

ISSN 2424-1083

季刊 全国環境研究会誌

JOURNAL OF ENVIRONMENTAL LABORATORIES ASSOCIATION

Vol.51 No.2 2026 (通巻 179 号)



目 次

【巻頭言】

豊かな環境を次世代に継承するために～知識や技術の継承を～ …………… 後藤 忠史 / 1

【特 集／各学会併設全環研集会・研究発表会】

第66回大気環境学会年会特別集会（併設集会）の概要 …………… 新潟県保健環境科学研究所 / 2

第36回廃棄物資源循環学会研究発表会併設全国環境研協議会研究発表会の概要
…………… 新潟県保健環境科学研究所 / 5

令和7年度全国環境研協議会企画部会騒音振動担当者会議の概要 …… 新潟県保健環境科学研究所 / 8

第60回日本水環境学会年会併設全国環境研協議会研究集会の概要 …… 新潟県保健環境科学研究所 / 12

【報 文】

愛媛県内の公共用水域及び地下水のPFAS調査について
…………… 紺田 明宏・黒瀬 陽平・村上 友弥・大森 智史 / 15

霞ヶ浦沿岸におけるアオコの発生傾向およびアオコの発生と関係する環境因子の解析
…………… 木村 夏紀・長濱 祐美・片倉 洋一・福島 武彦 / 21

PM_{2.5}計テーブろ紙上スポットのスキャナー取込画像による元素状炭素濃度簡易測定法
－2025年3月26日のPM_{2.5}高濃度事例への適用例－
…………… 中込 和徳・赤池 史子・山寄 琢磨・酒井 文雄 / 27

AIを活用した後方流跡線解析による光化学オキシダントおよび微小粒子状物質の越境汚染影響評価に
ついて …………… 三苫 洋介・坂寄 代志夫・陣矢 大助・山口 理香
岩村 幸美・首藤 礼・高橋 宏志朗 / 34

福岡県の特定外来生物および類似種を対象とした植物同定アプリの識別能力の検証
…………… 金子 洋平・須田 隆一 / 39

福岡県の沿岸海域における採捕と環境DNAメタバーコーディングによる魚類相調査結果の比較
…………… 中島 淳・平川 周作・金子 洋平 / 46

【環境省ニュース】

環境研究総合推進費，地域脱炭素に関する動向及び「第3次気候変動影響評価報告書」（令和8年2月）
について …………… 環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室 / 53

支部だより＝北海道・東北支部/ 57，「全国環境研会誌」投稿規定/ 58，「全国環境研会誌」編集後記/ 60

C O N T E N T S

PFAS Survey of Public Water Bodies and Groundwater in Ehime Prefecture

..... Akihiro KONDA, Youhei KUROSE

Tomoya MURAKAMI, Satoshi OOMORI / 15

Patterns of Cyanobacterial Blooms Occurrence along the Shores of Lake Kasumigaura and Relationships with Offshore Environmental Factors

..... Natsuki KIMURA, Yumi NAGAHAMA

Yoichi KATAKURA, Takehiko FUKUSHIMA / 21

A simple method for measuring elemental carbon concentrations based on scanned images of spots on PM_{2.5} monitor tape filter : Applied example for the high-concentration PM_{2.5} event on March 26, 2025.

..... Kazunori NAKAGOMI, Fumiko AKAIKE

Takuma YAMAZAKI, Fumio SAKAI / 27

Evaluation of Transboundary Pollution Impacts of Photochemical Oxidants and PM_{2.5} Using AI-Enhanced Backward Trajectory Analysis

..... Yousuke MITOMA, Yoshio SAKAZAKI, Daisuke JINYA

Rika YAMAGUCHI, Tomomi IWAMURA, Aya SHUTOU, Koushirou TAKAHASHI / 34

Assessing the identification accuracy of plant recognition apps for designated invasive alien species and look-alike species in Fukuoka Prefecture

..... Yohei KANEKO, Ryuichi SUDA / 39

Comparative Analysis of Fish Fauna Surveys in Coastal Waters Using Capture-Based Sampling and Environmental DNA Metabarcoding in Fukuoka Prefecture, northern Kyushu, Japan

..... Jun NAKAJIMA, Shusaku HIRAKAWA, Yohei KANEKO / 46

◆巻頭言◆

豊かな環境を次世代に継承するために
～知識や技術の継承を～

山形県環境科学研究センター所長 後藤 忠史



令和8年度の全国環境研協議会の会長を務めさせていただくことになりました。山形県環境科学研究センター所長の後藤です。全国環境研協議会会員機関の皆様には、地域の環境問題にとどまらず、全国規模、そして地球規模の環境問題まで幅広い課題の解決に向け、日々調査研究に御尽力いただいておりますことに深く敬意を表します。

令和7、8年度は全国環境研協議会北海道・東北支部長も務めさせていただいており、どちらか一方の職でも重責であるところ、「二足のわらじ」は非常に重く、過去に遡って修正動議を出したくなる気持ちも正直ございますが、いただいた職務を引き受け、皆様とともに歩む所存です。

私自身、15年ぶりの当センター着任となりました。

前は、桜の開花に続き、サクランボ、モモ、ラ・フランス、リンゴと果樹の花々が咲いていくのを楽しみながら通勤したのですが、今年はそれらの花々が競争するかのように咲き誇りました。「初夏の宝石」と称されるサクランボですがこの数年は高温に悩まされ、全国の生産量の4分の3を占める山形県でも収穫が落ち込み、高温に強い新品種「やまがた紅王」への転換を進めるなど、熱中症対策だけでなく農産物についても気候変動への適応の必要性を実感しているところです。

また、昨年秋ごろから、全国的にクマの出没情報が非常に多くなり、この春も目撃や人身被害が出てきております。山形県では、旅館の中にツキノワグマが留まるなど、令和7年度は緊急銃猟の件数が全国一多い県となりました。昨年の山の実りは、ブナだけでなくナラ類も凶作で、ツキノワグマの出没は多くなると予想されておりましたが、これほどになるとは思いもよらず、自然環境の変化が私たちの生活環境に及ぼす影響は測り知れないと感じております。

さて、近年、我々を取り巻く環境は、公害防止に端を発する従来からの大気汚染や水質汚濁対策の環境問題に加え、気候変動対策など新たな取り組みが増えてきてお

ります。さらに、感染症の流行、気候変動が原因の一つである災害の激甚化・頻発化、PFAS等の新たな化学物質による環境汚染の懸念など、複合的かつ突発的なリスクが顕在化するようになりました。このような中で、我々地方環境研究所には、定例的な調査・分析に加え、有事の際の即応力、環境行政や地域住民等との連携調整、そして調査研究の成果の分かりやすい情報発信が求められています。

地方環境研究所の存在意義を明確にするためにも、地域ならではの現場に即した調査研究成果を全国に発信していくことが重要であり、そのためには技術力の維持・向上はもちろん、人材育成とネットワークの強化が不可欠となっています。

職員の世代交代が進む中、人材の確保はもちろんのこと、熟練の職員から若手職員への知識や技術、経験の継承に意識的に取り組んでいく必要があります。また、環境省の環境調査研修所の分析研修をはじめとした様々な研修や会合に現地参加することにより、一緒に学んだ仲間を増やし研究者同士のネットワークを構築し、全国にいる仲間との情報共有を進め、新たな連携や取り組みにつながる事が期待されます。さらに、環境省や国立研究開発法人国立環境研究所、大学、民間企業、NPOなどと連携したネットワークを広げていき、最新技術や知見を迅速に取り入れる体制を築いていきたいものです。

最後になりますが、私たちは先人の築いてきた豊かな自然環境を次世代に継承していかなければなりません。社会経済や地球環境がめまぐるしく変化し続ける時代ですが、全環研協議会会員の皆様と協働してこの取組を進めてまいります。どうぞ、御指導、御協力を賜りますようお願い申し上げます。

それでは皆様、第52巻第1号の北海道・東北支部長巻頭言でまたお会いしましょう。

＜特集＞各学会併設全環研集会・研究発表会

第66回大気環境学会年会 特別集会（併設集会）の概要

新潟県保健環境科学研究所

1. はじめに

全環研研究集会（大気分野）を令和7年9月17日（水）に名古屋大学東山キャンパスで行った。

本年度は、令和4年度から6年度（第8期）に実施された国立環境研究所と地方環境研究機関等との共同研究（以下Ⅱ型共同研究）「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み」をテーマとした。上記Ⅱ型共同研究で実施した成果を紹介し、第9期の研究に生かすべく、参加者との意見交換を行った。集会は、茶谷聡氏と菅田誠治氏（ともに国立環境研究所）を座長として8題の講演が行われ、その概要は以下のとおりである。

2. 各発表概要

2.1 大気汚染に係るⅡ型共同研究の歩みと第8期の概要

（国立研究開発法人 国立環境研究所 菅田 誠治）

Ⅱ型共同研究等の課題では環境に係る様々な研究テーマが研究対象とされているが、その中で、大気汚染を研究対象としたⅡ型共同研究は平成13年度から現在に至るまで足掛け25年間継続的に実施されている。

この大気汚染に係るⅡ型共同研究のこれまでの歩みを振り返るとともに、本特別集会のテーマである通称第8期の「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み」について概要を説明した。

2.2 光化学オキシダントにおける高濃度出現状況の経年変化

（群馬県衛生環境研究所 熊谷 貴美代）

光化学オキシダント（以下、 O_x ）環境基準達成率は全国で極めて低い水準であり、環境基準達成率の観点では改善効果は見られていない。それだけでなく、関東などでは、 O_x 高濃度事象によって注意報が毎年発令されている状況である。この O_x 問題に対する共通認識のもと、本研究グループでは、 O_x 対策効果の評価や今後の対策立案に資する基礎的知見の取得を目的に、① O_x 経年変化解

析、② O_x 高濃度事例解析、③ O_x 基準超過要因解析、④ O_x 新指標評価、⑤VOC高時間分解能観測に取り組んできた。本発表では①の O_x 経年変化解析の結果について紹介した。

2011～2020年度を対象に O_x 、ポテンシャルオゾンなどについて昼夜別平均や月別平均、高濃度出現頻度などの経年変化を解析した。その結果、関東では内陸地点において夏の O_x ピーク時間帯の高濃度が減少し、その一方で春は増加傾向であることが分かった。北日本や九州などでは60ppb以上の出現頻度は春に集中しており、 O_x 濃度は横ばいから増加傾向となっている地点が多かった。 O_x 濃度レベルが高い関東地方とそれ以外の地方では濃度トレンドが異なること、また同じ地域内でもトレンドの増減の程度は異なる場合があることも明らかとなった。

2.3 光化学オキシダントに影響を与える気象条件の解析について

（名古屋市環境科学調査センター 久恒 邦裕）

O_x は、環境基準の未達成率が高い状態が続いており、その対策は重要な課題となっている。 O_x 生成反応の前駆物質である大気中の NO_x とVOC濃度は、様々な対策により以前と比較して低下しているが、 O_x 濃度は依然として高いレベルにある。その要因の一つは複雑な反応機構にあり、その過程に対して気象条件等が一定レベル寄与していると考えられる。そのため、経年的な傾向を正しく評価し、前駆物質に対する対策の影響を把握するために、気象条件等の影響を正確に把握する必要がある。そのため、本来であれば前駆物質の発生源情報や O_x の生成・消滅の各過程を逐次的に把握する必要があるが、前述の通り複雑な反応機構を含んだ全体を正確に把握することは難しい。その対策の一つとして、統計モデルを用いた回帰分析が挙げられる。しかし説明変数の選択には O_x 濃度と気象条件等との関係性を把握する必要がある。

8期においては、 O_x 濃度に対する気象等の影響について定性的に把握するため、 O_x 濃度の一時間値と、同時刻の気象データ等の関係性を調べた。地点は、群馬県、千

葉県、山梨県、福井県、愛知県、島根県を取り上げ比較した。気象や雨量および風速の $0x$ 濃度に対する影響はいずれの地点でも大きな違いはなかった。一方、風向の影響については、地点ごとに大きく異なっていた。また、気象条件ではないが、月ごとや曜日ごとの傾向についても、地点ごとに違いが見られ、統計モデルの説明変数として考慮する必要のあることが示唆された。

