

ISSN 2424-1083

季刊 全国環境研会誌

JOURNAL OF ENVIRONMENTAL LABORATORIES ASSOCIATION

Vol.49 No.4 2024 (通巻 173 号)



目 次

[巻頭言]

“現場”から学ぶこと、“未来”へ向け伝えること 青木浩司 / 1

[特 集／一斉分析 ～一斉分析方法開発の振り返りと最近の動向・活用事例～]

- 北九州市保健環境研究所のGC/MSを用いた中揮発性化学物質の一斉分析の取組について
..... 三苫洋介 / 2
- AIQS-GCの開発と地方自治体での活用 門上希和夫 / 3
- 化学物質事故対応を想定した机上演習における一斉分析 —AIQSへの期待と課題—
..... 中島大介・今泉佳隆・小山陽介・高澤嘉一・鈴木規之 / 9
- 大規模地震による災害を想定した河川水環境調査の訓練におけるAIQS活用事例について
..... 梶田奈穂子・木全貴大・山内幸一・林陽介・松山純也・内藤宏孝 / 11

[論 説]

- 研究で自治体政策を変える地方環境研究所 豊永悟史 / 13

[報 文]

- 埼玉県内の公共用水域（河川）における大腸菌数環境基準超過地点の特徴
..... 渡邊圭司・宮崎実穂・池田和弘・柿本貴志
見島伊織・梅沢夏実・田中仁志・木持謙 / 23
- マイクロ波酸分解法及び ICP-OES を用いた底質の全りん分析 平川周作・松木昌也 / 29
- 青森県十二湖青池と隣接湖沼の水質比較 花石竜治・菩提寺誉子 / 35
- 伊勢湾及び三河湾における水質環境の変動について—COD, TOC の推移及びその関係性—
..... 梶田奈穂子・内藤宏孝 / 40
- 環境水中ノニルフェノール分析における固相抽出について 山内幸一・鈴木敦・丹羽智子
佐藤英幸・武田裕子 / 48

[環境省ニュース]

- 環境研究総合推進費の令和 7 年新規課題公募について
..... 環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室 / 54

C O N T E N T S

Local Environmental Institutes have the potential to change local government policies through their research	 Satoshi TOYONAGA	/ 13
Characteristics of sites exceeding environmental standards for coliform counts in public water bodies in Saitama Prefecture	 Keiji WATANABE, Miho MIYAZAKI, Kazuhiro IKEDA, Takashi KAKIMOTO Iori MISHIMA, Natsumi UMEZAWA, Hitoshi TANAKA, Yuzuru KIMOCHI	/ 23
Total phosphorus analysis of sediment using microwave acid decomposition method and ICP-OES	 Shusaku HIRAKAWA, Masaya MATSUKI	/ 29
Comparison of water quality of Ao-ike Pond and of its adjacent Ketobano-ike Pond in Juni-ko Lakes, Aomori Prefecture	 Ryuji HANAISHI, Motoko BODAIJI	/ 35
Research on variation in water quality environment in Ise Bay and Mikawa Bay	 Nahoko KAJITA, Hirotaka NAITOU	/ 40
Solid-phase extraction for analysis of nonylphenol in environmental water	 Koichi YAMAUCHI, Atsushi SUZUKI, Tomoko NIWA Hideyuki SATO, Yuko TAKEDA	/ 48

◆巻 頭 言◆

“現場”から学ぶこと、“未来”へ向け伝えること

福島県環境創造センター所長 青 木 浩 司



全国環境研協議会北海道・東北支部の令和5・6年度の支部長を務めております、福島県環境創造センターの青木でございます。よろしくお願いします。

まず、9月末に発生した石川県能登豪雨で犠牲になられた方々に対し、謹んでご冥福をお祈りいたします。本年元日に発生した能登地震の復旧・復興も半ばでの災害となり、被災された皆様に心からお見舞い申し上げます。

当センターは、平成23年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故により放射性物質で汚染された環境の回復・創造に取り組むための総合的な拠点として、平成27年度に開所しました。敷地内に同居する国立研究開発法人日本原子力研究開発機構及び国立研究開発法人国立環境研究所と緊密に連携・協力して、「モニタリング」、「調査研究」、「情報収集・発信」及び「教育・研修・交流」の4つの事業に取り組んでいます。

東日本大震災・原子力災害から13年半が経過し、除染活動や自然減衰による空間線量率の低下、被災地におけるインフラの整備、避難指示の解除に伴う避難者の一部帰還など、全国の皆様の御支援やお力添えもあり、本県の復興・再生は着実に進んできました。一方で、廃炉や汚染水・処理水対策、除染で発生した除去土壌等の処分先など大きな課題があるほか、未除染地域の残存、避難者帰還の停滞、根強く残る風評などの多くの課題も残されており、私たちは原子力災害からの復興のために、あらゆる“挑戦”を粘り強く続ける必要があります。

本県では、震災及び原子力災害の現場を「見て」「聴いて」、復興を「考える」ため、新規採用職員全員を対象とした現地研修を実施しており、当センターから参加した職員からは、震災当時のことや、復旧・復興に携わった方々の生の声を聴いて大変感銘を受けた等の感想が聞かれました。彼らには、研修で感じたこと・考えたことを胸に刻み、本県の復興を担う人材となることを期待しています。

当センターは、愛称「コミュタン福島」という学習施設を併設しています。コミュタン福島は、東日本大震災・原子力災害との闘いや復興の歩みに関する展示や全球型ドームシアターを有しており、福島の現状や環境などについて学習することができ、これまでに65万人以上の

方々に御来館いただいています。

また、各年齢層に応じた講座を開講しており、小中学生等の受講者が実験やフィールドワークを通して“科学的な思考力”を育み、“学んだことを自分の言葉で伝える”ための発信力を向上させることを目的とした人材育成事業にも積極的に取り組んでいます。



さて、当支部の活動についてですが、今年度の支部総会を6月に新潟市で開催いたしました。コロナ禍で書面開催を余儀なくされていましたが、昨年度に続いて、対面での開催となりました。「Face to Face」で濃密な意見交換の場となり、改めてオンラインにはない良さを実感したところです。

今回の支部総会では、各機関の担当者・担当業務を一覧にした名簿の作成について提案があり、支部内で共有することとしました。意思の疎通が図られ、研究者同士が気軽に意見交換できるようになる第一歩となれば（コロナ禍前は当たり前のようにできていたことですが）と考えています。

また、総会翌日の視察会では「新潟県立環境と人間のふれあい館（新潟水俣病資料館）」を訪問しました。語り部の方から水俣病の発症や訴訟等の話を伺うとともに、貴重な映像資料や展示を拝見して、このような悲惨な公害は二度と繰り返してはならないとの想いを強くしたところです。「富山県立イタイイタイ病資料館」等、公害問題の教訓を後世に伝える資料館は各地に設置されておりますので、これらの施設と連携していくことも全環研の今後のあり方として検討してもよいのではと感じています。

任期も終盤となりましたが、支部内各機関そして全国の会員機関とのコミュニケーションを大切にしながら、支部及び全環研の活動が円滑に進捗できますよう努めてまいりますので、どうぞよろしくお願いいたします。

＜特集＞一斉分析 ～一斉分析方法開発の振り返りと最近の動向・活用事例～

北九州市保健環境研究所のGC/MSを用いた中揮発性化学物質の 一斉分析の取組について

北九州市保健環境研究所 三苦 洋介

1. はじめに

本研究所の一斉分析の取組について紹介する前に、まず本研究所の歴史を紹介したい。本研究所は昭和40年に衛生研究所として設置され、昭和49年に公害問題に関する市民の幅広い要請に対処するため、調査研究、試験検査、指導研修及び情報資料の収集、解析、提供等の機能を拡充させるべく、環境衛生研究所として組織替えを行うとともに、現在地の北九州市戸畑区へ新設移転をした。

平成5年には、様々な環境問題への対応を強化するため、保健局から環境局へ移管され、平成6年には、環境・上水道・下水道と3つに分かれていた縦割りを取り除き、水環境を総合的に研究する組織として、アクア研究センターを所内に設置した。アクア研究センターは研究機関として、「クロマトグラフ/質量分析装置における汎用多成分一斉同定・定量方法」などの特許を6件取得するなど様々な成果をあげてきた。

平成18年には、平成14年に新設された北九州市立大学国際環境工学部の拡充を図る等の目的で、アクア研究センターが同学部へと移管された。この時、従事していた職員数名も大学職員へ転籍することとなった。（後述する門上氏含む。）

その後、平成29年度には、感染症対策の強化等を理由に、保健福祉局へ再度移管され、名称も保健環境研究所となり、現在に至っている。

2. これまでの一斉分析の取組

本研究所では、増え続ける化学物質を効率的かつ迅速に調査するニーズの高まりから、平成6年に可能な限り多種類の化学物質を一度に分析する方法の開発に着手することとなった。当初は、イオントラップ型GC/MSを用いた約300物質の一斉分析法を開発し、その成果として、北九州市周辺海域等の水質調査の実施や中国大連市との国際環境協力等の場面で活用してきた。

さらに、約300物質の一斉分析で得た知識と経験を活かし、対象物質を600さらには900と増やすなど改良を重ね、AIQS - GC（自動同定定量システム）の開発につながっている。なお、こうした一斉分析法の開発において、元市職員であった門上希和夫氏（北九州市立大学名誉教

授）の貢献が非常に大きい。については、AIQS - GCの歴史について、同氏より寄稿いただき、次頁より詳しく紹介しているので、是非参考にさせていただきたい。

3. 近年の一斉分析の取組

本研究所では、AIQS - GCを用いて、近年様々な調査研究を実施している。以下にその取組を紹介する。

【一般環境大気中のPM_{2.5}中の化学物質調査】

実施時期：H29～R2

概要：AIQS - GC及びAIQS - LCを用いた市内一般環境大気中のPM_{2.5}の化学物質を調査。脂肪族化合物や多環芳香族炭化水素、農薬類等を検出。

【市内公共水域における平常時の水質調査】

実施時期：R5～

概要：災害時に有害物質が流出する等の事案に備え、ハザード情報や水質汚濁防止法、PRTR法の工場・事業場情報をマップに落とし込み、危険度の高い地域を選定。同地域の河川、海域における平常時の調査を実施。クロタミトン、カフェイン等を多頻度に検出。

また、北九州市立大学国際環境工学部と「全自動同定定量システムを用いた市内公共用水域の平常時の水質データの蓄積」に関する共同研究を実施しているほか、国環研のⅡ型研究にも参加している。

近年の課題としては、AIQS - GCの同定判定結果の評価が良好でない物質の同定作業において、担当者間で相違が発生している点が挙げられる。概ね3年ごとに異動する人事制度上、こうした課題を解決しなければ技術の継承が進まない。そこで、現在は北九州市立大学国際環境工学部の宮脇准教授にご指導いただきながら、判定に苦慮した物質の判例集の作成に着手したところである。

いずれにせよ、一斉分析法を活用し、大規模災害や事故が発生した際の緊急時対応や継続的なモニタリング調査など、環境保全に資する取組を今後とも続けていきたい。

＜特集＞一斉分析 ～一斉分析方法開発の振り返りと最近の動向・活用事例～

AIQS-GCの開発と地方自治体での活用

北九州市立大学名誉教授（元北九州市職員） 門上 希和夫

1. はじめに

本文ではGC-MS用自動同定定量データベースシステム（AIQS-GC）開発の歴史について記述するが、AIQS-GC開発の背景と目的を説明するために、私が北九州市役所に入職（1974年）してから北九州市立大学（2006年）に移るまでの環境分野での取り組みを併せて紹介する。現在とは環境問題の内容や社会状況が相当異なるが、環境問題への取り組みの原則は、今日でも同じであろう。AIQS開発の過程と背景などで参考になる点があれば、是非役立てていただきたい。また、最後に地方環境研究所（地環研）でのAIQSの活用と調査研究に取り組む必要性について私の考えを記述する。併せて参考になれば幸甚である。

2. AIQS-GC開発に至る背景と過程

私は1974年に北九州市役所に採用され、公害対策局規制部規制課で大気汚染防止法に係わる規制業務を担当した。当時は総量規制や環境アセス法などもなく、法律に基づく業務に加えて企業との協定や誓約書などを利用して大気を含む環境全般の改善を目指す業務も担当していた。公害問題が最も重要な施策の1つであった当時は、局全体に仕事をやらされているという受け身ではなく、「郷土である北九州市の環境は自分たちが守る」という前向きの気持ちで仕事に取り組んでいた。

1980年に北九州市環境衛生研究所の環境部門・水質係に異動となり、試験検査と調査研究をすることになった。当時の研究所には若い職員が多く、環境衛生研究所設立時に鹿児島大学から招聘された秋山高前所長の理念が残り、毎週のゼミ開催を含め精力的に調査研究が実施されて大学の様な雰囲気であった。環境行政を希望して北九州市に入った私は、その雰囲気や分析業務に慣れるのに1年程度かかったのを覚えている。異動直後に上司から調査研究業務もしっかりやれとの指示があり、どの様なテーマに取り組むか、時間を見つけては図書室で環境研究動向を情報収集し、微量化学物質問題に興味を持った。幸運なことに、研究所には地方自治体として全国初のGC-MSがあり、先輩達はGC-MSを用いた研究を精力的に実施して多数の論文を発表していた。また、環境庁の化学

物質環境実態調査（黒本調査）を受託し、環境調査や分析法開発をルーチンの1つとして実施していた。私は大学時代に分析化学を専攻していたが、吸光光度計しか使ったことがなく、試験検査で使用する原子吸光やGC、GC-MSなどは見るのも初めてで、全て原理から勉強しなければならなかった。試験法も公定法やJIS分析法に加えて、分析法の単位操作の基礎や操作手順などの勉強を一から始める必要があった。異動2年目から化学物質分析法開発の担当もすることとなり、参考文献や資料を収集・勉強し、同僚や先輩のOJTを受けながら開発を進めた。その中でGCなどの機器分析のノウハウを学び、化学物質分析の基礎について勉強を積んでいった。GC-MSに関しては、図書、論文、メーカーの技術資料などで得た情報と自分で行った実験や先輩の知識などを常に収集整理し、GC-MS情報集としてまとめていた。また、同僚と一緒にGC-MSトラブル事例集を作り、経験したトラブルとその対策を記録して職場で共有していた。その考えは大学に移ってからも同様で、開発AIQSや作成テキストなどは希望する方には原則無料で提供している。もう一つ研究所に異動して勉強したのは英語である。最初は英語の文献や分析法を読むため、1980年代後半からはJICA国際研修の講義と実習を行うため、テキスト作成と英会話が業務上必要になり勉強しなければならなかった。勉強はエンドレスで現在も続けているが、このようにして得た知識や技術が調査研究や学生教育など色々な所で随分と役立った。

行政部門が長かったため、調査研究でも行政に役立つテーマに取り組もうと考え、当時北九州市に国内最初の洋上石油備蓄基地が建設されることが決まった事を受け、最初の研究テーマとして1983年からGC-MSを用いた油汚染の早期検出手法開発を目指し、水質試料中のn-アルカンの微量分析法開発に取り組むこととした。GC-MSの感度を考慮して試料量を10 Lとしたため、固相抽出をすることとし、XAD-2樹脂を用いた固相抽出装置を自作し、重水素ラベル化体をサロゲートとした同位体希釈法の分析法開発に取り組んだ。開発中に重水素ラベル化体にNative体のコンタミがあることに気づき、カナダの試薬会社に手紙を書き、コンタミの無い試薬を入手したことを覚えている。完成した分析法は、分析化学に人生最初の論文¹⁾

として掲載された。これ以降、税金を使い仕事として取り組んだ調査研究成果は、全て学術論文として公表する事を目標としている。学会発表止まりでは、研究成果はほぼ世の中に知られないからである。

試験検査は、ローテーションで毎年担当する分析項目が変わったが、何時頃か市民からの苦情の原因究明を私が担当することになった。当時苦情は年間20～30件ほどあり、その多くは油の流出と魚のへい死であった。油流出に関しては、市内で流通している燃料油と潤滑油の大半を入手し、それらが風化したものも含めGC-FID分析してn-アルカンのパターンや特徴的なピークなどをデータ化し、それを用いて油種判定する手法を開発した。なお、当時のGCはパックドカラム、クロマトグラムはペンレコーダーで描き、MSは二重収束型でマニュアル制御、マススペクトル検索はマススペクトルデータ集を用いた手作業での検索であった。また、所内には1台の二重収束型GC-MSしかなく、予約しての使用であり、安定したデータを得るには電圧が安定する夜間に試料液を手打ちする必要があった。魚へい死の原因究明での農薬分析はパックドGC-FPDやGC-ECDで行うため、調べられる物質も少数で、河川試料では採水時に農薬が流れ去っていることが多く、原因究明に至った例は非常に限られていた。

1985年には、黒本調査でメラミンの分析法開発を担当し、キャピラリーGC、誘導体化などを勉強した。特に苦労したのは、水質試料からのメラミンの抽出である。当時考えられる抽出法は全て試したがどれも上手くいかず、夜も熟睡できないほどであった。意を決して国立環境研究所の森田昌敏先生に相談したところガスクロ工業（現ジーエルサイエンス）の活性炭ビーズを紹介された。活性炭ビーズを詰めた自作の固相抽出器具を作成して添加回収したところ定量的な回収ができて分析法開発に成功し、1986年に論文²⁾発表した。この活性炭ビーズを用いた固相抽出は、1989年に分析法開発を担当したp-ジオキサンの抽出にも使い、水溶性化学物質の一斉分析として英語論文³⁾として公表した。公表した英語論文は、読者や引用数が和文論文と比べものにならないほど多く、これ以降、論文発表は原則英文ですることに決めた。なお、私が知る限り、メラミンとp-ジオキサンの分析法が、活性炭を微量化学物質の分析に使用した最初である。この知見は、AIQS-GCの水質の固相抽出⁴⁾に活かされている。

3. 300物質の一斉分析法⁵⁾開発

1994年にGC-MSをリースできることになり、装置選定を開始した。選定にあたっては、ルーチン業務のゴルフ場農薬検査、魚へい死などの苦情処理、および調査研究業務に使用することを前提に短時間に数百物質を一斉分析できる装置を検討した。当時主流のGC-シングル四重極型

MSでは、高感度の選択イオン検出法（SIM）を用いて定量分析していたが、測定物質数に制限があり、数百物質の一斉分析は不可能であった。一方、イオントラップ型MSは、SIM並の感度でフルスペクトルが測定できるため、数百物質の一斉分析に最適なGC-MSであったことから、イオントラップGC-MSを導入することとした。

導入後、早速数百物質の一斉分析法の開発を開始した。開発に当たっては、それまで蓄積していた分析法とGC-MSに関する知識やノウハウの全てをつぎ込み、以下の6条件を満足する一斉分析法を開発することとした。（1）GC-MSの検量線作成では、全対象物質が入った混合標準液を調製する必要がある。その為、1000ppmの標準原液を用いる場合、全てを混合すると濃度希釈されるため、対象物質数は最大300物質程度となる。そこで、日本や米国の規制物質、黒本調査や北九州市内での検出物質から300物質を候補とし、液液抽出で定量的に抽出できる物質を対象物質とする。（2）分析法検出限界はpptに近づける。（3）マススペクトルと保持時間で確実に同定する。（4）検量線の更新をできるだけ避けるためGC-MS装置性能評価物質を用いた性能維持手法を確立する。（5）ルーチンでも使用できる正確さと精度を持つ分析法とする。（6）サロゲートを用いて個々の分析が問題なく行われていることを確認する。

文献などを調べて保持時間が重ならないように複数の1ppm混合標準液を調製し、GC-MSで測定して全ての物質の保持時間とマススペクトルを定量メソッドに登録した。次に、定量イオンの決定にあたっては、保持時間が近い物質では他物質から影響を受けないイオンを選び、登録した。定量メソッド完成後、検量線を作成するために全物質の混合標準液を調製して測定し、内標準検量線を作成した。

前処理法は、米国環境保護庁のEPA Methodなどを参考にジクロロメタン液液抽出法を採用することとした。EPA Methodでは水質試料のpHを変えて抽出をしているため、塩基性、中性、酸性の3条件で全物質の添加回収試験を実施して最適なpHと抽出順を決定した。また、濃縮法やコンタミしやすい物質などについても検討した。

開発で最も苦労したのは、標準液の調製であった。研究所には先輩達の精力的な化学物質研究の蓄積として数千種の化学物質があり、新規購入物質は少なかったものの、原体からの調製には同僚の力を借りてもかなりの時間を要した。試料測定時に混合標準液を測定して保持時間と検量線を確認する作業も時間を要し、保持時間を予測する手法の必要性を強く感じた。

イオントラップでの300物質の一斉分析を多数実施して得た知見は、（1）検量線作成には全物質の混合液が必要であり、標準原液の濃度（1000ppm）から考えて一斉物質

ができる物質数は300物質程度が限界である。(2) 300物質の混合標準溶液の調製は非常に労力を要するが、装置を適切に維持すれば検量線の傾きの変化は小さく安定した定量値が得られる。(3) 装置性能を維持するためには、装置性能評価物質を用いた評価が有効である。(4) 保持時間はカラム切断や交換後に変化するため、測定時の保持時間を調べるために標準液を常に準備して測定する必要がある。以上から、1000物質以上の網羅分析をするには、次の2点が必要である事が分かった。(1) 全物質を混合した標準液を測定して検量線を作成するのではなく、検量線を追加していくデータベース(DB)を用いる手法が良い。(2) 標準液の測定に代わる保持時間予測手法が必要である。当時、アジレントには保持時間を固定する手法(リテンションタイムロック)があったが、ロックに用いる物質から保持時間が離れた物質の保持時間の再現性が低下する問題があった。そこで、n-アルカンを昇温保持指標とした保持時間予測を検討しようと考えた。

開発した300物質の一斉分析法を用いて様々な環境調査や国際環境協力を実施して多くの成果を得た。主要な成果を次に示す。(1) 阪神・淡路大震災時の神戸港海水調査において殺虫剤のビス(2-クロロイソプロピル)エーテルを国内で初めて検出した。この結果を受けて、環境庁の依頼により「緊急時における化学物質調査マニュアル⁶⁾」を作成した。(2) 魚へい死事件で多数回クロロピリホスを検出した。また、未使用農薬の投棄と思われる高濃度のクロルデン類を検出した。(3) 中国大連市との国際環境協力のためにGC-MSのテキスト「水和廃水監測分析方法指南(下冊)⁷⁾」を作成し、それを用いて大連市で開催された環境セミナーにおいて化学物質分析研修を実施した。また、大連湾で海水を採水して一斉分析し、ビス(2-クロロエチル)エーテルとビス(2-クロロイソプロピル)エーテルを検出した。(4) 北九州市周辺海域⁸⁾と閉鎖性海域の洞海湾⁹⁾の水質調査を行い、化学物質の存在実態と発生源および洞海湾内での化学物質の挙動を明らかにした。(5) 内分泌攪乱化学物質(EDC)問題が社会問題となった時期に北九州市の自然公園である山田緑地(旧山田弾薬庫跡地)で多数の過剰肢カエルが発見され、EDCとの関連で大きな問題となり、市を上げて原因究明を行った。戦前・戦中に緑地内で大量の爆薬のトリニトロトルエン(TNT)が飛散していたとの情報を得て、300物質一斉分析法を用いて園内の水質試料を測定した時の全イオンクロマトグラムを後日レトロスペクティブ分析し、TNTを検出した¹⁰⁾。

4. AIQS-GC開発^{11), 12)}

前述のようにイオントラップGC-MSを用いて測定する

中で、定量値の変化が非常に小さいことに気づき、保持時間の予測が出来れば標準物質不要の測定が可能ではないかと考えていた。2002年のイオントラップGC-MSのリース終了後、新GC-MSの導入が認められた。装置の進歩で四重極型GC-MSの全イオンモニタリング(TIM)でもイオントラップと同等の感度が得られることを装置メーカーの営業から聞き、四重極型GC-MSをリースすることにした。そこでイオントラップと同等以上のTIM感度のGC-MSを販売し、DBと保持時間予測を行うソフトを開発してくれそうな装置メーカーとしてアジレントと島津製作所を候補とし、2社にソフト開発への協力をお願いした。その結果、アジレントは米国本社の承諾が得られず、島津製作所がDBソフトの開発を承諾したため、島津のGC-MSをリースすることとした。また、アジレントGC-MS向けのDBソフトはアジレントの代理店である西川計測が開発することとなり、共同研究で開発を進めることになった。

AIQS-GCの開発では、300物質の一斉分析で得た知識と経験が非常に役立ち、スムーズにDB構築が進んだ。標準液調製では、極力市販の混合標準液を使うこととし、農薬などは食品部門が調製した混合標準液を分けてもらうなどして、1年で約900物質をDBに登録した。また、DB登録作業に併せて、AIQSの性能を評価するために必要なデータ、例えば保持時間の予測精度、定量値の再現性、装置性能評価物質などのデータを様々な条件で測定・収集した。このように検討内容を事前に充分に考えて決めておき、検量線作成時に併せて検討内容に係わる測定もすることで、DB構築とAIQS性能評価を同時に進めることが出来た。DB構築中に最も嬉しかったのは、ある程度の数の物質をDBに登録後、保持時間予測をして予測と実保持時間が非常に良く一致した時である。これでAIQSが間違いなく上手くいくと確信してその後の作業に一層力が入ることとなった。なお、DB登録はほぼ私一人で行った。この時期は、管理職としての業務、九州工業大学との連携講座の教授として授業と学生の指導、その他依頼業務もあり、土日もない人生で最も多忙な時期であったが、充実した時間でもあった。

開発AIQS-GCと2種の試料の前処理法を組み合わせ、水質(液液抽出、固相抽出)と底質分析法を開発し、国内外の様々な地域の環境調査を行った。その中の幾つかの報告を紹介する。(1) 2005年の農繁期に全国11河川水の882物質を調査した結果、中央値で15物質、3.1 ppbを検出した¹³⁾。また、対象物質を用途などで25分類し、分類別の濃度プロファイルを描いた結果、河川流域の下水

道の有無や産業活動の違いを明らかにできた。(2) 中国の長江、黄河¹⁴⁾とベトナム都市河川¹⁵⁾を調査して日、中、

越3カ国の検出濃度を比較した結果、ベトナム>>中国=日本であった。下水道普及率と河川流量が濃度差の原因と考えられる。また、検出物質を比較すると中国では工業由来物質の種類と濃度が高く、工場廃水処理が不十分と推測された。(3) 2007年に北九州市の洞海湾底質の888化学物質と重金属、および底生生物の生息状況を調査した¹⁶⁾。その結果、湾奥において多環芳香族炭化水素や重金属の濃度が底質ガイドラインを超過し、検出濃度が高いほど底生生物の個体数とバイオマスが少なく、一部の物質が底生生物に悪影響を与えている可能性が示唆された。(4) オーストラリアとの共同研究で2014年～2016年にオーストラリアの南極基地に設置する高度廃水処理施設の処理工程毎の化学物質分析とバイオアッセイを行い、最終処理水の安全性を評価した¹⁷⁾。その結果、最終処理水が飲用可能までに浄化されていることが確認された。

5. 地方自治体におけるAIQSの活用

現在の環境問題は、私が北九州市役所に入職した1970年当時から大きく変化している。1970年前後は、日本の環境問題はローカルな問題であり、環境汚染(産業公害)が主であった。その後、ローカルな汚染問題はほぼ解決し、都市生活型公害を経て、現在最も重要な問題は気候変動や種の多様性保全(生物絶滅)などの地球環境問題である。また、化学物質も地球環境問題の1つである。豊かで快適な生活を求めてプラスチックを含めて多種多様な化学物質・化学製品が使用量を急激に伸ばしており、化学物質によるヒト健康や生態系に対する影響に懸念が増している。現在日本で社会問題となっているPFASは20年以上前からその環境汚染が知られていたが、数年前から急に大きな問題になってきた。日本では過去に水俣病に代表される重篤な環境汚染を経験し、その経験から環境汚染の未然防止が人的被害や経済的損失を小さくする最善の対策と言うことを学んだ。我々は現在多種多様な化学物質のカクテルの中で生活している。個々の物質の濃度は低くても、長期複合暴露の影響がどの様に出るか現在の科学では解明できていない。環境中の化学物質をモニタリングし、検出濃度をリスク評価して問題が生じそうな物質があれば、被害が顕在化する前に適切な対策や規制を講じる必要がある。また、日本では、これまで主にヒト健康が注目されてきたが、水生生物などの生態系にも今まで以上に注目する必要がある。

未然防止のために、環境省は1974年から黒本調査を実施しているが、急増する物質に対応できなくなっている。また、水質の要調査項目のモニタリングも調査が追いつかない状況である。地方レベルの状況は、国以上に深刻で常時監視項目以外のモニタリングが出来ない自治

体も出てきている。しかし、地方には地域ごとに異なる産業活動や環境条件があり、それに伴い化学物質の種類や濃度も異なる。例えば、以前の北九州市は、重化学工業由来の工業薬品や副生成物などによる化学物質汚染が深刻だった。私が黒本調査の分析法開発で開発したp-ジオキサン分析法を用いて北九州市周辺海域を調査し、その結果を論文発表¹⁸⁾したところ、発表から1年以内にp-ジオキサン濃度が大幅に低下した。恐らく、排出企業が対策を講じたためと推測される。このように地域により化学物質汚染の状況は異なることから、その実態を把握するための地方自治体によるモニタリングが重要である。地元でのモニタリングにより、p-ジオキサンのような地域特有の問題を早期に発見し、迅速な対応を講じることができる。また、地方自治体は地域の特性に詳しく、具体的なリスクを把握しやすい。

平時にAIQSなどの網羅分析法を用いて地域の化学物質の実態を把握し、通常時の状態や経時変化を把握しておけば、異常の検出や濃度上昇物質などを明らかに出来る。また、汚染事故や災害などの緊急時にモニタリングすることで迅速な原因物質特定や安全性評価が可能である。

最後に、これらの結果は透明性確保のために全て公表し、化学物質の監視とリスク評価の重要性を地域住民に周知する。それにより、地域住民に安全安心を提供し、自治体への信頼を高め、環境保全への協力に繋げて行ければ申し分ない。

6. 調査研究に取り組む必要性

現在多くの地環研では、人手不足のため試験検査に追われて調査研究まで手が回らないと聞いている。しかし、地環研と職員両方のレベルアップのためにも、地環研は何らかの調査研究に取り組む必要があると考える。理由としては、試験検査などの分析業務で信頼される結果を得るには、試験検査に必要な知識や技術を超える知識・技術・経験が必要である。調査研究では、アウトカムだけでなくその過程を通して高度な知識・技術・経験を習得できる。特に、地環研の分析者は、民間分析機関の分析担当者以上の実力を持つことが望ましく、試験検査を行うだけでは難しい。調査研究課題として、現時点での行政ニーズに対応するだけではなく、将来問題となりそうな新しい課題に取り組むことで、環境汚染の未然防止に貢献し、新たな問題が生じたときにも迅速に対応することが出来る。我が国が水俣病に代表される公害問題から学んだことは、環境汚染の未然防止の重要性である。環境汚染によってヒトの健康や生態系への悪影響が顕在化する前に問題を発見して、必要な対策を講じることで被害防止だけでなく、コストも大幅に少なくすることが出来る。法で規制された物質は、常時監視などで監視で

きるが、環境汚染事故などの緊急時では未規制物質による健康被害も考えられる。また、近年は有機フッ素化合物や医薬品など新規に使用されるようになった物質や使用量が増加してきた物質などが新興化学物質として全世界で注目され、その汚染状況などが未然防止を目的として調査研究されている。それらの全てを地環研で対応することは難しいが、その一部を対象として調査研究することで、職員と地環研の能力・実力が向上して未然防止に貢献し、いざという時の迅速な対応が可能となる。

また、調査研究を実施することで、個人として以下の能力を育成できる。優秀な人材は、組織の宝である。調査研究業務を通して人材育成が出来れば、一石二鳥である。(1) 批判的思考力：調査研究では、仮説の立案、データ分析、既存の理論や知見の評価が求められる。これにより、物事を深く考え、疑問を持ち、複数の視点から問題を検討する批判的思考が培われる。(2) 問題解決能力：多くの調査研究は、未知の問題に挑むことが中心である。課題に対して新しいアプローチを考え出し、実験や理論を使って解決するプロセスを繰り返すことで、創造的かつ論理的な問題解決スキルが育成される。(3) 分析力：研究では大量のデータを扱うことが多く、それを正確に解釈し、有意義な結論を導くためのデータ分析力が不可欠である。統計手法やプログラミング技術など、定量的な分析スキルが高まる。(4) 論理的思考力：調査研究では、因果関係や仮説の論理構造を緻密に検討する必要がある。これにより、段階的に考え、結論を導き出すための論理的な思考が鍛えられる。(5) コミュニケーション力：研究結果を他の研究者や社会に発信する際、分かりやすく伝える能力が必要である。論文や学会発表などを通して、論理的に整理された情報を効果的に伝えるスキルが向上する。(6) 実験計画・実行能力：研究の一環として、適切な実験を計画し、実行する能力が求められる。どのような手順が最も効率的であるか、どの変数をコントロールすべきかなど、プロジェクト管理能力や計画力が向上する。(7) 協働・チームワーク：調査研究は多くの場合、他の研究者や専門家との共同作業である。異なる分野やバックグラウンドを持つ人々と協力し、相互の知識を補完し合うことで、チームとしての成功に貢献する能力が育まれる。(8) 継続的学習：科学の世界は常に進化しており、新しい技術や知識が次々に登場する。研究を行うことで、最新の情報を自発的に学ぶ習慣や、自己学習能力が向上する。(9) 忍耐力と柔軟性：研究には失敗や予想外の結果がつきものである。これに耐え、試行錯誤を繰り返しながら進めていく中で、忍耐力や困難な状況に適応する柔軟性が身につく。(10) 倫理的判断力：研究には、倫理的な側面も重要である。データの誠実な報告や、社会に与える影響を考える責任感が

