernst, M., Estaki, M., Fouquier, J., Gauglitz, J.M., Gibbons, S.M., Gibson, D.L., Gonzalez, A., Gorlick, K., Guo, J., Hillmann, B., Holmes, S., Holste, H., Huttenhower, C., Huttley, G.A., Janssen, S., Jarmusch, A.K., Jiang, L., Kaehler, B.D., Kang, K.B., Keefe, C.R., Keim, P., Kelley, S.T., Knights, D., Koester, I., Kosciulek,

- T., Kreps, J., Langille, M.G.I., Lee, J., Ley, R., Liu, Y.X., Loftfield, E., Lozupone, C., Maher, M., Marotz, C., Martin, B.D., McDonald, D., McIver, L.J., Melnik, A.V., Metcalf, J.L., Morgan, S.C., Morton, J.T., Naimey, A.T., Navas-Molina, J.A., Nothias, L.F., Orchanian, S.B., Pearson, T., Peoples, S.L., Petras, D., Preuss, M.L., Pruesse, E., Rasmussen, L.B., Rivers, A., Robeson, M.S., 2nd, Rosenthal, P., Segata, N., Shaffer, M., Shiffer, A., Sinha, R., Song, S.J., Spear, J.R., Swafford, A.D., Thompson, L.R., Torres, P.J., Trinh, P., Tripathi, A., Turnbaugh, P.J., Ul-Hasan, S., van der Hooft, J.J.J., Vargas, F., Vazquez-Baeza, Y., Vogtmann, E., von Hippel, M., Walters, W., Wan, Y., Wang, M., Warren, J., Weber, K.C., Williamson, C.H.D., Willis, A.D., Xu, Z.Z., Zaneveld, J.R., Zhang, Y., Zhu, Q., Knight, R., Caporaso, J.G. : Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. *Nat. Biotechnol.*, **37**, 852-857, 2019
- 18) Sato, Y., Miya, M., Fukunaga, T., Sado, T., Iwasaki, W. : MitoFish and MiFish Pipeline : A Mitochondrial Genome Database of Fish with an Analysis Pipeline for Environmental DNA Metabarcoding. *Mol. Biol. Evol.*, **35**, 1553-1555, 2018
- 19) DeSantis, T.Z., Hugenholtz, P., Larsen, N., Rojas, M., Brodie, E.L., Keller, K., Huber, T., Dalevi, D., Hu, P., Andersen, G.L. : Greengenes, a chimera-checked 16S rRNA gene database and workbench compatible with ARB. *Appl. Environ. Microbiol.*, **72**, 5069-5072, 2006
- 20) R Core Team (2018) : A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <http://www.R-project.org/> (2025. 4. 21アクセス)
- 21) Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., Wagner, H. : *vegan* : Community Ecology Package. R package version 2.4-3., <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html> (2025. 4. 21アクセス)
- 22) 土居秀幸, 岡村寛 : 生物群集解析のための類似度とその応用 : Rを使った類似度の算出, グラフ化, 検定. *日本生態学会誌*, **61**, 3-20, 2011
- 23) Li, X.-k., Yang, Y.-j., Liu, G.-g., Sun, D.-d., Ma, X.-c. : Enhanced nitrogen removal at low temperature with mixed anoxic/oxic process. *Water Science and Engineering*, **16**, 67-75, 2023
- 24) Liu, J., Xue, C.X., Sun, H., Zheng, Y., Meng, Z., Zhang, X.H. : Carbohydrate catabolic capability of a Flavobacteriia bacterium isolated from hadal water. *Syst. Appl. Microbiol.*, **42**, 263-274, 2019
- 25) Clocksin, K.M., Jung, D.O., Madigan, M.T. : Cold-active chemoorganotrophic bacteria from permanently ice-covered Lake Hoare, McMurdo Dry Valleys, Antarctica. *Appl. Environ. Microbiol.*, **73**, 3077-83, 2007
- 26) 伊知地稔 : これから環境DNAによる調査・研究を始める方へ. *日本海水学会誌*, **73**, 273-280, 2019
- 27) 薩田清明, 小川眞利子, 眞壁明子, 黒川顕, 大塚敏文 : 各種消毒薬の殺菌効果について(第2報). *日本医科大学雑誌*, **51**, 99-103, 1984

<支部だより>

東海・近畿・北陸支部

東海・近畿・北陸支部の活動について報告します。
(支部事務局：和歌山県環境衛生研究センター)

1. 令和7年度全国環境研協議会東海・近畿・北陸支部総会

(担当：奈良県景観・環境総合センター)

- (1) 期日：令和7年9月5日(金)
- (2) 場所：東大寺金鐘ホール会議室A
- (3) 参加者：17機関31名
- (4) 結果：
 - ア 議決事項
 - 第1号議案 令和6年度事業報告について
 - 第2号議案 令和6年度収支決算について
 - 第3号議案 令和7年度事業計画(案)について
 - 第4号議案 令和7年度収支予算(案)について
 - 第5号議案 全国環境研協議会東海・近畿・北陸支部における支部役員及び本部役員の選出輪番(案)について

イ 報告事項

令和7年度支部役員会開催結果報告について
全国環境研協議会組織図等について

ウ 討議事項

- (ア) 試薬管理システムの導入状況について
 - (イ) 化学物質のリスクアセスメントについて
 - (ウ) 行政ニーズに対応した調査研究課題への取組状況について
 - (エ) 各機関における広報活動について
- 上記4題について意見交換を実施した。