2.4 高時間分解能で観測したVOC濃度の地点比較について

（大阪府立環境農林水産総合研究所 西村 理恵）

VOCの光化学反応性は成分により異なるため、効果的な $0x$ 汚染対策のあり方を検討するためには、地域ごとの $0x$ とVOC成分との関係を明らかにすることが重要である。そこで、2023年夏と2024年春に、都市2地点および都市郊外3地点でVOCを高時間分解能で観測し、 $0x$ との関係を比較した。2023年夏は $0x$ 濃度が高く、光化学反応がより活発であった。VOC濃度や日内変動は地点により異なり、発生源や海風の影響が示唆された。OFPによる評価から、トルエン、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドが全地点で $0x$ 生成への寄与が大きい成分と考えられ、高時間分解能観測結果の地点比較により、 $0x$ 生成に寄与するVOC成分とその反応特性をより詳細に把握できることが示された。

2.5 高時間分解観測によるSOA トレーサー成分の挙動について

（奈良県景観・環境総合センター 村上 友規）

微小粒子状物質（以下、 $PM_{2.5}$ という）は空気力学径が $2.5\mu m$ 未満の粒子状物質であり、その有害性から呼吸器系等への健康影響が懸念されている。特に、有機炭素は $PM_{2.5}$ を構成する主要成分であり、環境動態や生成過程の解明は重要な課題である。有機炭素は発生源から直接排出される一次有機エアロゾルと、VOCが大気中で酸化反応を経て二次的に生成される二次有機エアロゾル（以下、SOAという）に大別される。このうちSOAは、気象及び地理的条件、前駆体となるVOCの反応性など、様々な要因に依存する複雑な生成プロセスであり、知見の集積が望まれている。SOAの発生源や生成過程を評価するための指標成分（以下、SOAトレーサーという）として、特定の有機化合物が提案されている。代表的な例を挙げると、人為起源からは単環芳香族由来の2,3-dihydroxy-4-oxopentanoic acid、植物起源からは α -ピネン由来の3-methyl-1,2,3-butanetricarboxylic acid、イソプレン由来の2-Methylthreitolや2-Methylerythritolなどが、VOC発生源別のSOAトレーサーとして報告されており、有機エアロゾルの発生源と生

成プロセスの解析に広く使用されている。また、先述の通り、SOAはVOCの酸化反応を経て生成されるが、一部のVOCは数分～数時間で分解されることから、従来のフィルタ捕集による観測体制（12～24時間サンプリング）では、日中に急激に変動するVOCの排出及び反応特性や、それに伴う二次生成挙動を詳細に評価することは困難である。特に、光化学反応が活発化する日中において、VOCの消費とSOAの生成は短時間で大きく変動するため、より高い時間分解能を有する観測が必要とされる。そこで、本研究ではSOAトレーサーと前駆物質となるVOCを対象に、昼間の高時間分解条件での同時観測を実施した。

2.6 $PM_{2.5}$ 成分の長期測定データを用いた一次排出・二次生成の変化解析

（埼玉県環境科学国際センター 長谷川 就一）

$PM_{2.5}$ は、様々な発生源に由来する多種多様な成分で構成されるため、平成23年以降、 $PM_{2.5}$ の質量濃度だけでなく成分濃度の測定も、四季各2週間という限られた期間ではあるが行われてきた。これにより得られた成分濃度の経年的な変化を解析することで、一次排出粒子の排出状況や二次生成粒子の前駆物質の発生源対策の効果を推測することができる。そこで、平成23年度～令和4年度の全国の $PM_{2.5}$ 成分測定データを用いて、自動車排ガス、越境汚染、船舶排ガス、硝酸塩の二次生成について、各々に応じた地点・地域、季節、成分などを対象として経年的な変化を解析した。自動車排ガスについては、地域や場所によって程度に差はあるが、 $PM_{2.5}$ に対する影響が経年的に低下したことが明らかになった。越境汚染については、春季及び冬季において概ね低下傾向が見られ、特に九州・沖縄の春季において低下傾向が顕著に現れた。こうした低下傾向は中国における SO_2 排出量の低下と対応していた。船舶排ガスについては、全国的に規制前に比べて規制後に影響が低下し、瀬戸内では周囲の地域よりも規制による改善効果が大きいことが示唆された。硝酸塩の二次生成については、経年的に低下傾向とまでは言えず年々変動しており、それは地域汚染による寄与の大小の影響が大きいことが特に関東で推察された。

2.7 空間統計手法を活用した自治体政策支援の検討

（熊本県保健環境科学研究所 豊永 悟史）

都道府県及び政令市（以下「自治体」という）にとって、大気汚染常時監視の適切かつ効率的な体制構築と運用は重要な政策課題である。本研究グループでは、実測値に基づき空間濃度分布を得る空間統計手法の一つであるRegression Kriging法（以下「RK法」という）に着

目し、これを自治体政策に活用することを目指した取り組みを進めてきた。具体的には、「①RK法を参加自治体で実施できる状態にすること」と「②RK法を参加自治体における行政支援に活用すること」を目的として検討を重ねた。

高度なプログラミング技術が求められるといった技術的障壁等が課題となり、特に自治体におけるRK法の使用例は限られてきた。そこで、RK法の実施を容易にする統計解析環境Rのプログラム（RKscripts）とGUIツール（RKsupport）の開発を行った。参加自治体によるテスト解析も実施し、全自治体で一定の成果を得たことから、これらのプログラム等が技術的障壁等の低減に大きく貢献したと考えられた。さらに、行政的なニーズに応じた検討も各自自治体で進められ、各自が求める空間濃度分布が成果として得られている。

目的①については、開発したプログラム等の活用と各自自治体の努力により概ね達成できたが、目的②については、各自自治体の体制やニーズ等に左右されることもあり、進捗は様々である。今後、今期の成果をさらに発展させていくことが重要である。

2.8 第9期の実施内容紹介と総合討論

（国立研究開発法人 国立環境研究所 茶谷 聡）

O_xの環境基準達成率は依然として低い状態にある。PM_{2.5}の環境基準達成率は100%近くに達しているものの、世界保健機関はより低いガイドライン値を提示している。大気汚染物質による影響を評価するために、行政による大気環境モニタリングを継続させることが重要である。しかしながら、それには多大な労力と費用が必要となっており、これまでのモニタリング結果から言えることを総括した上で、より効果的なモニタリングを探索することが求められている。

そこで、令和7年度から開始する大気汚染に関するⅡ

型共同研究の第9期では、「光化学オキシダント等の有効な対策に向けた新たなデータ解析と効果的な大気環境モニタリングの探索」と題し、前期（令和4～6年度）までに取り組んできたモニタリングデータの解析を進展させ、O_xやPM_{2.5}をはじめとする大気汚染物質濃度の経年変化や高濃度に対する発生源の影響を明らかにする。また、前期で新たに実施し目処が立った統計的解析に本格的に取り組む、要因解析や濃度分布の導出を行う。さらに、大気質シミュレーションの実行環境を整備した上で、解析に役立てる。これらの実施内容から、O_x等の有効な対策に向けた、より効果的なモニタリングを実現するための新たな知見を得る。

＜プログラム＞

1. 大気汚染に係るⅡ型共同研究の歩みと第8期の概要
（国立研究開発法人 国立環境研究所 菅田 誠治）
2. 光化学オキシダントにおける高濃度出現状況の経年変化
（群馬県衛生環境研究所 熊谷 貴美代）
3. 光化学オキシダントに影響を与える気象条件の解析について
（名古屋市環境科学調査センター 久恒 邦裕）
4. 高時間分解能で観測したVOC濃度の地点比較について
（大阪府立環境農林水産総合研究所 西村 理恵）
5. 高時間分解観測によるSOAトレーサー成分の挙動について
（奈良県景観・環境総合センター 村上 友規）
6. PM_{2.5}成分の長期測定データを用いた一次排出・二次生成の変化解析
（埼玉県環境科学国際センター 長谷川 就一）
7. 空間統計手法を活用した自治体政策支援の検討
（熊本県保健環境科学研究所 豊永 悟史）
8. 第9期の実施内容紹介と総合討論
（国立研究開発法人 国立環境研究所 茶谷 聡）

＜特集＞各学会併設全環研集会・研究発表会

第36回廃棄物資源循環学会研究発表会併設 全国環境研協議会研究発表会の概要

新潟県保健環境科学研究所

1. はじめに

令和7年9月19日に廃棄物資源循環学会廃棄物試験・検査法研究部会と全国環境研協議会との共同で、第36回廃棄物資源循環学会研究発表会併設【全国環境研協議会研究発表会】（以下、「併設研究発表会」という）を開催した。

今回、第36回廃棄物資源循環学会研究発表会は現地参加（名古屋大学東山キャンパス [名古屋市]）及びオンライン参加によるハイブリッド形式で開催されており、これにあわせて併設研究発表会を開催した。第1部を全国環境研協議会研究発表会、第2部を廃棄物試験・検査法研究部会との情報交換会とし、会場約40名、オンライン約30名の合計70名程度の方に参加いただいた。

併設研究発表会では、5件の研究発表と3件の情報提供が行われ、その概要は以下のとおりである。

2. 第1部 全国環境研協議会研究発表会

2.1 廃リチウムイオン電池の残存電気量調査

（埼玉県環境科学国際センター 川寄 幹生）

近年リチウムイオン電池やリチウムイオン電池内蔵製品に起因する火災が頻繁に発生していることに起因し、令和7年4月に環境省が通知を発出している。埼玉県下においても、複数のごみ処理施設で火災が発生（原因は不明）している。一方、リチウムイオン電池には、銅やアルミのようなベースメタル、及びコバルトやニッケルのようなレアメタルが含まれていることから、資源循環の観点から、資源の有効な利用の促進に関する法律に基づき、製造事業者等に自主回収・再資源化の責務が課せられているが、回収の実施は一部にとどまっている。

埼玉県では、これらの状況を鑑み、令和5年度から県内に事業所のある民間企業及び県内自治体との連携により、リチウムイオン電池の回収及び、レアメタル回収実証試験を実施している。当センターでは、実証試験の一環で、テープを用いた電池等の絶縁処理の代替として塩水放電処理について検討した。

本発表では、塩水放電試験に用いる電池を確保するた

めに、収集した廃小型電子機器を分解し、その組成及び内蔵充電電池の電池電位、電気容量、残存電気量について調査した。

2.2 マルチベネフィットの視点でとらえた土壁材の再生製品開発に向けた基礎研究

（三重県保健環境研究所 近藤 笑加）

家屋解体工事に伴って発生する壁土や屋根土の土壁材は、土に藁、すさ、糊などの有機物を含み、建設系廃棄物として処理されている。三重県における実態調査結果では、土壁材は家屋解体工事現場で他の廃棄物と分別され、中間処理がされているものの、一部は埋立処分されている。土壁材中の有機物を効果的に除去する処理方法を開発し、土壁材を土木材料にすることができれば、産業廃棄物処理業者の新規事業創出や土壁材の処理費用低下に伴う空き家解体費用の低減など、経済的社会的な効果が生まれることが期待できる。このため、土壁材の再資源化を最終的な目標として、土壁材に含まれる藁などの有機物を除去するための処理方法を実験的に検討した。

2.3 管理型最終処分場での廃棄物の埋立処分における窒素に着目した管理手法に関する研究

（島根県保健環境科学研究所 高木 智史）

島根県では、管内の管理型最終処分場において保有水中の窒素含有量が埋立終了後も高い値で推移し、安定化の遅れが懸念される事例が確認されている。

これを受け、島根県では「管理型最終処分場での廃棄物の埋立処分における窒素に着目した管理手法に関する研究」と題して産業廃棄物最終処分場をフィールドとした廃棄物研究を実施することとした。今回は研究にあたって全国の自治体に行った最終処分場保有水の窒素含有量に関するアンケート調査の結果及び研究の計画について紹介した。

2.4 PFAS測定に用いるフィルターの測定への影響について

(沖縄県衛生環境研究所 井上 豪)