養われる。以上の能力は、公務員を含む色々な職業や人生の様々な場面でも大いに役立つ。この様に、科学的な思考とスキルは、現代社会における問題解決や技術革新の重要な基盤であり、本文を読まれた皆様が調査研究にチャレンジして能力アップと地域の環境保全・改善に貢献することを期待する。

7. 最後に

現在までにAIQS-GCとLCの2種類のAIQSを開発している。2つのAIQSを活用すれば環境中化学物質の大半をスクリーニング可能である。また、試料の前処理法は、GCが水質、土壌・底質、大気浮遊粒子状物質、LCが水質試料を開発済みである。DBであるAIQSには、容易に対象物質を追加できる。1つの機関で追加した物質は、他の機関でも使用できるため、低コスト・短時間で数千物質のモニタリングが可能である。このAIQSの能力を活用して、ヒトの健康と生態系への悪影響を未然防止し、住民に安全安心を提供していただきたい。また、全ての結果を住民に公表し、地環研が今まで以上に信頼される組織として、地域住民の協力を得ながら環境保全に取り組んでいくことを期待する。

8. 引用文献

- 1) 門上希和夫, 篠原亮太：重水素化物を内標準とするガスクロマトグラフ質量分析法による海水中の微量n-アルカンの定量. 分析化学, **34**, 114-118, 1985
- 2) 門上希和夫, 篠原亮太：活性炭抽出法を用いたガスクロマトグラフ質量分析法による環境水中の微量2,4,6-トリアミノトリアジンの定量. 分析化学, **35**, 875-879, 1986
- 3) K. Kadokami, M. Koga, A. Otsuki : Gas Chromatography/Mass Spectrometric Determination of Traces of Hydrophilic and Volatile Organic Compounds in Water after Preconcentration with Activated Carbon. *Analytical Sciences*, **6**, 843-849, 1990
- 4) 陣矢大助, 岩村幸美, 門上希和夫, 楠田哲也：固相抽出法とGC-MS自動同定定量データベース法による水試料中半揮発性化学物質の包括分析法の開発. 環境化学, **21**, 35-48, 2011
- 5) K. Kadokami, K. Sato, Y. Hanada, R. Shinohara, M. Koga, H. Shiraishi : Simultaneous Determination of 266 Chemicals in Water at ppt Levels by GC-Ion Trap MS. *Analytical Sciences*, **11**, 375-384, 1995
- 6) 緊急時における化学物質調査マニュアル(平成9年度環境庁公害調査委託事業), 共著, (財)日本食品分析センター, 1998

- 7) 水和廃水監視分析方法指南（下冊），共著，中国環境科学出版社，1995
- 8) 門上希和夫，陣矢大助，岩村幸美，谷崎定二：固北九州市沿岸海域の化学物質汚染とその由来. 環境化学, **8**, 435-453, 1998
- 9) 陣矢大助，門上希和夫，岩村幸美，濱田建一郎，山田真知子，柳哲雄：閉鎖性内湾－洞海湾における化学物質の分布と挙動. 水環境学会誌, **24**, 441-446, 2001
- 10) 北九州市における外因性内分泌攪乱化学物質の野生生物に与える影響に関する検討委員会 最終報告書，共著，北九州市，2003
- 11) 門上希和夫，棚田京子，種田克行，中川勝博：有害化学物質一斉分析用ガスクロマトグラフィー/質量分析法データベースの開発. 分析化学, **53**, 581-588, 2004
- 12) Kiwao Kadokami, Kyoko Tanada, Katsuyuki Taneda, Katsuhiro Nakagawa : Novel gas chromatography-mass spectrometry database for automatic identification and quantification of micropollutants. *Journal of Chromatography A*, **1089**, 219-226, 2005
- 13) Kiwao Kadokami, Daisuke Jinya, and Tomomi Iwamura : Survey on 882 Organic Micro-Pollutants in Rivers throughout Japan by Automated Identification and Quantification System with a Gas Chromatography – Mass Spectrometry Database. *Journal of environmental chemistry*, **351**, 351-360, 2009
- 14) LI Wei-mei, LI Xue-hua, CAI Xi-yun, CHEN Jing-wen, QIAO Xian-liang, Kiwao Kadokami, Daisuke Jinya, Toyomi Iwamura : Application of Automated Identification and Quantification System with a Database (AIQS-DB) to Screen Organic Pollutants in Surface Waters from Yellow River and Yangtze River. *Environmental Science*, **31**, (11), 2627-2632, 2010
- 15) H. T. C. Chau, K. Kadokami, H. T. Duong, L. Kong, T. T. Nguyen, T. Q. Nguyen and Y. Ito : Occurrence of 1153 organic micropollutants in the aquatic environment of Vietnam. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-10, 2015
- 16) Kiwao Kadokami, Xuehua Li, Shuangye Pan, Naoko Ueda, Kenichiro Hamada, Daisuke Jinya, Tomomi Iwamura : Screening analysis of hundreds of sediment pollutants and evaluation of their effects on benthic organisms in Dokai bay, Japan. *Chemosphere*, **90**, pp721-728, 2013.
- 17) M. Allinson, K. Kadokami, F. Shiraishi, D. Nakajima, J. Zhang, A. Knight, S. R. Gray, P. J. Scales, G. Allinson : Wastewater recycling in Antarctica: Performance assessment of an advanced water treatment plant in removing trace organic chemicals. *Journal of Environmental Management*, **224**, (15), 122-129, 2018
- 18) 門上希和夫，佐藤健司，古賀実：14種の水溶性化学物質による北九州地方の水環境汚染. 環境科学, **3**, 15-23, 1993

＜特集＞一斉分析 ～一斉分析方法開発の振り返りと最近の動向・活用事例～

化学物質事故対応を想定した机上演習における一斉分析

—AIQSへの期待と課題—

中島 大介*・今泉 佳隆*・小山 陽介*・高澤 嘉一*・鈴木 規之*

*国立研究開発法人国立環境研究所

1. はじめに

災害や事故時には、化学物質の漏洩が生じることがある。刻々と変化する状況の中で、適切な対応を取る必要が生じるが、多種多様な化学物質への対応は極めて困難である。国立環境研究所では、そのような状況への対応力の強化を目指し、災害・事故に伴う化学物質リスクの評価と管理に必要な諸技術と情報を集約する情報基盤 D.Chem-Core (Chemical Risk Assessment and Management Resource Core for Disaster and Emergency)¹⁾を活用した机上演習を2023年度及び2024年度に実施している。本稿では、その机上演習の紹介とともに、特に第2回において取り上げられた一斉分析法について考察する。

2. D.Chem-Core

D.Chem-Core は、環境研究総合推進費「戦略的研究開発課題S-17：災害・事故に起因する化学物質リスクの評価・管理手法の体系的構築に関する研究」(JPMEERF18S11700) (2018-2022年度) にて開発・構築した誰でも利用可能なウェブサイトとして公開されている。多様な利用を想定し、入り口となるメニューを状況別メニュー（事前、発生直後、調査・検討、時中の対策、事後の対応）、目的別メニュー（物質情報検索、地理情報検索、分析法検索、暴露予測、発生シナリオとケーススタディ、除去技術）及び情報全体からの検索、の3種類用意している。地図表示機能にはPRTR情報・推定在庫量の表示、近傍アメダス情報取得、近傍河川の描画、ユーザー情報の入力、GISデータの描画、同一地点の外部地図参照などの各種機能も実装されている。

3. 机上演習の概要

3.1 第1回机上演習（2023年度）

机上演習はこれまでに2回実施している。第1回は2024年1月、国立環境研究所において開催され、27 都道府県の地方環境研究所（以下、地環研）31 機関のほか、環境省、他の研究機関等から協力いただき、51名の参加を得

て実施した²⁾。地環研参加機関は、国立環境研究所と地環研とのII型共同研究「災害時等における化学物質の網羅的簡易迅速測定法を活用した緊急調査プロトコルの開発」及び「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」参加機関に協力いただいた。

参加者は地域ごとに5名程度の班に分け、グループワーク（GW）を進めるようにし、演習で想定する事故シナリオは各班で決めるようにした。演習の構成は1) D.Chem-Core 及び演習の概要説明、2) 事故シナリオ等の設定（GW）、3) 事故対応の検討（GW）、4) 結果の発表および討議とし、1) と4) は全体で、2) と3) は各班に分かれてそれぞれ実施した。演習の概要説明では、演習の位置づけや意図、全体の流れ、記録の取り方などを説明したものの、GW では事務局から介入・声かけはほぼ行わず各班の主體的な議論に任せた。また、実践を意識してD.Chem-Core 以外のウェブサイトの検索も推奨した。

班別GW では活発な議論や有意義な情報整理が行われた。想定事故シナリオを整理すると、事故要因として地震、豪雨、その他の順で多かった。

例を挙げると、ある班では豪雨翌日に市民から異臭、刺激臭及び魚のへい死が通報されたとのシナリオを設定した。工場からの化学物質の流出を想定し、D.Chem-Core を利用して当該河川上流のPRTR事業所を検索し、排出・移動量の報告のある物質を洗い出し、それらの毒性からへい死の原因となりうる物質を絞り込んだ。またその分析法を検索するとともに、現地調査すべき採水地点の選定まで行っている。

参加者の事後アンケートによると、9割以上の参加者が「演習により心構えが変わった」と回答しているほか、「自身の組織で自主的な演習を実施したい」と約7 割の回答があった。アンケートの詳細については詳報³⁾を参照されたい。またこれらの作業の中で、演習のデザインやD.Chem-Coreの機能に対する要望なども挙げられた。

3.2 第2回机上演習（2024年度）

第2回は2024年10月に、つくば国際会議場において71名の参加を得て実施した。参加者は地環研、環境省に加え水道対応部署及び自治体行政担当者を含めた。今回の班分けは、事前に調査した参加者の現在または過去の担当部署を考慮し、水道、大気、水域及びエキスパートの4分類12班に分けた（表1）。

表1 設定した事故シナリオ

分類	班	事故シナリオ
水道班	C	班内で検討してもらう
大気班	D	「廃材置き場での火災」or「化学プラントからの火災」 対象物質（リスク評価の対象となるべき物質）を事前に決める かどうかは班に任せる
水域班 & 講習班	K、J	影響評価型1：豪雨により鉄工所から大量（5万リットル）の油が河川に流出した。
	L、I	影響評価型2：地震により農業倉庫から多種類の農薬が河川に流出した。（場所は JA などを選定？都道府県を選定し、Webkis (https://www.nies.go.jp/kisplus/) で上位5物質を選定、それぞれ1トン流出と想定する。）
	E、H	原因探索型1：大量の魚類斃死が見つかった（原因物質は有機リン系殺虫剤）
	F、G	原因探索型2：原因不明の泡が発生。（原因は LAS、自動車製品製造工場から発生）
エキスパート班	A、B	・事業所（場所は別途各班にお伝えする）での火災で不明物質が多数発生、周辺に延焼（通常の火災とは明らかに異なる臭い） ・水域へも毒性懸念物質が流出（魚の斃死などで判明、取り扱い物質 or その反応物を想定。PRTR 物質ではない。消火剤が原因かもしれない。）



図1 グループワークの様子

今回は大まかな事故シナリオを設定した。例えば大気班では「化学プラントからの火災」というシナリオを提示し、発生場所や時刻等、具体的な化学物質などは各班で設定する形である。演習はリーダーの選出、災害・事故のシナリオ設定、班内役割分担の設定ののち、第一報が入ったとの設定で演習をスタートした。なお、第1回に参加していない方のうち一部の希望者には D. Chem-Core の使い方に関する簡単な講習を行った。約 2.5 時間の演習の後、各班から議論と成果について発表し、全体討論を行った。第2回では全体的に前回よりも詳細なシナリオが各班で設定される傾向にあった。2回目の参加となる方がいたこと、参加者の担当業務と近いシナリオ

を設定したことなどが影響していると思われる。また、参加者の役割分担を明確にしたことから、例えばある班では、県庁・市役所、地環研、消防、水道局、保健所などと役割を決めて対応を検討するなどの動きがみられた。また魚のへい死など、原因物質の探索がシナリオに含まれた班では、D. Chem-Core を用いて可能性のある物質を抽出し、その分析法を調べるとともに、実測方法に AIQS-GC や AIQS-LC を使用する例が多かった。なお第2回机上演習については参加者アンケートの解析中であり、別途報告を予定している。

4. AIQSへの期待と利用についての現状

前述の通り、机上演習における原因探索型のシナリオでは AIQS-GC と AIQS-LC を利用することが想定されるなど、その活用に期待が高まっていることを感じられた。AIQS-GC に関する II 型共同研究は現在 6 年目となり、自立して利用できる機関が増えてきている。この演習の前日に行われた II 型共同研究の合同会議でも、実際の事故対応に AIQS を活用して原因物質を特定した例が報告されている。しかしながらその技術の習得には十分な訓練と知識が必要であること、特に LC では測定値の精度等、開発段階であることなどに留意されたい。

5. おわりに

この演習では「何をすべきか」が議論された。しかし「それができるか」は別問題である。文字通り机上の空論とならないよう、事故対応の体制確立とともに、測定技術の向上も進めていく必要があるだろう。

6. 謝辞

本研究は、環境省・（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20231M01, JPMEERF20235002）及び国立環境研究所と地方環境研究所との II 型共同研究の協力を得て実施中です。

7. 参考文献

- 1) 国立環境研究所:D. Chem-Core, <https://www.nies.go.jp/dchemcore/> (2024. 11. 22アクセス)
- 2) 今泉圭隆, 小山陽介, 中島大介, 高澤嘉一, 鈴木規之: 災害事故時の環境リスク管理に向けて: 第一回地環研机上演習実施報告. 第3回環境化学物質合同大会要旨集, 2024
- 3) 小山陽介, 今泉圭隆, 中島大介, 高澤嘉一, 鈴木規之: 化学物質事故対応を想定した演習における参加者の認知・認識変化とアンケートによるその定量的評価. 日本リスク学会第37回年次大会講演論文集, 37, 66-71, 2024

<特集>一斉分析 ～一斉分析方法開発の振り返りと最近の動向・活用事例～

大規模地震による災害を想定した河川水環境
調査の訓練におけるAIQS活用事例について

梶田 奈穂子*・木全 貴大*・山内 幸一*・林 陽介**・松山 純也**、***・内藤 宏孝*

1. はじめに

地震等の災害時において、化学物質が漏えいしたことなどによる大気汚染、水質汚濁等の状況を迅速に把握することは、県民の健康及び環境への影響を最小限に食い止めるために極めて重要である。そのため愛知県では、県の試験研究機関（愛知県環境調査センター）だけでは十分な調査ができない場合に備えて、民間環境計量証明事業者の団体である一般社団法人愛知県環境測定分析協会と協定を締結して、災害時に迅速な調査ができる体制を整えている。また、災害時に速やかに対応できるよう、協定に基づいた訓練を県内の一部自治体と連携して定期的に行っている。この訓練は、災害時に起こりうる様々な状況を想定して行っており、想定する災害内容、調査媒体、対象物質は訓練ごとに異なっている。2023年度の訓練では、種類が不明な化学物質が河川に流出したことを想定し、その特定にAIQS（自動同定定量システム）を活用¹⁾して訓練を行った²⁾ので、その概要を紹介する。

2. 訓練内容

今回の訓練では、大規模地震が発生し、河川敷で内容物に関する表示がない（または表示が見えなくなっている）薬品の瓶や原材料の保存容器と思われる容器が破損した状態で発見され、河川への化学物質の流入が強く疑

われる状況を想定した。この状況において県が行うのは、流入が疑われる河川水を採取して水質汚濁防止法の環境基準項目における基準超過の有無を把握すること、及び人の健康または生活環境に係る被害を生じるおそれがある物質が河川水中に存在するの可否かを把握することである。環境基準項目については標準品や測定機器が整備されているため、試験研究機関自体が被災していない限りは測定が可能であり、基準超過の有無が把握できる。しかしながら、今回の想定のように流入した物質の種類が不明の場合、環境基準項目以外に何の物質を測定すればよいのかを決定するのは困難であり、かつ、測定できるのは標準品、前処理用品、測定機器を有している物質に限定される。そこで、標準品の有無に制約を受けず、多種類の化学物質の半定量が行えるAIQSの活用を想定した。

訓練の大まかな流れは、化学物質の流入が疑われる河川水をAIQS-GCにより測定した結果、詳細調査が必要とされる2項目が特定されたが、別の災害対応緊急業務に従事する必要が生じたため、詳細調査を民間事業者に協力要請したというものであり、これらの一連の流れを円滑に実施できるかどうかを確認した。想定状況と関係機関の動きを表1に、民間事業者による詳細調査の河川水採取状況（愛知県海部郡蟹江町、日光川）を図1に示した。

表1 想定状況と関係機関の動き

災害発生		大規模地震が発生。内容物が不明の瓶や容器が破損した状態で河川敷で発見される。		
		県（行政機関）	県（試験研究機関）	協会（民間環境計量証明事業者の団体）
発生後1日	河川水を採取し、試験研究機関に運搬		運搬された河川水の測定を開始（環境基準項目（公定法）、AIQS-GC）	
発生後2日			・環境基準項目の超過はなし ・AIQS-GCによる測定の結果、指針値を超えるおそれがある要監視項目を特定	
発生後3日	特定した要監視項目の詳細調査を決定			
		災害対応緊急業務が発生		
	協定に基づき、協会に協力要請連絡			協力要請受領
発生後4～5日	調査結果を受領			・河川水の詳細調査 ・調査結果を報告

*（愛知県環境調査センター）Aichi Environmental Research Center
**（愛知県環境活動推進課）Environmental Activities Division, Aichi Prefectural Government
***現所属（愛知県資源循環推進課）Recycling and Waste Management Division, Aichi Prefectural Government

3. 課題及び対応方法の検討

今回の訓練を通じて課題と考えられたのは、現行の暫定マニュアル³⁾のとおりの前処理を行うと、AIQS-GCのデータベースにおける検量線の最大濃度を試料濃度に換算した値より、環境基準項目や要監視項目の基準値（または指針値）が高くなる場合があることである。例えばチオベンカルブ（環境基準項目）が河川水に流入し、基準値（ 0.02mgL^{-1} ）と同じ濃度になっていた場合を想定すると分かりやすい。暫定マニュアルでは原則1,000倍濃縮であるため、最終検液濃度は 20mgL^{-1} となるが、AIQS-GCのデータベースにおける検量線の最大濃度は 10mgL^{-1} であるため、検量線範囲内に入らない。検量線範囲内に入るようにするには試料量（原則1L）を減らすという対応が考えられるが、そうした場合、河川水中の濃度が低い物質の検出ができなくなってしまう。そこで、濃縮率の異なる最終検液（A及びB）を調整する前処理方法（図2）と基準値等参照表（表2）を検討した。図2のフローのうち、点線より上の工程は暫定マニュアルの方法と同じであり、濃縮液の定容以降が今回検討した工程である。また、表2の基準値等参照表は、水質汚濁防止法の環境基準項目、要監視項目、指定物質のうちAIQS-GCの測定対象物質であるものの基準値等と採用する検液（AまたはB）を一覧としたもので、基準値等が 0.01mgL^{-1} 以上の項目はA、 0.01mgL^{-1} 未満の項目はBを用いることとした。なお、他のAIQS-GC測定対象物質についても、この2種の検液を使用することにより、最大 0.1mgL^{-1} の濃度レベルまで測定が可能で、また、10mLに定容した抽出液の分取量を調整することにより、更に高濃度の試料にも対応できる。

4. 引用文献

- 1) 中島大介, 中山 崇, 大曲 遼, 宮脇 崇, 門上希和夫: 事故・災害時における化学物質漏洩を想定した環境モニタリング手法の開発と地方環境研究所への実装を目指して. 全国環境研会誌, **45**, 153-158, 2020
- 2) 愛知県: 「大規模地震による災害を想定した河川水環境調査の訓練を実施します」, <https://www.pref.aichi.jp/press-release/2024kyotei-kunren.html> (2024.9.30アクセス)
- 3) 環境省: AIQS-GC によるスクリーニング分析法暫定マニュアル, <https://www.env.go.jp/content/000123882.pdf> (2024.9.30アクセス)

謝辞

一般社団法人愛知県環境測定分析協会には、訓練の実施にご協力頂きました。ここに記して深く謝意を表します。



図1 河川水採取状況（訓練時）

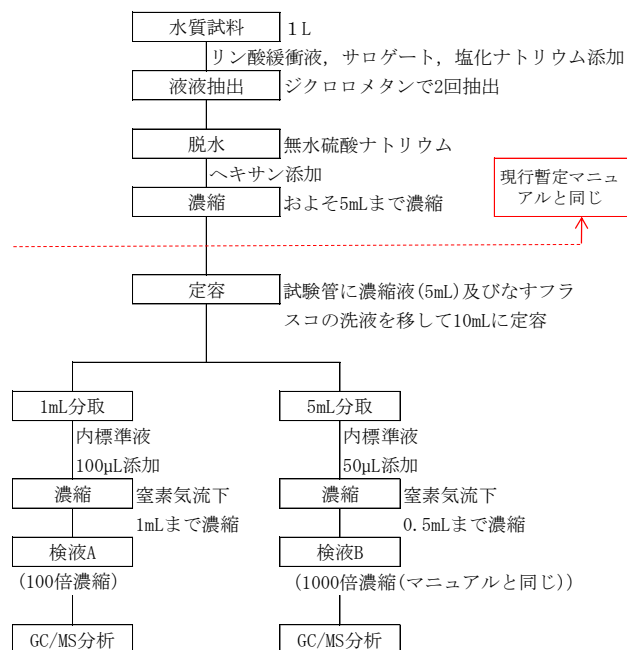


図2 分析法フローチャート

表2 基準値等参照表 (AIQS-GC)

化合物名	(単位: mgL^{-1})	検液A	検液B
環境基準項目	基準値		
シマジン	0.003		○
チオベンカルブ	0.02	○	
PCB	検出されないこと		○
要監視項目	指針値		
1,4-ジクロロベンゼン	0.2	○*	
EPN	0.006		○
イソキサチオン	0.008		○
イソプロチオラン	0.04	○	
イプロベンホス	0.008		○
クロロタニール (TPN)	0.05	○	
クロロトロフェン (CNP)	—		
ジクロロホス	0.008		○
タiazin	0.005		○
フェントロチオン	0.003		○
フェノカルブ	0.03	○	
フタル酸ジエチルヘキシル	0.06	○	
プロピサミト	0.008		○
指定物質			
アニリン	—		
クロルピリホス	—		
クロルデン	—		
フェノール類	—		

*指針値の値は検量線範囲外である。

<論 説>

研究で自治体政策を変える地方環境研究所*

豊永 悟史**

キーワード ①地方環境研究所 ②研究成果の活用 ③政策過程と研究過程 ④EBPM ⑤環境政策

要 旨

地方環境研究所（以下「地環研」）において実施される研究の成果は、自治体の環境政策への活用が期待されるものであるが、十分に活用できていない場合も多いことが先行研究等で指摘されている。本稿では筆者らの研究で明らかになった研究成果の活用メカニズム等を概説し、政策過程と研究過程を一体的に進めるニーズ先行型研究によって、計画的な研究成果の活用を推進していく必要性について述べる。また、熊本県で取り組んだニーズ先行型研究の実例を紹介し、活用を促進するための具体的な対応策等を提案する。さらに、研究成果の政策や施策への活用という「古くて新しい問題」の解決に貢献しうる地環研のポテンシャルについても議論する。

1. 研究成果の活用の重要性

研究成果の政策や施策への活用の重要性は古くから認識されてきており、1970年代の資料でも確認することができる¹⁾。その重要性の認識にも関わらず、近年になっても研究成果の活用が十分ではないとの指摘は多く、未だ解決されていない「古くて新しい問題」である。一方で、「エビデンス（合理的根拠）に基づく政策形成」（EBPM: Evidence-Based Policy Making）が推進されてきており²⁾、研究成果の活用はその一翼を担うものとしても重要性が高まっている。

この問題が生じる原因として古くから指摘されているのが、政策決定者と研究者が属するコミュニティの違いの影響であり、「Two-Communities」として広く知られている¹⁾。これは、各コミュニティで用いられる価値観や方法論が大きく異なるために互いの交流が困難となり、研究成果の活用が阻害されるという考え方である。他にも多数の研究が行われ、この問題が生じるメカニズムを説明するための概念や理論がいくつか提示されているが、これらの知見の大部分は独立した研究機関（大学等）で得られた研究成果の行政機関（国や州政府等）における活用に焦点を当てた研究で得られたものである^{3,4)}。

本稿で対象とする地方環境研究所（以下「地環研」）は、都道府県や指定都市（以下「自治体」）における環

境行政推進に資する調査研究等を担っている。地環研は主に自治体の出先機関として設置されており、環境分野の政策や施策を担う本庁の環境担当部署（以下「行政部署」）との関係性は、先に述べた例のように両者が独立している場合とは大きく異なる。

筆者らはこの特徴に着目し、地環研の研究成果の活用実態や活用メカニズムについて、アンケート調査を用いた研究⁵⁾（以下「既報1」）及びインタビュー調査を用いた研究⁴⁾（以下「既報2」）を実施してきた。既報1のPM_{2.5}関連研究を対象としたアンケート調査（2020年実施）により、政策・施策に活用された地環研の研究成果は全体のごく一部に留まっている実態が明らかになった。地環研の研究成果が十分に活用されていないという問題意識は2000年代以降のアンケート調査等でも繰り返し示されてきており⁶⁻⁹⁾、既報1の結果は、これが地環研においても「古くて新しい問題」であることを示唆している。

本稿では、この問題について筆者らの研究グループが行った研究の内容（既報1, 2）及び筆者が所属する熊本県での実際の取組や事例を紹介し、その解決に向けた対応策等について議論する。本稿の構成は次のとおりである。2章では、既報1, 2について概説し、筆者の経験等も踏まえながら現状の分析を試みる。3章では、熊本県の取組について実例を交えて紹介する。4章では、2章と3章を

*Local Environmental Institutes have the potential to change local government policies through their research

**Satoshi TOYONAGA (熊本県保健環境科学研究所; 熊本県環境生活部環境保全課) Kumamoto Prefectural Institute of Public-Health and Environmental Science; Environmental Conservation Division, Environmental Affairs Bureau, Department of the Environment and Residential Life

踏まえ、研究成果の活用に必要なと考えられる具体的な対応策等について述べる。最後に、5章では地環研がこの「古くて新しい問題」の解決に向けて持つポテンシャルについて議論し、本稿を総括する。

2. 地環研における研究成果の活用の実態

本章では、2.1節で既報の概要を示し、2.2節では政策過程と研究過程の関係性の観点から、2.3節では地環研の設立から現在までの歴史的な経緯の観点から、研究成果の活用メカニズムや活用の促進/阻害要因について分析する。

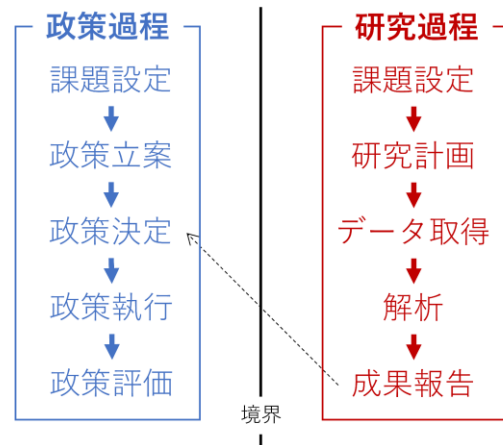
2.1 既報の概要

既報1、2ともにPM_{2.5}関連業務や研究を担当する地環研と行政部署を対象とした調査を行った。本節ではこれらの概要を示すが、詳細については各論文をご参照いただきたい^{4,5)}。

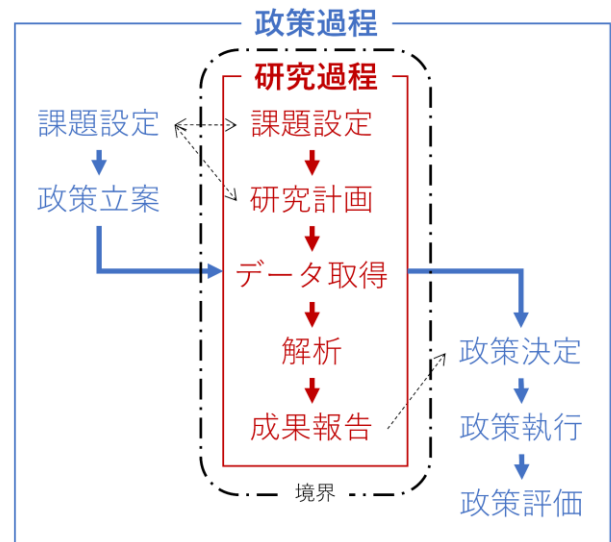
既報1では、地環研の研究成果の活用状況の実態把握と、活用に影響する主要な要素を明らかにすることを目的として、全国66自治体の地環研と行政部署を対象としたアンケート調査を実施し、統計検定等を用いた解析を行った。結果として、自治体の施策等に活用されたと認識されている研究は全体の3割以下に留まっていることが示された。また、研究成果の活用に影響する要素として、研究単位では研究の「立案・計画」及び「取組体制」が、自治体単位では「専門性」と「行政部署との連携」が示された。「専門性」を高めるためには職員の長期在籍が望ましいが、人事異動は「行政部署との連携」を促進する側面もあるため、両者はトレードオフの関係にあると考えられる。従って、両者のバランスを取りながら、個別の研究の「立案・計画」及び「取組体制」を強化していくことが研究成果の活用には重要であると考えられた。

既報2では、研究成果が活用に至るメカニズムを明らかにすることを目的に、6自治体計15名の地環研及び行政部署の職員（担当班長又は担当職員）に対してインタビュー調査を実施した。調査結果の総合的な分析の結果、活用に至った研究にはシーズ先行型研究とニーズ先行型研究の2種類が存在し、政策過程と研究過程の関係性が異なっていることが示された（図1）。各研究の定義は、シーズ先行型研究では「地環研が有する分析や解析等の技術（シーズ）が先に存在しており、それを発展させる形で進める研究」、ニーズ先行型研究では「行政的な課題（ニーズ）が先に存在しており、その課題への対応を目的とする研究」である。シーズ先行型研究では、両過程は基本的に分離しており、研究成果を得た後で活用が検討され、活用の有無がタイミング等に依存する「機会的活用」が確認された。ニーズ先行型研究では、研究開始前の段

(a) シーズ先行型研究



(b) ニーズ先行型研究*



*政策立案及び政策決定のための研究を実施する場合の例

図1 シーズ先行型研究 (a) とニーズ先行型研究 (b) における政策過程と研究過程の関係（既報2より引用⁴⁾）

階で両過程の接触があり、研究の開始時点で活用が計画されている「計画的活用」が確認された。活用頻度を増加させる観点では計画的活用が有利であり、ニーズ先行型研究の推進が重要であるが、従来地環研ではシーズ先行型研究が主として実施されてきたと推測され、活用が進まない要因の一つと考えられた。加えて、行政検査等の定型業務と比較した場合に、研究の重要度が低いと認識されているケースが多数存在していることも示された。この要因として、定型業務には自治体での予算措置があるが、研究にはない場合が多いことが影響していると考えられた。自治体における予算措置の有無は政策等の組織的な位置づけに大きく影響するため、予算措置がない研究、特に開始段階では政策との関係が不明瞭なシーズ

先行型研究はその位置づけも不明瞭になりやすいものと考えられた。

以上で述べたとおり、既報1では、研究成果の活用が十分に進んでいない実態を明らかにするとともに、活用には「専門性」と「行政部署との連携」の両立が重要であることが示された。既報2では、研究成果の活用頻度向上のためには、計画的活用につながるニーズ先行型研究の推進が重要であることが示された。また、研究の重要度や組織的な位置づけには、政策や予算措置との関係が大きく影響していることも示された。

2.2 政策過程と研究過程の関係性の実態

既報2で示されたとおり、政策過程と研究過程が分離した状態になりやすいことが、活用が進まない根本的な要因として示された。ここでは、既報1、2で得られた知見及び筆者の経験に基づき、両過程の関係性の実態について述べる。