(5) 支部長表彰

試験研究機関の業務の推進に顕著な功績があった5名の者に対し表彰を行った。

- 溝口 俊明 氏 (富山県環境科学センター)
- 太田 聡 氏 (石川県保健環境センター)
- 岩田 杉夫 氏 (愛知県環境調査センター)
- 吉田 光方子 氏 (公益財団法人ひょうご環境創造協会 兵庫県環境研究センター)
- 山本 道方 氏 (和歌山県環境衛生研究センター)

2. 第40回全国環境研協議会東海・近畿・北陸支部研究会

(担当：神戸市健康科学研究所)

- (1) 期日：令和8年1月22日(木)、23日(金)
- (2) 場所：神戸臨床研究情報センター
- (3) 研究発表：15題
- (4) 参加機関：14機関
 - 1月22日(木)
 - ①下水処理場排水に含まれる抗生物質の分析法の検討とLC-Q/TOFデータの解析 (神戸市健康科学研究所)
 - ②タイヤ摩耗粉由来の酸化生成物(6PPD-Q)の実態調査 (石川県保健環境センター)
 - ③GC/MSによる浸出水に含まれるフルオロテロマー類の前処理法の検討 (兵庫県環境研究センター)
 - ④LC-Q/TOFを用いた県内河川中の化学物質に関する平常時データの蓄積及び水質異常対応への活用 (和歌山県環境衛生研究センター)
 - ⑤ごみ焼却施設における排ガス処理での水銀の挙動 (大阪市立環境科学研究センター)
 - ⑥京都府における大気粉じん中の六価クロム化合物の測定について (京都府保健環境研究所)
 - ⑦播磨灘西部海域に生息する藻類からの栄養塩類の遊離 (兵庫県環境研究センター)
 - ⑧有田川における底生動物相を用いた水質評価とその変遷 (和歌山県環境衛生研究センター)
 - ⑨名古屋市における環境DNAを用いた生物調査について (名古屋市環境科学調査センター)
 - 1月23日(金)
 - ⑩大気中アスベスト濃度測定における位相差/生物顕微鏡法と分析走査電子顕微鏡法の比較について (大阪府立環境農林水産総合研究所)
 - ⑪奈良県内大気中の含酸素化合物(OVOC)の実態調査 (奈良県景観・環境総合センター)
 - ⑫京都府における有害大気汚染物質の状況と気象条件との関係について (京都府保健環境研究所)
 - ⑬N,N-ジメチルホルムアミドを使用しないシアン分析法の検討について (堺市衛生研究所)
 - ⑭岐阜県内河川の放射能濃度について (岐阜県保健環境研究所)
 - ⑮琵琶湖今津沖中央における粒子態有機物の変動について (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)
- (5) 次期開催地あいさつ：
名古屋市環境科学調査センター

編集後記

早いもので令和7年度もまもなく終わろうとしております。今年もいろいろな災害があり、日本各地で強い地震が観測されました。4月には長野県で深度5弱、6月から7月にかけては鹿児島県トカラ列島で最大深度6弱が複数回、10月には北海道根室沖で深度5弱、11月は熊本県阿蘇地方で深度5強、12月には青森県東方沖で深度5弱、1月には島根県東部で深度5強の地震が観測されました。他にも、7月に九州の新燃岳噴火、9月には1時間に123.5mmという記録的豪雨による三重県四日市市の地下駐車場の浸水被害、11月には大分市佐賀関で大規模火災が発生し約180棟が被害に遭う等多くの災害が発生しました。被災された方が1日でも早く通常の生活に戻れるよう心からお祈りしております。

1月末からは日本海側では記録的大雪により青森県では自衛隊が派遣要請されたこととは対照的に、太平洋側では少雨による影響でダムの貯水率が大幅に低下する等渇水による生活への影響が続いています。高知県でも、仁淀川水系の大渡ダムでは運用開始以来初めて貯水率が0%を記録、早明浦ダムでも旧大川村庁舎が出現する事態となりました。2月末からまとまった雨が降ったことで、3月3日現在は大渡ダムが72.3%、早明浦ダムが45.0%まで回復しました。

また、今年の夏は多くの地方で過去最も早い梅雨明けかつ歴代で最も暑い夏となりました。気象庁のホームペ

ージによると、群馬県伊勢崎で歴代最高気温41.8℃、猛暑日の延べ地点数も記録を更新しました。原因は、地球温暖化に加えて北半球中緯度地点の高い海面水温が気温に影響した可能性が高いとのことです。我々を取り巻く環境状況は気候変動による影響を受けていることをまざまざと感じた1年であり、これまで以上に気候変動対策の重要性を実感しました。

高知県衛生環境研究所が広報部会事務局を担当して1年が経過します。こちらの不手際によりご迷惑をおかけした部分もありましたが、皆様のご協力により会誌を発行できておりますことに深く感謝申し上げます。次年度につきましても、会誌への積極的な投稿にご協力をお願いいたします。

最後になりましたが、巻頭言を執筆していただいた和歌山県環境衛生研究センター所長の村上様、特集の「第52回環境保全・公害防止研究発表会」の担当していただいた茨城県霞ヶ浦環境科学センターの皆様、報文を投稿していただいた皆様、「支部だより」を執筆していただいた東海・近畿・北陸支部の皆様にご心から御礼申し上げます。

(高知県衛生環境研究所)

令和7年度

全国環境研協議会広報部会

< 部 会 長 > 高知県衛生環境研究所長
 < 広報部会担当理事 > 島根県保健環境科学研究所長

季刊 全国環境研会誌 Vol.51 No.1(通巻178号)

Journal of Environmental Laboratories Association

2026年3月25日発行

発行 全国環境研協議会

編集 全国環境研会誌 編集委員会