近年、ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS) やペルフルオロオクタン酸 (PFOA) などの有機フッ素化合物 (PFAS) による汚染が全国各地で確認され、今後水道水質基準にPFOS/PFOAが追加される予定となっている。公共用水域でも要監視項目の指針値 (暫定) から指針値となる予定で、検査体制を整えることは急務となっている。現時点で廃棄物について規制基準はないが、国内外の廃棄物処分場の処理前浸出水からPFASの検出が報告されるなど、今後測定や対策等を行う必要が生じることが想定される。当所では令和5年度より環境研究総合推進費「最終処分場浸出水等に含まれる POPs 等の排出機構の解明とリスク低減技術の開発」(JPMEERF20233003)に参加し、測定方法の開発や廃棄物からの溶出試験の検討等を行っている。この検討の中で各種検体のろ過を行ったところ、用いたフィルターによっては測定値に大きな影響を及ぼしたものがあったので、その内容について報告した。

2.5 廃タイヤのフロー把握とTWP (Tire Wear Particles) に関する調査研究

(地方独立行政法人北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所 永洞 真一郎)

廃タイヤは廃棄物処理法において「適正処理困難物」とされており、不法投棄がしばしば発生している。しかし一般社団法人日本自動車タイヤ協会が発行する「日本のタイヤ産業」によると、近年廃タイヤの切断品/破砕品の海外からの輸入が増加していると記されており、財務省貿易統計における「ゴムくず」の年間輸入量は急速に増加している。これは日本国内の事業者による熱源としての需要増によるものと考えられる。これは2024年に公布され、一部が今年2月から施行されている「資源循環の促進のための再資源化事業等の高度化に関する法律」において、化石燃料を代替する「燃料化」も再資源化に該当するとされていることが影響していると考えられる。一方で、国際自然保護連合は、2017年に公表した報告書の中で、世界各国からの海洋へのマイクロプラスチックの排出量を150万トン、そのうちタイヤ摩耗片の寄与を28%と見積もっており、タイヤに起因する環境問題への関心が高まっている。そこで、廃棄物セクタからの温室効果ガス排出削減に貢献するため、北海道における廃タイヤのフロー把握を目指すとともに、タイヤの摩耗により発生するタイヤ由来マイクロプラスチック (Tire Wear Particles) の排出量の算出を試みた。

3. 第2部 廃棄物試験・検査法研究部会との情報交換会 (廃棄物の試験・検査に係る最近の話題)

3.1 広範なPFAS管理のための廃棄物・環境分析に関する研究

(国立研究開発法人国立環境研究所 松神 秀徳)

最近注目を集めているPFASについて、水道水や公共用水域からの検出状況や各国での飲用水規制状況を紹介され、こうした背景から地環研に対応が求められる局面が増加していることを踏まえ、令和7年度より3か年で国立環境研究所 (国環研) と地方環境研究所 (地環研) とで共同研究を開始したとのことである。共同研究においては、地環研におけるPFAS管理のための分析力の強化とネットワークづくりを目的として、地環研のPFAS分析に係る現状の把握、標準液や実試料を用いた相互検定を進めているとのことで、最終的には地環研と環境省・地方行政との橋渡し、PFAS管理のための分析基盤構築、環境整備に貢献することを目指すとのことである。質疑応答では、PFASに対する社会的関心が高いことからフィールド調査が難しい、精密分析によってPFASの発生源を推定できるのではないかといった意見があった。

3.2 レベル3 建材からの石綿散逸問題に関するこれまでの取組みと今後の展開

(大阪市立環境科学センター 酒井 護)

石綿含有建材のうち、大気汚染防止法上の特定建築材料とされていない成形板などのいわゆるレベル3建材は現在でも大量に使用されているが、劣化したレベル3建材から降雨などにより石綿繊維が散逸する事象が確認されたことを踏まえ、令和6年度より3か年で国環研と地環研とで共同研究を開始した。共同研究においては、類似の石綿散逸事例を把握するための自治体アンケート、実験的検討を含む散逸実態の調査、散逸による影響のモデル化、散逸による影響を最小化するための方策検討を進めている。質疑応答では、建材の経年劣化により石綿の元素組成が変わることで分析が難しくなるのではないかと、建材から散逸して一旦環境に蓄積した石綿の再飛散をどのように評価するのかといった質問・意見があった。

3.3 令和6年度産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法検討業務の報告

(株式会社環境管理センター 仲地 愛子)

2025年10月に施行された「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法」(環告13号)改正の要点や、環告13号の将来的な改正に向けた検討内容のうち六価クロムの前処理法 (鉄共沈改善法) 検討結果について紹介した。令和元年度に改正された六価クロムの試験方法 (以前の試験

方法から発色試薬と酸の添加順を変更)でも回収率が十分でない試料に対しても回収率の改善が見込める。また、環告13号改正の効果検証のための共同試験を2025年度後半に実施することについて、参加の呼びかけがあった。質疑応答では、六価クロムの旧試験方法(令和元年改正以前の方法)の制定の経緯や旧試験法を適用することが妥当な試料の有無、鉛の試験における妨害などについての質問があった。

＜プログラム＞

第1部 全国環境研協議会研究発表会

座長：新潟県保健環境科学研究所 大野 勝之

- 1.1 廃リチウムイオン電池の残存電気量調査
(埼玉県環境科学国際センター 川崎 幹生)
- 1.2 マルチベネフィットの視点でとらえた土壁材の再生製品開発に向けた基礎研究
(三重県保健環境研究所 近藤 笑加)
- 1.3 管理型最終処分場での廃棄物の埋立処分における窒素に着目した管理手法に関する研究
(島根県保健環境科学研究所 高木 智史)

- 1.4 PFAS測定に用いるフィルターの測定への影響について
(沖縄県衛生環境研究所 井上 豪)
- 1.5 廃タイヤのフロー把握とTWP (Tire Wear Particles)に関する調査研究
(地方独立行政法人北海道立総合研究機構 エネルギー・環境・地質研究所 永洞 真一郎)

第2部 廃棄物試験・検査法研究部会との情報交換会

座長：国立環境開発法人国立環境研究所 山本 貴士

- 2.1 広範なPFAS管理のための廃棄物・環境分析に関する研究
(国立環境開発法人国立環境研究所 松神 秀徳)
- 2.2 レベル3 建材からの石綿散逸問題に関するこれまでの取組みと今後の展開
(大阪市立環境科学研究センター 酒井 護)
- 2.3 令和6年度産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法検討業務の報告
(株式会社環境管理センター 仲地 愛子)

＜特集＞各学会併設全環研集会・研究発表会

令和7年度全国環境研協議会企画部会 騒音振動担当者会議の概要

新潟県保健環境科学研究所

1. はじめに

令和7年度の全国環境研協議会企画部会騒音振動担当者会議を令和7年12月22日（月）にZoomを用いオンラインで開催した。参加者は55名であった。

今回は特別講演1題、一般講演2題の講演があった。それぞれの講演後、質疑がなされた。講演の概要は以下のとおりである。

2. 特別講演

環境省における騒音・振動対策の取組について

（環境省 水・大気環境局

環境管理課 環境汚染対策室 桑原 厚

モビリティ環境対策課 桑原 翔

モビリティ環境対策課 山本 敬介）

環境省における騒音・振動対策の取組について次のとおり説明があった。

(1) 環境省 水・大気環境局の概要

令和5年7月1日に、大気・水・土壌・騒音・振動環境を一体的に管理する体制を構築するため、また喫緊の政府重要課題である脱炭素（運輸部門の温暖化対策）や海洋環境の保全を強力に推進するため、水・大気環境局の組織再編を実施した。

(2) 騒音・振動規制の概説

環境基本法では、大気・水・土壌及び騒音に関する環境基準を定め、基準が確保されるよう、政府が公害防止施策を講じることを規定している。

環境基準は、一般環境騒音、自動車騒音、新幹線鉄道騒音及び航空機騒音について定めており、令和5年度の達成率は、一般環境騒音が90.0%、自動車騒音が95.0%、新幹線鉄道騒音が50.0%、そして航空機騒音が87.0%であった。

また、総務省公害等調整委員会が実施した令和5年度公害苦情調査によると、典型7公害の種類別公害苦

情受付件数のうち、騒音・振動の占める割合は、騒音が38.6%、振動が4.5%となっており、近年増加傾向にある。環境省が実施している騒音規制法・振動規制法における苦情件数も同様の傾向であり、また、苦情の内訳は騒音・振動ともに建設作業が最も多い。

新たな騒音問題として、我が国において導入拡大傾向にある風力発電施設や省エネ型家庭用温水器等について、これらから発生する音に関する騒音苦情が地方自治体等に寄せられている。環境省では風車から発生する騒音による生活環境への影響を未然に防止するために、「風力発電施設から発生する騒音に関する指針」及び「風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル」を平成29年5月に公表した。また、地方公共団体の担当者等が苦情解決の手引きとして使用できるよう「省エネ型温水器等から発生する騒音対応に関するガイドブック」を令和2年3月に公表した。

また、工場及び事業場周辺における生活環境の保全を図ることを目的として、引き起こす振動レベルが十分に小さい圧縮機を低振動型圧縮機として型式指定をし、振動規制法における規制対象外とすることによって、その利用の促進を目指しており、令和7年3月現在、12,864型式を指定しHPにて掲載している。

建設作業に係る苦情の実態調査として、令和5年12月27日から令和6年2月5日に政令地方都市及び東京都市・特別区を対象に未規制工事件数に対するアンケート調査を実施した。種類別にみると、解体工事が最多、次いで新築工事と続き、これらで未規制工事全体の約4分の3を占める。作業別にみると、バックホウが最多で、それ以外の作業はいずれも未規制工事全体の1割以下である。この調査結果で未規制工事に係る苦情内容等が一定程度整理されたものの、騒音振動レベルや発生頻度等の実態に係る情報が不足しており、騒音・振動苦情の改善・解決に向けた一層の情報収集が必要である。

2018年10月に、WHO欧州地域事務局が欧州地域向けの環境騒音ガイドラインを公表し、交通騒音、風車騒音等について、科学的知見やそれを踏まえた推奨値、今後の調査研究に対する示唆など幅広い内容を提示した。WHOのレポートによると、2019年のワークショップで、WHOのガイドラインに沿った加盟国の騒音規制実施時の課題や障壁が明らかになった。最大の障壁は、ガイドライン値が達成不可能なほど低い値であるため、実現可能ではないということであった。さらに、多くの回答者は、現在の自国の騒音規制値とガイドライン値とのギャップが大きすぎるため、中間目標が必要であると指摘した。

(3) 自動車騒音について

騒音規制法（S43.6.10）第十八条に基づき、各地方公共団体において常時監視を行い、環境省へ報告することが定められている。常時監視における道路に面する地域の環境基準の達成状況の把握については、道路に面する地域における面的評価（評価区間ごとに当該評価区間内の全ての住居等のうち、環境基準値を超過する戸数（割合）を把握すること）により行う。令和5年度の達成状況は、95.0%であった。

自動車騒音対策のうち環境省は発生源対策となる自動車単体騒音対策に取り組んでいる。

騒音規制法第十六条に基づき、自動車騒音の大きさの許容限度が定められている。騒音規制法の許容限度が確保されるように考慮して、道路運送車両の保安基準が定められ、自動車の生産販売や運転の段階において実体的な騒音規制が実施される（自動車単体騒音対策）。自動車騒音の大きさの許容限度については、環境庁告示（S50.9.4）により定められており、この告示の改正に伴い、累次の規制強化がなされてきている。第一号では新規検査を受けようとする車両等への許容限度を定めている。自動車の種別に応じて、加速走行騒音、定常走行騒音、近接排気騒音の大きさの許容限度を定めている。第二号～四号では使用過程車に対する許容限度、第五号では圧縮空気騒音、第六号ではタイヤ車外騒音の許容限度を定めている。

自動車騒音の大きさの許容限度の見直しを行うにあたっては、中央環境審議会大気・騒音振動部会の基に設置された自動車単体騒音専門委員会の調査内容等の報告について中央環境審議会大気・騒音振動部会で審議がなされ、環境大臣に対して答申が示される。平成17年（2005年）に行われた諮問「今後の自動車単体騒音低減対策のあり方について」を受け、中央環境審議会大気・騒音振動部会において四つの答申が取りまとめられている。そのうち、第四次答申（2022.6.23）

では、特に四輪車の加速走行騒音規制について、R51-03のフェーズ3の規制値と調和することが適当とされ、適用時期についても示された。環境省では、第四次答申で示された検討課題を踏まえ、検討に必要な実態調査等を実施しており、同自動車単体騒音専門委員会（第23回）（2025.5.16）では今後の対応が示されている。