筆者の経験等に基づき、図1に示した政策過程と研究過程の関係に時間的な要素等を加味したものが図2である。図2は一例であり、すべてに当てはまるものではないが、比較的多く見受けられるパターンであると筆者としては考えている。特徴は、政策過程の課題設定－政策決定までが極めて短期間で行われることである。短期間の度合いは様々ではあるが、数日－数週間での対応が求められる場合もある。このような状況においては、課題設定－政策決定までのプロセスに研究過程が入る余地はほとんどなく、求められた時点で有用な研究成果がなければ、「研究は使えない」という判断になってしまう。なお、政策執行の開始を含めて短期間で実施されることもあるが、政策執行以降は長期間継続的に実施される場合が多い。一方の研究過程では、データ取得－成果報告までは通常単年度では終わらず、数年以上の長期間の取り組みとなりがちである。このため、先に述べたような状況で研究成果を求められても、既に実施していた研究と合致した内容でない限り対応は困難である。

この例のように、短期間の課題設定－政策決定の間に研究成果を求められる状況下では政策過程と研究過程を一体的に進めることは難しく、両過程は分離しやすくなると考えられる。課題設定－政策決定が短期間となるケースには様々なパターンが存在すると考えられるが、その代表的なものとしては、次の2つが挙げられる。

1つ目は、外的な要因によって短期間で政策決定が求められる場合である。外的な要因としては、災害・事故等の発生やマスコミ報道、苦情対応、議会对応等が代表的なものとして挙げられる。また、近年はSNS等を通じた情報の拡散によって、急遽政策課題として取り上げられる場合も多く見受けられる。

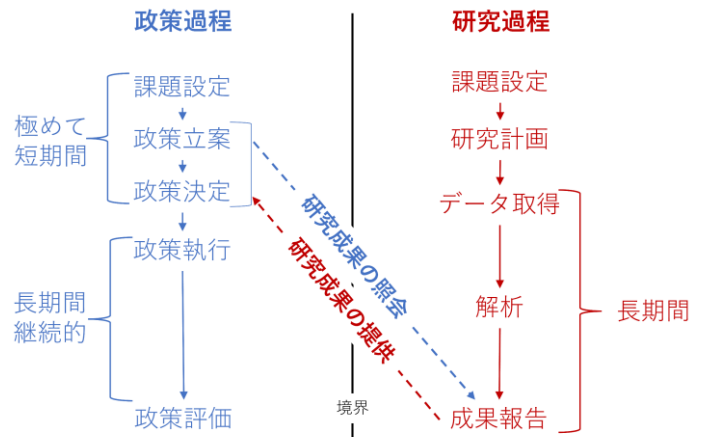


図2 実際の政策過程と研究過程の関係の一例

2つ目は、自治体の政策形成システムの特徴によって生じるものである。具体的には、概ねの対応時期や方向性等が十分に早い時期に分かっている場合でも、直前で対応が取られやすいという特徴である。例えば、法改正や自治体で作成している計画等の改定については、5年以上前に概ねの実施時期や内容等が分かっている場合も多い。これらの改正・改定への対応は、政策や行政運営に長期的に影響するものであり、慎重かつ十分な検討が必要である。しかしながら、実際には具体的な検討が開始されるのは予算の検討時期や政策執行直前に相当する改正・改定等の1年－半年程度前の時期になることも多いように思われる。このような状況になる主な要因としては「(1)短期的な優先度の低さ」、「(2)課題への気づきにくさ」、「(3)政策決定に関する不文律」の3つが存在すると考えられる。(1)は、短期的に実施しなければならない日々の業務に担当者等のリソースの大半が充てられてしまうことで、長期的な検討を要する業務にリソースを割けない(割かない)という状況を示す。(2)は、(1)にも関連するが、数年単位で異動するために業務に習熟して課題を把握し始めた段階で異動してしまう状況を示す。(3)は、具体的な検討は最終的な決定を下す時期の人員で行うべきという暗黙のルールを示す。これらの要因を背景に、関係職員間では「将来的に取り組むべき課題」としての引継ぎが行われるものの、具体的な検討は行われず、直前の担当者等が短期間で対応を迫られることになりやすい。

ニーズ先行型研究として、政策過程と一体的に研究過程を進めるためには、課題設定－政策決定が短期間となるケースを回避することが重要である。この観点では、1つ目のケースは回避が困難な場合が多いと考えられるものの、2つ目のケースについては回避可能な場合も多いと考えられる。2つ目のケースを回避するためには、政策執行までに十分な時間を確保できる時期から課題設定等の検討を開始する必要がある、政策過程と一体的に研究過

程を進めるためには、開始段階から戦略的に研究過程とリンクさせていくことが重要である。

ニーズ先行型研究においては、研究過程についてもデータ取得—成果報告に要する時間をできるだけ短縮していく必要がある。また、政策過程の動きに対応する形で、柔軟に解析等を進めていくことも必要になる。ニーズ先行型研究では、法改正等の時期に応じてスケジュールが決まるために時間的な制約が生じることが多い。さらに、研究成果は自治体政策に直接的な影響を与えるものになるため、大きなプレッシャーを受けることになる。これはシーズ先行型研究とは異なる点であり、相応の工夫や努力も求められる。

以上で述べたとおり、ニーズ先行型研究を推進していくためには、図2の状況からの脱却が必要となる。これには、研究過程を担う地環研だけではなく、政策過程を担う行政部署での取り組みも必要であり、両過程を変えていくことが重要である。

2.3 歴史的な経緯

2.1節で述べたとおり、地環研ではシーズ先行型研究が主として実施されてきたと推測されるが、この現状には地環研設立の経緯とその後の社会的な状況の変化が大きく関係していると考えられる。地環研の多くが設立された1960—70年代は公害規制の初期段階にあたり、地環研の主たる役割であった基準順守状況を把握するための環境分析の技術は先進的なものであり、これらの定型業務は他では担うことが難しい状況であった^{5,9)}。研究は内容的にも予算的にも定型業務の延長線上に位置づけられ、分析法検討やモニタリングデータ等の解析が主として実施されてきた¹⁰⁾。これらの研究の多くは定型業務の発展形でありシーズ先行型研究に該当すると考えられ、このような研究の進め方が現在まで定着しているものと推測される。一方で、民間の環境計量証明事業所は1970—2000年代にかけて大幅に増加し、環境分析技術の一般化と低価格化が進んだことで、定型業務は外部委託可能なものに変化してきた⁹⁻¹¹⁾。

このような社会的な状況の変化を踏まえ、地環研の役割として地域的な施策や政策提言につながる研究に注力すべきとの方針が2000年代後半—2010年代初期にかけて中央環境審議会や環境省によって示されてきた^{8,12,13)}。また、限られたリソースでそこに注力するための手段の一つとして外部委託等による定型業務の縮小が挙げられ、志向されてきた^{10,12,13)}。これは、地環研の核となる能力・役割を定型業務から研究に移行することで、地環研の存在意義の向上を目指してきた経緯と捉えることができる。しかしながら、実際には定型業務の外部委託は予算削減の一環として実施されてきた側面が強く、予算の配分を

含めて研究への注力には必ずしもつながらずに移行が進んでいないと指摘されている¹⁰⁾。

移行が進まない要因として、先に述べた方針についての行政サイドの認識不足や過度の外部委託による地環研の技術力低下等が指摘されている^{10,14)}。2.1—2.2節の知見からは、これらの要因に加えて、注力すべき研究の種類や活用メカニズムへの理解不足の影響も指摘することができる。

先に述べた方針等には「地域的な施策と直結する研究に注力」や「行政部局との密な情報交換が求められる」といった記載が確認され、本稿で示したニーズ先行型研究の推進が想定されていると考えられる^{8,12,13)}。一方で、研究に用いる予算確保の手段としては外部研究費の調達が挙げられており、予算面において自治体の政策と分離した研究が想定されていることが読み取れる^{8,12,13)}。

2.1節で述べたとおり、自治体での予算措置の有無は政策等の位置づけに大きな影響を与えている。予算面での自治体政策との分離は、政策過程と研究過程の分離に直結し、ニーズ先行型研究の推進にはつながりにくいと考えられる。先に述べた方針等では、こういった問題は十分に考慮されておらず、目指す方向性（ニーズ先行型研究の推進）とそこに到達するための手段（外部研究費による予算確保）が合致していなかった可能性がある。

従って、本節で示した経緯を踏まえれば、目指す方向性に合った手段を適切に選択していくことが重要であり、予算措置のある政策に研究を組み込む形で、ニーズ先行型研究を推進していくことが必要と考えられる。

3. 熊本県における取組

3.1 ニーズ先行型研究の実例

本節では、熊本県の行政部署（環境保全課）と地環研（保健環境科学研究所；以下「保環研」）で近年実施され、筆者が関わったニーズ先行型研究の実例を3つ紹介したい。3.1.1—3.1.3項では各研究の概要を示し、3.1.4項では各研究に共通する特徴や具体的な研究の進め方について述べる。

3.1.1 PM_{2.5}測定局配置の効率化

大気汚染常時監視は、大気汚染防止法で都道府県及び政令市の事務とされており、その適切な運用は全国共通の課題である。PM_{2.5}は2013年頃から社会問題化し、並行して全国的に大気汚染常時監視測定局（以下「測定局」）の配備が進められてきた。熊本県では県民の関心の高さを背景に、国の事務処理基準よりも多い局数を配置していた。一方で、PM_{2.5}の環境基準達成率は、2014年度以降急速な改善を見せており、この傾向は継続すると予想されていた。このような社会状況の変化を背景に、PM_{2.5}常

時監視体制の効率化を検討するために有識者で構成された「微小粒子状物質測定局の適正配置に関する検討委員会」が設置され、検討が進められることとなった。保環研は「PM_{2.5}測定局配置の効率化の検討」を研究テーマとし、手法の開発を含めて、委員会の助言を受けながら取り組んだ。

この検討は2018－2020年度にかけて行われ、計3回の委員会が開催された。最終的には、PM_{2.5}濃度の空間分布を予測する統計モデルを応用した手法が開発され、局数の削減が可能との結論とともに、削減しても監視能力に影響を与えにくい測定局の組み合わせを得ることができた^{15, 16)}。まとめられた報告書と委員会からの意見を踏まえ、2022年4月には実際に測定局の削減が実施された。

3.1.2 地下水中の硝酸性窒素対策

硝酸性窒素による地下水汚染は、飲用水の大部分を地下水に依存する熊本県にとっては非常に重要な問題である。平成初期に実施された県内全域調査の結果を踏まえ、一部の地域では硝酸性窒素削減計画が策定され、対策が進められてきた¹⁷⁾。一方で、その後の継続的な調査により、その他の地域でも環境基準を超過する地点が存在することが明らかになってきた¹⁷⁾。

これらの地域について、県としては市町村の個別計画策定を支援していくことで、硝酸性窒素対策の推進を図る方針となった。効率的かつ効果的な対策のためには、市町村の状況に応じてメリハリをつけた個別計画の策定支援が重要と考えられたため、保環研は「重点的な対策が必要な市町村の判別手法の検討」を研究テーマとして取り組むこととなった。

この研究は主に2021年度末－2022年度にかけて実施され、県内のモニタリングデータと観測地点の位置情報を用いた手法の開発を行った¹⁸⁾。2023年度末には「地下水中の硝酸性窒素対策に関する熊本県基本計画（県基本計画）」が策定され¹⁷⁾、この計画の中で定義された「取組推進市町村」と「予防推進市町村」の判定基準として、開発した手法が組み込まれた。

3.1.3 アスベスト対策

2021年度の大気汚染防止法改正によりレベル3建材が規制対象に追加され、2022年度からは石綿事前調査結果報告システムを通じて、解体・改修工事の情報が事前に自治体に報告されることとなった。これを受けて、自治体では報告情報を立入検査に活用していくことが求められているが、立入検査対象の選定方法は各自治体の裁量で検討していく必要がある。そこで、保環研は「立入検査対象の選定手法の開発」を研究テーマとして取り組むこととなった。

研究としては、2021－2024年度にかけて解体業者の違反履歴を活用したパレート分析に基づく優先順位設定手法の検討や群集生態学的手法を用いた解体・改修業者の特性解析等を実施してきた^{19, 20)}。これらの知見を踏まえ、建物の情報と元請業者の情報に基づく立入要否の判定基準を考案し、2022年度から試行的な運用を実施することで改良を重ねてきた。

これらの成果を踏まえ、県で従来から運用してきた電子システムである公害関係届出等台帳システムに組み込む形で、立入検査対象の選定をほぼ自動化する仕組みを導入した²¹⁾。これは2024年度から正式に運用を開始しており、今後も改良を続けていく予定である。

3.1.4 実例の特徴

3.1.1－3.1.3項で示した研究には、「研究成果を活用する意思決定の設定」、「部署横断型のワーキンググループ（WG）方式」、「キーパーソンの存在」の3つの点で共通する特徴が存在した。

研究成果を活用する意思決定の設定については、各研究で次のとおり整理することができる。まず、3.1.1項では、「PM_{2.5}測定局配置の効率化の検討」が研究テーマに設定され、有識者による検討委員会に組み込まれた。これは、「測定局数を削減するか否か」と「削減する場合の測定局の組み合わせ」という2つの意思決定に研究成果を活用することが想定されていた。

3.1.2項では、効率的に対策を進めてもらうためのポイントとなる「重点的な対策が必要な市町村の判別手法の検討」を研究テーマとして設定して取り組んだ。これは、当初から県基本計画に組み込むことを想定した研究であり、「重点的な対策が求められる市町村とそれ以外の市町村の分類」という意思決定に活用することが想定されていた。

3.1.3項では、「立入検査対象の選定手法の開発」が研究テーマに設定された。これは当初から、公害関係届出等台帳システムに組み込むことを予定したものであり、「日々報告される工事情報から立入検査対象を選択する」という意思決定に活用することが想定されていた。

以上で示したとおり、各研究は政策上の課題と密接にリンクした形で研究テーマが設定されており、研究成果を活用する「意思決定」が明確に設定されていた。つまり、政策の一部として研究を明確に位置付けたことで、政策的な活用が実現されていたと考えられる。

部署横断型のWG方式についても、各研究に共通した特徴である。WGと銘打っていない場合もあるが、いずれも月1回程度のペースで行政部署と保環研の担当者等で打ち合わせを実施しながら研究を進めてきた。この打ち合わせは、「政策・研究の進捗等の共有・調整」と「政策

と研究の課題設定の再確認・再認識」の2つの役割を担っていた。時間を要する面もあるが、定期的な打ち合わせを続けることで、結果としては効率的に研究を進めることが可能となっていた。

キーパーソンの存在も重要な要素である。3.1.1項では、保環研でPM_{2.5}関係の業務や研究を経験した職員とプログラミング技術を持つ職員の2名が行政部署に異動したことが契機となっていた。この職員らが政策の発案者として、研究課題の設定や研究計画の策定、解析の方向性等のマネジメントからプログラミング等の実務の支援まで担うことで、円滑に研究が進められた。

3.1.2項では、行政部署から保環研に異動してきた所属長が重要な役割を担っていた。この所属長は県基本計画の構想に関わった職員であり、その主導により、所属長をトップとした行政部署と保環研の合同WGが編成された。このWGで定期的な打ち合わせ等を実施することにより、効率的に研究を進めることができた。

3.1.3項では、行政部署の所属長が重要な役割を果たしていた。この所属長の主導により、3.2節で詳述する「環境保全課と保環研の兼務職員」がこの研究を実施するために配置されることとなった。これにより、兼務職員が政策から研究まで一貫して関わることが可能になり、効率的に研究等を進められる体制となった。

これらのキーパーソンは、政策・研究の発案や計画時点で重要な役割を果たすとともに、一部はWGの運営等においても部署間の調整役を担っており、知識ブローカー（Knowledge Broker）としての役割を果たしていたものと考えられる。知識ブローカーは、異なる文化や仕組みを持つ組織等の両方の立場を理解し、仲介役となる存在である^{4, 5, 22, 23}。知識ブローカーは研究と政策の間をつなぐ重要な役割を担っていると考えられており、本節で述べた事例以外でも地環研等において研究成果の活用に貢献した事例が確認されている^{4, 5, 23}。

3.2 ニーズ先行型研究の推進に向けた体制整備

3.1節で述べたように、熊本県では個別のニーズ先行型研究が多数行われてきているが、これと並行して体制整備も進められてきた。本節ではその例として「環境保全課を兼務する保環研職員」と保環研内に設置された「研究推進プロジェクトチーム」の2つを紹介する。

3.2.1 環境保全課を兼務する保環研職員

環境保全課を兼務する保環研職員（以下「兼務職員」）は2022年度から配置されている。これは、政策的な活用を目的として一貫した取組が必要な研究（≒ニーズ先行型研究）を円滑に進めるために配置されている。現在、保環研では3名の兼務職員が設置されており、内2名は

3.1.2項で述べた硝酸性窒素の地下水対策の研究等に、1名は3.1.3項で述べたアスベスト対策の研究等に従事している。

この体制によって、現場で直接事業者とやり取りするといった実務の一部を兼務職員が実施できるようになり、現場の課題把握からデータ解析等までに一貫して関わることによって、効率的なニーズ先行型研究の推進につながっている。これは3.1.4項で述べた知識ブローカーを人事上明確に配置する取組と捉えることもできる。

3.2.2 研究推進プロジェクトチーム

研究推進プロジェクトチーム（以下「PT」）は2024年度から始動した保環研内に設置された部署横断型のプロジェクトチームである。主な役割は2つあり、1つ目は所内の研究の支援であり、2つ目は政策への活用を目的とし、環境保全課等と共同で取り組む研究（≒ニーズ先行型研究）の実施である。保環研の衛生部門を含めた各部から適性を持った人材を集め、各部と兼任する形でPTの業務を進める形をとっている。PTは所長をトップとし、実務的な進捗管理等はPT内に設置されるリーダーが担っている。2024年度からは、3.1.2項及び3.1.3項の研究を含めたニーズ先行型研究はPTが担う形で進めている。各研究について、多くの場合はPTの担当者と行政部署の担当者で、定期的な打ち合わせ等を行いながら共同で進める形をとっている。今年度開始されたばかりの試みであり、手探りの部分も多いが、ニーズ先行型研究をPTで実施するメリットとして次の2点が挙げられる。

1点目は、データ解析等の技術の水平展開である。ここでのいう技術には、「データ解析で用いられるプログラミングや統計分析等の技術」と「行政部署と協力して研究過程を進めるための技術」の2つが含まれる。ニーズ先行型研究の多くでは、これまで蓄積されてきた大量のモニタリングデータ等を整理し、統計的な手法等を駆使して解析することが求められるが、技術的には共通する部分も多い。実際に、3.1.1項と3.1.2項の研究は、常時監視で得られたデータを用いたものであるが、いずれもGIS情報を活用した研究であり、類似のプログラミング技術が用いられている。また、ニーズ先行型研究を進める上では、行政部署（政策）の動きを把握しながら、乖離が生じないように研究過程を進めることが求められる。

3.1.4項で述べたWG等の活用が重要であり、円滑に進めるには一種のマネジメント技術が必要となる。これらの技術を複数の研究に水平展開することで、効率的に解析業務や研究過程を進めることが可能になる。

2点目は、人材育成である。1点目に関連するが、適正を持った人材が複数のプロジェクトに関わることで、ニーズ先行型研究に必要な技術を習得する機会を与えやす

い。4章で詳述する資質を持った人材に、こういった経験の機会を多く与えることで、知識ブローカー等のニーズ先行型研究に必要な人材を育成しやすくなることが期待される。

4. 研究成果の活用に必要なもの

2章では、既報1, 2の内容を踏まえ、研究成果の活用にはニーズ先行型研究の推進が重要であることを示した。また、筆者の経験や歴史的な経緯も踏まえ、その推進のためには、政策過程と研究過程の両方を変え、予算措置のある政策の中に研究を組み込んでいく必要があることを指摘した。3章では、熊本県で近年実施されたニーズ先行型研究の概要とその推進に向けた体制整備の状況を示した。

以上の内容を踏まえ、研究成果の活用に必要な対応策等を表1に整理した。表1では、政策過程の段階を「政策課題の探知」と「政策課題への対応」の2つに分け、それぞれに必要な項目を示した。また、各項目に効果が期待できる具体的な対応策も示した。各段階は、前者については図1, 2で示した「課題設定」に、後者の段階は「政策立案－政策評価」に概ね対応するものである。

政策課題の探知の段階では、日常業務の中で課題を発見〔①〕し、その課題について研究を組み込む必要性を判断〔②〕し、組織的に決定して引き継いでいく〔③〕ことが必要と考えられる。重要なのは課題を担当者レベルの把握に留めずに、組織的な把握にしていくことである。そのうえで、課題の内容に応じて、研究を組み込む必要性を適切に判断していくことが求められる。政策課題への対応の段階では、行政部署と地環研で連携〔④〕し、地環研では政策過程の動きに合わせて研究過程を迅速かつ臨機応変に進められる体制〔⑤〕が求められる。重要なのは課題の解決という共通のゴールを両部署が認識し、柔軟に軌道修正を図りながら進めることである。

想定される対応策のうち、熊本県で導入中のものとしては、3章で示した「兼務職員」、「WG方式」、「所内PT」がある。ここでは、3章で示していない「政策課題整理のための会議体」、「専門部署」、「知識ブローカーの育成・活用」の3つの対応策について示す。

「政策課題整理のための会議体」は、今後生じうる政策課題の整理と行政部署・地環研での取組体制を協議するための会議体を意味しており、①－③に効果が期待される。2.2節で述べたとおり、従来の大きな問題点は、政策課題の把握が職位別の引継ぎに依存しがちなことにあると考えられる。そこで、政策課題の把握と引継ぎを組織的にオープンなものとして実施することを意図したのがこの会議体である。このような機会を通じて、政策課題を発見し、その課題の中からニーズ先行型研究として取り組むべきものを選び出し、取組体制を含めて組織的に決定することで、従来の問題点の解決につながることを期待される。

「専門部署」は、ニーズ先行型研究に必要なデータ解析の実施を主たる役割とする部署の設置を意味しており、主に⑤への効果が期待される。データ解析では試行錯誤が生じるため時間を要すると同時に、政策過程の進捗に合わせて臨機応変な対応が求められることから、スケジュールは過密になりやすい。こういった状況下では、データ解析等の技術の水平展開は時間短縮のための有効な手段となり得る。3.2.2項で述べたPTはこの点でメリットのある仕組みではあるが、現状では各部との兼任であるため業務量負担等のマネジメントが困難である点やリソースの分散しやすさの点で課題が残っている。専門部署とすることで、これらの課題の解決が期待される。実際に民間ではデータ分析専門の部署を設置することで、多数の業務改革等を実現している事例が存在している²⁴⁾。また、地環研でも類似の趣旨の部署が設置されている例があり、参考になると考えられる^{25,26)}。

「知識ブローカーの育成・活用」は①－⑤のすべてに効果が期待され、最も重要な対応策と考えられる。人材育成の重要性は従来から指摘されてきたが、それは主に環境分野の専門家の育成や定型業務に必要な機器分析等ができる職員の育成という趣旨であり^{7,27)}、知識ブローカーの必要性については十分に認識されていなかったように思われる。知識ブローカーは3.1節の事例や既報2で示された他の地環研の事例でも重要な役割を果たしており^{4,5)}、1章で述べた「Two-Communities」の具体的な解決策になり得る存在として注目されている^{22,23)}。3.1節で述べたと

表1 研究成果の活用に必要な対応策等

政策過程の段階	項目	想定される対応策 ^{*2} 〔効果が期待できる項目の番号〕
政策課題の探知 (課題設定 ^{*1})	①課題の発見	政策課題整理のための会議体〔①－③〕
	②研究を組み込む必要性の判断	地環研と行政部署の兼務職員〔④－⑤〕
	③組織的決定と引継ぎ	WG方式〔④〕
政策課題への対応 (政策立案－政策評価 ^{*1})	④部署間の連携	所内PT・専門部署〔⑤〕
	⑤研究過程の迅速化	知識ブローカーの育成・活用〔①－⑤〕

^{*1}対応する主な政策過程を示した。^{*2}熊本県で導入中の対応策にはアンダーラインを付した。

おり、知識ブローカーには、研究者と政策決定者の両方の価値観や文化を理解した上で両者の仲介役を担うことが求められる。

表2 知識ブローカーに求められる資質等の例*

- 研究者と政策決定者の両方のコミュニティの文化や性質を理解する能力
- 新規のプロジェクトを企画・実行する能力
- 高いコミュニケーション能力
- 仲介役、交渉役、プロジェクトの進行役を務める能力
- 分野横断的に科学的知見を理解し、評価する能力

*引用文献²²⁾の内容をベースに筆者が改変して作成

これには、両方の立場の経験だけではなく、様々な資質が必要とされる(表2)。定期的な人事異動がある地環研の場合は、資質を持った人材に対して、戦略的に地環研と行政部署の経験を積ませていくことが重要である。人事・組織制度上の仕組みとしては、一定期間の定期的な異動経験の後に特定の部署や分野に従事する制度等や、3.2節で述べた兼務職員、専門部署の設置等が知識ブローカーの育成において有効な手段となる可能性がある^{4, 5, 28)}。なお、知識ブローカーに求められる資質(表2)は、政策過程で一般的に必要な能力とも重なる部分が多い²⁹⁾。従って、知識ブローカーの育成は、研究成果の活用の推進に加えて、自治体の政策形成能力全体の向上への貢献も期待される。

地環研の状況や研究成果の活用をどの程度重要視するかは自治体によって大きく異なると考えられる。このため、「研究成果の活用に必要なもの」も自治体によって大きく異なると予想されるが、表1ではアイディアレベルのものも含めて、代表的と思われる項目や対応策を示した。少なくとも熊本県においては、3章で述べたような取組や体制整備の今後の状況に表1の項目が影響する可能性は大きいと考えられる。

なお、本稿では研究成果の活用を促進するためにニーズ先行型研究を推進する方向性を中心に議論したが、これはシーズ先行型研究の意義や価値を否定するものではない。既報2で示したとおり、シーズ先行型研究から研究成果の活用に至った事例も存在しており、専門的な知識や技術の習得手段としての重要性も認識されている⁴⁾。一方で、2章で述べた歴史的な経緯等を踏まえれば、ニーズ先行型研究とシーズ先行型研究のそれぞれにどの程度注力すべきかを再考すべき時期にきていると筆者としては考えている。この点も、最適解は自治体の状況や考え方によって大きく異なると考えられるため、表1の内容と併せて各自治体で議論していく必要があると思われる。

5. 地環研の今後の方向性とポテンシャル

地環研が持つ強みとしては、「多くの観測場所(フィールド)」や「高い環境分析の技術」、「長期的に蓄積されたデータ」等が従来良く挙げられてきた^{8, 10)}。地環研の今後の方向性としては、このような強みを活かすことで大学や国の研究機関と肩を並べる研究機関として機能強化を目指すべきというのが、これまでの主な論調であったように思われる^{10, 12, 13, 30)}。この方向性を目指す際の課題としては、定期異動を主要因とする人材育成の困難さ等が挙げられてきた^{7, 13)}。これは、研究機関と行政機関の狭間に位置する地環研の「中途半端さ」に起因したものと考えられ、弱点として捉えられてきた。

本稿では、この「中途半端さ」を強みとして捉え、「研究と行政の境界領域」においてニーズ先行型研究の機能強化を目指していくことを地環研の今後の方向性として提案したい(図3)。この境界領域に位置する研究課題は、一般の研究者からは認識されにくい未知の領域であるとともに研究課題の宝庫であると筆者は考えている。実際に、3.1節で示した事例は、この境界領域に位置する研究課題に取り組んだものであり、地環研だからこそアプローチしやすい研究課題であると同時に、自治体政策への貢献が期待できる。また、境界領域は、先に述べたとおり自治体外部の研究者からはアプローチしづらいため、単なる研究の領域として考えた場合にも、競合が少なく、独自性・新規性のある研究がしやすいという点でメリットもあると考えられる。

この方向性に到達するための道筋は、自治体や地環研によって大きく異なると考えられるが、境界領域の研究課題にニーズ先行型研究で取組み、事例を蓄積していくことが肝要である。こういった事例の蓄積は、ニーズ先

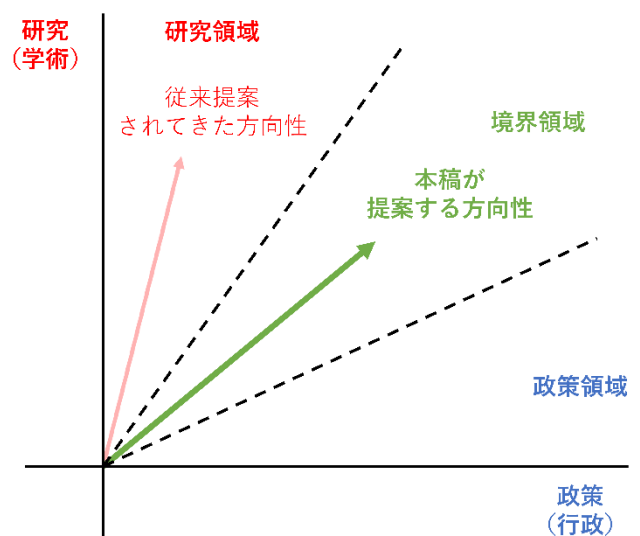


図3 本稿が提案する地環研の今後の方向性

行型研究を進めるための具体的な技術や方法（以下「技術等」）を明らかにすることにもつながる。民間企業やビジネスを対象としたものでは、事例の蓄積と分析等によって、具体的な技術等を明らかにする試みが行われているが^{4, 31, 32)}、自治体を対象とした類似の取り組みは筆者の知る限り確認できない。3章では熊本県の事例を対象に若干の分析を試みているが十分とはいえない。他自治体を含めた事例の蓄積と分析が求められる。

事例の蓄積を通じた知識ブローカーの育成も望まれる。4章で述べたとおり、知識ブローカーの育成は、研究成果の活用に最も重要な対応策であるとともに、自治体の政策形成能力の向上にもつながり得るものである。行政部署等と連携しながら研究成果の活用を目指すプロセスを、資質を持った人材に実地で経験させることは、知識ブローカー育成の近道になると考えられる。さらに、4章で述べた兼務職員や専門部署等の人事・組織制度上の体制整備を進めていくことで、その育成に継続性を持たせていくことも重要である。

1章で述べたとおり、研究成果の活用は世界的に見ても未解決の「古くて新しい問題」であるが、EBPMの重要性の高まりを背景に、この問題の解決が強く求められている。研究機関と行政機関の狭間に位置する地環研の「中途半端さ」は、先に述べた具体的な技術等の確立や人材育成の面では大きな強みである。地環研は、自身が持つ「中途半端さ」を極め、強みとして生かしていくことで、この「古くて新しい問題」の解決に大きく貢献できるポテンシャルを有していると考えられる。本稿が、この問題の解決と地環研の将来についての議論を深める一助となることを期待したい。

6. 謝辞

本稿の基となった既報1, 2の研究では、全国の自治体関係者の皆様にご協力をいただきました。北九州市立大学准教授の宮脇崇氏には、本稿のコンセプトに大きく影響するアイデアをいただきました。また、本稿の内容は九州環境政策研究会（自治体職員による自主研究会）で取り組んだ研究の内容を含んでおり、その最終報告を兼ねています。同研究会の小原大翼氏、宮崎康平氏、古澤尚英氏には多くの助言等をいただきました。深く感謝いたします。なお、本稿及び既報1, 2の研究の一部は科学研究費（奨励研究）21H03880の支援を受けて実施しました。

7. 引用文献

- 1) Caplan N. : The two-communities theory and knowledge utilization. *American Behavioral Scientist*, **22**, 459-470, 1979

- 2) 内閣府：内閣府におけるEBPMへの取組, <https://www.cao.go.jp/others/kichou/ebpm/ebpm.html> (2024. 10. 29アクセス)
- 3) Boswell C., Smith K. : Rethinking policy ‘impact’ : four models of research-policy relations. *Palgrave Communications*, **3**, 44-53, 2017
- 4) 豊永悟史：地方環境研究所における研究成果の政策活用メカニズム－PM_{2.5}関連研究を例としたケーススタディー. *環境科学会誌*, **37**, 200-210, 2024
- 5) 豊永悟史, 小原大翼, 宮崎康平, 古澤尚英：地方研究研究所の研究成果を行政施策に活用していくためには何が必要なのか？－PM_{2.5}に関する研究を対象とした事例研究－. *環境科学会誌*, **36**, 28-41, 2023
- 6) 社団法人国際環境研究協会：平成15年度地域における環境研究・技術開発の推進に関する調査報告書, 2003
- 7) 全国環境研協議会事務局：平成20年度全国環境研協議会アンケート調査報告書(地方環境研究所の将来について). *全国環境研会誌*, **34**, 107-118, 2009
- 8) 環境省総合環境政策局総務課環境研究技術室：平成21年度地方における環境調査研究機能強化調査業務について. *全国環境研会誌*, **35**, 74-77, 2010
- 9) 森田昌敏：地方環境研究所における調査・測定分野の現状と課題. *資源環境対策*, **46**, 38-41, 2010
- 10) 岩本真二：地方環境研究所のあり方についての一考察. *全国環境研会誌*, **34**, 102-106, 2009
- 11) 谷學：最近の日本の環境モニタリング市場に関する一考察. *資源環境対策*, **45**, 24-32, 2009
- 12) 中央環境審議会：環境研究・環境技術開発の推進戦略について(答申)(平成18年3月), <https://www.env.go.jp/council/toshin/t02-h1807.html> (2024. 10. 29アクセス)
- 13) 環境省総合環境政策局総務課環境研究技術室：地方試験研究機関のあり方. *資源環境対策*, **46**, 29-33, 2010
- 14) 岩本真二：地方環境研究所での現場力を活かすために. *環境研究*, **153**, 83-88, 2009
- 15) 小原大翼, 豊永悟史, 古澤尚英, 荒木真, 山本裕典, 矢野弘道, 山崎文雅：地方自治体におけるPM_{2.5}常時監視ネットワークの効率化の検討(I)－Regression Kriging 法による空間濃度分布予測－. *大気環境学会誌*, **57**, 53-65, 2022
- 16) 豊永悟史, 古澤尚英, 小原大翼, 荒木真, 山本裕典, 矢野弘道, 山崎文雅：地方自治体におけるPM_{2.5}常時監視ネットワークの効率化の検討(II)－最適解の探索手法の構築－. *大気環境学会誌*, **57**, 77-89, 2022

- 17) 熊本県：熊本県における硝酸性窒素削減対策の推進について, <https://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/51/5665.html> (2024. 10. 29アクセス)
- 18) 小原彬生, 豊永悟史, 廣畑昌章, 小原大翼：GIS を用いた地下水中の硝酸性窒素の高濃度地域推定手法の検討. 第57回日本水環境学会年会講演プログラム・広告集, 484, 2022
- 19) 豊永悟史, 古澤尚英, 中島尚哉, 山形卓：アスベスト対策を目的とした解体等工事の立入検査における優先度設定手法の検討. クリーンテクノロジー, **33**, 56-60, 2023
- 20) 豊永悟史：群集生態学的指標の試験的適用による解体・改修業者の特性解析:アスベスト対策への活用. 環境情報科学学術研究論文集, 2024 印刷中
- 21) 豊永悟史：モバイル端末等を活用したアスベスト立入支援システム. 全国大気汚染防止連絡協議会第69回全国大会資料, 23-25, 2024
- 22) Lomas J. : The in-between world of knowledge brokering. *BMJ*, **334**, 129-132, 2007
- 23) 武村真治：研究成果の行政施策への利用を促進するために 「研究過程」において必要となる要因 -厚生労働科学研究費補助金における研究課題の企画・実施からその研究成果の利用までのプロセスの事例分析-. 保健医療科学, **66**, 56-66, 2017
- 24) 河本薫：最強のデータ分析組織, pp. 261, 日経BP, 東京, 2017
- 25) 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター：組織と業務, <https://www.lberi.jp/center/overview/organization> (2024. 10. 29アクセス)
- 26) 内藤正明：滋賀県琵琶湖環境科学研究センターの発足から今日まで. 資源環境対策, **46**, 72-77, 2010
- 27) 岩本真二：地方環境研究所の現状と今後. 資源環境対策, **46**, 34-37, 2010
- 28) 小野英一：自治体人事システムにおける専門職制度について－神奈川県, 静岡市, 横浜市の取組事例を中心に－. 日本地域政策研究, **14**, 100-106, 2015
- 29) 井寺美穂：地方政府における職員の専門性とその限界－基礎自治体の専門職員を対象に－. アドミニストレーション, **23**, 33-44, 2016
- 30) 須藤隆一：地方環境研究所のあり方. 水環境学会誌, **43(A)**, 39, 2020
- 31) 河本薫：データドリブン・カンパニーへの道 データ・AIで変革を進める企業人に学ぶ, pp. 377, 講談社, 東京, 2024
- 32) 河本薫：データ分析・AIを実務に活かす データドリブン思考, pp. 205, ダイヤモンド社, 東京, 2022

< 報 文 >

埼玉県内の公共用水域（河川）における 大腸菌数環境基準超過地点の特徴*

渡邊 圭司**・宮崎 実穂**・池田 和弘**・柿本 貴志**・
見島 伊織**・梅沢 夏実**・田中 仁志**・木持 謙**

キーワード ①埼玉県 ②大腸菌数 ③河川 ④環境基準超過地点 ⑤生活排水

要 旨

埼玉県内の公共用水域（河川）における大腸菌数のモニタリングデータ（2013年開始）を環境基準値（2021年環境省告示）と照らし合わせ、超過地点についてその特徴及び原因を調べた。その結果、特定の汚染源が原因と思われる地点は少なく、その多くは塩素処理が不十分な生活排水の流入に起因するものであると考えられた。埼玉県内河川における大腸菌数の環境基準達成のためには、浄化槽法により定められた浄化槽の保守点検、清掃及び法定検査を推進し、適切に塩素剤が添加されるよう管理を徹底することが重要であると考えられた。

1. 緒言

環境省より、2021年10月7日に公共用水域の水質汚濁に係る環境基準に、衛生指標微生物としてこれまでの大腸菌群数を見直し、大腸菌数を新たに加えることが告示され、2022年4月1日より施行となった。大腸菌数の環境基準値（河川）は、AA類型の自然環境保全を利用目的としている地点では20CFU/100mL以下、AA類型の水道一級を利用目的としている地点では100CFU/100mL以下、A類型では300CFU/100mL以下及びB類型では1000CFU/100mL以下とし、年間の90%水質値のデータで評価する。

埼玉県では、公共用水域（河川）の測定地点は94地点あり（環境基準点のほか補助点も含む）、国土交通省、埼玉県、さいたま市、川越市、川口市、越谷市、熊谷市、所沢市、春日部市、草加市及び狭山市が分担して採水及び分析を行っている。大腸菌数が該当する一般項目は、AA類型の2地点（環境基準点でそれぞれ自然環境保全及び水道一級を利用目的としている）、A類型の33地点（環境基準点は20地点）及びB類型の11地点（環境基準点は10地点）で測定を行っている。埼玉県では、2013年度から公共用水域（河川）の水質調査に

おいて大腸菌数のモニタリングを継続して行っている。2013～2022年度までのモニタリングデータについて、環境基準値を超えた値が認められた地点を年度ごとにまとめて表1に示した。なお、年に12回以上測定していない地点については、90%値が最大値をとることになるため評価から除外している（表中では空欄）。埼玉県では、AA類型とA類型の地点で大腸菌数（90%値）が環境基準値を超えた回数が多いという特徴があった。特に、環境基準値を超えた回数が多かった地点では、環境基準値を大きく上回る値を示した地点も散見された（例えば赤平川・赤平橋、小山川・一の橋や元小山川・新泉橋など）。今後は、このような大腸菌数が環境基準値を超過している地点に対して、対策を講じる必要がある。

そこで本調査では、大腸菌数（90%値）が環境基準値を超過した回数が多かった地点を中心に、これまで集積したデータのトレンド解析及び上流域の詳細調査を実施することで、環境基準の超過原因を明らかにすることを目的とした。

*Characteristics of sites exceeding environmental standards for coliform counts in public water bodies in Saitama Prefecture

**Keiji WATANABE, Miho MIYAZAKI, Kazuhiro IKEDA, Takashi KAKIMOTO, Iori MISHIMA, Natsumi UMEZAWA, Hitoshi TANAKA, Yuzuru KIMUCHI（埼玉県環境科学国際センター）Center for Environmental Science in Saitama

表1 2013～2022年の大腸菌数（90%値）が環境基準値を超過した環境基準点及び補助点のデータ

測定機関	類型	基準値	河川	採水地点名	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
埼玉県	A	300	荒川	親鼻橋	95	210	220	220	37	830	240	5300	400	690
埼玉県	AA	20	荒川	中津川合流点前	45	20	34	66	80	110	110	56	53	56
狭山市	(A)	(300)	入間川	（富士見橋）	1800	420	280	1900	1600	580	190	420	1000	240
狭山市	(A)	(300)	入間川	（豊水橋）	2300	210	330	1400	1800	610	330	330	1400	870
埼玉県	A	300	入間川	給食センター前	180	150	320	140	260	280	230	700	240	100
埼玉県	A	300	越辺川	今川橋	210	600	380	230	900	2300	460	2100	1200	280
埼玉県	(A)	(300)	越辺川	（山吹橋）	220	320	310	170	250	700	430	400	660	430
埼玉県	(A)	(300)	都幾川	（川北橋）	250	110	290	1000	110	860	800	560	430	820
埼玉県	B	1000	槻川	兜川合流点前	240	170	450	370	170	1300	260	530	270	370
埼玉県	B	1000	槻川	大内沢川合流点前	67	220	270	580	92	1100	430	190	150	400
埼玉県	(A)	(300)	高麗川	（天神橋）	100	160	89	190	120	430	430	660	1300	260
埼玉県	B	1000	霞川	大和橋	510	460	380	180	220	1200	600	2700	2800	400
埼玉県	A	300	成木川	成木大橋	76	100	370	200	250	500	400	2100	560	320
埼玉県	B	1000	市野川	天神橋	430	420	900	1800	980	1900	1000	1200	530	480
埼玉県	AA	100	赤平川	赤平橋	60	53	340	280	110	800	860	530	600	500
埼玉県	A	300	横瀬川	原谷橋	400	190	240	640	110	730	630	350	700	580
埼玉県	B	1000	小山川	新明橋	330	460	1200	700	300	4300	730	2900	2100	1000
埼玉県	A	300	小山川	一の橋	250	470	410	960	240	4300	3600	7300	6800	1300
埼玉県	(A)	(300)	小山川	（新元田橋）	43	170	220	460	160	1000	400	390	500	270
埼玉県	B	1000	唐沢川	森下橋	340	870	1900	1000	390	3600	1100	3300	2400	1100
埼玉県	B	1000	元小山川	新泉橋	1000	3500	8900	20000	3000	56000	7000	7000	3600	1500
国土交通省	A	300	江戸川	流山橋										370
熊谷市	B	1000	福川	昭和橋										2800

※環境基準を超過した値は太文字に下線をつけグレー・ハイライトで表した。

※補助点はカッコで記載した。

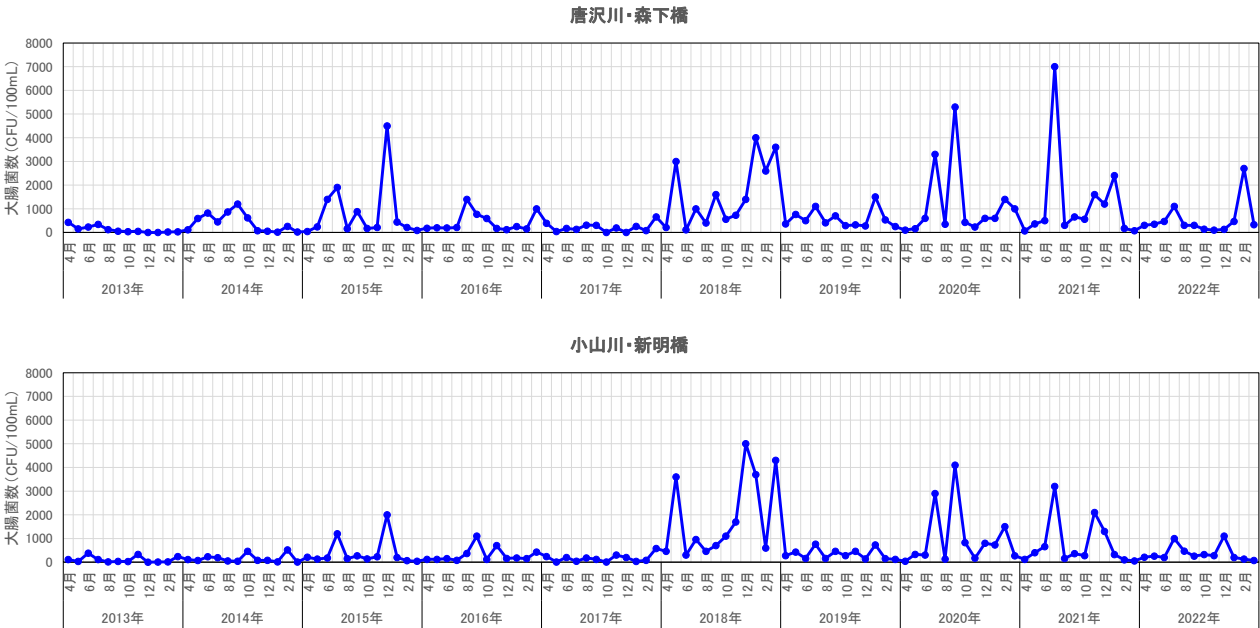


図1 小山川・新明橋とその上流の支川の唐沢川・森下橋の大腸菌数モニタリングデータ（B類型）

2. 方法

2.1 試料採取

調査は、2021～2023年度の3年間で行った。採水地点は、一回の調査で基準超過地点を含む上流もしくは支川を3～5地点程度選定した。採水は、これまでのモニタリングデータをグラフ化し、特定の月もしくは特定の期間に基準超過するような傾向を示す地点については、その

月もしくは期間内にあわせて採水を行った。また、基準超過地点の上流域の地点で（例えば支川の地点など）、図1に示したような基準超過地点と同様のトレンドパターンを示した地点については、その上流域地点のさらに上流の複数地点で採水を行った。試料は、河川の表層水を橋上からロープに繋いだバケツで採取するか、もしくは川岸から伸縮式のひしゃくで採取した。大腸菌数が環



図2 生活排水が主な流入源の水路

境基準値を超過していた場合は、2～3日以内に基準超過地点の上流域を4～5地点程度選定し、詳細調査による汚染源の特定を行った。試料は、超純水洗浄済みの500mL容量のポリプロピレン製広口容器（アズワン）に入れ、クーラーボックスで保冷し実験室に搬入後、速やかに分析に供した。

2.2 大腸菌数の測定

メンブレンフィルターは平均粒子保持径0.45μmの直径47mm格子入りセルロース混合エステルフィルターを用い（メルクミリポア製）、特定酵素基質寒天培地はクロモアガーECC（関東化学製）を用いた。測定方法については、環境省の資料¹⁾に従い行った。検水の希釈は、原液、10倍及び100倍希釈の系、もしくは100倍、1000倍及び10000倍希釈の系の2系列とし、各地点の大腸菌数に合わせ希釈倍率の系列を選択した。各試料につき、3回の繰り返し試験を行った（1試料につきn=9）。大腸菌に由来する青色コロニーの計測には、ライトボックス及び拡大鏡（3.5倍）を使用した。

2.3 特定負荷源の大腸菌数に関する調査

生活排水が河川の大腸菌数に及ぼす影響を調べるため（2021年11月25日採水）、熊谷市内の水路（主な流入源は単独処理浄化槽からの排水）の大腸菌数を測定した（図2）。

また、水浴の影響を調べるため、行楽シーズンである2022年8月15日に日高市の高麗川の中着田で、上流と下流地点で採水を行い大腸菌数の測定を行った。上流地点では、堰が設けられており水は停滞していた。採水時は、中着田の上流と下流の間では大勢の行楽客が訪れて水浴に興じており、大変な賑わいを見せていた（図3）。

入浴の影響を調べるため、2022年3月8日に5人家族のお風呂の残り湯を採取し、大腸菌数を測定した。



図3 採水時の高麗川の中着田

2.4 大腸菌の生育可能温度範囲

大腸菌が河川環境中で生育することが可能であるかを調べるため、独立行政法人製品評価技術基盤機構（NITE）から、ヒト糞便由来大腸菌の*Escherichia coli* NBRC 3301株を入手した。この大腸菌株を、LBブロス（Lennox）培地（pH7.0）に植菌し、培養温度5、10、15、30、37、45及び50℃で培養し、大腸菌がどの温度範囲で生育可能か調べた。

3. 結果と考察

3.1 2013～2022年度までの大腸菌数のモニタリングデータから見た大腸菌数の変動傾向

モニタリングデータを並べて地点間の比較してみると、図1に示したように小山川・新明橋では、上流にある支川の唐沢川・森下橋と大腸菌数の変動パターンが類似しており、小山川・新明橋の大腸菌数は、上流支川の唐沢川の影響を強く受けていることが明らかとなった。

また、図4に示したように、荒川・親鼻橋及び小山川・新元田橋では、7月、9月及び時折10月に大腸菌数が高い値を示す年が多く見られた。一方、8月は大腸菌が少なくなる傾向があり、調査を行ったがその原因は特定できなかった。

3.2 特定負荷源の大腸菌数

主な流入源が生活排水である熊谷市内の水路の水の大腸菌数を測定したところ、大腸菌数は7800CFU/100mLであった。この試料では、大腸菌が検出されたことから、浄化槽処理水に対して塩素剤が十分に添加されていないことが考えられ、浄化槽の維持管理が適切に行われていないと推察された。

次に、水浴が大腸菌数に及ぼす影響を調べるため、お盆休みの時期を狙い、大勢の行楽客が訪れ水浴を楽しんでいる高麗川の中着田の上流と下流で大腸菌数を測定した。その結果、上流地点が600CFU/100mLであっ



図4 小山川・新元田橋と荒川・親鼻橋の大腸菌数モニタリングデータ（A類型）

たのに対して、下流地点は152CFU/100mLであり、大勢の行楽客が入水し水浴しても、下流域の地点の大腸菌数の増加は認められず、水浴の影響は無かった。

なお、今回の調査とは別に、大勢の行楽客が集まり、一時的に大量の汚水が浄化槽に流入する場合、十分に処理されないことも考えられるため、河川に放流される排水の水質の影響を注視する必要がある。

また、入浴による排水が大腸菌数に及ぼす影響を調べるため、5人家族のお風呂の残り湯を採取し大腸菌数を調べた。その結果、大腸菌及び大腸菌群は全く検出されなかった。採水した家屋では、水道水を温めて浴槽に注水し利用しているため、水道水に含まれる塩素の影響により、大腸菌及び大腸菌群ともに不検出であったと考えられた。

3.3 大腸菌数が環境基準を超過している地点の詳細調査

これまでの大腸菌数のモニタリングデータより、環境基準値を超過していた地点の周辺（主に複数回環境基準非達成が認められた地点）、2021年度は83地点、2022年度は52地点及び2023年度は55地点の延べ190地点（一部重複調査点あり）について詳細な調査を行い、各地点の環境基準超過原因の解明を目指した。

図1に示されているとおり、小山川・新明橋（B類型）の大腸菌数は、上流支川の唐沢川・森下橋と同様の変動パターンを示すため、唐沢川の影響を強く受けていると推察された。そこで、唐沢川上流の詳細調査を行ったところ、大腸菌数が $1.5 \times 10^5 \sim 1.1 \times$

10^7 CFU/100mLを示す水路を発見した。この水路の水の排出元が汚染原因と考え、近隣の食品工場の排水を調べたが、大腸菌数は 1.4×10^4 CFU/100mLであり、下流地点の大腸菌数と比較すると1桁～2桁少なく、排出元の特定には至らなかった。

赤平川・赤平橋（AA類型[水道1級]）では、流域に民家が多かった。10km以上離れた上流の民家が数軒点在する程度場所までさかのぼった地点で測定しても、大腸菌数は120CFU/100mLであり、環境基準を下回る値は示さなかった。モニタリングデータを見ても、年間の半分近くの月で大腸菌数が環境基準値を超えているため、流域に民家が存在し生活排水が流入しているような地点では、AA類型（水道1級）の基準を満たすことは現状では難しいという実態が見えた。

埼玉県内で最も厳しい環境基準が設定されている荒川・中津川合流点前（AA類型[自然環境保全]）は、直上に二瀬ダムがあり、ダムと採水地点の間には民家が点在している。2021～2023年度の3年間詳細調査を行ったが、ダム直下の大腸菌数が3～16CFU/100mLで基準値以下の水質であったのに対し、中津川合流点前では6～1900CFU/100mLであり、環境基準値を大きく上回った試料も見られた。モニタリングデータを見ても、年3～4回くらい大腸菌数が環境基準値を超過している年が多く見られ、赤平川・赤平橋（AA類型[水道1級]）と同様に民家からの生活排水の流入が影響していると推察した。

元小山川・新泉橋（B類型）は、主な水源を上流の御陣場川からの導水としている。導水元の御陣場川の大

腸菌数は1100～1300CFU/100mLを示し、環境基準値を既に超えた水質であったことから、環境基準達成のためには、導水元である御陣場川の水質改善が必須と考えられた。

入間川・富士見橋（A類型）は、入間川・豊水橋（A類型）の下流に位置しており、大腸菌数の変動パターンも豊水橋と同様なトレンドを示すため、調査は豊水橋のみで行った。入間川・豊水橋の上流支川である成木川・成木橋（A類型）の上流で詳細調査を行ったところ、成木橋の上流についても流域に民家が多く見られた。大腸菌数は260～1500CFU/100mLを示し、2年間の詳細調査を通じてA類型の環境基準値を下回ったのは、1試料しかなかった。また、支川の成木川と入間川の合流地点には浄化センターがあるが（下水道整備区域の約6割は分流式）、台風後の2022年8月18日の試料では、浄化センタ下流で1800～8200CFU/100mLと大腸菌数が高い値を示していた（平水時の浄化センター放流口下流の大腸菌数は6CFU/100mL）。一般的に、台風などの水害時に、下水処理施設に流入する汚水量は急激に増加するため、一部の汚水を簡易処理で放流する場合がある。そのため、大雨時、下水処理施設からの放流水の影響を受ける河川の地点において監視する必要がある。しかしながら、入間川・豊水橋では、支川の成木川の10km以上離れた上流域においても、大腸菌数が環境基準を満たす水質ではなく、A類型指定が厳しい設定であると考えられた。

越辺川・今川橋（A類型）及びその上流の山吹橋（A類型）についても、流域に民家の多い地点であった。2021～2023年度に3回にわたり上流域の詳細調査を行ったが、およそ半数の試料でA類型の環境基準を満たしていなかった。しかしながら、特定負荷源の存在が疑われるほどの高い値を示した地点はなく、これらの地点についても生活排水の流入が主な基準超過原因であると推察された。

小山川・一の橋（A類型）及びその上流の新元田橋（A類型）については、地点間の距離はそれほど離れておらず、他のA類型の地点と同様に流域に民家が多かった。新元田橋の上流域について詳細調査を行ったところ、最上流の民家のない地点では大腸菌数が1 CFU/100mLであったのに対し、その直下の民家が点在するようになった地点では440CFU/100mLと環境基準を上回る値となった。以上の結果から、新元田橋の超過原因については、民家からの生活排水の流入であることを強く支持する結果が得られた。一の橋については、新元田橋と比較すると大腸菌数が1桁高く、またモニタリングデータの変動パターンも異なる傾向を示していたことから、汚染原因は新元田橋と別にあると推測さ

れたが、詳細調査を行っても汚染原因を特定することはできなかった。

入間川・給食センター前（A類型）、槻川・兜川合流点前（B類型）、槻川・大内沢川合流点前（B類型）、霞川・大和橋（B類型）及び市野川・天神橋（B類型）では、表1に示されているように、10年間のモニタリングで環境基準非達成の回数が1～3回と少なく、詳細調査を行った際にも、調査地点の大腸菌数が環境基準値を上回っていることがほとんどなかったため、超過原因の解明は困難であった。また、都幾川・川北橋（A類型）は、10年間で6回環境基準を超過しており、2021～2023年度に3回にわたり詳細調査を行ったが、いずれのタイミングで採水しても環境基準を超える値を示さなかったため、超過原因の解明には至らなかった。高麗川・天神橋（A類型）及び横瀬川・原谷橋（A類型）についても同様であった。

埼玉県内のB類型の河川における大腸菌数（90%値）とBOD（75%値）の関係を図5に示した（2013～2022年度のデータを使用して作図）。B類型の河川では、大腸菌数と有機汚濁の指標であるBODとの間に相関関係が見られた（ $R^2=0.4214$ ）。以上の結果より、埼玉県内のB類型河川の大腸菌数は、BODの値からおおよその数を推測することが可能であることが示された。AA類型及びA類型の河川では、BODの値は多くの試料で $<0.5\sim 1\text{mg/L}$ の狭い範囲に集中しているが（埼玉県ではBODの定量下限は 0.5mg/L としている）、大腸菌数の値には幅が見られたため、B類型の河川ほどは高い相関関係が得られなかった（図は示していない）。

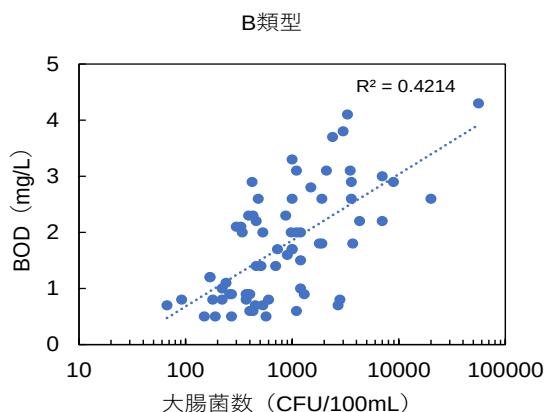


図5 埼玉県内河川（B類型）の大腸菌数とBODの関係

埼玉県公共用水域（河川）の大腸菌数は、AA類型及びA類型で環境基準超過の地点が多いという特徴がある（表1）。詳細調査の結果、そのほとんどの地点で上流域に著しく高い大腸菌数を示すような特定汚染源（事業場など）の存在は確認できず、公共下水道未接

続の地域で流域に民家が多く、築年数の古い家屋も見られるような地点が大部分を占めていた。そのような地点では、大腸菌数は概ね100～1000CFU/100mL前後の値を示すという傾向があった。一回の調査結果ではあるが、特定負荷源の大腸菌数に関する調査結果で述べたとおり、生活排水が主な流入源である水路の大腸菌数は7800CFU/100mLであった。河川に合流して1/10に希釈されると仮定した場合、値は780CFU/100mLとなり、前述のような地点の値に近い。この大腸菌数は、AA類型及びA類型の環境基準値を超過している値である。

埼玉県が公表しているデータ（2022年度）によると、浄化槽法第11条検査の単独処理浄化槽及び合併処理浄化槽の実施率は、秩父市（荒川・親鼻橋や中津川合流点前の流域）はそれぞれ6.0%及び64.4%，飯能市（成木川・成木大橋の流域）は4.3%及び70.1%，本庄市（小山川・新明橋、一の橋及び新元田橋の流域）は4.6%及び25.1%，越生町（越辺川・今川橋及び山吹橋の流域）は5.0%及び25.5%，ときがわ町（都幾川・川北橋の流域）は5.3%及び47.9%，横瀬町（横瀬川・原谷橋の流域）は13.0%及び70.9%，及び小鹿野町（赤平川・赤平川の流域）は4.4%及び75.8%であった。埼玉県では、単独処理浄化槽家屋の浄化槽法第11条検査の実施率が極めて低いという問題がある。また、単独処理浄化槽の放流水や生活雑排水中の大腸菌数は、合併処理浄化槽の放流水よりも多いという報告もある²⁾。

以上のことから、埼玉県内のAA類型及びA類型地点の大腸菌数の環境基準を達成するための対策の一つとして、浄化槽の保守点検、清掃及び法定検査の実施を推進し、処理水に対して適切に塩素剤の添加が行われるように管理を徹底するなど、生活排水処理が重要であると考えられた。

3.4 大腸菌の生育可能温度範囲

大腸菌株は、15～45℃で良好な生育、10℃で生育可能、5℃でわずかに生育すること及び50℃で生育できないことが明らかとなった。埼玉県内の河川環境にあてはめてみると、冬季を除く春季～秋季の水温環境で良好に生育が可能であると推測された。しかし、大腸菌の生育に必要な栄養源が河川水中に十分含まれているかは不明である。

4. まとめ

埼玉県内の公共用水域（河川）で、大腸菌数が環境基準を超過する地点について、その原因を調べた。本調査から得られた要点を以下にまとめる。

- ・埼玉県内の公共用水域（河川）では、特定負荷源（事業場など）の存在が疑われるような著しく高い

大腸菌数を示すような地点はほとんどなかった。

- ・埼玉県内のAA類型及びA類型の環境基準超過の主要な原因の一つとして、浄化槽の維持管理の不備に起因する、塩素剤の添加が不十分な生活排水の、河川への流入が疑われる。
- ・埼玉県内の公共用水域（河川）の大腸菌数の環境基準超過対策として、浄化槽の保守点検、清掃及び法定検査の実施を徹底することによる塩素剤添加の適切な管理が求められる。
- ・図1の小山川・新元田橋のように、年々大腸菌数が増加しているような傾向を示す地点がいくつか見られた。しかし、今のところ原因は不明であり、今後も注視してモニタリングを継続する必要がある。
- ・大腸菌数の環境基準超過原因を調べるための調査では、採水時に環境基準を超過している試料を採取できるかが重要なポイントである。

その他、調査を行う際に参考になるとと思われる情報を以下に記載する。

- ・環境基準を超過している試料を採取するためには、モニタリングデータから大腸菌数の変動パターンをあらかじめ把握し、超過時期を狙って採水することが重要である。
- ・測定した試料が環境基準を超過していた場合には、速やかにその上流域の詳細調査が行えるよう（2～3日以内）、予定を確保しておく必要がある。
- ・採水後、分析室に戻り一人で測定準備をする場合を想定すると（1試料につきn=9[希釈倍率3系列で繰返し数3連の場合]）、4～5試料が無理なく作業を進められる試料数である。

最後に、本調査では大腸菌数の環境基準超過地点の原因究明を目指したが、ここで取扱った大腸菌そのものは、一部の0157などの病原性大腸菌（腸管出血性大腸菌）を除き、人畜無害である。大腸菌は、恒温動物の消化管に生息し糞便中に多量に存在することから、糞便汚染由来で水を介して人間に感染する恐れのある病原微生物（クリプトスポリジウム、ジアルジア、赤痢菌、サルモネラ属細菌及びカンピロバクター属細菌など）のリスク管理のために、衛生指標菌として公共用水域の水質監視の中で測定を行っているという点を強調したい。

5. 引用文献

- 1) 環境庁告示59号：水質汚濁に係る水質環境基準の見直しについて（概要）
- 2) 一般社団法人埼玉県環境検査研究協会：平成29年度単独処理浄化槽環境影響実態調査業務報告書

< 報 文 >

マイクロ波酸分解法及び ICP-OES を用いた底質の全りん分析*

平川 周作**・松木 昌也**

キーワード ①底質 ②全りん ③マイクロ波酸分解 ④ICP-OES

要 旨

底質の全りん分析は、湿式分解法により有機物分解の前処理を行い、処理後の溶液をモリブデン青吸光度法で測定することが底質調査方法で示されている。しかし、湿式分解法は分解状況に応じて酸を追加し、加熱、濃縮、放冷を繰り返すため処理に係る時間が長く、作業が複雑である。そこで、底質の全りん分析において、マイクロ波酸分解法を用いた前処理方法を検討し、誘導結合プラズマ発光分析法（ICP-OES）の適用による更なる作業の効率化を図った。マイクロ波酸分解法－ICP-OES の分析値は、湿式分解法－モリブデン青吸光度法の分析値に対して、湖沼底質：100－106%、有明海底質：97－106% であり、また、湖底質認証標準物質の参考値とは 97－104% であった。また、湿式分解法－モリブデン青吸光度法で約 2 週間を要していた作業時間は、マイクロ波酸分解法－ICP-OES によって約 2 日間に短縮できた。

1. はじめに

底質調査方法¹⁾ では、全りん分析の前処理方法として硝酸－過塩素酸分解法または硝酸－硫酸分解法が示されている。これらは、酸とホットプレート等を用いた加熱による湿式分解法であるが、試料の分解状況に応じて酸の追加、加熱、濃縮、放冷を繰り返すため前処理に係る時間が長く、分解完了までに行う作業が複雑である。また、有機物が存在する試料において、過塩素酸の使用は爆発の恐れがあることから作業には極めて注意が必要である²⁾。また、底質調査方法¹⁾ における全りんの測定にはモリブデン青吸光度法が用いられているが、前処理後溶液の pH を中性に調整し、発色のためにモリブデン酸アンモニウム－アスコルビン酸混合溶液を調製し添加する必要がある。

一方、谷・木下（2020）による黒ボク土における元素の蓄積量の評価³⁾ や塚本ら（2017）による作物が吸収できる土壌中のりん酸含量の調査⁴⁾ に関する報告では、マイクロ波酸分解法を用いた土壌の分解処理及び誘導結合プラズマ発光分析法（ICP-OES）によるりんの測定が実施されている。de Morais ら（2021）は、堆積物中の全りん分析の一つとして ICP-OES を用いており⁵⁾、アメリカ合衆国環境保護庁が発行している EPA METHOD 6010C⁶⁾ においても ICP-OES によるりんの分析について妥当性が確認されている。また、横山・星野（2023）は、底質を対象としたマイクロ波酸分解法による前処理と全