(4) 新幹線鉄道・航空機騒音について

新幹線鉄道騒音に係る環境基準は、「生活環境を保全し、人の健康の保護に資する上で維持することが望ましい基準」として規定されている。

環境基準の達成に向けた騒音対策としては、新幹線鉄道騒音対策実施要綱（S51.3.5 閣議了解）に基づき、車両・構造物の改修・維持による音源対策、障害防止対策及び沿線地域の土地利用対策等がある。音源対策が新幹線鉄道の騒音防止又は軽減を図る上で最も基本的な施策であることを鑑み、事業者において同対策を実施している。環境基準の達成状況は、令和5年度は483地点中241地点で達成（50.0%）、近年は同程度の水準で推移している。更なる達成のためには、音源対策に加え、沿線対策として計測地点や類型指定の適正化、土地利用対策の推進が必要な状況である。

環境省は音源対策や土地利用対策等の推進を図っている。音源対策の推進としては、75dB対策の推進や、自治体に対して新幹線鉄道騒音測定・評価マニュアル（R7.6 環境省）の改訂等により計測地点の標準化、測定結果の適正化を促している。土地利用対策等の推進としては、類型指定の見直しに向けた文書を発出し、適正化を促すとともに、交通騒音問題未然防止のための沿道・沿線対策に関するガイドラインの策定等を実施している。

新幹線鉄道騒音・測定マニュアルについて、各地方公共団体等にばらつきがあるため、統一的な手法に基づいて測定・評価できるよう改訂した（R7.6）。主な改訂点として、全国的な環境基準の達成状況を把握するための統一的な測定評価、標準測定点の精緻化、騒音計の取り扱い等が挙げられる。令和8年度からは、改訂後の新マニュアルに準拠した測定の実施が求められるため、自治体の測定地点周辺の住居立地状況や平面図・断面図、測定現場写真等で改めて確認をお願いする。

類型指定の運用通知（環水大自発第2008071号、令和2年8月7日）について、処理基準の適切な運用について依頼したものである。居住者のいない地域の類型指定は適切でないこと、住居系の用途地域は類型Ⅰを、その他の地域は類型Ⅱとすること、定期的な（概

ね5年ごとの)見直しを実施すること等を依頼している。

航空機騒音に係る環境基準については L_{den} (時間帯補正等価騒音レベル)という指標を用いている。環境基準達成に向けた騒音対策は、航空機の低騒音化、防音堤・防音林の整備、夜間の離着陸規制、運航方式の改良、騒音に応じた着陸料体系の設定、騒防法、周辺整備法等に基づく住宅防音工事等である。達成状況をみると、令和5年度は592地点中515地点で達成(87.0%)しており、近年は概ね横ばいの傾向にある。

環境省の取組としては、沿線騒音のモニタリング、地方公共団体測定結果のとりまとめ、国土交通省と防衛省に対して未達成箇所の早期達成を要請、航空機騒音測定の方針、講習会での周知を行っている。

航空機騒音測定・評価マニュアルについて、最大騒音レベルと単発騒音暴露レベル、測定地点、測定期間、データ処理に関する整理について概要を説明した。

3. 一般講演

3.1 県営名古屋空港周辺の短期調査地点における航空機騒音の新旧評価指標の比較検討について

(愛知県環境調査センター 田中 陽)

(1) 背景・目的

航空機騒音に係る環境基準が2007年に改正され、騒音の評価指標がWECPNL(加重等価平均感覚騒音レベル)から L_{den} (時間帯補正等価騒音レベル)に移行し、新しい環境基準は2013年4月に施行された。新旧環境基準の値の差は13となっているが、調査結果ではこの値からの乖離が見られる。当所では県営名古屋空港周辺の常時調査地点(1地点)及び短期調査地点(7地点)で航空機騒音を測定しており、常時調査地点については、騒音継続時間を20秒と仮定しているWECPNLの算出過程で実際の継続時間による補正を行うことにより、WECPNLと L_{den} の差が13に近づくことが報告されている。そこで、短期調査地点での測定結果についても同様の継続時間補正を適用して、新旧評価指標の比較検討を行った。

(2) 調査方法

県営名古屋空港周辺の7地点で、2018年度～2023年度までの各年度、2週間の連続測定により取得したデータを対象とした。測定は航空機騒音測定・評価マニュアルに基づいて行い、測定装置はリオン(株)製航空機騒音自動測定装置NA-37を使用した。

WECPNLの算出過程では、騒音の最大値と20秒と仮定した継続時間から、騒音のエネルギー計算を三角形近似により行っている。本調査では、1機ごとの騒音の最大値($L_{A, Smax}$)を実際の継続時間で補正して、WECPNLを算出した。

(3) 結果と考察

継続時間補正の結果、各地点ともWECPNLと L_{den} の差(W-L)の値が13に近づく傾向が見られた。W-Lの値の13からの乖離の原因として、実測の継続時間の20秒からの多寡によりWECPNLが過小に評価される場合と、過大に評価される場合があることが考えられる。

補正前のW-Lの値はWECPNLの増加に伴い大きな値となっていた。各地点で $L_{A, Smax}$ が上位の騒音は、継続時間20秒以下の範囲で多く観測され、WECPNLが大きな日にWECPNLの過大評価が生じる傾向があるためと見られる。

地点により継続時間ごとの測定回数分布に特徴があり、音源となる航空機との位置関係が要因として考えられる。WECPNLとW-Lの相関が強く、さらにWECPNLとW-Lの近似直線の傾きの大きい上位2地点では、20秒未満と20秒以上の時間域それぞれに測定回数のピークがあった。

L_{EA} に対する継続時間と $L_{A, Smax}$ の関係について、 L_{EA} はWECPNLの算出過程での近似値と同様、 L_{den} の算出過程における積分値も、継続時間よりは $L_{A, Smax}$ との相関が高い傾向にあった。

今後は、中部国際空港周辺の調査地点についても同様の検討を行うことにより、地点ごとの特徴等、新たな知見が得られる可能性がある。

3.2 スマホ騒音計測アプリの性能調査

(神奈川県環境科学センター 西野 健太郎)

(1) 背景・目的

近年、スマホにインストールできる騒音計測アプリが普及し、住民が自らスマホによる騒音計測を実施し、結果を行政に提示して申し立て・相談を寄せることが増えている。

一方、スマホ騒音計測アプリは多くの人が利用できるため、音に関する環境学習などでの利活用が期待できる。

そこで、ランキングサイトに掲載されていたアプリから5種を選定し、性能や特性について検討を行った。

(2) アプリの性能調査

①音響性能調査

無響室で騒音計との音源別比較調査を実施した。音

源には定常騒音としてセミの鳴き声、変動騒音としてお祭り、道路交通、工場、間欠騒音として新幹線鉄道、在来鉄道、航空機、衝撃騒音として火球、拍子木を選択した。平均の比較については、騒音計の測定値とアプリの計測値は±10dBの範囲に収まるものの、一致するものはなかった。

一方、最大の比較については、騒音レベルが大きいほど乖離が小さい傾向にあった。しかし一方で、拍子木では逆に30dB以上低い値を示すアプリが存在した。

②繰り返し精度調査

1つのアプリについて、平均と最大の繰り返し精度を確認した。平均については、標準偏差が0.1～0.2程度であったが、最大の標準偏差は0.5～1.6程度であった。

③周波数特性調査

1/3オクターブバンド中心周波数500Hz, 1,000Hz, 4,000Hz又は8,000Hzの音について、それぞれ40dBから80dBまで10dBピッチ(5段階)に音量を調節し、騒音計と結果を比較したところ、騒音レベルの大小と計測値の大小に関係があった。ただし、一部のアプリで、8,000Hz帯の高周波側が感知できなかった。

(3) 考察

騒音レベルの精度確認結果より、アプリは騒音計との乖離が大きく、法規制対象の騒音の測定には適さない。

繰り返し精度調査の結果より、平均についてはばらつきが小さく、最大と比較すると安定したデータが得られる傾向にあることから、定常騒音の計測値を「平均」で読み取ることとすれば、アプリの利用可能性拡大に繋がる。

周波数特性調査の結果より、騒音レベルの大小と計測値の大小に一定の関係が確認され、日常生活で観測される音に関しては「音の大小関係」は把握可能と思われた。

(4) 今後の課題

アプリを使用した騒音相談を受け付けた場合、騒音計による測定結果とアプリの計測結果に乖離が生じることについて行政当局者はどのように説明すればよいか検討する必要がある。

計測アプリの「絶対値」については騒音計と乖離している。一方、「絶対値の比較」は、同一アプリ内では可能であることが示唆され(騒音レベルの大小と、アプリ計測値の大小に関係性がある)、例えばレベル比較を念頭に置いた使用方法などを検討する必要がある。

＜プログラム＞

1. 特別講演

環境省における騒音・振動対策の取組について
(環境省 水・大気環境局
環境管理課 環境汚染対策室 桑原 厚
モビリティ環境対策課 桑原 翔
モビリティ環境対策課 山本 敬介)

2. 一般講演

(1) 県営名古屋空港周辺の短期調査地点における航空機騒音の新旧評価指標の比較検討について
(愛知県環境調査センター 田中 陽)

(2) スマホ騒音計測アプリの性能調査
(神奈川県環境科学センター 西野 健太郎)

＜特集＞各学会併設全環研集会・研究発表会

第60回日本水環境学会年会併設 全国環境研協議会研究集会の概要

新潟県保健環境科学研究所

1. はじめに

本研究集会は、水環境分野の行政施策や調査研究の一層の充実を図るため、また、地方環境研究所会員同士の情報交換の場として、毎年日本水環境学会年会実行委員会の協力のもと開催している。

今年度は、令和8年3月11日（水）に中央大学多摩キャンパスにて開催し、参加者は地方環境研究所の研究員を中心に約70名であった。

例年と同様に2部構成とし、第1部は一般発表として9題、第2部は特別講演を1題の計10題で、以下のプログラムにて発表・講演が行われた。各発表・講演の概要を2.及び3.に示す。

＜プログラム＞

－第1部－ 一般発表

座長（1.1～5）：公益財団法人ひょうご環境創造協会
兵庫県環境研究センター 宮崎 一
（日本水環境学会地域水環境行政研究
委員会副委員長）

座長（1.6～9）：山梨県衛生環境研究所
長谷川 裕弥
（日本水環境学会地域水環境行政研究
委員会幹事）

- 1.1 3D-EEM法を用いた沖縄県における生活排水由来汚染指標としての蛍光成分フルオレセインの適用可能性
（沖縄県衛生環境研究所 城間 一哲）
- 1.2 千葉市の水域における有機フッ素化合物調査
（千葉市環境保健研究所 都築 康平）
- 1.3 新潟県内河川における有機フッ素化合物の状況調査
（新潟県保健環境科学研究所 松谷 亮）
- 1.4 検水中PFASの採水容器への吸着性の評価及びその対策の検討
（熊本県保健環境科学研究所 中堀 靖範）

- 1.5 多段階泡沫処理によるPFAS除去の検討
（大阪府立環境農林水産総合研究所 足立 里菜）
- 1.6 藍藻Microcystis ichthyoblabeの温度耐性及び塩分耐性試験
（島根県保健環境科学研究所 小川 智大）
- 1.7 琵琶湖におけるアオコ構成種の変化および近年のアオコ発生動向について
（滋賀県琵琶湖環境科学センター 那須 文彰）
- 1.8 琵琶湖北湖のりん酸イオンの変動から見る水質形成機構の変化について
（滋賀県琵琶湖環境科学センター 安達 大輝）
- 1.9 諏訪湖の温度成層と溶存酸素濃度の経年変化
（長野県諏訪湖環境研究センター 宮澤 正徳）

－第2部－ 特別講演

座長：新潟県保健環境科学研究所 武 直子

- 2.1 気候変動が閉鎖性海域の水環境に及ぼす影響と栄養塩類管理に向けて
（国立開発研究法人国立環境研究所 東 博紀）

2. 第1部 一般発表

3D-EEM法を用いた沖縄県における生活排水由来汚染指標としての蛍光成分フルオレセインの適用可能性

（沖縄県衛生環境研究所 城間 一哲）

シャワーのみの入浴が主流の沖縄県で、3D-EEM法を用いた蛍光成分フルオレセインによる生活排水由来汚染指標の適用性を検証した。下水処理場の流入水・放流水およびホテル排水を調査した結果、沖縄県でもフルオレセインが検出された。季節変動は他県と同様の傾向を示したが、温暖な気候のため変動差は小さかった。一部宿泊施設も排出源となる可能性が示され、フルオレセインが生活排水由来汚染の有用な指標となり得ることが示唆された。

千葉市の水域における有機フッ素化合物調査

(千葉市環境保健研究所 都築 康平)

千葉市内の水域における有機フッ素化合物 (PFAS) の実態調査を2008年度から継続して実施しており、2025年度は河川および東京湾の11地点で採水し、LC/MS/MSにより18物質を測定した。その結果、葭川では地点により濃度差が見られたが、流下に伴う低下傾向を確認した。PFOS・PFOAの合算値はいずれも指針値 (50ng/L以下) を下回ったが、東京湾ではPFBA等の高値が観測され、継続的な監視が必要と考えられた。

新潟県内河川における有機フッ素化合物の状況調査

(新潟県保健環境科学研究所 松谷 亮)

新潟県内河川におけるPFAS (PFOS, PFOA, PFHxS) の実態把握を目的に、県内全79地点で実施した調査結果をまとめた。令和6~7年度の調査の結果、いずれの地点でも指針値 (PFOS・PFOAで合計50ng/L) を超える検出はなかった。比較的高濃度が確認された栗ノ木川で、季節変動や一般項目との相関を確認したが、明確な汚染源の特定には至らなかった。

検水中PFASの採水容器への吸着性の評価及びその対策の検討

(熊本県保健環境科学研究所 中堀 靖範)

PFOS及びPFOA等のPFASを含む水を容器 (ポリプロピレンもしくはガラス製) に冷蔵保存し、保存期間中の検水中の濃度変化 (容器への吸着性) を評価した。炭素鎖が長い物質ほど吸着しやすく、保存水量が少ない又は保存時間が長いほど吸着が進行しやすいことを確認した。対策として、満水近くで採水する、採水後速やかに分析する、採水容器へのサロゲート添加、採水容器のメタノール洗浄等が有効であることを示した。

多段階泡沫処理によるPFAS除去の検討

(大阪府立環境農林水産総合研究所 足立 里菜)

廃棄物最終処分場浸出水中に含まれるPFASの新たな低コスト除去技術として泡沫分離処理の有効性を検討した。活性炭処理やRO膜の課題を踏まえ、泡沫分離によるPFAS除去特性、炭素鎖長依存性、多段階処理による濃縮効果を評価した。その結果、特にPFOA・PFOSなど長鎖PFASで高い除去・濃縮が確認され、pHや温度の影響も小さいことから、既存水処理工程への導入の可能性が示された。

藍藻*Microcystis ichthyoblabe*の温度耐性及び塩分耐性試験

(島根県保健環境科学研究所 小川 智大)

宍道湖産の藍藻*Microcystis ichthyoblabe*を対象に、高温 (32.5, 35.0°C) およびさまざまな塩分条件 (2.0~9.7 psu) 下での増殖特性を培養試験により評価した。その結果、低塩分 (~4.6 psu) では35.0°Cでも増殖は維持されたが、高温・高塩分条件ほど早期に白色化や増殖抑制が確認された。将来の高温・高塩分化により、宍道湖のアオコは小規模・短期化していく可能性が示唆された。

琵琶湖におけるアオコ構成種の変化および近年のアオコ発生動向について

(滋賀県琵琶湖環境科学研究センター 那須 文彰)

1983年の初確認以降の琵琶湖におけるアオコ構成種の長期的な変化を整理した。その結果、アナベナ属やミクロキスティス属など優占種が年代・年度ごとに変化してきたこと、特に近年はジェオスミン産生種が確認されており、水道水の異臭味問題の顕著化が見られることが分かった。また、近年の発生動向を整理したところ、西岸部での長期発生が顕著であることが示された。長期発生の要因としては水草の繁茂や少雨など、湖水が滞留しやすい状況が続いたためと考えられた。

琵琶湖北湖のりん酸イオンの変動から見る水質形成機構の変化について

(滋賀県琵琶湖環境科学研究センター 安達 大輝)

琵琶湖北湖におけるりん酸イオン (PO_4^{3-}) の経月、経年変動および平面分布を解析し、水質形成機構の変化を考察した。近年、2月と3月の PO_4^{3-} が高く、各月の過去最大値を更新した。この要因は、水温躍層の沈降・解消の遅れによる深水層からの高濃度のまとまった栄養塩回帰と考えられた。これに伴い、春にプランクトンが増加し、その沈降により底層D0のさらなる低下・長期化を引き起こしている可能性がある。水質形成機構の変化が顕在化しており、継続的監視が重要である。

諏訪湖の温度成層と溶存酸素濃度の経年変化

(長野県諏訪湖環境研究センター 宮澤 正徳)

諏訪湖における水温成層と溶存酸素濃度 (DO) の長期変化を、2000~2006年と2017~2024年の観測データを用いて解析した。水深0.5mと5mの密度差を指標に成層期間を評価した結果、成層の開始は早期化し終了は晩期化するなど、成層期間の長期化が確認され、温暖化の影響が示唆された。一方、底層D0の低下 (貧酸素状態) には明確な経年変化は見られず、今後の継続的な観測と詳細解析が必要であると考えられる。

3. 第2部 特別講演

国立環境研究所の東博紀上級主幹研究員に「気候変動と水環境」をテーマに依頼し、下記の演題で講演をいただいた。概要は以下のとおり。

気候変動が閉鎖性海域の水環境に及ぼす影響と栄養塩類管理に向けて

(国立開発研究法人国立環境研究所 東 博紀)

日本の閉鎖性海域は、高度経済成長期に著しく水質が悪化したが、総量削減などの長年の取組みにより水質は改善した。しかし、生物の多様性や生産性は依然として低迷が続いている。加えて、近年は気候変動の影響が顕在化し、ノリの色落ちの頻発化や藻場の磯焼け、有用魚介類の急減などの漁業被害や生態系の異常が全国各地で相次いで発生している。

今後の環境保全は気候変動の影響を踏まえた対応が求められる。豊かな海の実現に向けて新たに創設された栄養塩類管理制度もその一つである。以上を背景として国立環境研究所では、気候変動が閉鎖性海域の水環境に及ぼす影響と適応策に関する研究を2016年度より進めてきた。その中で、日本の閉鎖性海域（瀬戸内海、東京湾、伊勢・三河湾、有明海・八代海など）を対象として、気候変動が水環境と生物生産性に及ぼす影響を陸域-海域シミュレーションを用いて総合的に評価し、今後の負荷削減や栄養塩類管理や適応策の方向性を示した。

現在気候と将来気候（RCP2.6, RCP8.5等）のシミュレーション結果を解析したところ、降水量の年平均値には有意な変化が見られないものの、豪雨と少雨の二極化が進み、淡水流出や栄養塩流入の季節変動が強まること示された。海水温は、特に昇温傾向が強いRCP8.5で年間を通じて3~4℃上昇し、夏季には30℃を超える海域が拡大することが予測された。その結果、植物プランクトンの一次生産は冬・春に増加する一方、夏・秋には高温に

より顕著に低下し、年間総生産は減少傾向となることが示された。これに対応して、DIN（溶存態無機窒素）濃度は冬季に低下し、ノリ漁期の栄養塩不足が深刻化することが示唆された。

貧酸素水塊については、水温上昇に伴う物理的要因により拡大・長期化する海域がある一方、夏季の一次生産低下によって無酸素水塊は減少すると予測された。負荷削減の効果を予測した結果、東京湾では一定の効果が示されたが、伊勢湾の湾中部など地形的要因が支配的と考えられる海域では効果が限定的であった。

さらに、広島県呉市・広湾における下水処理場の季節別運転を対象として栄養塩類管理の効果をモデルで解析した結果、DIN濃度は約1割上昇したものの、植物プランクトンへの効果は限定的であること、その効果には季節性があり、海水交換が支配していることが示された。

今後は一律の削減から脱却し、海域別・季節別の順応的管理等のきめ細やかな水質管理が求められるが、気候変動による影響は海域による差異が大きいに留意する必要がある。また、シミュレーション結果を活用する際には、モデルに考慮されていない生物の影響などの不確実性が含まれていることにも注意が必要である。

4. 総括

今回の研究集会では、一般発表が9題と多数の発表が行われ、地方環境研究所の取り組みや研究について情報交換を行う場として、非常に有意義なものとなった。発表や講演に対する質疑応答も活発に行われ、終始盛会であったことを喜ばしく思う。特別講演をお引き受けいただいた国立環境研究所の東上級主幹研究員をはじめ、発表者の皆様、座長として円滑な会の進行にご尽力いただいた方々、ならびに日本水環境学会関係者の皆様に、心より感謝申し上げます。

<報 文>

愛媛県内の公共用水域及び地下水のPFAS調査について*

紺田明宏**・黒瀬陽平***・村上友弥**・大森智史**

キーワード ①有機フッ素化合物 ②公共用水域 ③地下水 ④愛媛県

要 旨

愛媛県内の公共用水域及び地下水のPFOS及びPFOAの概況調査を令和6年度及び令和7年度に実施した。PFOS及びPFOAに併せてPFHxS、PFNAの分析も実施した。調査の結果、PFOS及びPFOAの指針値を超過する地点は確認されず、河川・湖沼36地点の平均2.2 ng/L、海域28地点の平均0.7 ng/L、地下水25地点の平均1.9 ng/Lであった。一方で、比較的高濃度を検出した河川地点も存在した。今後も県内全域での状況把握を進めていくとともに、比較的高濃度であった地点は継続監視を実施するなど、水環境中のPFASの存在状況に関する知見の集積を進め、県民の安全・安心な生活環境の確保に努める。

1. はじめに

PFASとは、主に炭素及びフッ素から構成される化学物質であるペルフルオロアルキル化合物及びポリフルオロアルキル化合物の総称であり、非常に安定な構造を有することから分解耐性、耐水性、耐薬性など優れた物性を示し、幅広い用途で使用されてきた。その一方で、環境中における高い残留性や人への健康被害の影響が懸念されていることから、PFASの一種であるPFOS、PFOA及びPFHxSについては、化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）により製造・輸入が禁止され、さらに長い炭素鎖を有するLC-PFCAについても、今後禁止される見込みである¹⁾。また、環境省は、水環境中における検出状況などの知見集積の観点から、令和2年にPFOS及びPFOAを公共用水域及び地下水における要監視項目²⁾に追加するとともに、指針値（暫定）50 ng/Lを設定した。その後、令和3年にPFHxSを要調査項目³⁾に追加、令和7年にPFOS及びPFOAの指針値（暫定）を指針値に変更、PFBS、PFBA、PFPeA、PFHxA、PFHpA、PFNA及びHFPO-DAを要調査項目に追加している¹⁾。令和6年度における公共用水域及び地下水の都道府県等によるPFOS及びPFOAの測定は、47都道府県、3941地点で実施されており、測定地点は年々増加している⁴⁾。

本県では、PFASの分析に必要なLC/MS/MSの整備を行い、県内（中核市である松山市を除く）の公共用水域及び地

下水のPFOS及びPFOAの概況調査を令和6年度及び令和7年度に実施したので、その結果を報告する。

2. 調査方法

2.1 調査対象

PFOS及びPFOAに併せて要調査項目であるPFHxS及びPFNA（LC-PFCAの一種）の調査を行った。なお、PFHxS及びPFNAは令和6年度の下半期から調査を実施した。

2.2 調査地点

水質汚濁防止法の規定に基づき定める公共用水域及び地下水の水質測定計画⁵⁾により図1に示す地点で調査を実施した。公共用水域調査は、環境基準点及び補足地点のうち、工場排水等により有害物質による汚染のおそれがあるとして従来から調査している地点等、計64地点（河川34地点、湖沼2地点、海域28地点）で調査を実施した。地下水調査は、新たな汚染を発見するための概況調査20地点及び内陸部に位置する廃棄物最終処分場周辺500 m以内の井戸5地点、計25地点で調査を実施した。

2.3 調査期間

公共用水域は各年度上半期（5月）、下半期（11月及び12月）、地下水は各年度上半期（7月）に各地点1回調査を実施した。

*PFAS Survey of Public Water Bodies and Groundwater in Ehime Prefecture

**Akihiro KONDA, Tomoya MURAKAMI, Satoshi OOMORI（愛媛県立衛生環境研究所）Ehime Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science