りんの測定に関する検討において、モリブデン青吸光度法における金属水酸化物の形成による影響と pH 調整の難しさについて言及している⁷⁾。

そこで、底質の全りん分析の有機物分解に係る前処理について、作業時間の短縮及び作業者の安全確保のため、湿式分解法の代替法として加圧酸分解の一つであるマイクロ波酸分解法を用いた前処理方法の適用の可能性を検討した。マイクロ波酸分解法は、試料の分解状況に応じて酸を追加する湿式分解法と異なり、一定量の酸添加のみであるため酸の使用量削減につながることからグリーンケミストリーの観点からも有用である。また、マイクロ波酸分解法で処理した試料の全りん分析には、pH の調整や発色試薬の添加が不要な ICP-OES を適用し、一連の底質の全りん分析に係る作業の更なる効率化を図った。

2. 試料と方法

2.1 検討試料

検討に用いた試料は、2023 年 7 月に福岡県内の湖沼で採取した底質及び 2023 年 9 月に有明海で採取した底質を用いた。試料は 2 mm 目のふるいに通し、3,000 rpm で 20 分間遠心分離した後に上澄み液を除き、十分に混和したものを湿試料とした。湖沼底質の含水率は 54.5%、有明海底質の含水率は 36.1% であった。この 2 種類の試料について、底質調査方法¹⁾ に準拠した湿式分解法－モリブデン青吸光度法及び検討するマイクロ波

*Total phosphorus analysis of sediment using microwave acid decomposition method and ICP-OES

**Shusaku HIRAKAWA, Masaya MATSUKI（福岡県保健環境研究所）Fukuoka Institute of Health and Environmental Sciences

酸分解法—ICP-OES により全りん分析を実施した。また、マイクロ波酸分解法—ICP-OES には、参考値としてりんの質量分率が記載されている湖底質（有害金属分析用）認証標準物質（乾燥試料, CRM7303-a, 国立研究開発法人産業技術総合研究所）（以下、湖底質認証標準物質）も供試した。なお、実験で使用した試薬類のうち注記がないものは富士フイルム和光純薬株式会社製を用いた。

2.2 湿式分解法—モリブデン青吸光光度法による全りん分析

底質調査方法¹⁾ に従い、約 2 g の湿試料について硝酸—硫酸分解法により前処理を実施した。前処理後の溶液は、ろ紙 5 種 B（アドバンテック東洋株式会社）を用いて不純物をろ過し、100 mL に定容したものを試験溶液とした。試験溶液の一部を分取し、水酸化ナトリウム溶液を用いて pH を中性に調整した後、モリブデン酸アンモニウム—アスコルビン酸混合溶液を加え、分光光度計（UV-1280, 株式会社島津製作所）で 880 nm の吸光度を測定した。また、りん標準液（P: 1,000 mg/L）を段階的に希釈し、0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 mg/L のりん濃度と吸光度から検量線を作成した。

2.3 マイクロ波酸分解法—ICP-OES による全りん分析評価方法

マイクロ波酸分解法には、マイクロ波試料前処理装置（ETHOS One, マイルストーンゼネラル株式会社）を用いた。底質調査方法¹⁾における金属の分解操作として示されている圧力容器法（参考法）に準拠し、湿試料の底質は約 0.2 g、乾燥試料の底質は約 0.1 g を分解容器にはかり取り、硝酸 5 mL 及び塩酸 2 mL を添加して酸処理用ドラフトチャンバー内で一晚反応させた後、表 1 の条件で分解を実施した。なお、各試料について操作は 3 連で実施した。分解後に一晚装置内で放冷し、各試料をポリテトラフルオロエチレン（PTFE）製ビーカーに少量の超純水を用いて洗い込み、ホットプレート（150℃）で

乾固直前まで加熱濃縮した。再度放冷した後、硝酸 2 mL 及び超純水 20 mL を加え、ホットプレート（180℃）で 10 分間加熱処理を行い、ろ紙 5 種 B（アドバンテック東洋株式会社）を用いて残渣を除き 100 mL に定容したものを試験溶液とした。

マイクロ波酸分解法で調製した試験溶液の全りんの測定は、5800 ICP-OES（アジレント・テクノロジー株式会社）を用いて実施した。マイクロ波酸分解法で調製・定容した試験溶液を ICP-OES 測定用容器に 10 mL 分取し、10 mg/L（2% 硝酸）に調製した内部標準溶液を 1 mL 加え ICP-OES による測定に用いた。

底質の種類によって含まれる元素は多様であることから、ICP-OES における分光干渉を考慮し、測定に適したりんの波長を検討するために P: 177.434 nm, P: 178.222 nm, P: 213.618 nm, P: 214.914 nm の 4 波長を測定した。また、内部標準物質についてもイットリウム Y: 371.029 nm, ロジウム Rh（Merck KGaA）: 343.488 nm, レニウム Re（Merck KGaA）: 221.427 nm の 3 元素を候補として測定した。なお、他の元素による分光干渉を極力除くため、カリウム塩ではないりん標準液 [H₃PO₄ in water, PO₄³⁻（P として）1,000 mg/L] を使用し、段階的に希釈した 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1, 5 mg/L の濃度の標準溶液を用いて検量線を作成した。

2.4 評価方法

マイクロ波酸分解法—ICP-OES による全りん分析の安定性を確認するため、湖沼底質、有明海底質、湖底質認証標準物質の各試料について 3 連で実施した分析値から変動係数（CV）を算出し、ばらつきを評価した。また、底質調査方法¹⁾に従い湿式分解—モリブデン青吸光光度法により分析した全りんの値及び湖底質認証標準物質に記載されているりんの値に対して、マイクロ波酸分解法—ICP-OES による全りん分析の値の割合を算出し、回収率として評価した。

3. 結果及び考察

3.1 湿式分解法—モリブデン青吸光光度法による底質中の全りん分析

湖沼底質及び有明海底質の試料について、湿式分解法を用いて試料中の有機物の分解処理を実施した。ホットプレート上で試料を加熱（130℃）し、有機物の分解状況を確認しながら硝酸を随時追加して処理を実施した。有機物量が多い試料であったことから、湿式分解法による処理は、試料のはかり取りから分解後のろ過及び定容までを含めて完了までに約 2 週間ほどを要した。

湖沼底質と有明海底質の 2 試料の全りんをモリブデン青吸光光度法で測定する場合、定容後の試験溶液の分

表1 マイクロ波試料前処理装置の分解条件

時間 (分)	出力 (W)	T1 (°C)	T2 (°C)
1:00	1000	50	115
1:00	0	30	115
20:00	1000	210	115
10:00	1000	210	115

T1 内部温度センサーによる溶液温度

T2 赤外線外部温度センサーによる容器表面温度

取と水酸化ナトリウム溶液による pH の調整に約 20 分間、検量線用標準溶液の調製及び発色試薬の調製に約 30 分間、測定試料への発色試薬の添加及び定容から発色反応時間を経過した後に吸光光度法を用いた分析までに約 40 分間を要した。上記から、定容した試験溶液の分取から分析終了までに約 90 分間、また、測定した吸光度から全りん濃度を計算する処理に約 10 分間を要し、前処理した試料の全りん測定には合計で約 100 分間を要した。湿式分解法ーモリブデン青吸光光度法による底質中の全りん分析結果は、湖沼底質：1.11 mg/g dry wt、有明海底質：0.620 mg/g dry wt であった（表 2）。

3.2 ICP-OESによるりん分析条件の検討

ICP-OES を用いたりんの測定条件を検討するため、まず P: 177.434 nm, P: 178.222 nm, P: 213.618 nm, P: 214.914 nm における検量線の最低濃度 0.05 mg/L のスペクトルを確認した（図 1）。バックグラウンド補正後の発光強度は、高い順に P: 213.618 nm, P: 177.434 nm, P: 178.222 nm, P: 214.914 nm であった。また、P: 214.914 nm は分光干渉がみられ、ピークの形状が他の波長と比べて悪かった。ICP-OES によるりんの測定では、銅（Cu）による分光干渉が報告されている⁸⁾。今回の検討においてもピーク高さは極めて低いものの P: 177.434 nm 近傍には Cu: 177.427 nm, P: 213.618 nm 近傍には Cu: 213.597 nm と考えられるピークが確認され、P: 214.914 nm の近傍に確認されたピークは低濃度の銅（Cu: 214.898 nm）によるものと考えられた。

そこで、銅濃度（0.0231 mg/g dry wt）が明らかな湖底質認証標準物質を分析したりんの各波長の波形を確認したところ、P: 213.618 nm 近傍に Cu: 213.597 nm のピークが認められた（図 2）。しかし、P: 177.434 nm 近傍の Cu: 177.427 nm や P: 214.914 nm 近傍の Cu: 214.898 nm の明確なピークは認められなかった。湖底質認証標準物質のりん濃度は 0.390 mg/g dry wt であり、

銅濃度 0.0231 mg/g dry wt の約 17 倍であったことから、銅はりんのピークに紛れて確認できなかったと推測される。湖底質認証標準物質では顕著な影響は認められなかったものの、高濃度の銅を含む底質を測定する場合は P: 177.434 nm, P: 213.618 nm, P: 214.914 nm を使用したりんの値に注意が必要と考えられる。EPA METHOD 6010C⁶⁾ では、ICP-OES を用いたりん分析の推奨波長として P: 213.618 nm が示されているが、分光干渉を考慮すると底質中のりんの分析には P: 178.222 nm が適していると考えられ、銅による分光干渉に関しては同様の指摘も報告されている⁸⁾。様々な環境から採取した底質の分析にあたっては、底質の種類によって含まれる元素は多様であることから、分光干渉を考慮して他の波長も同時測定しておくことが望ましいといえる。なお、P: 177.434 nm の -0.020 nm 側にみられるピークは、内部標準物質として添加しているイットリウムの Y: 177.414 nm と考えられた。

また、内部標準物質の検討のため、湖底質認証標準物質測定時における Y: 371.029 nm, Rh: 343.488 nm, Re: 221.427 nm の波形を確認したところ、Re: 221.427 nm は他の 2 種類に比べて幅の広いピーク形状となっていた（図 3）。しかし、ICP-OES の連続測定において、最初に測定した溶液の発光強度に対する全ての測定試料の発光強度の比を算出した結果、イットリウムは 0.936－1.02, ロジウムは 0.973－1.06, レニウムは 0.938－1.04 であった。このように、測定した試料の間で値が安定していたことから、本研究で検討した 3 種類の元素のうちどれを使用しても内部標準物質として問題ないと考えられた。しかし、様々な環境から採取した底質を分析する場合、底質の種類によって含まれる元素は多様であることから、内部標準物質として設定した元素が含まれる可能性もある。そのため、ICP-OES による分析では上記 3 種類の元素を混合した内部標準溶液を用いることで幅広い試料に対応可能と考えられる。

表2 湿式分解法ーモリブデン青吸光光度法及びマイクロ波酸分解法ーICP-OESによる底質中全りん測定結果

試料	湿式分解	ICP-OES	内部標準物質：Y			内部標準物質：Rh			内部標準物質：Re		
	分析値または参考値 (mg/g dry wt)	測定波長 (nm)	平均 (mg/g dry wt)	CV (%)	回収率 (%)	平均 (mg/g dry wt)	CV (%)	回収率 (%)	平均 (mg/g dry wt)	CV (%)	回収率 (%)
湖沼底質	1.11	P (177.434)	1.17	6.5	105	1.13	6.2	102	1.17	6.4	105
		P (178.222)	1.17	6.4	105	1.13	6.2	102	1.17	6.4	105
		P (213.618)	1.15	6.1	104	1.11	5.8	100	1.15	6.0	104
		P (214.914)	1.17	5.6	106	1.13	5.3	102	1.17	5.6	106
有明海底質	0.620	P (177.434)	0.652	7.1	105	0.620	6.9	100	0.654	7.3	106
		P (178.222)	0.647	7.7	104	0.615	7.5	99	0.650	7.9	105
		P (213.618)	0.635	6.7	103	0.604	6.5	97	0.638	6.9	103
		P (214.914)	0.645	7.4	104	0.613	7.2	99	0.647	7.5	104
湖底質 認証標準物質	0.390 (りんは参考値)	P (177.434)	0.405	2.5	104	0.394	2.9	101	0.406	2.0	104
		P (178.222)	0.399	4.3	102	0.389	4.8	100	0.400	3.7	103
		P (213.618)	0.387	2.9	99	0.377	3.4	97	0.388	2.4	99
		P (214.914)	0.402	3.8	103	0.391	4.4	100	0.403	3.2	103

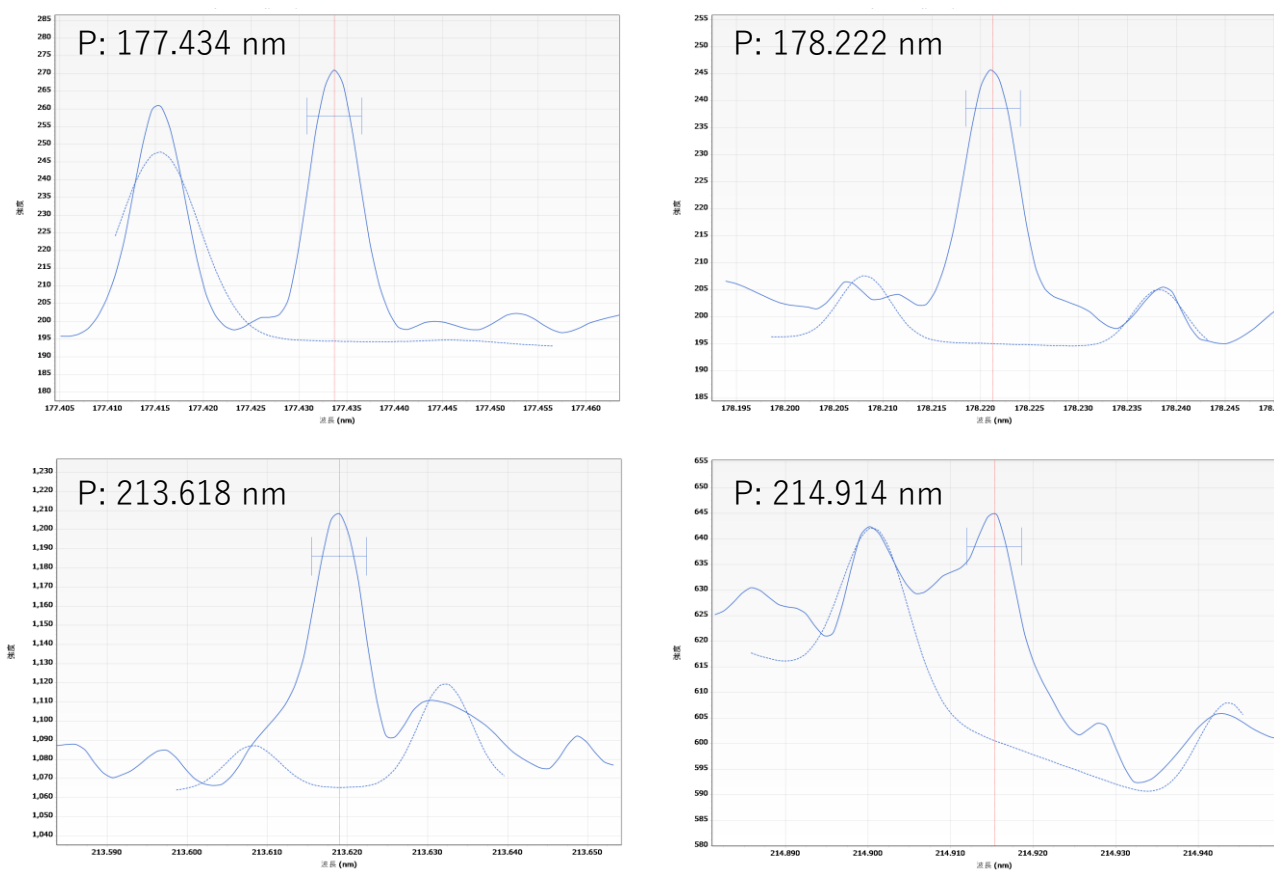


図1 ICP-OES を用いたりん測定波長のスペクトル (P: 0.05 mg/L)

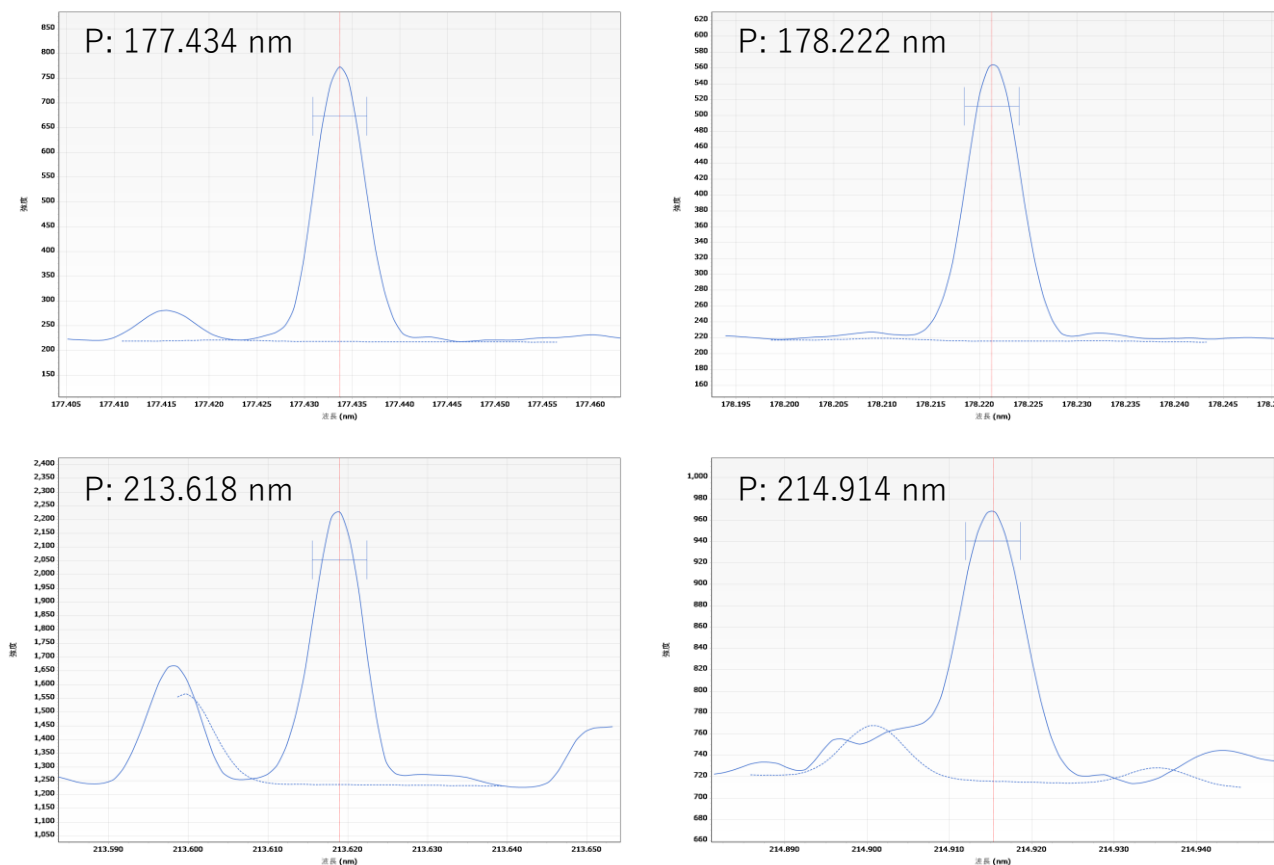


図2 ICP-OES を用いた湖底質認証標準物質におけるりん測定波長のスペクトル

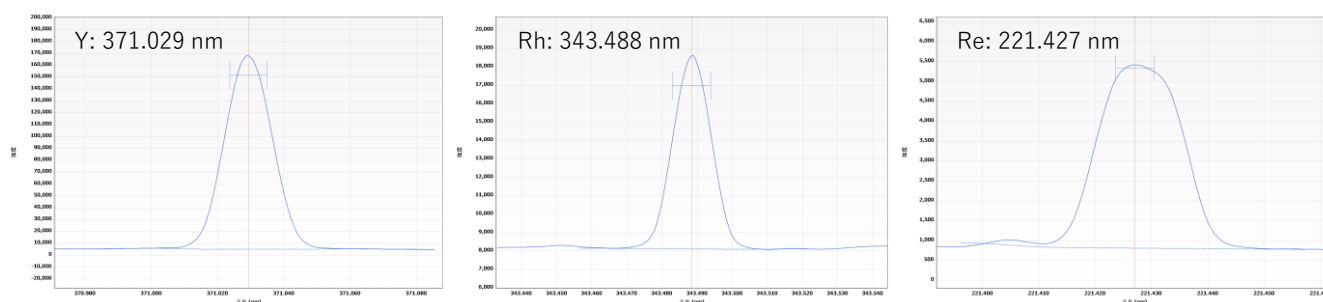


図3 ICP-OES を用いたイットリウム，ロジウム，レニウム測定波長のスペクトル

3.3 マイクロ波酸分解法—ICP-OES による底質中の全りん分析の評価

マイクロ波酸分解法—ICP-OES を用いた湖沼底質，有明海底質，湖底質認証標準物質の全りん分析について，前処理操作から 3 連で実施した各試料の CV (%) を算出した。その結果，全ての試料でいずれのりんの測定波長及びいずれの内部標準物質を使用した場合でも CV は 10% 未満 (2.0—7.9%) となり，ばらつきの少ない安定した分析方法であることが示された (表 2)。

次に，湿式分解—モリブデン青吸光度法で分析した全りんの値 (湖沼底質: 1.11 mg/g dry wt, 有明海底質: 0.620 mg/g dry wt) 及び湖底質認証標準物質のりんの値 (0.390 mg/g dry wt) に対し，マイクロ波酸分解法—ICP-OES で分析した値を回収率として算出した。りんの 4 種類の測定波長及び 3 種類の内部標準物質を用いた 12 パターンの分析値をまとめた結果，湖沼底質は 100—106%，有明海底質は 97—106%，湖底質認証標準物質は 97—104% の回収率となった (表 2)。比較した値と最大で 6% の違いがあったものの，これは JIS K0102: 2019⁹⁾ に示されている ICP-OES を用いた金属分析の繰り返し精度 (2.0—10%) の範囲に含まれる差であった。また，横山・星野 (2023)⁷⁾ も湖底質認証標準物質を対象に硝酸及び過酸化水素水を用いたマイクロ波酸分解を行った試験溶液について，モリブデン青吸光度法と ICP-OES による分析を実施し，回収率 80% 以上になることを報告している。分解に使用する酸の組み合わせによる効果は検証できていないが，本検討で実施した硝酸及び塩酸を用いたマイクロ波酸分解法—ICP-OES は，ばらつきも少なく，湿式分解法—モリブデン青吸光度法と同等の全りん分析が可能な方法であることが示唆された。

一連の分析に係る作業時間について，湿式分解法—モリブデン青吸光度法と比較するため，2 試料を処理する場合のマイクロ波酸分解法—ICP-OES の作業時間を計算した。マイクロ波酸分解法では，まず分解用の容器に試料をはかり取り，硝酸及び塩酸を添加して酸処理用ドラフトチャンバー内で一晚反応させる。マイクロ波試料前処理装置で分解処理を実施した後，作業者の安全を考

慮し，放冷のために一晚静置する。放冷後の加熱濃縮及び硝酸添加後の再加熱に約 2.5 時間，ろ過と定容に約 30 分間を要して ICP-OES に供試する試料を調製する。ここまでの作業時間は，試料のはかり取りの開始時間に関わらず，硝酸及び塩酸添加後に一晚の反応とマイクロ波試料前処理後に一晚の放冷の工程があるため，最短で 2 日後に 3 時間を要して完了する計算となる。

ICP-OES を用いた全りんの測定には，内部標準溶液の調製及び検量線用標準溶液の調製に約 30 分間，定容した 2 試料の試験溶液の分取と内部標準溶液の添加による測定試料の準備に約 10 分間，ICP-OES の装置作動に係る安定時間を含め標準溶液及び測定試料の分析時間は約 60 分間で完了する計算となる。以上より，定容した試験溶液の分取から ICP-OES による全りんの分析値の取得までに係る作業時間は，湿式分解法—モリブデン青吸光度法と同程度の約 100 分間と算出された。しかし，マイクロ波酸分解法後の試験溶液は硝酸酸性であることから，ICP-OES では分析前に試験溶液の pH 調整が不要であること，また，ICP-OES の作動中に作業者の手を動かす工程は無いことから，湿式分解法—モリブデン青吸光度法に比べて複雑な作業は低減される。

4. まとめ

底質の全りん分析における有機物分解の前処理において，作業時間の短縮と作業者の安全確保のため，湿式分解法—モリブデン青吸光度法の代替法としてマイクロ波酸分解法—ICP-OES を検討した。その結果，マイクロ波酸分解法—ICP-OES による全りん分析はばらつきが少なく (CV: 2.0—7.9%)，また，湿式分解法—モリブデン青吸光度法による分析値及び湖底質認証標準物質の参考値と比較して 97—106% の回収率となった。分光干渉を考慮すると測定波長は P: 178.222 nm が適していると考えられるが，底質の種類によって含まれる元素は多様であることから，他の波長も同時測定して確認することが望ましい。また，内部標準物質は Y: 371.029 nm, Rh: 343.488 nm, Re: 221.427 nm のいずれでも問題ないが，3 種類の混合溶液を使用することで幅広い試料への

対応が可能と考えられた。

全りん分析に係る前処理の作業開始から分析値を取得するまでの時間は、湿式分解法－モリブデン青吸光光度法では約 2 週間を要したのに対し、マイクロ波酸分解法－ICP-OES では約 2 日間で完了することが可能であった。また、湿式分解法－モリブデン青吸光光度法は有機物の分解を確認しながら硝酸を随時追加する必要があるのに対してマイクロ波酸分解法－ICP-OES では一定量の酸の添加で済むこと、湿式分解法－モリブデン青吸光光度法は分析前に試験溶液の pH 調整や発色試薬の調製が必要であるのに対してマイクロ波酸分解法－ICP-OES では分解・定容後の試験溶液をそのまま測定できるなど、マイクロ波酸分解法－ICP-OES による全りん分析は作業者の安全面や作業工程面でも有効な代替法と考えられる。

5. 引用文献

- 1) 環境省水・大気環境局：底質調査方法, https://www.env.go.jp/water/teishitsu-chousa/00_full.pdf (2024. 7. 19 アクセス)
- 2) 小熊 幸一：無機分析における前処理. ぶんせき, **1**, 2-8, 2007
- 3) 谷 昌幸, 木下 林太郎：十勝地域の普通畑黒ボク土における元素の蓄積量と消耗量の評価. 日本土壤肥料学雑誌, **91**, 137-146, 2020
- 4) 塚本 崇志, 岩佐 博邦, 八槇 敦：リン酸が蓄積した褐色低地土におけるトマト連作時のリン酸減肥による生育収量及び土壌の可給態リン酸含量の変化. 千葉県農業総合研究センター研究報告, **9**, 1-9, 2017
- 5) Pereira de Moraes C., Nicolodelli G., Corso Mitsuyuki M., Gaios da Silva K. S., Mauad F. F., Mounier S., Marcondes Bastos Pereira Milori D.: Total phosphorus determination in eutrophic tropical river sediments by laser-induced breakdown spectroscopy techniques. *Analytical methods : advancing methods and applications*, **13**, 77-83, 2021
- 6) U. S. Environmental Protection Agency: EPA METHOD 6010C, <https://19january2017snapshot.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/epa-6010c.pdf> (2024. 7. 19 アクセス)
- 7) 横山 智子, 星野 武司：底質及び土壌における全りん分析について. 千葉県環境研究センター年報, **21**, 68-70, 2023
- 8) PerkinElmer Japan: 分光干渉特集 1 リン (P) に対する銅 (Cu) の分光干渉を例に, <https://www.perkinelmer.co.jp/tabid/2627/Default.aspx> (2024. 7. 19 アクセス)
- 9) 一般財団法人日本規格協会：JIS K 0102 : 2019 工場排水試験方法, 一般財団法人日本規格協会, 東京, 2019

＜報 文＞

青森県十二湖青池と隣接湖沼の水質比較*

花石 竜治**・菩提寺 誉子***

キーワード ①十二湖 ②青池 ③イオン組成 ④植物プランクトン ⑤呈色機構

要 旨

青森県十二湖青池の青色呈色機構について解明するため、北側にある青色呈色しない鶏頭場ノ池（けとばのいけ）との水質を比較することとし、2023年4月から10月にかけて毎月調査を行った。その結果、硝酸イオンなどを除く主要無機イオンの組成比は、地点差および季節変動がほとんどなかったが、比較した鶏頭場ノ池では、pHおよび溶存酸素飽和率が高く、植物プランクトンによる光合成が活発であることが示唆された。両者の水質の比較から、青池では水質への植物プランクトンの影響は小さいと考えられ、このことが青色呈色の一因であると結論づけた。

1. はじめに

湖沼や海域の呈色は、単に水辺の風景としてではなく、水質を反映する指標でもあり環境保全の観点からも重要である。現代ではリモートセンシングにより、上空から撮影した画像から水質や生態系が議論されている¹⁾。

これらの呈色のうち、青色は最も基本的な水体(water body)の色である。国内の青色湖沼としては、北海道上川郡美瑛町の白金青い池や福島県五色沼湖沼群^{2),3)}などがある。青森県にも十二湖青池があり、特に新緑の時期には鮮やかな青色を呈することで知られている(図1)。

さて、水体の呈色は一般的には水質中の着色性溶質や懸濁物質が原因と考えられるが、これらが希薄な場合には水分子が赤色光を吸収し、かつ青色光を強調して散乱することにより青色を示す⁴⁾。この一例と推定されているのが青池であり、光物理モデルによる研究⁵⁾⁻⁸⁾により、その青色は、上記の水の性質に起因すると推定されている。

前述のとおり、呈色は水質の反映であるが、青池の水質については単発的に調査されたものがほとんどである⁹⁾⁻¹²⁾。湖沼の水質は、流入河川、降水、湖水の循環および生態系と関係することから、呈色との関連を論じるためには継続的な調査が必要である。

本稿では、青池の呈色機構に関係する水質要因を把握することを目的として、青池および比較対象としてその隣接湖沼であり青色を呈さない鶏頭場ノ池（けとばのいけ、図2）の水質を2023年4月から10月にかけて毎月調査した結果を報告する。



図1 青池（2022年6月8日12:11撮影）



図2 鶏頭場ノ池（2022年6月8日11:40撮影）

2. 調査対象

青池(図1)は青森・秋田両県に跨る世界自然遺産白神山地山麓にある十二湖(図3)の一つであり、津軽国定公園内にあって、青森県西津軽郡深浦町に属する。十二湖は、江戸時代の地震に伴う地滑りにより形成されたと考えられており¹³⁾、大小 33 の湖沼からなる。青池は、この中の越口ノ池(こしぐちのいけ)湖群の最上位にあり、湖面は海拔 240 m である。青池の湖周囲は 125 m、最大

* Comparison of water quality of Aoi-ike Pond and of its adjacent Ketobano-ike Pond in Juni-ko Lakes, Aomori Prefecture

** Ryuji HANAISHI (青森県東青地域県民局環境管理部) Tosei Regional Administration Bureau, Aomori Pref.

*** Motoko BODAJI (青森県環境保全課) Environmental Conservation Division, Aomori Pref.

水深は 8.8 m で、透明度は全透とされている^{14), 15)}。青池には流出入河川はなく、その湖水は専ら地下水により涵養されていると推定されている。Hanaishi ほかは、その湖水の滞留時間を14日と推定した⁸⁾。水温は年間で10℃前後であり¹⁶⁾、冬季に結氷しない。湖水はこの北に隣接する鶏頭場ノ池に伏流すると考えられている。

鶏頭場ノ池(図2)は、透明度 5.0 m であるが青色を呈しない。その湖水は青池からの伏流水および流入河川由来とされており、冬季に結氷する^{13), 17)}。

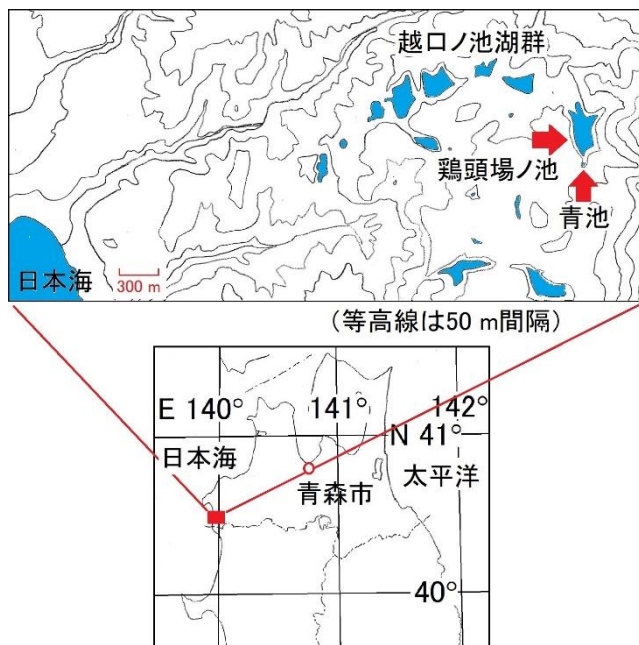


図3 十二湖青池および鶏頭場ノ池の位置図

3. 材料および方法

3.1 試料採取

湖水試料は、表層水を湖岸からバケツを垂下して採取した。採取地点の湖岸は、青池では N 40°33'38.1", E 139°59'5.2", 鶏頭場ノ池では N 40°33'39.5", E 139°59'4.0" であった。試料採取は、2023年4月から10月まで月1回の頻度で、4月17日、5月16日、6月14日、7月25日、8月15日、9月7日および10月12日に行った。