***Youhei KUROSE（愛媛県東予地方局）Ehime Prefectural Office of Toyo Region

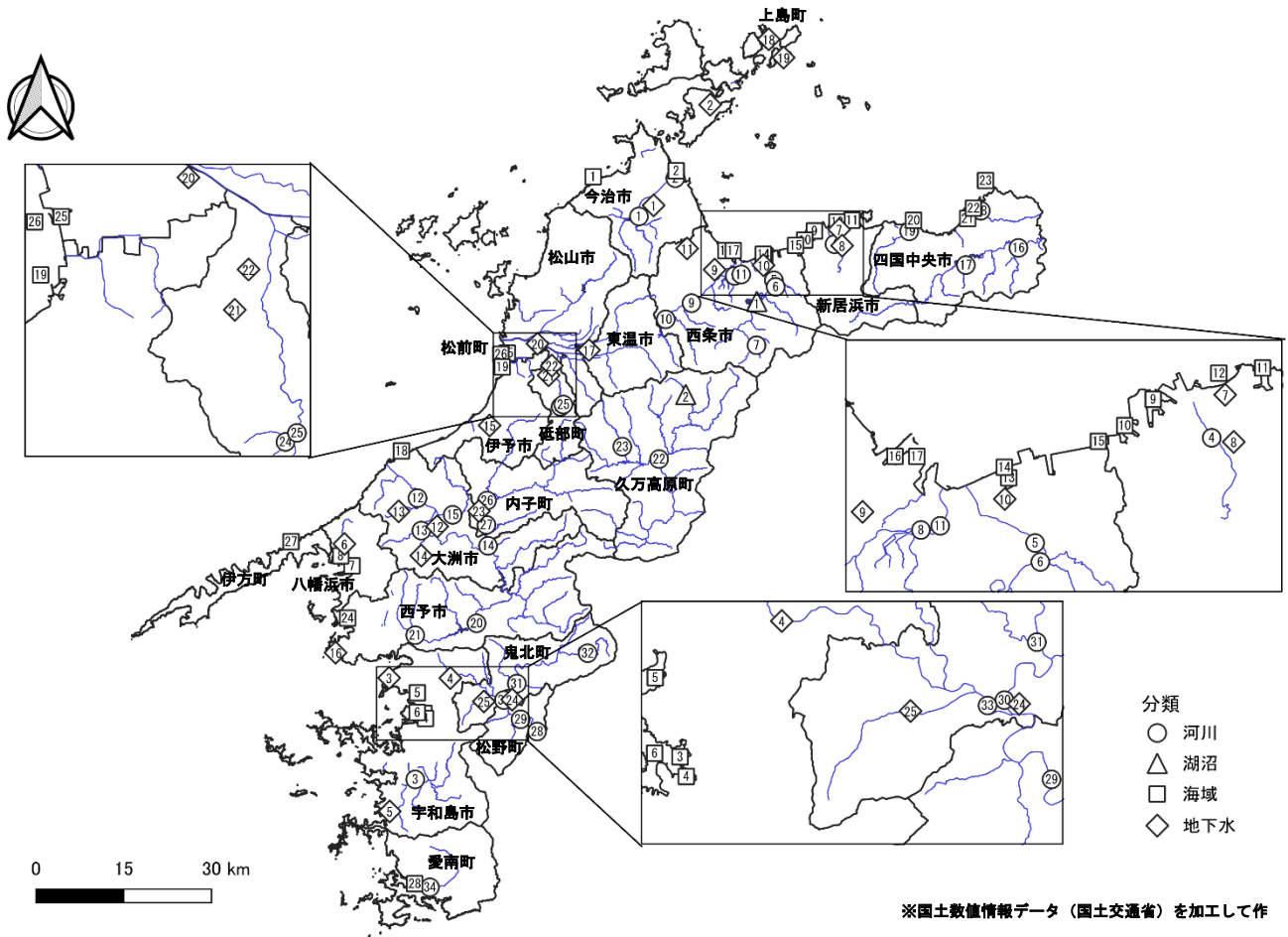


図1 測定地点

3. 分析方法

3.1 試薬等

Wellington Laboratories製のPFAS混合標準溶液 (PFAC-MXA Native PFAS Solution/Mixture) , PFASサロゲート混合標準溶液 (MPFAC-MXA Mass-Labelled PFAS Solution/Mixture) を用い、メタノールにより適宜希釈して標準溶液とした。メタノール (LC/MS用) , アセトニトリル (LC/MS用) , 1 mol/L酢酸アンモニウム (高速液体クロマトグラフ用) , 2 mol/Lアンモニア・メタノール溶液, ギ酸 (99%) (LC/MS用) は富士フィルム和光純薬製を用いた。精製水は超純水製造装置 (Merck製) Milli-Q Integralで製造したものを用いた。

3.2 分析方法・分析条件

環境省の通知法⁶⁾を参照して分析を実施したが、PFOSについて、海水でサロゲート回収率の低下が見られたことから、栗原らの手法⁷⁾を参考に、固相カラム内のイオン性相互作用の強化としてギ酸を添加するとともに、夾雑物除去としてメタノール洗浄を追加した方法で分析を実施した⁸⁾。固相はWaters製のOasis WAX for PFAS Analysisを使用した。分析フローチャートを図2に、LC/MS/MS条件等を表1及び表2に示す。

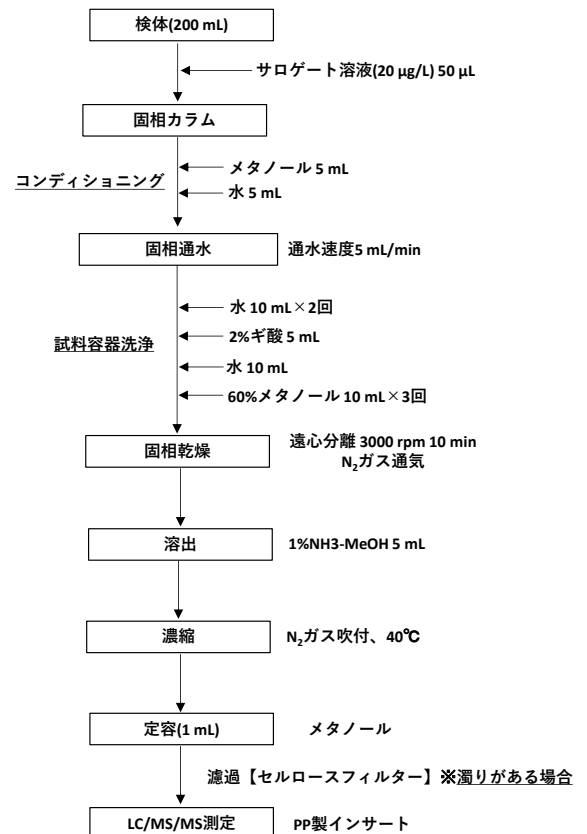


図2 分析フローチャート

表1 LC/MS/MS条件

LC	
使用機種	Agilent 1260 Infinity II
分析カラム	Agilent ZORBAX RRHD Eclipse Plus C18 2.1×100 mm, 3.5 μm
移動相	A : 10 mM 酢酸アンモニウム B : アセトニトリル
	0→0.5 min B : 5% 0.5→3.5 min B : 5%→30% 3.5→28 min B : 30%→100% 28→32 min B : 100% 32→32.1 min B : 100%→5% 32.1→45 min B : 5%
グラジエント	
カラム流量	0.2 mL/min
カラム温度	40℃
試料注入量	2.0 μL
MS	
使用機種	Agilent 6470B
イオン化法	ESI-negative
測定モード	MRM
ガス温度	250℃
ガス流量	10 L/min
ネプライザーガス	40 psi
シースガス温度	300℃
シースガス流量	10 L/min
キャピラリー電圧	2.5 kV
ノズル電圧	0 V

表2 対象物質のMRM条件

対象物質	プリカーサー イオン(m/z)	プロダクト イオン(m/z)	フラグメンター 電圧(V)	コリジョン エネルギー (eV)
PFOS	499	80	140	50
	499	99	140	55
¹³ C ₄ PFOS	503	80	140	60
	503	99	140	55
PFOA	413	369	100	10
	413	169	100	20
¹³ C ₄ PFOA	417	372	100	5
	417	169	100	20
PFHxS	399	80	100	49
	399	99	100	45
¹⁸ O ₂	403	84	100	37
	403	103	100	34
PFNA	463	419	80	8
	463	169	80	18
¹³ C ₅ PFNA	468	423	80	8
	468	169	80	18

※上段：定量イオン，下段：確認イオン

4. 結果と考察

4.1 調査結果

PFOS及びPFOAの検出状況を図3に、PFHxS及びPFNAを含めた測定結果一覧を表3及び表4に、GIS（地理情報システム）を用いて地図上にPFOS及びPFOA濃度をプロットしたものを図4に示す。対象物質の濃度範囲は、PFOSが<0.1~20 ng/L、PFOAが<0.2~25 ng/L、PFOS及びPFOAが<0.3~45 ng/L、PFHxSが<0.1~11 ng/L、PFNAが<0.2~5.3 ng/Lであり、PFOS及びPFOAの指針値50 ng/Lを超過する地点は確認されなかった。

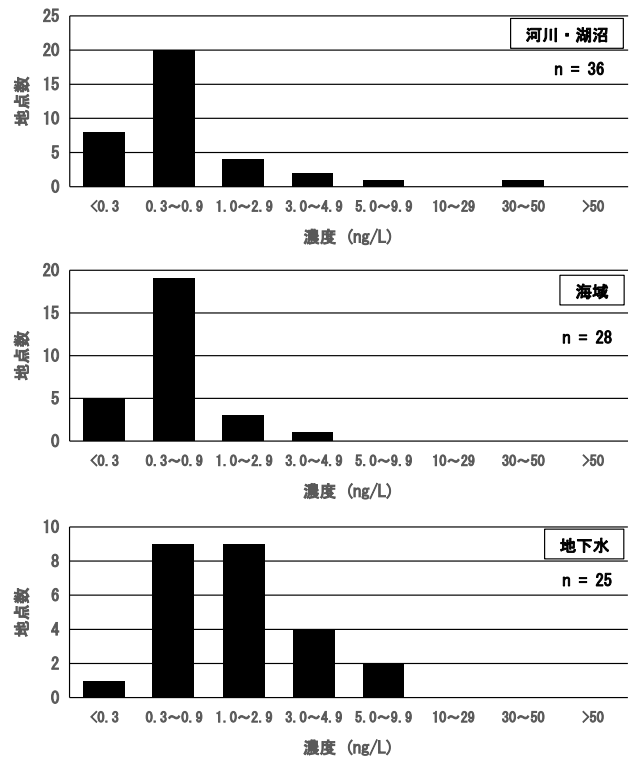


図3 PFOS及びPFOAの検出状況

PFOS及びPFOAについて水域ごとにみると、河川・湖沼36地点の濃度範囲は<0.3~45 ng/L、平均値は2.2 ng/L、不検出である地点は8地点であった。指針値の10分の1以上の地点が2地点、うち1地点は比較的高濃度の45 ng/Lを検出した。指針値を超過していないことから詳細な調査は実施していないが、今後も継続監視するなど注視していくこととしている。

海域28地点の濃度範囲は<0.3~3.2 ng/L、平均値は0.7 ng/L、不検出である地点は5地点であり、指針値の10分の1以上の地点はなかった。1.0 ng/L以上を検出した4地点は港湾区域内にあるなど他地点に比べて陸域からの距離が比較的近く、河川等の影響を受けやすい地点であった。

地下水25地点の濃度範囲は<0.3~6.2 ng/L、平均値は1.9 ng/L、不検出である地点は1地点であり、指針値の10分の1以上の地点が2地点あった。最終処分場周辺の地下水は他地点と同等の水準であった。地下水は1.0 ng/L以上を検出した地点の割合が、河川や海域と比較して高く、地下水が河川等の地表水に比べて流動性が乏しく、汚染が蓄積されやすいことが示唆された。

また、PFHxSについて、不検出である地点が70地点中54地点と最も多かったが、検出された地点はPFOS及びPFOAも比較的高い地点であり、代替物質として利用されてきたことも一因と考えられた。PFNAも同様の傾向であり、不検出である地点が70地点中34地点であった。