3.2 分析方法

調査項目は、水温、透視度、溶存酸素、pH、電気伝導度 EC、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 NH_4^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} およびアルカリ度とした。

現地で水温、透視度を測定し、溶存酸素を堀場製作所製 WQ-310J を用いて光学式センサ法で定量した。

pH は堀場製作所製 F-53 で(以下、標準品を含めて試薬はすべて富士フイルム和光純薬製を用いた。)、EC は同社製 DS-51 で測定した。

無機イオンは、試料を Advantec 製 13HP020CN (ポア

サイズ 0.2 μm PTFEメンブレンフィルタ)でろ過した後、サーモフィッシャー製 ICS-1600 により絶対検量線法で定量した。

アルカリ度は JIS K0102-1 15.2.2 により、pH 4.8 までの酸消費量を 0.1 mol/L 塩酸で滴定して測定した。なお、水質の液性が中性の場合、アルカリ度として求めた水素イオンモル濃度が炭酸水素イオンモル濃度に等しいことが知られている¹⁸⁾。

4. 結果および考察

4.1 無機イオン成分

青池および鶏頭場ノ池湖水の無機イオン成分組成のうち、 NO_3^- 以外は、定量したイオンの範囲でほとんど変動しなかった。なお、 NH_4^+ は低濃度であったため、本稿では考察を省略した。図4に、イオン組成比をトリリニアダイアグラムにプロットした。両調査地点の水質はアルカリ土類炭酸塩型であり、既報と同じ見解が得られた¹⁹⁾。また、これらの組成比は、対馬ほか(1995)の報告値¹⁰⁾とほぼ同じであった。

図5に示すように、 NO_3^- 濃度は、青池では季節変動が小さかったが、鶏頭場ノ池では明瞭な季節変動がみられた。青池湖水の NO_3^- は、鶏頭場ノ池湖水に比べて高濃度で、硝酸態窒素 NO_3^- -N 濃度に換算すると約 0.4 mg/L であり、中栄養湖の水準であった。一方、鶏頭場ノ池湖水については、夏から秋にかけて低濃度化した。青森県内の例では、十和田湖において硝酸性窒素が春の循環期に全層で一定濃度になり、季節が経過し秋までに浅い層で低濃度化する現象が報告されている²⁰⁾。これは植物プランクトンにより生物の利用可能な NO_3^- が吸収されるためと考えられており、十二湖鶏頭場ノ池でも同じような原因が推定された。

次に、測定した無機イオン成分でイオン組成が説明できるかを検証した。その方法は二つあり、電荷均衡の見地から陽イオンと陰イオンの等量濃度を比較する方法、および EC が測定したイオンで再現できるかを検討する方法である²¹⁾。前者についてイオンバランスのずれは絶対値で 6 %未満であり、この手引書²¹⁾の基準以内であった。

後者について、EC は青池で160~210 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、鶏頭場ノ池で150~180 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の範囲であり、その再現のため各イオンのモル濃度に極限モル伝導度を乗じて和を取った場合、実測値と再現値の差は 10 % を超えたことがあった。これはイオン強度が高いために希薄溶液の近似が成り立たないからと考えられ、例えば Onsager の式でイオン強度補正を行う²²⁾と、EC の実測値と再現値の差は最大で 7 %未満となり、EC がほぼ完全に再現された。以上から、青池および鶏頭場ノ池の湖水中のイオンは本研究

の調査範囲で十分に把握できたと考えられた。

なお、今回調査したイオンはすべて可視領域で有意に光吸収しないことから、呈色に直接的には影響しないと考えられた。

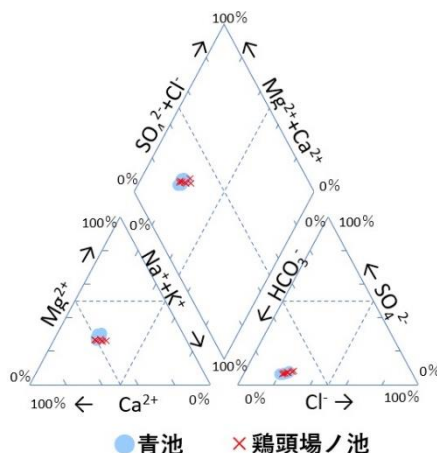


図4 主要無機イオンのトリリニアダイアグラム

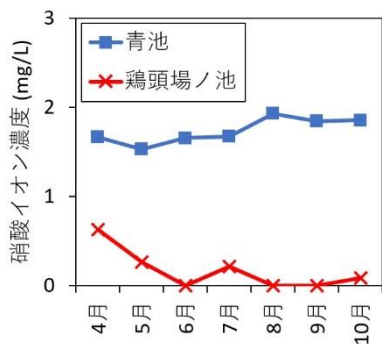


図5 硝酸イオン濃度の季節変動

4.2 pH

図6に pH の季節変動を示す。青池湖水の pH は 7.3～7.6 の範囲で変動し、鶏頭場ノ池湖水の範囲 7.8～8.2 よりも低かった。

前述のとおり、両湖沼では無機イオン組成が NO_3^- 以外はほとんど同一であり、pH に影響を与える要因として、光合成による二酸化炭素の吸収が考えられた²³⁾。すなわち、鶏頭場ノ池では光合成が活発で、二酸化炭素を吸収し、これが関与する化学平衡で水素イオン濃度が減少することが示唆された。一方、青池では光合成が活発に行われず、pH が鶏頭場ノ池に比べて低く保持されたと考えられた。

4.3 溶存酸素

図7に溶存酸素飽和率の季節変動を示す。調査した全期間で、青池では溶存酸素が不飽和(79～87%)、鶏頭場ノ池では過飽和(101～120%)であった。この差の原因は、光合成が活発に行われている鶏頭場ノ池ではその反応に

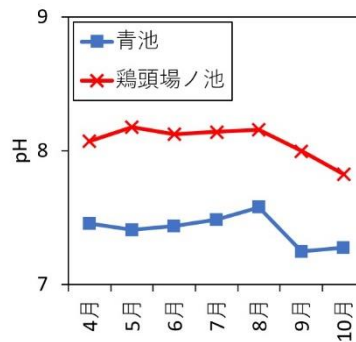


図6 pHの季節変動

より酸素が発生しており、一方、青池では光合成による酸素発生量が少なく、地下水によって涵養された湖水が14日間の滞留時間⁸⁾で入れ替わり、その入れ替わりが大気中の酸素の湖水への溶解速度よりも速いために不飽和になっているからと推定された。

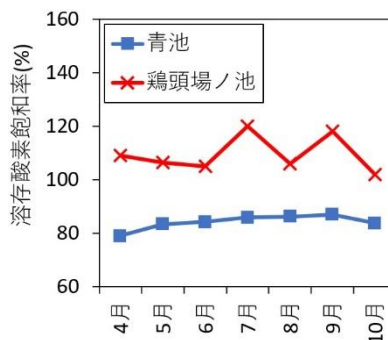


図7 溶存酸素飽和率の季節変動

4.4 植物プランクトンの呈色への影響の考察

ここまで述べてきたとおり、本研究で青池と隣接する鶏頭場ノ池の水質を比較して考察した結果、青色を呈しない鶏頭場ノ池では光合成が活発で植物プランクトンの影響が大きく、一方、青池では影響が小さいと考えられた。

植物プランクトンは、その懸濁態粒子が光散乱する。また、すべての植物プランクトンはクロロフィル-aを含み、この物質は赤色および青色光を吸収し湖水を緑色に呈色させる。これらの二点により、植物プランクトンは呈色に影響しうると考えられる。

ここで、懸濁物質については、花石ほか¹²⁾が青池と鶏頭場ノ池湖水の可視領域の吸収スペクトルを比較している。青池湖水の吸収スペクトルが純水のものと同一と見なせるのに対して、鶏頭場ノ池湖水は短波長側から長波長側までの広い範囲で吸光度があり、これは懸濁物質による光散乱の効果と考えられると報告している。鶏頭場ノ池湖水の懸濁物質の光散乱のうち植物プランクトンの寄与の大きさについては今後検討の余地があるが、その存在は鶏頭場ノ池における光散乱の一因と推定された。

以上のとおり、青色を呈しない鶏頭場ノ池の水質は植物プランクトンによる光合成の作用を反映したものと考えられた。これに対して、青池の水質には植物プランクトンによる影響が小さく、光合成の作用をほとんど受けていないと考えられた。

青池が青色呈色する理由は、湖水中の着色性溶質や懸濁物質が希薄であることにより、水そのものの性質が現れるからと推定されている⁵⁾⁻⁸⁾。本研究により、青池は、水質に対する植物プランクトンの影響が小さく、このことが、これらの物質が希薄となる一因と考えられる。よって、青池において植物プランクトンの影響が小さいことが、その青色呈色機構の一因であると結論づけた。

5. 結論

本研究では、青森県十二湖青池とその隣接湖沼の鶏頭場ノ池の水質に関して、以下の知見が得られた。

- (1) 青池と鶏頭場ノ池の湖水水質は、イオン組成の見地から、 NO_3^- 以外は、地点差および季節変動が小さかった。また、定量したイオンの範囲で、これらの湖水のイオンを把握できた。
- (2) プランクトンの影響を反映すると考えられる NO_3^- 、pH および溶存酸素は、青池と鶏頭場ノ池で大きく異なっていた。青池ではその影響が小さく、鶏頭場ノ池では影響が大きかった。

本研究では、これらの水質の観点から二つの湖沼の違いを検討し、また、植物プランクトンが水質およびその光吸収や散乱に与える影響を考察した。その結果、青池の青色呈色の一因は、植物プランクトンの影響が小さいことであるという結論が得られた。

この見解は、これまで光物理モデルにより行われてきた呈色機構推定に対して、水質の観点から新たに論拠を与えるものと考えられた。

6. 引用文献

- 1) Zhang Y., Giardino C., Li L.: Water Optics and Water Colour Remote Sensing. *Remote Sensing*, **9**, 818-822, 2017
- 2) 高貝慶隆, 阿部遼太: 湖面の青色色彩に関する五色沼と北海道美瑛町青い池の化学的類似性と相違性について, 磐梯朝日遷移プロジェクト成果報告書, 福島大学理工学群共生システム理工学類, 福島, pp. 80-87, 2014
- 3) 高貝慶隆, 遠藤 新, 岡本香奈, 阿部遼太: 五色沼湖沼群の青色要因の調査を目的とする日本各地の青色湖沼との共通点と相違点, 磐梯朝日遷移プロジェクト成果報告書, pp. 155-162, 福島大学理工学群共生システム理工学類, 福島, 2015

- 4) Kirk J.T.O.: Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems. 3rd ed., pp.61-65, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2010
- 5) 花石竜治, 大坂直人, 知北和久: 青森県・青池の呈色に関する研究: 画像解析とモニタリング. 陸水物理学会誌, **1**, 3-23, 2019
- 6) 花石竜治, 大坂直人, 知北和久: 青森県・青池の呈色に関する研究: モデルの精緻化. 陸水物理学会誌, **2**, 25-45, 2020
- 7) Hanaishi R., Chikita K.A.: A Study on the Blue Coloration of Ao-ike Pond, Aomori Prefecture, Japan: Formulation of a Physical Model in Terms of Radiance and Image Analyses. *Applied Sciences*, **11**, 9231, 2021
- 8) Hanaishi R., Chikita K.A.: A study on the coloration mechanism of Ao-ike Pond, Aomori Prefecture, Japan: refinement of the image analysis methods. *Limnology*, **25**, 125-142, 2024
- 9) 松谷善三, 小久保清治: 津軽十二湖越口ノ池湖群湖水の溶存化学成分. 日本水産学会誌, **11**, 5-15, 1942
- 10) 對馬康夫, 日野修次, 大高明史, 齋藤捷一: 津軽十二湖湖沼群の水質化学特性. 陸水学雑誌, **56**, 9-18, 1995
- 11) 花石竜治, 工藤志保, 野澤直史, 佐藤裕久: 十二湖青池の呈色機構に関する研究 (第一報). 青森県環境保健センター研究報告, **27**, 36-52, 2016
- 12) 花石竜治, 大坂直人, 柴田めぐみ, 野澤直史, 佐藤裕久: 十二湖青池の呈色機構に関する研究 (第三報): 光測定結果の解析について. 青森県環境保健センター年報, **28**, 56-62, 2017
- 13) 鄒 青穎, 山邊康晴, 檜垣大助, 笹川考義, 桐生朋, 沼田修平, 古川日咲子, 小田桐 (白石) 睦弥: 高密度電気探査を用いた津軽十二湖成因の検証: 青池付近を例として. 日本地すべり学会誌, **58**, 109-117, 2021
- 14) 吉村信吉, 木場一夫, 尾原信彦, 長津一郎: 津軽十二湖の湖盆形態 (上) 津軽十二湖研究 (1). 地理学評論, **10**, 968-989, 1934
- 15) 三上 一, 石塚伸一, 佐藤真理子, 今 俊夫, 野呂幸男, 對馬和浩, 阪崎俊璽, 早狩敏男, 小山田久美子, 高柳和弘, 澤山修悦, 奈良忠明: 青森県の湖沼 (I). 青森県環境保健センター研究報告, **3**, 50-59, 1992
- 16) 大高明史, 高橋友宏: 津軽十二湖湖沼群・越口ノ池水系の水温環境と河川底生動物の流程分布. 弘前大学深浦臨海実習所報告, **16**, 21-47, 1999
- 17) 吉村信吉, 木場一夫, 尾原信彦, 長津一郎: 津軽十二湖の湖盆形態 (下) 津軽十二湖研究 (1). 地理学評論, **10**, 1091-1115, 1934

- 18) 日本産業標準調査会 審議：JIS K 0102-1 工業用水・工場排水試験方法—第1部：一般理化学試験方法，日本規格協会，東京，p. 33，2021
- 19) 網田和宏，住吉英治，高松信樹：津軽十二湖湖沼群の水質生成機構に関する研究，日本陸水学会第73回大会 札幌大会要旨集，p. 074，2008
- 20) 花石竜治，渡部陽一，今 武純：十和田湖定点における水深8層の硝酸性窒素の挙動．青森県環境保健センター研究報告，**18**，18-21，2007
- 21) 環境省地球環境局：陸水モニタリング手引書，初版，(財)日本環境衛生センター 酸性雨研究センター，東京，p. 81，2005
- 22) 釜田淳平，穴澤活郎，坂元隼雄，富安卓滋：イオン強度補正を施した電気伝導度に基づく陸水分析値の評価法．分析化学，**55**，815-819，2006
- 23) 庄司博光，野呂幸男，小山田久美子，野田正志，山崎喜三郎，早狩敏男：新井田川上流部における高pH現象．青森県公害センター所報，**7**，105-107，1985

＜報 文＞

伊勢湾及び三河湾における水質環境の変動について*

—COD、TOCの推移及びその関係性—

梶田 奈穂子**・内藤 宏孝**

キーワード ①COD ②TOC ③閉鎖性海域 ④乖離 ⑤季節変動

要 旨

伊勢湾・三河湾において、海域へ流入する汚濁負荷量は減少しているものの、化学的酸素要求量（COD）の濃度推移は横ばいであり、その要因を調査するため、1995年度から2018年度までの広域総合水質調査結果を用いて、伊勢湾・三河湾における有機物濃度の変動やCODと全有機炭素量（TOC）の関係を解析した。その結果、伊勢湾・三河湾の表層水のCODとTOCの経年変化の傾向は、CODがTOCに対して増加傾向となっており、CODとTOCに乖離が生じていることが確認された。この乖離の程度は、伊勢湾よりも三河湾で顕著であった。季節別にCOD/TOC比の経年変化を確認したところ、秋季に特徴的に増加していた。また、三河湾内6地点での毎月の調査結果から、対流期（10月～3月）のCOD/TOC比と塩分が逆相関を示していたことが確認され、秋季のCOD/TOC比の経年的な増加に、陸域からの影響が関連している可能性が示唆された。

CODは、測定法上、有機物の全量を把握することはできず、過マンガン酸カリウムに酸化されやすい物質を多く含む試水で高めの値となる。このため、CODとTOCの乖離現象は、過マンガン酸カリウムに酸化されやすい有機物が相対的に増加し、有機物が質的に変化していることが要因ではないかと推測された。

1. はじめに

閉鎖性海域である伊勢湾・三河湾においては、これまでの陸水対策により海域へ流入する汚濁負荷は減少しており、その結果、全窒素（TN）及び全りん（TP）濃度の長期的推移は減少傾向にある。一方で、有機物指標である化学的酸素要求量（COD）については、汚濁負荷量が減少しているにもかかわらず、その濃度の推移は横ばいであり、三河湾におけるA及びB類型においては、近年、環境基準未達成の状況が続いている¹⁾。東京湾・大阪湾においても同様な傾向²⁾となっており、閉鎖性海域においてCOD対策は大きな課題となっている。

こうした状況の要因を解明するためには、有機物濃度の経年変動、季節別変動や、CODと他の水質項目がどのように関連しているのかなど、様々な面から解析を行う必要があると考えられる。また、CODの測定方法である硫酸酸性下での過マンガン酸カリウム（COD_{Mn}）法では、有機物の全量を把握することはできず、有機物の種類によって酸分解率が異なり³⁻⁴⁾、酸化されやすい物質を多く含む試水で高めの値になり、また硫化物などの還元性物質の存在によりCODの値が過大となる。このため、こうした影

響を踏まえてCODを評価する必要がある。有機物指標として水道法では、有機物の全量を精度良く把握できる全有機炭素量（TOC）が水質基準項目として採用⁵⁾されており、このTOCと比較することで、CODの測定法上の問題点を踏まえた評価が可能である。しかしながら、TOCは公共用水域調査の測定項目ではないため、環境基準点における測定結果が無い状況である。広域総合水質調査ではCODとTOCの両方が測定されているが、試料採取頻度は年に4回であり、採取層は表層と底層のみであることから月ごとの値の推移や有機物濃度の垂直分布の把握は難しい。加えて、近年では多くの海域や湖沼でCODとTOCの関係が変化してきていることが報告されている⁶⁻⁷⁾。

このため、本研究では伊勢湾・三河湾における有機物濃度の経年変動や季節別変動、CODとTOCの関係の把握を目的として広域総合水質調査結果を用いたデータ解析を行うとともに、三河湾内の6つの環境基準点において、月ごとのTOC及び溶存態有機炭素（DOC）を測定し、地点別・採取層別の特徴の把握と他の水質項目との関連について解析したので報告する。

*Research on variation in water quality environment in Ise Bay and Mikawa Bay

**Nahoko KAJITA, Hiroataka NAITOU（愛知県環境調査センター）Aichi Environmental Research Center

2. 方法

2.1 広域総合水質調査結果の解析方法

データ解析には1995年度から2018年度までの広域総合水質調査結果⁸⁾を用いた。対象データは図1に示す33地点×4回/年×24年の表層の測定値である約3000データである。測定値が定量下限値未満の場合は定量下限値として記載されている値とした。懸濁態CODはCODからろ過DOCを減じた値とした。有機態窒素 (Org. N) は全窒素 (TN) から溶存無機窒素 (NH₄-N+N₂O-N+N₃-N) を減じた値とし、有機物のC/N比はTOC:Org. Nモル比とした。Org. Nの計算値が0以下となった場合は解析対象から除いた。年平均値は年に4回の測定を行っている場合のみ計算し、年に3回以下の測定であった場合は解析対象から除いた。季節別の解析は試料採取月が5・6月のデータを春季、7・8月を夏季、10・11月を秋季、1・2月を冬季とした。時系列データの解析はEXCELのデータ解析ツール(回帰分析)で、年度を説明変数、各水質項目の測定値を目的変数として回帰分析⁹⁾を行った。

2.2 TOC及びDOCの測定方法

TOC及びDOCの試料採取は2022年9月から2023年8月までの間、毎月行われる公共用水域調査に併せて三河湾内の6

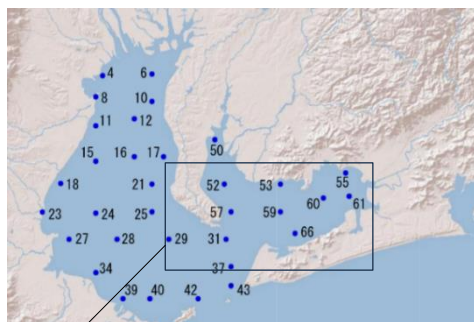


図1 データ解析対象地点



図2 TOC及びDOCの試料採取地点

表1 TOC及びDOCの試料採取層

	水深(m)	採取層※
衣浦湾		
K-4	13.6	表層, 中層
K-5	16.0	表層, 中層, 底層
渥美湾		
A-5	11.1	表層, 中層, 底層
A-6	6.1	表層, 中層
A-7	14.0	表層, 中層
A-8	18.2	表層, 中層, 底層

※採取水深は、表層が海面下0.5m、中層が海面下5m、底層が原則として底上0.5mである。

つの環境基準点で行った。測定地点及び採取層を図2及び表1に示す。試料は採取後、そのまま冷凍保存し、一部はDOC測定用に450℃で2時間加熱して有機物を除去したガラス繊維ろ紙 (Whatman GF/C) でろ過した試水を冷凍保存し、分析前に解凍した。TOC測定にはTOC計 (Shimadzu TOC-L) を用いた。懸濁態有機炭素 (POC) はTOCからDOCを減じた値とした。

3. 結果及び考察

3.1 表層水の水質のデータ解析

3.1.1 COD、TOC等の水質項目の経年変化

広域総合水質調査の表層水のCOD及びTOCの年平均値について、全地点の平均値の推移 (溶存態及び懸濁態) と海域別の平均値の推移を図3に示す。図中、平均値が表示されていないのは測定回数が年に3回以下であったためである。また、各地点における水質項目 (年平均値) の時系列回帰式の傾きを表2に示す。傾きが正の場合は+、負の場合は-としており、色塗は各項目において傾きの絶対値が最も大きかった地点であることを示している。*及び**は有意水準であり (p<0.05は*, p<0.01は**), 有意水準が95%に満たない場合は+/ーの表記をしていない。

全地点のCODの平均値は、ろ過CODで有意に増加していた。CODの海域別平均値は、三河湾奥の濃度が一番高く、三河湾央と伊勢湾奥が概ね同程度の濃度で次に続き、伊勢湾央、湾口の順に低い傾向があり、有意に増加していたのは伊勢湾奥と三河湾奥であった。一方で、全地点のTOCの平均値は有意に減少していた。TOCの海域別平均値の濃度はCODと同じ傾向であり、三河湾奥の濃度が一番高く、三河湾央と伊勢湾奥が概ね同程度の濃度で次に続き、伊勢湾央、湾口の順に低かった。有意に増加していた海域はなく、湾口で有意に減少していた。このように、有機物指標であるCODとTOCの経年変化の傾向は異なり、TOCの海域別平均値は一部で減少しているにもかかわらず、CODの海域別平均値は伊勢湾奥及び三河湾奥で増加しており、CODとTOCに乖離が生じていることが確認された。CODは、有機物の全量を示すものではなく、測定法上、過マンガン酸カリウムで酸化されやすい物質を多く含む試水で高めの値となり、また、硫化物などの還元性物質の存在下でも過大となる。TOCは全有機炭素量を示すため、TOCとの乖離は、こうした測定法上の影響を受けている程度が増加していることを示唆している。

TN, Org. N, 全りん (TP), クロロフィルaは多くの地点で有意に減少していた。特にTNは33地点中31地点で有意に減少しており、そのうち22地点は99%有意の減少であった。C/N比は6地点で増加していたが、増加地点の分布に明らかな特徴は見られなかった。

3.1.2 COD/TOC比の海域別・期間別比較及び懸濁態がCODの値に与える影響

CODとTOCに乖離が生じていることが確認されたことから、それぞれの海域における乖離の程度を比較するため、COD/TOC比の解析を行った。広域総合水質調査の表層水の

COD/TOC比及びろ過COD/DOC比について、1995年度から1997年度までの3年間（以降、「前期3年間」という）の平均値と、2016年度から2018年度までの3年間（以降、「後期3年間」という）の海域別平均値を図4に示す。図中の誤差範囲は各期間の最大値～最小値の範囲である。前期3

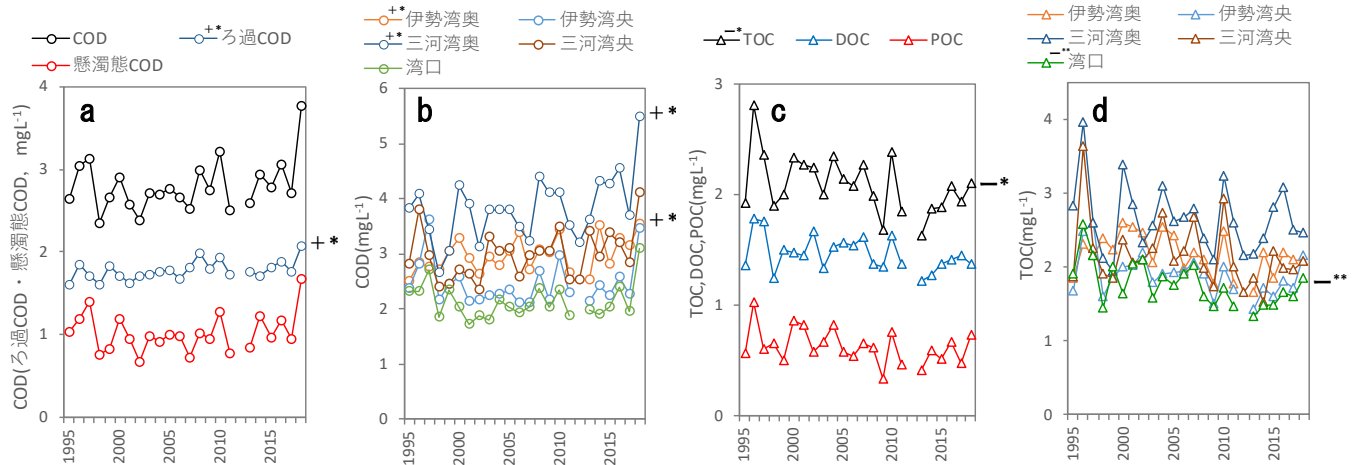


図3 伊勢湾及び三河湾におけるCOD及びTOCの年平均値の推移（表層）

(a) CODの全地点平均 (b) CODの海域別平均値 (c) TOCの全地点平均値 (d) TOCの海域別平均値

表2 各地点における水質項目の時系列回帰式の傾き（表層）

海域	地点	COD	ろ過COD	懸濁態COD	TOC	DOC	POC	COD/TOC	TN	Org. N	TP	クロロフィルa	C/N比
伊勢湾	4	+	+	+			+	+	—				
	8	+	+	+				+					
	11					—		+	—	—			
	15							+	—	—			+
	6								—	—		*	
	10					—		+	—	—			
	12					—			—	—			
	16								—	*	—		
	17								—	—	—		
	18								—	—			
	23					—		+	*	—			
	24								—	—		—	+
	27								—	—		—	
	28								—	—	*	—	+
	34								—	—		*	+
	21		+	+				+	—	*	—		
	25	+							—	—			
三河湾	29									—		*	
	31								*	—	*	—	
	50	+	+	+					—	—			
	53		+						*				
	55		+						—	—	—	—	
	61	+	+					+	*				
	52		+					+	*	—	*		
湾中央	57								*	—	—	—	
	59							+	—	*	*		
	66		+	+					—	—	*		+
	60		+					+	*	—	—		
湾口	39					—			—	—			
	40				—	—			—	—		—	+
	42								—	*		*	
	37				—		—		*	—	—	*	
	43				—		—	+	*	—	—	—	

※傾きが正の場合は＋，負の場合は－としており， $p<0.05$ は*， $p<0.01$ は**を付している。

また，各項目ごとに，正または負の傾きが最も大きかった地点を色塗表示している。

年間のCOD/TOC比は、伊勢湾と三河湾の差はそれほど大きくないが、後期3年間では、伊勢湾よりも三河湾のほうが明らかに高くなっており、CODとTOCの乖離は三河湾でより顕著であった。また、COD/TOC比は湾奥ほど高くなっており、湾口のCOD/TOC比は前期3年間・後期3年間とも伊勢湾・三河湾よりも低く、外洋水が伊勢湾・三河湾のCODとTOCの乖離に寄与した可能性は低いと考えられた。

COD/TOC比とろ過COD/DOC比を比較すると、すべての海域でCOD/TOC比のほうが高かった。これは、ろ過態と懸濁態が混在する試料のほうが、ろ過態のみの試料よりも、CODの測定法上の影響を受けてCODの値が高くなることを意味している。懸濁態の存在がCODの値に与える影響についてはいくつかの報告があり^{10),11)}、CODの値が高くなる場合と低くなる場合の両方の報告があるが、伊勢湾・三河湾においては、懸濁態が存在するほうが、CODの値が高くなると考えられる。

3.1.3 COD/TOC比の海域別・季節別の経年変化と各水質項目との関連

各海域における前期3年間と後期3年間のCOD/TOC比の比較により、特に三河湾においてCODとTOCの乖離が顕著であることが確認されたため、次に、季節別の傾向を把握するため、前期3年間と後期3年間の季節別のCOD/TOC比を湾ごとに平均して季節別の上昇率(後期3年間/前期3年間)を求め表3に示した。また、1995年度から2018年度までのCOD/TOC比の地点別・季節別の時系列回帰式を求め、有意水準が95%以上で、正の傾きであった地点の数を海域ごとに集計した結果を表4に示した。

表3のとおり、季節別COD/TOC比の上昇率は、三河湾の春季と、全域の秋季で高く、これらの時期のCOD/TOC比の上昇が、CODとTOCの乖離にかなり影響していることが確認された。また、前期3年間の季節別COD/TOC比は、春季・夏季に高く、秋季・冬季に低い傾向があったが、後期3年間では、春季・夏季・秋季の差がほぼなくなっていた。

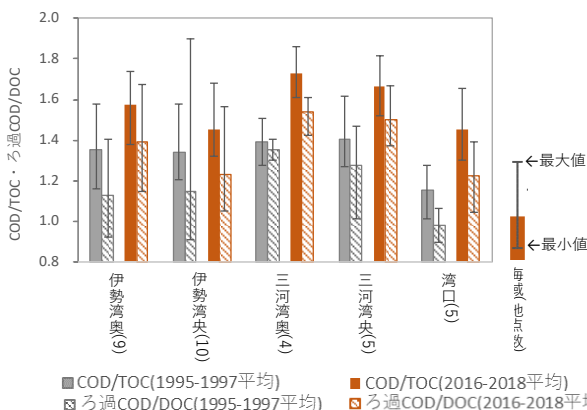


図4 COD/TOC比及びろ過COD/DOC比の海域別・期間別比較(表層)

秋季のCOD/TOC比の特徴的な経年増加は、表4に示すように全33地点中23地点で確認されていることから、この現象は広い範囲で起こっており、CODとTOCの乖離にかなり影響していると考えられた。

他の水質項目について、同様に地点別・季節別の時系列回帰式を求め、その傾向を確認したところ、表5のとおり、秋季に特徴的な傾向を示したのは塩分で、13地点で減少していた。塩分が、秋季のCOD/TOC比の特徴的な経年増加に関係していることが示唆された。なお、TNは秋季に減少した地点数が他の季節よりも少なく、TPは秋季に減少した地点がなかった。

3.2 三河湾におけるTOCの測定結果と各水質項目との関連

3.2.1 地点別・層別の平均値と溶存態割合

三河湾におけるTOC及びDOCの測定は、広域総合水質調査で年に4回実施されているのみであり、月ごとの測定結果や、環境基準点における測定結果が無い。そこで本研

表3 COD/TOC比の湾別・季節別上昇率の比較(表層)

海域	時期	春	夏	秋	冬
伊勢湾 (19地点)	1995-1997	1.46	1.59	1.12	1.22
	2016-2018	1.48	1.57	1.64	1.35
	上昇率	101%	99%	147%	111%
三河湾 (9地点)	1995-1997	1.30	1.51	1.12	1.66
	2016-2018	1.77	1.72	1.77	1.52
	上昇率	136%	114%	158%	91%
湾口 (5地点)	1995-1997	1.28	1.31	1.02	1.00
	2016-2018	1.43	1.47	1.64	1.27
	上昇率	111%	112%	160%	126%

表4 季節別COD/TOC比の時系列回帰式の傾きが正であった地点数(表層)

海域	地点数	春	夏	秋	冬
伊勢湾奥	9	0	3	5	0
伊勢湾中央	10	0	0	6	0
三河湾奥	4	1	1	4	0
三河湾中央	5	2	0	4	0
湾口	5	2	0	4	0
合計	33	5(15%)	4(12%)	23(70%)	0(0%)

※有意水準が95%以上で、傾きが正の地点数を示す。

表5 季節別水質項目の時系列回帰式の傾き(表層)

項目	春	夏	秋	冬
COD		+(2)	+(5)	
ろ過COD	+(3)		+(10)	-(1)
TOC	-(4)	-(2)	-(4)	-(1)
DOC	-(1)	-(3)	-(5)	+(1), -(1)
TN	-(14)	-(23)	-(2)	-(22)
Org. N	-(10)	-(12)	-(6)	-(6)
TP	-(14)	-(14)		-(13)
クロロフィルa	+(1), -(5)	-(7)	-(5)	
水温	+(16)	+(32)	+(7), -(1)	+(2)
塩分	-(1)		-(13)	+(10), -(1)

※有意水準が95%以上で、傾きが正の場合は+、負の場合は-としており、

() 内の数字は地点数である。

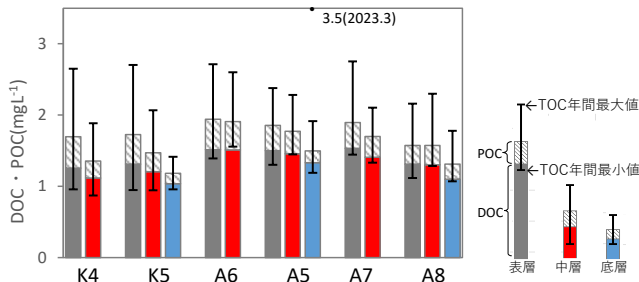


図5 三河湾内の環境基準点における採取層別TOC (DOC及びPOC) の測定結果

究では、三河湾内の6つの環境基準点において毎月の調査を実施した。今回測定した6地点におけるTOC (DOC及びPOC) の地点別・層別の平均値を図5に示す。図中の誤差範囲はTOCの年間最大値～年間最小値の範囲である。A-5の2023年3月の底層 (・のマーカでTOC値を表示) はTOC及びDOCの値が特異的に高かったことから、この値は平均値の算出や以降の考察には使用していない。

TOCについて、衣浦湾では湾奥のK-4よりも湾央のK-5のほうがわずかに高かった。渥美湾では湾奥のA-6が最も高く、湾口に近い位置になるほど低くなった。衣浦湾と渥美湾を比較すると、渥美湾のほうがやや値が高い傾向であった。採取層別では両地点とも表層が最も高く、最大値と最小値の幅が大きかった。底層は1年を通じて表層、中層より値が低いことが多く、最大値と最小値の幅は小さかった。DOCは概ねTOCと同様の傾向であったが、最大値と最小値の幅がTOCよりも小さかった。溶存態の割合の平均値は表層81%、中層83%、底層84%であり、月ごとの平均値が最も低いのは7月で74%、最も高いのは11月で88%であった。

3.2.2 採取層別TOC、採取層別COD/TOC比の経月変化とクロロフィルaとの関連

採取層 (表層、中層、底層) の違いによるTOCとCOD/TOC比の経月変化を把握するため、3層すべてにおいてTOCとCODの両方の測定値がある地点K-5及びA-5の経月変化を図6に示した。なお、内部生産由来の有機物とTOC、COD/TOCとの関係について確認するため、植物プランクトンの指標であるクロロフィルa (表層) の値も併せて示した。K-5のTOCは成層期 (4月～9月) に表層で高く、中層、底層の順に低くなり、対流期 (10月～翌3月) は表層から底層までの濃度差が小さかった。A-5のTOCについても、K-5ほど経月変動が明確でなかったが、変動の傾向は概ね同じであった。両地点とも、表層のクロロフィルaが高いときに表層のTOCが高くなる傾向があった。

COD/TOC比は、採取月と採取層により大きく異なっていたが、表層のCOD/TOC比は、6月、9月、10月に突出して高かった。表層のクロロフィルaとCOD/TOC比の関係をみると、K-5の6月、9月、A-5の6月、10月、12月はクロロフィルaが高いときにCOD/TOC比が高くなっており、クロロフィルaは、COD/TOC比を高める因子であると推測された。クロロフィルaは懸濁態であるため、3.1.2で示した、三河湾においては懸濁態が存在するほうがCODの値が高くなるという考察とも整合する。しかしながら、A-5の9月は、クロロフィルaの濃度はそこまで高くはないにもかかわらず、表層のCOD/TOC比は期間中で最大となっていることから、他にも因子があると考えられた。また、表2に示したとおり、クロロフィルaは経年的に減少していることから、クロロフィルaはCOD/TOC比を高める因子ではあるも

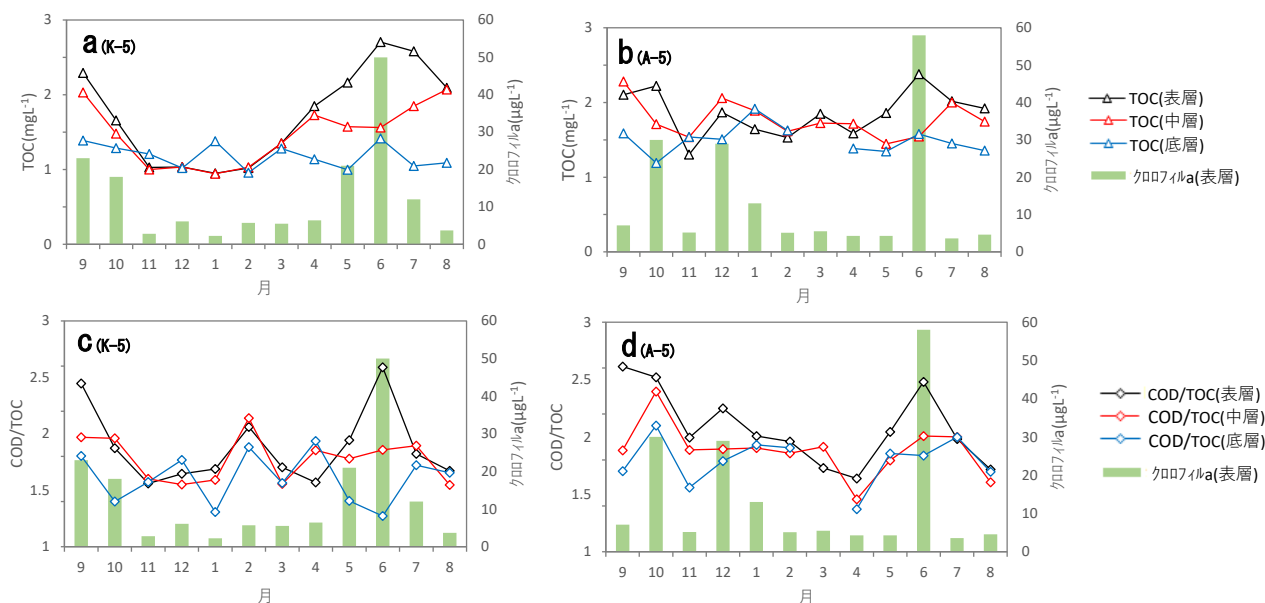


図6 地点K-5及びA-5における採取層別TOC及びCOD/TOC比の経月変化とクロロフィルaの経月変化
(a) 地点K-5のTOC (b) 地点A-5のTOC (c) 地点K-5のCOD/TOC (d) 地点A-5のCOD/TOC

の、図3、図4に示すCODとTOCの乖離現象には寄与していないと考えられた。

COD_{mn}法では、有機物の他に硫化物等の還元性物質の影響を受けるため、それらの影響があれば、COD/TOC比は相対的に高くなる。三河湾は水深が浅い¹²⁾ため、底質から溶出される還元性物質の影響を受けやすいが、図6のとおり、K-5、A-5ともに底層のCOD/TOC比は、表層、中層と比べ低く、また、溶出量が多くなると想定される夏季においても底層COD/TOCは上昇していない。このことから、表層のCODは、底質からの還元性物質の影響をほぼ受けていないと考えられ、つまり、CODとTOCの乖離現象の要因は、底質から溶出される還元性物質でもなく、ほかの要因であることが推測された。

3.2.3 CODとTOCの相関と各水質項目との関連及びCODとTOCの乖離の要因の推測

今回6地点で測定したCODとTOCの採取層別の相関を成層期と対流期に分けて図7に示す。図中の実線は全測定結果のCOD/TOC比の平均値(1.84)であり、COD/TOC比が2.3以上(以降、「高COD/TOC比」という)の試料の測定結果を表6に示した。CODとTOCの相関(図7)をみると、各層とも多くの試料はCOD/TOC比の平均値付近に分布していたが、TOCの値が高くなったとき(概ね2mgL⁻¹以上)に、表層及び中層で高COD/TOC比となるデータがあり、この分布から、TOCが一定以上高いときに、COD/TOC比が通常よ

りも高くなる傾向があることが確認された。また、高COD/TOC比となった試料の採取月は5、6、9、10月に限られていたことから、これらの時期は、COD/TOC比が上昇しやすい時期であると考えられた。

COD/TOC比と各水質項目との関連について、表層水におけるCOD/TOC比と各水質項目との相関係数を成層期と対流期に分けて表7に示した。また、対流期に比較的相関係数が高かったクロロフィルa及び塩分について、COD/TOC比との相関を図8に示した。成層期におけるクロロフィルa濃度は試料によって大きく異なり、クロロフィルaの多寡とCOD/TOC比に明らかな関係性は見られなかったが、対流期のクロロフィルaとCOD/TOC比との相関係数はR=0.68

表6 COD/TOC比が2.3以上の試料の測定結果

地点	採取月	COD	TOC	COD/TOC
成層期	A-6 表層	5	7.4	2.7
	K-4 表層	6	6.2	2.3
	K-5 表層	6	7.0	2.6
	A-5 表層	6	5.9	2.4
	K-4 表層	9	5.5	2.2
	K-5 表層	9	5.6	2.3
	A-5 表層	9	5.5	2.1
	A-7 中層	9	4.3	2.3
対流期	A-5 表層	10	5.6	2.2
	A-5 中層	10	4.1	1.7
	A-6 中層	10	4.3	1.9
	A-7 表層	10	6.4	2.3
	A-7 中層	10	4.9	2.0
	A-8 表層	10	5.1	2.2
平均値		5.6	2.3	

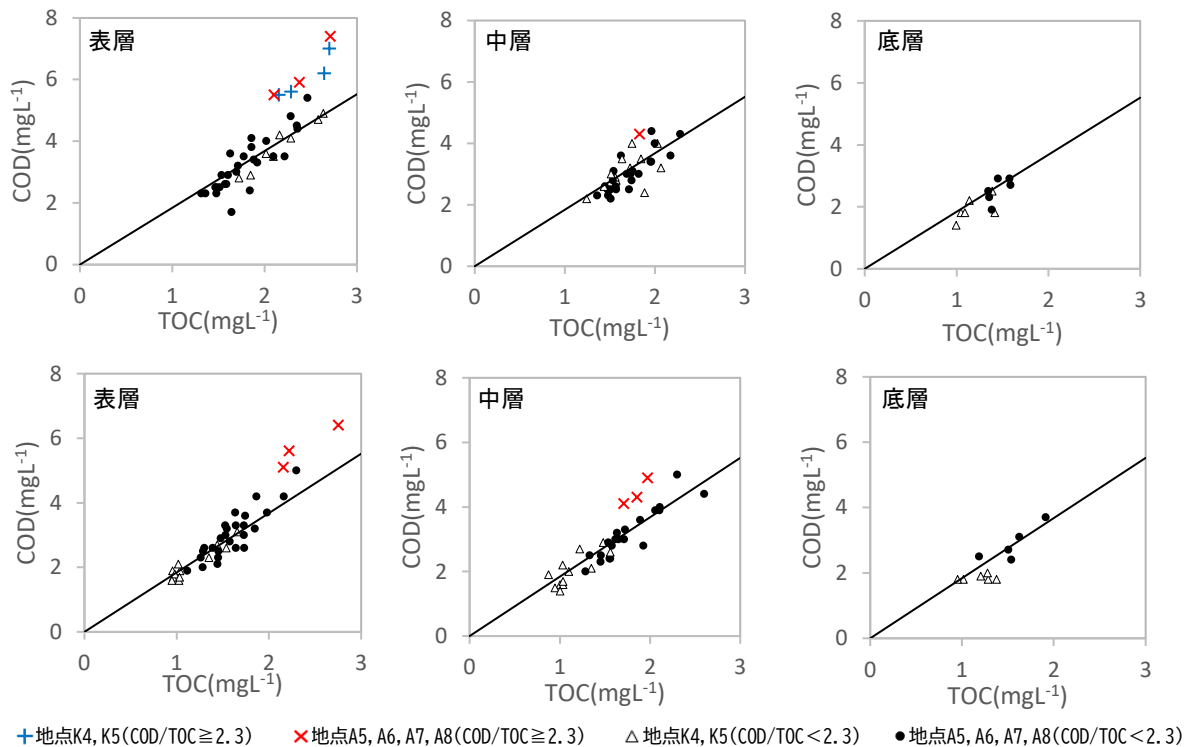


図7 採取層別のCODとTOCの相関(上)成層期(下)対流期

であり、クロロフィルaが高くなるほどCOD/TOC比が高くなっていた。また、COD/TOC比と塩分は成層期・対流期とも逆相関であり、成層期の相関係数は-0.44と低く、明らかな関係性は見られなかったが、対流期は塩分が低くなるほどCOD/TOC比が高くなっていた。このため、対流期のCOD/TOC比は、クロロフィルa及び塩分の影響により高くなると考えられるが、表5のとおり、塩分の経年変化は秋季に特徴的な減少傾向を示し、また、クロロフィルaは経年的に減少していることから、3.1.3で述べた広い範囲で確認された秋季のCOD/TOC比の経年的な増加については、塩分が影響しているのではないかと考えられた。一般に、海域における塩分は流入河川などの陸水により低下することから、対流期の表層水のCOD/TOC比は、陸域からの影響により高くなることが示唆された。

表7 COD/TOC比と各水質項目との相関係数（表層）

項目	成層期 (4-9月)	対流期 (10-3月)
水温	0.24	0.25
pH	0.07	0.31
DO	0.19	0.08
COD	0.89	0.76
TN	0.45	0.33
TP	0.44	0.52
塩分	-0.44	-0.68
クロロフィル a	0.55	0.68
DOC	0.51	0.42
TOC	0.57	0.51
POC	0.34	0.58

※成層期、対流期とも各項目のn数は36である。

以上の結果から、三河湾の表層水におけるCODとTOCの乖離の要因について推測する。まず、広域総合水質調査結果の解析結果から、TOC（全有機炭素量）は増加していないため、CODが増加するのは、COD_{mn}法の測定法上、測定値に正の影響を与える要素が増加しているということである。この要素としては、海水中の有機物の種類や存在量が変わり、過マンガン酸カリウムで酸化されやすい有機物の量が増え、酸化されにくい有機物の量は減るという変化が起こっているのか、還元性物質の影響を受け始めた又はその程度が増加しているのか、それともこれらの現象が複合しているのかである。底質から溶出する還元性物質については、3.2.2で示したとおり、表層水のCODとTOCの乖離の要因である可能性は低い。このため、三河湾の表層水におけるCODとTOCの乖離は、過マンガン酸カリウムで酸化されやすい有機物が相対的に増加し、有機物が質的に変化していることが要因ではないかと推測された。ただし、今回の解析に使用したTOCの測定データは1年分に限定されており、乖離の要因究明のためには、今後、さらなるデータの蓄積が必要であると考えられる。

伊勢湾・三河湾において表層CODとTOCに乖離が生じ、CODが、有機物の全量を把握できるTOCと必ずしも同じ傾向を示さず、TOCに対して増加傾向になっている。全国の主要な閉鎖性水域では、流入負荷が削減されたにもかかわらずCODが高止まっており、外海水、難分解性有機物、豪雨時の流入負荷等様々な要因が考えられているが、この乖離現象も一因ではないかと考えられた。

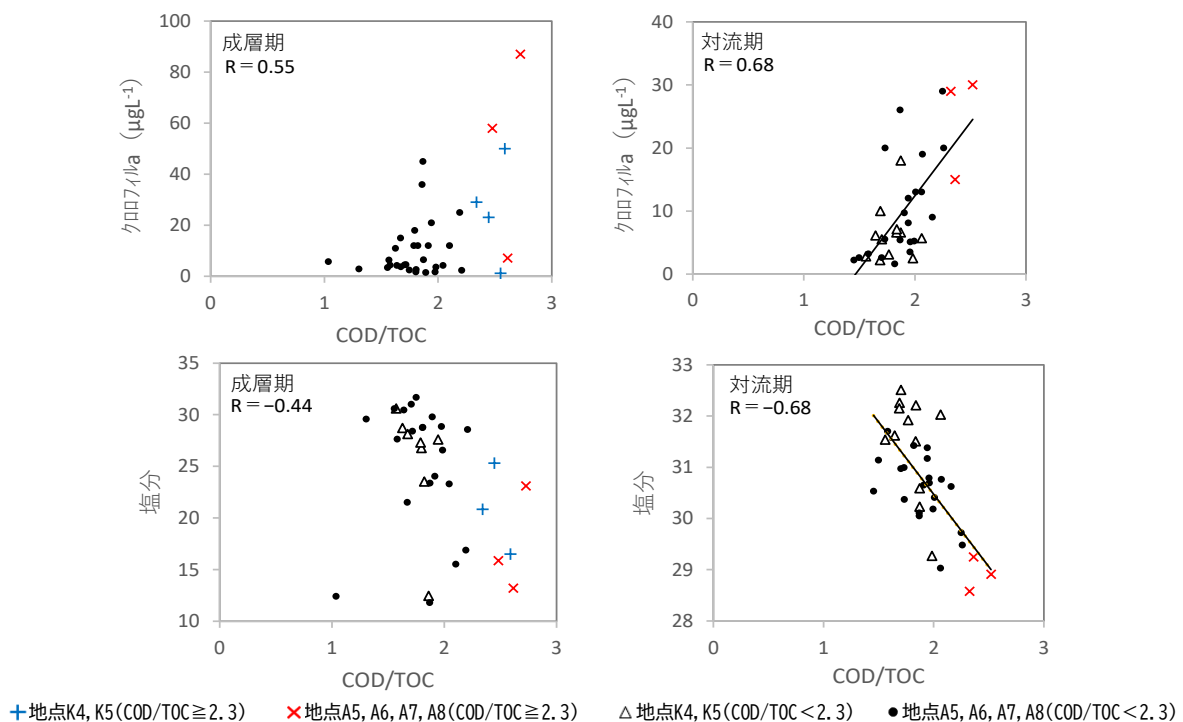


図8 COD/TOCとクロロフィルaの相関（上）及びCOD/TOCと塩分の相関（下）

4. まとめ

- 1) 伊勢湾及び三河湾を対象として、広域総合水質調査結果を用いて解析した結果、有機物汚濁指標であるCODとTOCの経年変化の傾向は異なり、TOCの海域別平均値は一部で減少していたが、CODの海域別平均値は三河湾奥及び伊勢湾奥で増加しており、CODとTOCに乖離が生じていた。
- 2) 海域別のCOD/TOC比の解析を行った結果、乖離の程度は伊勢湾よりも三河湾で顕著であった。季節別にCOD/TOC比の経年変化を確認したところ、秋季に広い範囲で特徴的に増加していた。対流期のCOD/TOC比は塩分と逆相関であり、秋季のCOD/TOC比の経年的な増加に、陸域からの影響が関連している可能性が示唆された。
- 3) 採取層別のCOD/TOC比の比較結果から、表層のCODは、底質からの還元性物質の影響をほぼ受けておらず、底質から溶出される還元性物質が、CODとTOCの乖離の要因である可能性は低いと考えられた。
- 4) このため、CODとTOCの乖離現象は、過マンガン酸カリウムに酸化されやすい有機物が相対的に増加し、有機物が質的に変化していることが要因ではないかと推測された。

5. 謝辞

愛知県水産試験場には、試料採取にご協力頂きました。ここに記して深く謝意を表します。

6. 引用文献

- 1) 愛知県：2023年度公共用水域及び地下水の水質調査結果並びに大気汚染調査結果について、<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/mizutaiki/2023-suishitsu-taiki.html> (2024. 10. 9アクセス)
- 2) 環境省：令和4年度公共用水域水質測定結果及び地下水水質測定結果について、https://www.env.go.jp/press/press_02935.html (2024. 10. 9アクセス)
- 3) 菊地洋一，柿崎仁美，小泉理恵：化学的酸素要求量測定における有機化合物の分解特性．分析化学，**56**，857-862 (2007)
- 4) 佐藤紗知子，嵯峨友樹，江角敏明，野尻由香里，崎幸子，嘉藤健二，管原庄吾，神谷宏：公共用水域における有機物指標としてのTOCの重要性．陸水学雑誌，**78**，59-65 (2017)
- 5) 厚生労働省：水質基準に関する省令（平成15年5月30日厚生労働省令第101号）
- 6) 藤原建紀，鈴木元治，大久保慧，永尾謙太郎：窒素・リン削減が海域の有機物量（COD及びTOC）に及ぼす影響．水環境学会誌，**44**，135-148 (2021)
- 7) 藤原建紀，鈴木元治，大久保慧：窒素・リン削減が海域の有機物量（COD及びTOC）に及ぼす影響：削減の効果とその作用機構．水環境学会誌，**44**，185-193 (2021)
- 8) 環境省：水環境総合情報サイト 広域総合水質測定データ（水質），<https://water-pub.env.go.jp/water-pub/mizu-site/mizu/download/download.asp> (2024. 10. 9アクセス)
- 9) 米谷 学：7日間集中講義！Excel回帰分析入門ツールで拓がるデータ解析&要因分析ー，pp88-105，オーム社，東京，2018
- 10) 田中義人，永淵義孝，熊谷博史，白川ゆかり，松尾宏：福岡県内公共水域における TOC による有機汚濁の傾向と水質保全対策検討のための指標について．全国環境研会誌，**34**，246-253 (2009)
- 11) 早川和秀，岡本高弘，廣瀬佳則，佐藤祐一：低濃度有機汚濁水域における有機物指標の特性把握．水環境学会誌，**41**，193-203 (2018)
- 12) 国土交通省中部地方整備局：伊勢湾環境データベース 伊勢湾の環境，<https://www.isewan-db.go.jp/IsewanKankyo/ik02.asp> (2024. 10. 9アクセス)

<報 文>

環境水中ノニルフェノール分析における固相抽出について*

山内 幸一**・鈴木 敦***・丹羽 智子**・佐藤 英幸**・武田 裕子**

キーワード ①ノニルフェノール ②マトリックス ③固相抽出 ④公共用水域

要 旨

水生生物の保全に係る水質環境基準項目の一つであるノニルフェノール分析の前処理について、クリーンアップ操作の省略を目的に固相抽出操作でのマトリックスの低減を試みた。固相抽出カートリッジの種類、洗浄液および溶出溶媒を検討した結果、固相抽出カートリッジにPS-2、洗浄液に水-メタノール（1:3）混合溶液、溶出溶媒にヘキサンを用いて前処理することで、マトリックスの低減ができた。河川水の添加回収試験において、ノニルフェノール標準物質の回収率は78～89%、サロゲート物質の回収率は約60%であり付表11の基準を満たしていた。また、この分析法の定量下限値はノニルフェノールの合計として29 ng/Lであった。本分析法により、溶媒使用量と作業時間が大幅に削減でき、環境水中のノニルフェノールのスクリーニング法として有用であると考えられた。

1. はじめに

ノニルフェノール（以下、NPと示す）は、工業用の界面活性剤として使用されるノニルフェノールエトキシレート、印刷インキ、および酸化防止剤の原料等で使用されている物質である¹⁾。当該物質は、「水質汚濁に係る環境基準についての一部を改正する件」（平成24年8月環境省告示第127号）により、生活環境を構成する有用な水生生物及びその餌生物並びにそれらの生息または生育環境の保全を目的として設定された水生生物の保全に係る水質環境基準の項目に追加された²⁾。

分析法は、昭和46年12月28日付け環境庁告示第59号付表11（以下、付表11と示す）により、固相抽出によるガスクロマトグラフィー質量分析法が規定されている³⁾。この方法は、固相抽出操作と、マトリックス除去のためのシリカゲルカラムによるクリーンアップ操作を前処理として実施するため、大量のジクロロメタンおよびヘキサンを使用し、かつ多くの時間を必要とする。特に、ジクロロメタンは発がん性が高く、「労働安全衛生法施行令の一部を改正する政令」（平成26年8月政令第288号）により特定化学物質障害予防規則の第二類物質の対象となっている⁴⁾。作業者の健康を守る観点からも、可能な限り使用量および作業時間を削減することが望ましい。

NPの分析法はこれまでも様々な検討がなされてお

り、分析法の簡略化については、固相抽出カートリッジの後段にシリカゲルカートリッジを連結して前処理をすることで、ジクロロメタンを使用せずに分析可能であるという報告⁵⁾や、トリプル四重極型ガスクロマトグラフ質量分析計（GC-MS/MS）を用いた測定により、前処理をすることなく分析可能であるという報告⁶⁾がある。当センターでは、溶媒使用量と作業時間の削減を目的に市販のシリカゲルカートリッジを用いる方法を検討し、付表11と比較して溶媒使用量を約1/10に、クリーンアップ操作の作業時間を約1/8に削減して分析できると報告した⁷⁾。しかし、固相抽出操作のみでマトリックスの低減が可能となれば、クリーンアップ操作そのものが省略できるため、溶媒使用量と作業時間がさらに削減可能となる。

本報では、クリーンアップ操作の省略を目的に、固相抽出カートリッジの種類、洗浄液および溶出溶媒を検討し、固相抽出操作でマトリックスの低減を試みたので、その結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 試薬および装置

NP標準物質は4-NP（混合物）（関東化学製）をアセトンで溶解し必要に応じて希釈して使用した。サロゲート

* Solid-phase extraction for analysis of nonylphenol in environmental water

** Koichi YAMAUCHI, Tomoko NIWA, Hideyuki SATO, Yuko TAKEDA（愛知県環境調査センター）Aichi Environmental Research Center

*** Atsushi SUZUKI（愛知県尾張県民事務所）Owari Citizens Affairs Office, Aichi Prefectural Government

物質は4-(3,6-ジメチル-3-ヘプチル)フェノール¹³C₆標準液 (10 µg/mL) (富士フィルム和光純薬製) をアセトンで希釈して使用した。内部標準物質は4-n-NP-d₄ (富士フィルム和光純薬製) をジクロロメタンで溶解し希釈して使用した。

精製水は超純水製造装置 (Merck Millipore製 Milli-Q Integral 5 機器分析タイプ) で精製した超純水を使用した。アセトン, ヘキサンおよびジクロロメタンは残留農薬・PCB試験用 (富士フィルム和光純薬製) を, メタノールはLC/MS用 (富士フィルム和光純薬製) を使用した。塩酸は有害金属測定用 (富士フィルム和光純薬製) を, 精製水で1 mol/Lに希釈して使用した。

固相抽出カートリッジは, 表1に示す6種類のものを使用した。試料の通水と固相抽出カートリッジの乾燥は全自動固相抽出装置 (ジーエルサイエンス製 Aqua Trace ASPE899) を用いて行った。クリーンアップ用のシリカゲルはカラムクロマトグラフ用シリカゲル (シグマアルドリッジ製 60-100 mesh) を, 400°Cで4時間, 130°Cで15時間熱処理後, 含水率5%に調製して使用した。

試料の測定はガスクロマトグラフ質量分析計 (島津製作所製 GCMS-TQ8040NX) を用いて表2の条件で行った。モニタリングする質量数は付表11と同一のものとした。NPの装置検出下限値 (IDL) を表3に示す。各異性体の試料換算値として0.12~0.42 ng/L, NPの合計として3.2 ng/Lであり, 公共用水域水質調査の報告下限値 (60 ng/L) より十分低値であることを確認した。NPの異性体組成比は, FID検出器を搭載したガスクロマトグラフ質量分析計 (アジレントテクノロジー製 7890B/5977A GC/MSD) を用いて算出した。

2.2 固相抽出条件の検討

塩酸 (1 mol/L) でpH3.5に調整した精製水50 mLにNP標準物質200 ngを添加した溶液を, ジクロロメタン10 mL, メタノール10 mL, 精製水10 mLでコンディショニングをした固相抽出カートリッジに10 mL/minで通水した。洗浄液で固相抽出カートリッジを洗浄し, 窒素吹付と吸引で40分乾燥して, 溶出溶媒で溶出した。得られた溶出液にサロゲート物質50 ngを添加し, 窒素吹付で0.5 mLに濃縮してGC/MSで測定した。なお, 検討内容に応じて, 洗浄液は水または水-メタノール混合溶液, 溶出溶媒はヘキサン, ジクロロメタン, もしくはジクロロメタン-ヘキサン混合溶媒を用いた。

2.3 添加回収試験

塩酸 (1 mol/L) でpH3.5に調整した試料500 mLにNP標準物質200 ngおよびサロゲート物質50 ngを添加した溶

表1 検討に使用した固相抽出カートリッジ

固相抽出カートリッジ	充填剤	充填量 (mg)
Waters Sep-Pak PS-2 Plus Short Cartridge	スチレンジビニルベンゼン共重合体	265
ジーエルサイエンス InertSep Slim-J PLS-3	N含有メタクリレート スチレンジビニルベンゼン共重合体	230
ジーエルサイエンス InertSep Slim C18-C	シリカゲル-オクタデシル基	360
ジーエルサイエンス InertSep Slim-J PH	シリカゲル-フェニル基	500
ジーエルサイエンス InertSep Slim-J AC	活性炭	400
ジーエルサイエンス InertSep Slim GC	グラファイトカーボン	400

表2 GC/MS測定条件

GC/MS : SHIMADZU TQ8040 NX	
カラム	InertCap 5MS ProGuard 2m (30(+2) m×0.25 mm×0.25 µm)
昇温条件	50°C (1 min) → 8°C/min → 280°C (3 min)
キャリアガス	He 線速度一定モード 40 cm/s
注入口温度	250°C
試料注入量	2 µL
試料導入法	スプリットレス
インターフェイス温度	280°C
測定モード	EI SIMモード
イオン源温度	230°C
検出器電圧	0.35 kV
イオン化電圧	70 eV

表3 装置検出下限値 (IDL)

	IDL (pg)	最終液量 (mL)	装置注入量 (µL)	試料量 (L)	IDL試料換算値 (ng/L)
NP1	0.33	0.5	2	0.5	0.17
NP2	0.23	0.5	2	0.5	0.12
NP3	0.63	0.5	2	0.5	0.32
NP4	0.72	0.5	2	0.5	0.36
NP5	0.25	0.5	2	0.5	0.13
NP6	0.84	0.5	2	0.5	0.42
NP7	0.37	0.5	2	0.5	0.19
NP8	0.67	0.5	2	0.5	0.34
NP9	0.61	0.5	2	0.5	0.31
NP10	0.59	0.5	2	0.5	0.30
NP11	0.30	0.5	2	0.5	0.15
NP12	0.62	0.5	2	0.5	0.31
NP13	0.29	0.5	2	0.5	0.15
合計					3.2

液を, ジクロロメタン10 mL, メタノール10 mL, 精製水10 mLでコンディショニングをした固相抽出カートリッジに10 mL/minで通水した。洗浄液で固相抽出カートリッジを洗浄し, 窒素吹付と吸引で40分乾燥して, 溶出溶媒で溶出した。得られた溶出液に内部標準物質50 ngを添加し, 窒素吹付で0.5 mLに濃縮してGC/MSで測定した。なお, 洗浄液は水または水-メタノール混合溶液, 溶出溶媒はヘキサンまたはジクロロメタン-ヘキサン混合溶媒を用いた。定量はNP標準物質とサロゲート物質の濃度比とピーク面積比の関係から作成した検量線を用い

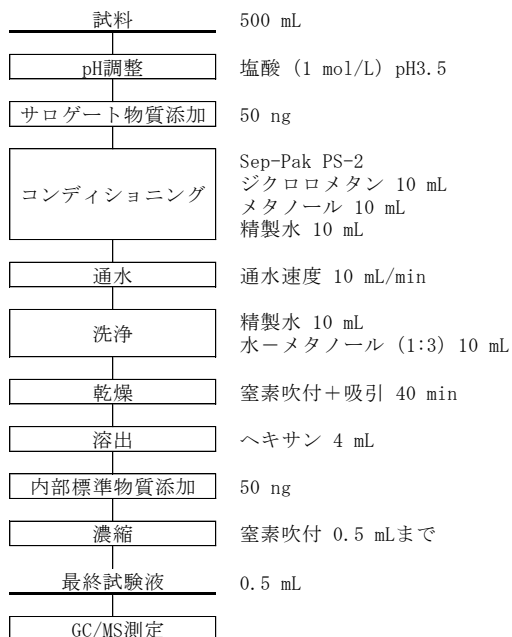


図1 分析フロー

て計算した。本検討により最終的に決定した方法の分析フローを図1に示す。

本報で適用した付表11の方法については、固相抽出カートリッジにPS-2を使用した。付表11ではアセトン4 mLを溶出溶媒としているが、ジクロロメタン6 mLで付表11と同等の結果が得られるとの報告がある⁸⁾ ため本検討ではジクロロメタン6 mLとした。また、シリカゲルカラムによるクリーンアップ操作は、内径10 mm、長さ300 mmのクロマトグラフ管に5%含水シリカゲル8 gを充填し、ジクロロメタン-ヘキサン混合溶媒 (3+2) 75 mLで溶出した。