表3 測定結果一覧（公共用水域）

水域	地点名	市町名	PFOS	PFOA	PFOS及びPFOA	PFHxS	PFNA
1	落合	今治市	0.1	0.3	0.4	<0.1	0.2
2	蒼社橋下流	今治市	0.9	2.4	3.3	0.1	1.5
3	三島	宇和島市	<0.1	<0.2	<0.3	<0.1	0.2
4	城下橋	新居浜市	0.2	0.3	0.5	<0.1	0.2
5	加茂川橋	西条市	<0.1	<0.2	<0.3	<0.1	<0.2
6	加茂川水域St-7	西条市	<0.1	0.3	0.4	<0.1	<0.2
7	加茂川水域St-8	西条市	<0.1	<0.2	<0.3	<0.1	<0.2
8	中山川橋上流	西条市	0.9	1.6	2.5	0.8	0.9
9	中川橋	西条市	2.7	3.4	6.2	1.2	0.9
10	落合	西条市	20	25	45	11	5.3
11	新兵衛橋	西条市	1.0	2.0	3.1	-	-
12	祇園大橋	大洲市	0.7	1.4	2.1	0.1	0.8
13	肱川橋	大洲市	0.2	0.6	0.8	<0.1	0.5
14	坊屋敷橋	大洲市	0.1	0.4	0.6	<0.1	0.3
15	新大橋	大洲市	0.2	0.8	1.0	<0.1	<0.2
16	寺尾	四国中央市	<0.1	0.4	0.5	<0.1	<0.2
17	上小川	四国中央市	<0.1	0.8	0.9	<0.1	<0.2
18	川之江橋	四国中央市	0.4	0.6	1.1	-	-
19	藤崎橋	四国中央市	<0.1	0.5	0.6	<0.1	<0.2
20	天神橋	西予市	0.3	0.5	0.9	<0.1	0.6
21	下宇和橋	西予市	0.3	0.5	0.9	0.1	0.5
22	仕出	久万高原町	<0.1	<0.2	<0.3	-	-
23	三島橋	久万高原町	0.1	0.5	0.6	-	-
24	砥部川水域St-1	砥部町	0.1	0.2	0.3	<0.1	0.2
25	砥部川水域St-2	砥部町	0.2	0.3	0.5	<0.1	0.4
26	小田川	内子町	0.1	0.3	0.4	<0.1	<0.2
27	肱川水域St-15	内子町	<0.1	0.7	0.8	<0.1	0.2
28	高知県境上流	松野町	<0.1	0.4	0.5	<0.1	0.2
29	吉野橋	松野町	0.1	0.6	0.7	<0.1	<0.2
30	興野々橋	鬼北町	<0.1	<0.2	<0.3	<0.1	<0.2
31	鏡川橋	鬼北町	<0.1	<0.2	<0.3	<0.1	<0.2
32	藤川橋	鬼北町	<0.1	<0.2	<0.3	<0.1	<0.2
33	泉橋	鬼北町	0.1	0.2	0.4	<0.1	0.2
34	観栄橋	愛南町	0.3	<0.2	0.5	<0.1	<0.2
1	ダム堰堤	西条市	<0.1	<0.2	<0.3	<0.1	0.2
2	ダム中央	久万高原町	<0.1	0.2	0.3	<0.1	<0.2
1	波方・大西・菊間海域St-4	今治市	<0.1	0.2	0.3	-	-
2	今治海域St-6	今治市	2.5	0.6	3.2	0.5	0.3
3	宇和島海域St-1	宇和島市	0.1	1.3	1.5	<0.1	0.4
4	宇和島海域St-2	宇和島市	0.6	0.5	1.1	<0.1	0.3
5	吉田海域St-2	宇和島市	<0.1	<0.2	<0.3	<0.1	<0.2
6	宇和島海域St-3	宇和島市	<0.1	<0.2	<0.3	<0.1	<0.2
7	八幡浜・保内海域St-5	八幡浜市	<0.1	<0.2	<0.3	-	-
8	八幡浜・保内海域St-1	八幡浜市	<0.1	0.2	0.3	<0.1	<0.2
9	新居浜海域St-8	新居浜市	0.1	0.3	0.5	<0.1	0.3
10	新居浜海域St-10	新居浜市	<0.1	0.3	0.4	<0.1	0.2
11	新居浜海域St-3	新居浜市	0.1	0.5	0.7	<0.1	0.4
12	新居浜海域St-4	新居浜市	<0.1	0.3	0.4	<0.1	<0.2
13	西条海域St-5	西条市	0.1	0.7	0.8	0.1	0.3
14	西条海域St-6	西条市	0.1	0.3	0.4	-	-
15	西条海域St-1	西条市	0.2	0.2	0.4	<0.1	0.2
16	東予海域St-4	西条市	0.2	0.6	0.9	0.2	0.4
17	東予海域St-2	西条市	0.1	0.6	0.8	<0.1	0.2
18	長浜海域St-2	大洲市	<0.1	0.2	0.3	<0.1	<0.2
19	伊予海域St-1	伊予市	0.1	0.2	0.3	<0.1	<0.2
20	土居海域St-2	四国中央市	0.1	0.5	0.7	0.2	<0.2
21	伊予三島・川之江海域St-6	四国中央市	0.3	1.7	2.0	0.1	1.1
22	伊予三島・川之江海域St-9	四国中央市	0.2	0.4	0.6	-	-
23	伊予三島・川之江海域St-1	四国中央市	0.1	0.2	0.4	-	-
24	三瓶海域St-1	西予市	<0.1	<0.2	<0.3	<0.1	<0.2
25	松前海域St-3	松前町	0.1	0.3	0.5	<0.1	0.2
26	松前海域St-2	松前町	0.1	0.3	0.4	<0.1	0.2
27	伊方海域St-1	伊方町	0.1	<0.2	0.3	<0.1	<0.2
28	内海・御荘海域St-3	愛南町	<0.1	<0.2	<0.3	<0.1	<0.2

単位：ng/L

表4 測定結果一覧（地下水）

水域	地点名	市町名	PFOS	PFOA	PFOS及びPFOA	PFHxS	PFNA
1	玉川町小鴨部	今治市	0.4	0.5	1.0	-	-
2	宮窪町宮窪	今治市	0.1	0.5	0.6	0.4	<0.2
3	吉田町奥浦	宇和島市	<0.1	0.3	0.4	-	-
4	三間町務田	宇和島市	<0.1	0.3	0.4	<0.1	<0.2
5	津島町嵐	宇和島市	0.2	<0.2	0.4	<0.1	<0.2
6	保内町川之石	八幡浜市	0.1	0.6	0.7	<0.1	0.9
7	八幡	新居浜市	1.8	2.5	4.4	0.1	0.8
8	観音原町	新居浜市	0.3	<0.2	0.5	<0.1	<0.2
9	周布	西条市	1.0	5.2	6.2	-	-
10	喜多川	西条市	<0.1	<0.2	<0.3	<0.1	<0.2
11	旦之上	西条市	0.2	0.7	0.9	<0.1	<0.2
12	市木	大洲市	0.8	1.3	2.2	<0.1	0.4
13	地下水	上須戒	0.3	0.9	1.2	<0.1	<0.2
14	地下水	野佐来	2.2	2.4	4.7	0.2	0.5
15	双海町上灘	伊予市	1.2	<0.2	1.4	1.8	<0.2
16	明浜町田之浜	西予市	0.9	0.7	1.6	-	-
17	牛湊	東温市	1.3	2.2	3.5	-	-
18	生名	上島町	1.4	1.1	2.6	-	-
19	弓削鎌田	上島町	<0.1	0.2	0.3	<0.1	<0.2
20	大字中川原	松前町	1.4	4.0	5.5	-	-
21	川井	砥部町	1.7	2.8	4.6	-	-
22	三角	砥部町	0.4	0.8	1.2	0.1	0.4
23	内子	内子町	1.8	<0.2	2.0	-	-
24	興野々	鬼北町	0.1	<0.2	0.3	-	-
25	奈良	鬼北町	0.8	0.4	1.3	<0.1	<0.2

※数字下線地点は最終処分場周辺地点

単位：ng/L

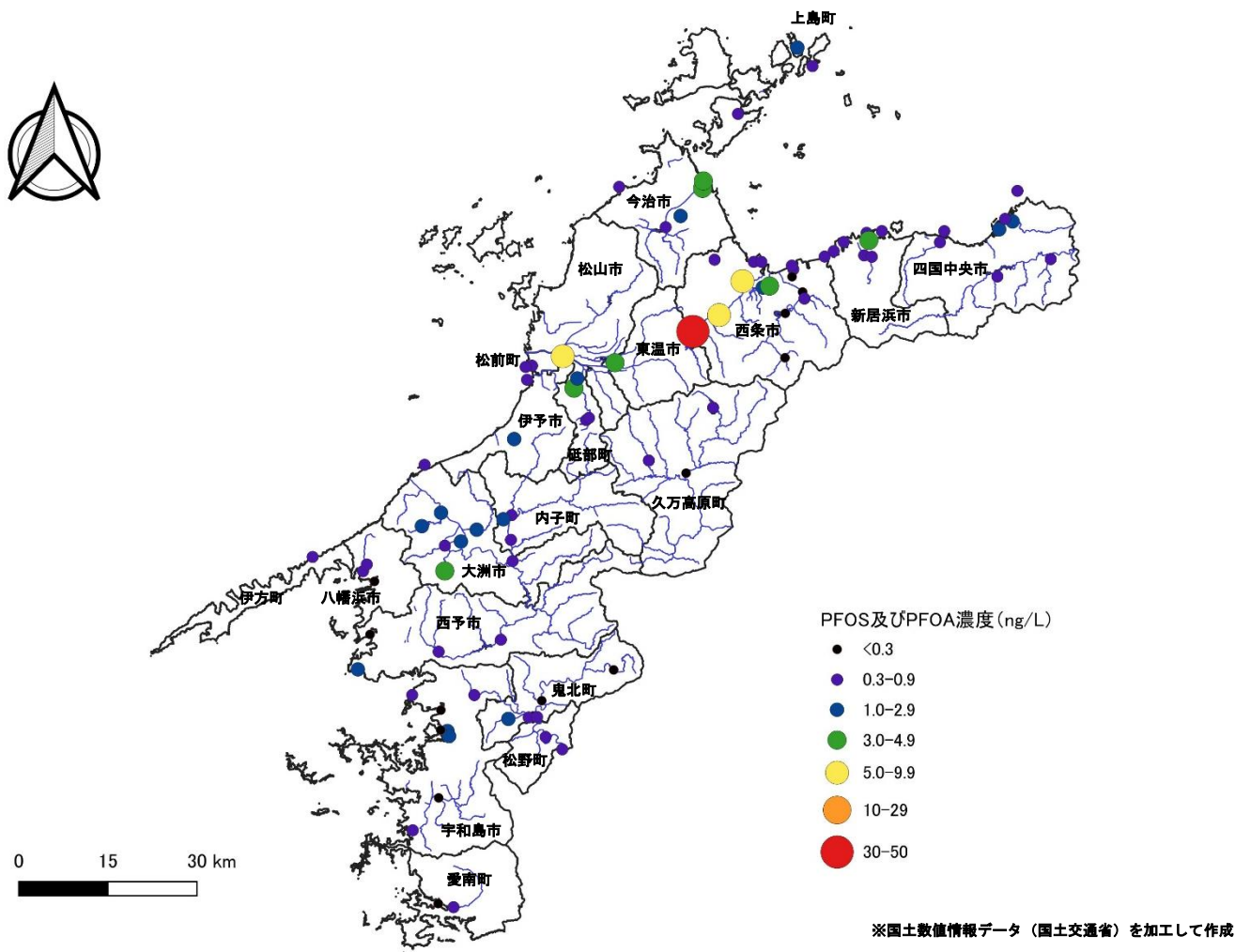


図4 PFOS及びPFOAの県内分布

4.2 過去の県内調査結果との比較

PFOS及びPFOAについて、環境省が平成19年度から平成26年度に実施した要調査項目等調査³⁾によると、河川1地点で0.23 ng/L、海域6地点で<0.3~0.82 ng/Lであった。同じく環境省が令和元年度と令和2年度に実施した全国存在状況調査⁹⁾によると、河川2地点で3.2~8.2 ng/L、海域1地点で0.3 ng/L、地下水1地点で0.8 ng/Lであった。河川で8.2 ng/Lを検出した地点（中川橋）は、今回同じ地点で6.2 ng/Lを検出したことから、同程度の値が継続していることが示唆される。松山市が令和3年度から実施している公共用水域等水質調査¹⁰⁾によると、河川1地点で2.3 ng/L、海域のべ5地点で0.5~1.5 ng/L、地下水7地点で<0.3~6.6 ng/Lであった。大内ら¹¹⁾が実施した水道水等実態調査によると、地下水31地点で1.2~22.5 ng/Lであった。