3. 結果および考察

3.1 固相抽出カートリッジの検討

水試料に含まれるNPの保持および固相抽出カートリッジからの溶出状況を把握するため、表1に示した6種類の固相抽出カートリッジを用いて溶出挙動を調べた。

洗浄液は精製水10 mL、溶出溶媒はヘキサンまたはジクロロメタンとして、溶出液は1 mLずつ6 mLまで分画した。結果を図2に示す。

ヘキサン溶出について、PS-2では4 mLの流出でNPが82%溶出したが、他の固相抽出カートリッジでは6 mL流出してもほとんど溶出しなかった。ジクロロメタン溶出について、PS-2、PLS-3、C18-C、PHでは4 mLの流出でNPが75~84%溶出したが、ACとGCでは6 mLの流出で30%程度しか溶出しなかった。そのため、以降では溶出が確認できたPS-2、PLS-3、C18-CおよびPHの4種類で検討を進めた。

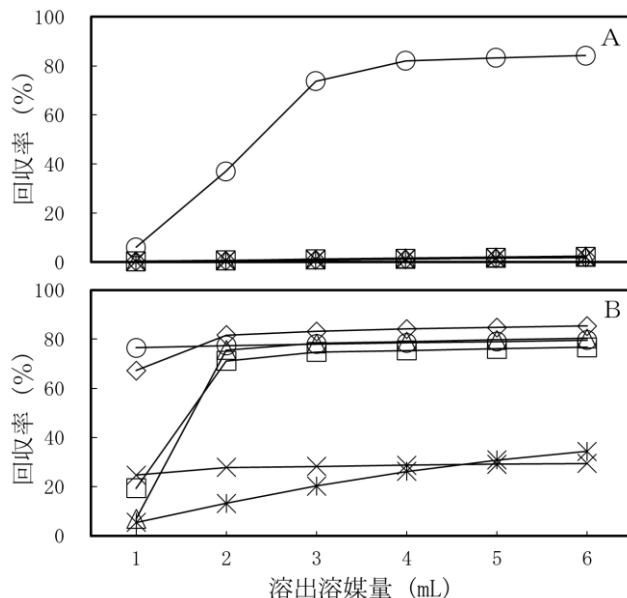


図2 NPの溶出プロファイル

A) ヘキサン B) ジクロロメタン
○)PS-2 △)PLS-3 □)C18-C
◇)PH *)AC x)GC

3.2 洗浄液および溶出溶媒の検討

固相抽出操作のみでマトリックスの低減をするためには、通水時に保持されたマトリックスを洗浄液で可能な限り除去したのちに目的物質を溶出させる方法と、保持されたマトリックスを固相抽出カートリッジに保持させたまま目的物質のみを溶出させる方法が考えられる。

洗浄液について、付表11では水としているが、親水性が高く水より極性の低い水-メタノール混合溶液を用いることで、水のための洗浄と比較して固相抽出カートリッジに残留するマトリックスを効果的に除去できると思われる。除去効率はメタノール比率が高いほど良いと考えられるが、その一方でNPの回収率が低下する可能性もある。そこで、水-メタノールの比率に対するNPの回収率を調べた。

洗浄液は精製水10 mLおよび水-メタノール混合溶液10 mL、溶出溶媒はPS-2ではヘキサン4 mL、PLS-3、C18-CおよびPHではジクロロメタン4 mLとした。結果を表4に示す。

水-メタノールの混合比は、9:1、3:1、1:1、2:3、1:3の5種類で検討した。PS-2はいずれの条件でも良好な回収率を得られたが、PLS-3とC18-Cでは1:3、PHでは2:3で回収率が低下した。メタノールを洗浄液に用いた場合の回収率も確認したところ、いずれの固相抽出カートリッジでもほとんど回収できなかった。これらのことから、メタノール比率が高く回収率も良好な洗浄液の混合比として、PS-2は1:3、PLS-3とC18-Cは2:3、PHは1:1を選定した。

表4 洗浄液とNP標準物質回収率 (%)

固相抽出 カートリッジ	水：メタノール混合比					メタノール
	9:1	3:1	1:1	2:3	1:3	
Sep-Pak PS-2	89	89	85	90	90	<1
InertSep PLS-3	78	81	85	93	26	<1
InertSep C18-C	89	85	88	96	1	<1
InertSep PH	87	85	88	72	4	<1

溶出溶媒については、固相抽出カートリッジに保持されたマトリックスとNPを分離して溶出させるため、比較的極性のあるジクロロメタンと無極性溶媒であるヘキサンの混合溶媒で溶出挙動を調べた。

洗浄液は精製水10 mL、溶出溶媒はジクロロメタン-ヘキサン混合溶媒として、溶出液は1 mLずつ6 mLまで分画した。結果を図3に示す。なお、PS-2は図2よりヘキサンのみで溶出することが確認できたため、この検討から除外した。

ジクロロメタン-ヘキサンの混合比は、1:9, 1:3, 1:1の3種類で検討した。PHはいずれの条件でもNPが75%程度溶出したが、1:9では十分に溶出するまでの流出液量が多く、1:1では溶出が速すぎるため、最適なジクロロメタン-ヘキサンの混合比は1:3と考えられた。PLS-3とC18-Cは混合比が1:1のときのみ溶出し、4 mLの流出でPLS-3では94%、C18-Cでは86%のNPが溶出した。

これらのことから、溶出溶媒のジクロロメタン-ヘキサンの混合比は、PLS-3とC18-Cでは1:1、PHでは1:3とし、溶出液量は4 mLとした。また、これら3種類の固相抽出カートリッジは、6 mLのヘキサンでNPの溶出がないことが図2より確認できたため、無極性のマトリックスを除去する目的で、固相抽出カートリッジの乾燥後ヘキサンでの洗浄操作を追加することにした。溶出溶媒量は十分な洗浄効果を得るため、あらかじめヘキサン10 mLで固相抽出カートリッジからNPの溶出がないことを確認し、10 mLに決定した。

3.3 精製水を用いた添加回収試験

3.1と3.2の結果から選定した洗浄液および溶出溶媒を用いて精製水への添加回収試験を行った。

洗浄液は精製水10 mLおよび水-メタノール混合溶液10 mL、溶出溶媒はヘキサン4 mLまたはジクロロメタン-ヘキサン混合溶媒4 mLとした。固相抽出カートリッジごとの洗浄液および溶出溶媒の条件と結果を表5に示す。なお、PLS-3、C18-CおよびPHは固相抽出カートリッジを乾燥後、ヘキサン10 mLで洗浄した。

PLS-3、C18-CおよびPHは、NP標準物質の回収率は86~97%であったが、サロゲート物質の回収率は61~69%であった。一方で、PS-2はNP標準物質の回収率が82%、サ

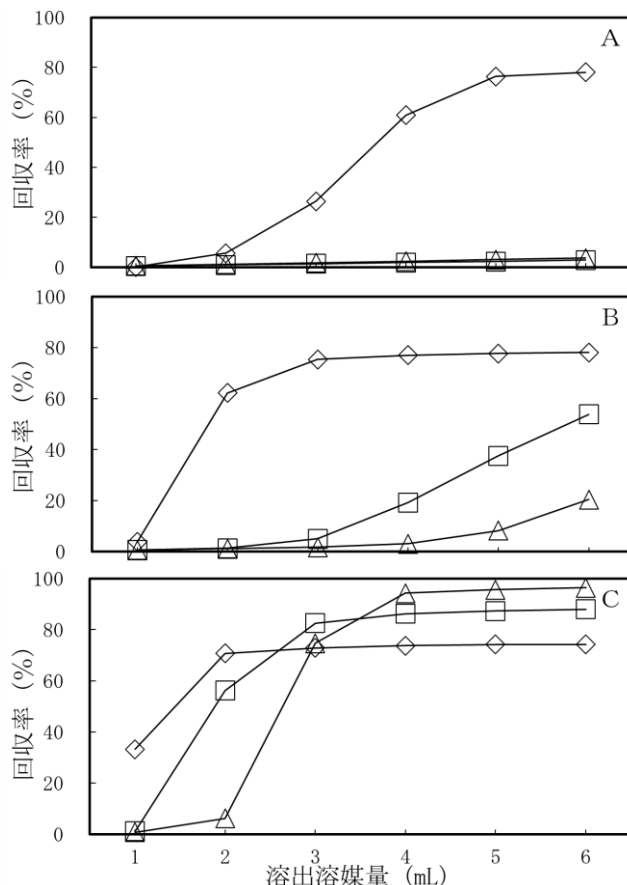


図3 ジクロロメタン-ヘキサン混合溶媒によるNPの溶出プロファイル

A) 1:9* B) 1:3* C) 1:1* Δ) PLS-3 □) C18-C ◇) PH
*ジクロロメタン：ヘキサンを示す

表5 精製水添加回収試験結果

固相抽出 カートリッジ	洗浄液 混合比*	溶出溶媒 混合比**	NP標準物質 回収率 (%) ***	サロゲート物質 回収率 (%)
Sep-Pak PS-2	1:3	0:1	82	105
InertSep PLS-3	2:3	1:1	86	61
InertSep C18-C	2:3	1:1	93	69
InertSep PH	1:1	1:3	97	67

*水：メタノール **ジクロロメタン：ヘキサン

***NP標準物質回収率は、サロゲート物質で補正された回収率である。

ロゲート物質の回収率が105%と良好な結果が得られた。このことから、最終的に固相抽出カートリッジはPS-2を用いることとした。

3.4 河川水を用いた添加回収試験

愛知県内にある河川から3地点を選定し、その河川水500 mLにNP標準物質200 ngを添加し、図1の分析フローに基づいて添加回収試験を行った。結果を表6に示す。

NP標準物質の回収率は78~89%、サロゲート物質の回収率は約60%であり、付表11のサロゲート物質の回収率の基準を満たしていた。この分析法における検出下限値 (MDL) および定量下限値 (MQL) を表7に示す。各異性体の試料換算値として、MQLは1.1~4.8 ng/L、NPの合計

表6 河川水添加回収試験結果

河川 類型	試料量 (mL)	添加量 (ng)	測定濃度* (μg/L)	NP標準物質 回収率 (%) **	サロゲート物質 回収率 (%)
A 生物B	500	200	0.3568	89	58
B 生物B	500	200	0.3571	89	59
D 生物B	500	200	0.3103	78	59

*測定濃度は、添加前の河川水に含まれるNP濃度を差し引いた値である。

**NP標準物質回収率は、サロゲート物質で補正された回収率である。

表7 本法における検出下限値 (MDL) および定量下限値 (MQL)

	MDL (pg)	最終液量 (mL)	装置注入量 (μL)	試料量 (L)	MDL試料換算値 (ng/L)	MQL試料換算値 (ng/L)
NP1	0.79	0.5	2	0.5	0.39	1.1
NP2	0.78	0.5	2	0.5	0.39	1.1
NP3	1.9	0.5	2	0.5	0.93	2.5
NP4	0.81	0.5	2	0.5	0.40	1.1
NP5	1.1	0.5	2	0.5	0.56	1.5
NP6	1.3	0.5	2	0.5	0.64	1.7
NP7	2.3	0.5	2	0.5	1.2	3.1
NP8	1.3	0.5	2	0.5	0.65	1.8
NP9	2.9	0.5	2	0.5	1.5	3.9
NP10	1.2	0.5	2	0.5	0.61	1.7
NP11	1.7	0.5	2	0.5	0.84	2.2
NP12	3.6	0.5	2	0.5	1.8	4.8
NP13	2.0	0.5	2	0.5	0.98	2.6
合計					11	29

として29 ng/Lであり、公共用水域の報告下限値を満たしていた。

3.5 マトリックスの除去

マトリックスがどの程度除去されたか確認するために、本報で検討した方法（以下、本法と示す）と、付表11の方法を河川水に適用してGC/MSで測定した。河川水はNPが未検出のものをを用い、付表11については固相抽出操作のみ実施しクリーンアップ操作は省略した。これらのTICクロマトグラムを図4に示す。なお、この図はスキャン範囲をm/z 45～600に設定し、表2の条件で測定した場合にNPのピークが見られる18.52～20.80 minの範囲のTICクロマトグラムを抽出したものである。

ピーク検出時間にマトリックスが多量に質量分析部に導入された場合、マトリックスの影響で測定物質のイオン化が促進または阻害されることがあり、定量に大きく影響を及ぼす。本法と付表11を比較すると、本法で示されるピーク数は付表11より少なく、ピーク強度も低下した。また、ベースラインも明らかに付表11と比較して低下した。これらのことから、本法を適用することで、マトリックスを十分除去でき、測定への影響を抑えることができると考えられる。

また、前処理に要する溶媒使用量について表8に示す。なお、この比較における付表11については、シリカゲルカラムによるクリーンアップ操作まで実施したものである。

溶媒使用量は、本法はジクロロメタン10 mL、ヘキサン4 mL、付表11はジクロロメタン71 mL、ヘキサン90 mLであった。本法では付表11と比較して溶媒使用量をおよそ1/10に、ジクロロメタンについてはおよそ1/7に削減できた。本法のジクロロメタンは、固相抽出カートリッジのコンディショニングに使用しているため、コンディショニング条件を検討することにより、ジクロロメタンが不要となると考えられる。

表8 溶媒使用量の比較

	固相抽出操作		クリーンアップ操作	
	ジクロロメタン	ヘキサン	ジクロロメタン	ヘキサン
本法	10 mL	4 mL	—	—
付表11	11 mL	—	60 mL	90 mL

作業時間については、本法は165 min、付表11は330 minであり、本法を適用させることで作業時間を1/2に削減することができた。また、クリーンアップ操作が不要になることで、煩雑な作業や準備が省略できるため、作業者の負担が低減できると考えられる。

4. まとめ

ノニルフェノールの分析について、クリーンアップ操作の省略を目的に固相抽出操作でのマトリックスの低減を

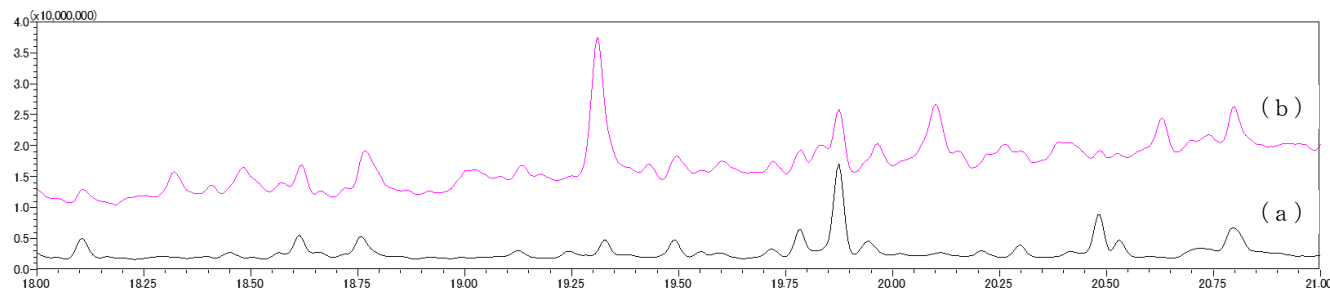


図4 TICクロマトグラムの比較

(a) 本法 (b) 付表11 (固相抽出操作のみ)

試みた。固相抽出カートリッジの種類、洗浄液および溶出溶媒の詳細な条件を検討した結果、TICクロマトグラムにより固相抽出操作のみでマトリックスの低減が確認できた。この分析法の定量下限値はNPの合計として29 ng/Lであった。

5. 引用文献

- 1) 環境省：リスクコミュニケーションのための化学物質ファクトシート 2021年改正対象物質 ノニルフェノール<https://www2.env.go.jp/chemi/prtr/factsheet/factsheet.html> (2024. 11. 8アクセス)
- 2) 環境省：水質汚濁に係る環境基準についての一部を改正する件の施行等について，平成24年8月22日環水大発第120822001号
- 3) 環境省：水質汚濁に係る環境基準について 付表11，昭和46年12月28日環境庁告示第59号
- 4) 厚生労働省：労働安全衛生法施行令の一部を改正する政令，平成26年8月20日政令第288号
- 5) 長谷川淳，中垣桂一郎，中田憲一：ジクロロメタンを使用しない環境水中ノニルフェノールの簡易前処理法の検討．環境と測定技術，**49**（3），pp. 35-40，2022
- 6) 松井亮：河川水中のノニルフェノールの分析方法の検討．福井県衛生環境研究センター年報，**13**，pp. 85-86，2014
- 7) 市川智宏，佐藤啓太，吉田恭司，丹羽智子：環境水中ノニルフェノールの測定方法に関する検討．愛知県環境調査センター所報，**43**，pp. 9-16，2015
- 8) 藤川和浩，永島聡子，古閑豊和，松本源生，馬場義輝：ノニルフェノールの分析法の検討．福岡県保健環境研究所年報，**41**，pp. 97-100，2014

＜環境省ニュース＞

環境研究総合推進費の令和7年度新規課題公募について

環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室

環境研究総合推進費（以下「推進費」という。）は、環境省が必要とする行政要請研究テーマ（行政ニーズ）を提示し、独立行政法人環境再生保全機構（以下「ERCA」という。）が課題の公募、審査、資金配分、進捗管理等を行う環境政策貢献型の競争的研究費です。例年、9月から10月にかけて1か月ほどの期間、新規課題の公募を行っており、これまで地方環境研究所からも多数の応募をいただいています。

今般、「令和7年度新規課題公募」を令和6年9月13日～10月18日に実施し、現在、採択に向けて審査を進めているところです。第一次審査（書面）及び第二次審査（ヒアリング）を経て採択された課題は、令和7年4月より研究開始となります。

本稿では、今回公募のトピックス及び行政ニーズについて紹介いたします。

1. 今回公募のトピックス

1.1 新たな「環境研究・環境技術開発の推進戦略」に基づいた公募実施

今般、新たな「環境研究・環境技術開発の推進戦略」（令和6年8月環境大臣決定。以下「推進戦略」という。）が策定されました。推進戦略では、現下の状況や関連計画、政府の方針を踏まえつつ、中長期の目指すべき社会像を設定した上で、環境分野において今後5年程度の間で重点的に取り組むべき研究・技術開発の課題（重点課題）を新たに設定しています。令和7年度新規課題公募は、新たな推進戦略に基づいて実施いたしました。新たな推進戦略の詳細については、環境省ウェブサイトを御参照ください。

参考：環境省ウェブサイト 環境研究・環境技術開発の推進について

<https://www.env.go.jp/policy/tech/kaihatsu.html>

1.2 一定の採択枠を設ける公募区分について

1) ミディアムファンディング枠

ミディアムファンディング枠は、環境政策への貢献が期待できる研究課題を広く公募する「環境問題対応型研究」の公募区分の一つです。自然科学分野から人文・社会科学分野まで多様な分野からの研究提案、若手研究者

からの研究提案等、より多くの研究提案に機会を提供することを目的として、令和4年度より、従来の研究開発費の支援規模が年間4,000万円以内の申請枠に加えて、年間2,000万円以内で実施するミディアムファンディング枠を設けています。

ミディアムファンディング枠については、一定の採択枠を設けて積極的な採択を行います。

2) 革新型研究開発（若手枠A/B）

革新型研究開発（若手枠）は、自然科学分野から人文・社会科学分野までの多様な分野の若手研究者の育成支援及び活躍促進を一層図るため、新規性・独創性・革新性に重点を置いた、若手研究者向けの申請枠です。

研究代表者及び研究分担者の全てが「令和7年4月1日時点で40歳未満であること」、または「令和7年4月1日時点で博士の学位取得後8年未満であること」（産休・育児期間を除く）を要件とします。

若手研究者への支援をより一層強化するために研究機会を提供するという観点から、令和5年度より、従来の研究開発費の支援規模が年間600万円以内の申請枠（若手枠A）に加えて、年間支援規模300万円以内の申請枠（若手枠B）を設けています。

若手枠A/Bとも、一定の採択枠を設けて積極的な採択を行います。

また、研究者の事務負担を軽減するため、中間評価・事後評価ヒアリング評価から書面評価への変更、半期レポートの簡略化等の取組を進めています。

その他の公募区分や詳細については「表1 令和7年度新規課題の公募区分」や、ERCAウェブサイトを御参照ください。

今回の令和8年度新規課題公募の開始時期は令和7年9月頃を予定しています。引き続き地方環境研究所からも積極的に応募いただきますよう、ご検討の程、よろしくお願いいたします。

参考：ERCAウェブサイト 推進費新規課題の公募について（令和7年度）

https://www.erca.go.jp/suishinhi/koubo/r07_koubo_1.html

表1 令和7年度新規課題の公募区分

公募区分	最大年間 支援額	研究 期間
環境問題対応型研究 (一般・技術実証型)	4千万円	3年 以内
環境問題対応型研究 (ミディアムファンディング枠)	2千万円	
次世代事業(補助率1/2)	1億円又 は2億円	
革新型研究開発(若手枠A)	6百万円	
革新型研究開発(若手枠B)	3百万円	
戦略的研究開発(Ⅰ)	3億円	5年 以内
戦略的研究開発(Ⅱ)	1億円	3年 以内

2. 今回公募の行政ニーズ

環境政策貢献型の競争的研究費である推進費においては、研究課題の募集にあたり、環境省が設定する行政要請貢献テーマ(行政ニーズ)に沿った研究開発の推進を求めています。

今回の公募では、統合領域で5件、気候変動領域で4件、

資源循環領域で5件、自然共生領域で13件、安全確保領域で26件の合計53件の行政ニーズを提示しました。

行政ニーズの策定にあたっては、各都道府県及び政令指定都市等の環境担当部局宛てに地方ニーズの照会を行っており、今回提示した行政ニーズの中には、地方公共団体から提案いただいたニーズに対応・関係するものも含まれており、本稿で紹介致します。

今後、令和8年度新規課題公募における行政ニーズ策定にあたり、各都道府県及び政令指定都市等の環境担当部局長宛てに地方ニーズの照会をする予定です。多くのご提案をお待ちしておりますので、ご検討の程、よろしくお願い致します。

その他の行政ニーズを確認されたい場合は、次参考サイトにある「(別添資料1) 令和7年度新規課題に対する行政要請研究テーマ(行政ニーズ)について」を御参照ください。

参考：ERCAウェブサイト 公募要領・応募様式等(令和7年度)

https://www.erca.go.jp/suishinhi/koubo/r07_koubo_2.html

---地方公共団体からの提案に対応・関係する行政ニーズ---

自然共生領域	No. 4-13
行政ニーズテーマ名	湖沼の健全性や豊かさの評価指標及び持続可能な利活用に向けた情報発信手法に関する研究
研究開発の背景・必要性	湖沼は、飲料水や農業用水、漁獲物、水質浄化、生き物の生息場所、レクリエーションなどの多様な生態系サービスを保有している重要な地域資源であり、持続的に活用することが必要である。このためには、湖沼のもつ豊かさなどを多面的な観点から定量的に評価する手法や地域資源としての魅力を地域住民や観光客等に広める情報発信手法や合意形成等の開発が必要である。
環境省が求める研究開発の成果(科学的知見)	湖沼環境の改善状況とその取組について、国民の理解をより深めるため、①これまでにない多面的な観点から湖沼の健全性や豊かさを定量的に把握・評価するものとして、生態系モデルをベースとした指標や目標値等の設定及び数値化等の評価手法を確立するとともに、②DXを用いた技術を活用することによる、「国民への」、「国民からの」双方向型の情報発信・受信データを集約し、地域住民や湖沼関係者へ視覚的でわかりやすい情報を発信する新たな手法を確立する。
研究開発成果の活用方法	湖沼は観光、水産、教育等の側面を持つ重要な地域資源であることから、湖沼の健全性評価の結果を発信するとともに、「人と湖がふれあえる」、「湖から享受できる水産資源等がある」などの情報により、湖沼を訪問した人等から発信してもらうことによる観光、ビジネスへの展開も見据えた取組を図り、湖沼の水環境と持続的利用に向けた住民の合意形成及び地域社会の発展又は協同活動を促進することが期待される。

安全確保領域	No. 5-24
行政ニーズテーマ名	閉鎖性水域における底層溶存酸素の改善に向けた要因解明及び効果的な対策に関する研究
研究開発の背景・必要性	底層溶存酸素量（以下「底層D0」という）は魚類等の生育・生息にとって重要であり、平成28年に生活環境の保全に関する環境基準に追加され、琵琶湖、東京湾等において水域類型が指定された。閉鎖性水域では、富栄養化による植物プランクトンの大量発生や港湾利用等に伴う埋立により水の流動が阻害される等、様々な要因により底層D0が低下しやすくなる特徴を有しており、水質改善策の検討がなされているが、効果的な改善策や貧酸素水塊発生要因の定量的評価方法が未確立である。このため、底層D0の低下の主な要因として考えられる、陸域からの栄養塩類の流入負荷、底質による溶存酸素消費量、その他の水温上昇等のいずれのインパクトが大きいかを解析する必要がある。また、貧酸素水塊の発生を抑制するため、栄養塩の流入負荷削減や浚渫・覆砂等の効果を継続的に把握・影響評価を行うための底質の簡便なモニタリング手法を開発することで貧酸素水塊の形成メカニズムの解明や効果的な水質改善方策を検討する必要がある。 ・水質汚濁に係る生活環境の保全に関する環境基準の見直しについて（答申）（平成27年12月 中央環境審議会） https://www.env.go.jp/content/900500500.pdf ・底層溶存酸素量に係る環境基準の水域類型の指定について（答申）（令和3年7月中央環境審議会） https://www.env.go.jp/council/toshin/t09-r0304.pdf ・伊勢湾・大阪湾における底層溶存酸素量に係る 水質環境基準の水域類型の指定について（令和4年12月 環境省水・大気環境局水環境課） https://www.env.go.jp/press/press_00963.html
環境省が求める研究開発の成果（科学的知見）	底質のD0消費に関する現状把握や改善効果の検証に活用できるよう、以下を検討する。 ・簡便なモニタリングが可能な底質D0消費速度測定法や栄養塩類の溶出に関する測定法の開発を複数の閉鎖性水域を対象に行い、底質改善対策効果評価手法を構築する。 ・陸域負荷・底質・その他の水温上昇等の要因のうち底層D0低下に関与する因子の抽出手法を確立する。 ・我が国の代表的な閉鎖性水域における貧酸素水塊の発生状況や底質を含めた閉鎖性水域の物質循環メカニズムを比較・類型化を行う。 以上により、環境基準の達成に向けた低コストかつ効果的な水質改善方策の検討につながる成果が得られることを期待する。
研究開発成果の活用方法	本研究により、閉鎖性水域における底層D0の低下要因を低コストでかつ短時間でモニタリングすることができる。このことにより、各水域において底層D0が低下しやすくなる場所を特定し、当該地点の状況に応じて効果的な底層D0の改善策を選択することができる。さらには、その改善策を踏まえて底層D0の類型指定を行った水域における目標値の達成率と達成期間の検討に活用を行い、底層環境の改善に大きく貢献する。

＜支部だより＞

東海・近畿・北陸支部

全国環境研東海・近畿・北陸支部の活動として、第38回支部研究会について報告します。

(支部事務局：石川県保健環境センター)

1. 開催日：令和6年1月

2. 会場：堺市総合福祉会館（堺市）

3. 事務局：堺市衛生研究所

4. 発表演題：16題

(1) 第1日：1月25日（木）

① 飛灰中PFASの抽出法に関する検討
(大阪府立環境農林水産総合研究所)

② 奈良県における異常水質の原因特定事例について
(奈良県景観・環境総合センター)

③ 都市ごみ焼却施設での近年のごみ質の変化に関する統計的解析
(大阪市立環境科学研究センター)

④ ヘリウムガス問題に対する工場排水検査での対応について
(堺市衛生研究所)

⑤ GC/MSによる水質中のn-ブチル-2,3-エポキシプロピルエーテル分析法の検討
(和歌山県環境衛生研究センター)

⑥ 福井県の主要河川におけるポリオキシエチレンアルキルエーテルの実態調査
(福井県衛生環境研究センター)

⑦ GC-MS更新におけるヘリウム供給不足への対策等
(石川県保健環境センター)

⑧ 奈良県内大気中のホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの状況
(奈良県景観・環境総合センター)

⑨ 岐阜県におけるPM_{2.5}粒子中の多環芳香族炭化水素キノン類の環境動態について
(岐阜県保健環境研究所)

⑩ 名古屋市内の地下水の滞留時間の推定
(名古屋市環境科学調査センター)

(2) 第2日：1月26日（金）

⑪ 藍藻を用いた生長阻害試験の構築と湖沼流入河川への適用
(福井県衛生環境研究センター)

⑫ 大阪府域における有害大気汚染物質濃度の地点ごとの特徴について
(大阪府立環境農林水産総合研究所)

⑬ 窒素酸化物に注目した大気環境常時監視の結果について
(滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

⑭ ヒ素分析における前処理方法の検討
(堺市衛生研究所)

⑮ 干潟底質中の微生物による陸域由来腐葉土の無機化
(（公財）ひょうご環境創造協会
兵庫県環境研究センター)

⑯ 富山湾沿岸海域の海藻藻場における二酸化炭素吸収量の評価
(富山県環境科学センター)

編集後記

9月末に発生した石川県能登半島の集中豪雨により、亡くなられた方々のご冥福をお祈りするとともに、被災された方々に心よりお見舞い申し上げます。

二十四節気のひとつである「冬至」、今年は12月21日から来年1月4日までです。昨年の暖冬から一転し、今年の冬は全国的に平年並みと予想され、冬らしい冬になるといわれています。冬至に関することわざに、「冬至、冬中、冬始め」があります。「歴の上では冬至は冬の真ん中だが、本格的な冬の寒さは、冬至の頃から始まる」という意味だそうです。冬至には、「ん」のつく食べ物を食べると縁起が良いとされています。にんじん、なんきん（かぼちゃ）、だいこん等、「ん」のつく食べ物の他にも、白菜、ゆず、ブリ、牡蠣など冬に旬を迎える食べ物はたくさんあります。栄養をしっかり摂り、寒い冬を乗り切りましょう。

さて、11月22日に、北九州市立水環境館において、「令和6年度福岡県内保健環境研究所合同発表会」が開催されました。この発表会は、福岡県内の3つの保健環境研究所（福岡県、福岡市、北九州市）の職員が一堂に会して、研究成果の発表や情報交換を行うもので、平成23年にスタートしました。今回は「水環境」を発表テーマとして、本市からは、「よみがえった洞海湾 ～洞海湾の今と昔～」、「北九州市保健環境研究所におけるGC/MSを用いた揮発性化学物質一斉分析法開発の歴史」、「北九州市内河川におけるマイクロプラスチックの調査結果と考察」の3題を発表しました。環境を取り巻く課題が複雑化・多様化する中で、各地方環境研究所の連携は益々重要になってまいります。今後もこのような発表会などを通じて、各機関との連携を深めていきたいと思っております。

ちなみに、今回の発表会の会場となった「水環境館」は、本市最大の二級河川である紫川沿いにある水環境の学習施設です。地下にはアクリル製の大きな河川観察窓があり、紫川の汽水域の生物の川の中の自然な姿を窓越しに見ることができます。下の写真の右上部に見えるのが、その観察窓です。その他にも、紫川に生息する生物が水槽展示されているコーナーや、河川について学べるコーナーもあり、非常に充実した施設です。また、例年4月から11月の間、紫川でカヌー体験も楽しめます。北九州市にお越しの際には、ぜひ水環境館を訪れてみてください。



合同発表会会場の様子

最後になりましたが、巻頭言を執筆していただいた福岡県環境創造センター所長の青木様、特集「一斉分析～一斉分析方法開発の振り返りと最近の動向・活用事例～」にご寄稿頂きました皆様、論説及び報文を投稿していただいた皆様、「環境省ニュース」を執筆していただいた環境省環境研究技術室様、「支部だより」を執筆していただいた石川県保健環境センター様、お忙しいところご協力をいただき、ありがとうございました。また、全国各支部会員の皆様におかれましては、今後とも会誌への積極的な投稿についてご協力をお願いいたします。

（北九州市保健環境研究所）

令和6年度

全国環境研協議会広報部会

＜ 部 会 長 ＞ 北九州市保健環境研究所長
＜ 広報部会担当理事 ＞ 福岡県保健環境研究所長

季刊 全国環境研会誌 Vol.49 No.4(通巻173号)

Journal of Environmental Laboratories Association

2024年12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