今回の結果と併せてまとめたものを表5に示す。今回の結果もおおむね過去の結果と同等のものであり、過去も含めて指針値超過は確認されていない。環境省の実施する化学物質環境実態調査¹²⁾によると、モニタリング調査地点におけるPFOS及びPFOAの濃度の経年変化はおおむね減少傾向であるが、本県におけるこれまでの結果は地点が異なるところが大部分であることから、今後は河川や地下水を中心に新たな地点の状況把握を進めるとともに、同地点での経年的な把握もする必要がある。また、新たに要調査項目に追加された物質等を含めた把握も検討していく必要がある。

表5 県内調査結果一覧

調査名 (実施主体)	年度	水域	地点数	PFOS及び PFOA (ng/L)
要調査項目等調査 (環境省)	H19~H26	河川	1	0.23
		海域	6	<0.3~0.82
全国存在状況調査 (環境省)	R元~R2	河川	2	3.2~8.2
		海域	1	0.3
		地下水	1	0.8
公共用水域水質調査 (松山市)	R3~R7	河川	1	2.3
		海域	5	0.5~1.5
		地下水	7	<0.3~6.6
水道水等実態調査 (愛媛県)	R3	地下水	31	1.2~22.5
		河川・湖	36	<0.3~45
公共用水域水質調査 (愛媛県)	R6~R7	沼	28	<0.3~3.2
		海域	28	<0.3~3.2
		地下水	25	<0.3~6.2

5. まとめ

愛媛県内の公共用水域及び地下水のPFOS及びPFOAの概況調査を令和6年度及び令和7年度に実施した。PFOS及びPFOAに併せてPFHxS、PFNAの分析も実施した。調査の結果、PFOS及びPFOAの指針値50 ng/Lを超過する地点は確認されなかった一方で、比較的高濃度を検出した河川地点も存在した。今後も河川と地下水を中心に県内全域での状

況把握を進めていくとともに、比較的高濃度であった地点は継続監視を実施するなど、水環境中のPFASの存在状況に関する知見の集積を進め、県民の安全・安心な生活環境の確保に努める。

6. 引用文献

- 1) 環境省：有機フッ素化合物（PFAS）について、<https://www.env.go.jp/water/pfas.html>（2026.5.1アクセス）
- 2) 環境省：要監視項目 水質汚濁に係る環境基準、<https://www.env.go.jp/water/impure/kanshi.html>（2026.5.1アクセス）
- 3) 環境省：要調査項目 水質汚濁に係る環境基準、<https://www.env.go.jp/water/chosa/index.html>（2026.5.1アクセス）
- 4) 環境省：令和6年度公共用水域水質測定結果及び地下水質測定結果について、https://www.env.go.jp/press/press_03588.html（2026.5.1アクセス）
- 5) 愛媛県：公共用水域及び地下水の水質測定計画・結果、<https://www.pref.ehime.jp/page/60037.html>（2026.5.1アクセス）
- 6) 環境省：水質汚濁に係る人の健康の保護に関する環境基準等の施行等について（通知）、令和2年5月28日環水大発2005281号環水大土発2005282号
- 7) 栗原正憲，吉澤正：廃棄物に含まれる有機フッ素化合物の含有量測定方法の検討。千葉県環境研究センター年報，10，94-95，2011
- 8) 黒瀬陽平，村上友弥，大森智史，紺田明宏，曾我部洋，青木紀子，四宮博人：海水中のPFAS分析における前処理方法の検討。第40回公衆衛生技術研究会講演要旨集，8-10，2026
- 9) 環境省：有機フッ素化合物全国存在状況調査（令和元年度，2年度），https://www.env.go.jp/water/pfospfoa/post_123.html（2026.5.1アクセス）
- 10) 松山市：PFOSとPFOAの環境調査結果，https://www.city.matsuyama.ehime.jp/shisei/hozen/PFAS_kekka.html（2026.5.1アクセス）
- 11) 大内かずさ，菰田健太郎，入野智美，大塚有加，阪東成純，四宮博人：愛媛県内の水道水等に含有されるペルフルオロオクタンスルホン酸及びペルフルオロオクタン酸の実態調査。愛媛県立衛生環境研究所年報，24，32-36，2023
- 12) 環境省：令和7年度版化学物質と環境，<https://www.env.go.jp/chemi/kurohon/2025/shosai.html>（2026.5.1アクセス）

<報 文>

霞ヶ浦沿岸におけるアオコの発生傾向およびアオコの発生と関係する環境因子の解析*

木村夏紀**・長濱祐美***・片倉洋一***・福島武彦****

キーワード ①見た目アオコ指標 ②吹き寄せ ③溶存無機窒素 ④ミジンコ類 ⑤*Microcystis*

要 旨

霞ヶ浦の沿岸では、風によって集積したアオコが社会的な問題になることがある。そこで本研究では、沿岸域における大規模なアオコ発生への効果的な対策に資することを目的とし、沿岸域におけるアオコの発生頻度が高い箇所を調査した。2011年から2024年までの沿岸調査結果から、霞ヶ浦においては北西側の沿岸にアオコが発生しやすいことが明らかとなった。また、アオコが発生しやすいエリアでは、アオコレベルと、エリアの沖合における溶存無機窒素濃度、*Microcystis*属細胞数およびミジンコ類個体数に他の因子と比較して高い相関関係が確認された。ただし、*Microcystis*属細胞数はアオコ発生の直接的な要因である割にはそれほど強い相関とはいえなかったことから、沿岸域におけるより詳細な監視観測等が必要であると示唆された。

1. はじめに

アオコとは、湖沼で藻類が大量発生し、水面に集積して濃い緑色を呈する現象およびその藻類自体を指す¹⁾。本研究では、アオコを前者の意味で用いるが、アオコの発生は、景観の悪化、アオコ臭や腐敗臭などの悪臭の発生、浄水ろ過障害、さらには肝臓毒Microcystinの産出など、多くの問題の原因となる²⁾。

霞ヶ浦では、たびたびアオコの発生が確認されている。2011年には全域で大規模な発生があり、多数の悪臭に関する苦情が寄せられた³⁾。その後はアオコの発生量および頻度が少ない状態が続いていたが、2024年には、西浦の土浦入に流入する河川の河道内でアオコが発生し、悪臭に関する苦情が多く寄せられたことから、国、県および関係市による対策が必要となった。

この2024年の河道内におけるアオコの発生は、湖内で発生した藍藻類が風により沿岸に集積し、河口から河道内へ遡上したことが原因と考えられており⁴⁾、また、シミュレーションモデルを用いてアオコの発生傾向を検討した例においても、湾奥部におけるアオコの発生には風に

よる集積が大きく影響することが示唆されている⁵⁾。これらのことから分かるように、霞ヶ浦では、風によって沖合から沿岸に集積した藻類が周辺住民の生活環境に悪影響をもたらすことがあるため、効果的な対策のためには、アオコを形成する藻類の増殖地点である沖合のみならず、沿岸におけるアオコの発生傾向およびその発生条件の解明が必要である。

しかしながら、霞ヶ浦の沿岸域におけるアオコの発生状況について解析した例は少ない。さらに、アオコの発生に関するこれまでの研究は、室内における培養試験を用いて、栄養条件や光環境、水温との関係を解明したものの⁶⁾⁷⁾⁸⁾や、沖合およびため池でのアオコの発生と沖合の水質との関係に焦点を当てたものが多く⁹⁾¹⁰⁾、沿岸域のアオコの発生と沖合の環境因子について直接的な関係性を調査した例はほとんど見当たらない。

そこで本研究では、人間の生活環境へ与える影響が大きい沿岸域のアオコ発生に着目し、霞ヶ浦全域においてアオコが発生しやすい範囲を特定するとともに沿岸におけるアオコの発生と沖合の環境因子との関係を解析した。

*Patterns of Cyanobacterial Blooms Occurrence along the Shores of Lake Kasumigaura and Relationships with Offshore Environmental Factors

**Natsuki KIMURA (茨城県県民生活環境部(前茨城県霞ヶ浦環境科学センター)) Ibaraki Prefecture Department of Residential and Environmental Affairs and Ibaraki Kasumigaura Environmental Science Center

***Yumi NAGAHAMA, Yoichi KATAKURA (茨城県霞ヶ浦環境科学センター) Ibaraki Kasumigaura Environmental Science Center

****Takehiko FUKUSHIMA (筑波大学名誉教授) Prof. Emeritus, Tsukuba Univ.

2. 方法

2.1 対象水域

本研究の対象は、茨城県県南部に位置する霞ヶ浦（北緯36度02分16秒，東経140度24分14秒¹¹⁾）である。霞ヶ浦は、西浦，北浦，常陸利根川の三水域から構成されており（図1），本研究ではそのうち，西浦（湖面積：172 km²，湖岸線：121.4 km¹²⁾，平均水深：3.4 m¹³⁾）および北浦（湖面積：36 km²，湖岸線：74.5 km¹²⁾，平均水深：4.5 m¹³⁾）を対象とした。

2.2 霞ヶ浦沿岸におけるアオコの発生エリアおよび発生量の調査

アオコの発生しやすい沿岸域を把握することを目的とし，西浦および北浦の沿岸を地形的特徴等から(a)～(o)の計15区画のエリアに分けて，各エリアにおけるアオコの発生状況を整理した（図1）。各エリアにおけるアオコの発生状況は，国土交通省の河川パトロールによって得られた2011年から2024年までの沿岸のアオコ発生概況¹⁴⁾データから，各月および各年のアオコレベルの最大値を集計した。調査は原則として6月から10月にかけて実施され，おおむね週に1回，主に湖岸沿いをパトロールして，目視にて確認している。なお，報告は原則としてアオコレベル2以上の場所についてのみ報告されたものであり，アオコレベルとは，見た目アオコ指標に基づき，アオコの多寡を0～6の7段階に分類したもの¹⁵⁾である。

2.3 アオコ頻出エリアにおけるアオコの発生量と環境因子の関係調査

2.2の結果，アオコレベルの最大値が5以上となった年が複数年観測されたエリアを「アオコ頻出エリア」と定義し，アオコ頻出エリアにおける各月のアオコレベルの最大値と，近傍の沖合地点(A)～(E) および近傍のアメダス地点(1)～(2)（図1）における前月および同月の環境因子（水質因子および気象因子）の関係を解析した。前月および同月の考え方については，例えば，7月のアオコレベルの最大値に対し，6月の水質因子または気象因子を「前月の環境因子」，7月の水質因子または気象因子を「同月の環境因子」とした。なお，各エリアと沖合地点の最短距離は，およそ0.6 km～6.5 kmであった。

2.3.1 水質因子

環境因子のうち，水質因子としては，植物プランクトンの成長に必要な栄養塩類として，NO₃-N濃度，NO₂-N濃度，NH₄-N濃度とこれらを足し合わせた溶存無機窒素（DIN）濃度のほか，PO₄-P濃度を選定した。また，その他植物プランクトンの成長に影響を及ぼす要素として，

水温と，光環境を示す指標として透明度を選定した。さらに，霞ヶ浦ではアオコを構成する藻類として *Microcystis*属がよく確認されることから，沖合での細胞数も水質因子に含めた。その他，植物プランクトンの捕食者として，代表的なる過摂食者であるミジンコ類の個体数と，その他の動物プランクトンを含む動物プランクトン総個体数も水質因子に選定した。これらのデータは，茨城県霞ヶ浦環境科学センターが2005年より収集しているもので，水面下50cmからペリスタポンプで採取した湖水を測定対象とし，表1に示す測定方法で測定した。また，複数回測定された月はその平均値を用いた。なお，植物プランクトンについては2014年から2021年まで，動物プランクトンについては2012年から2021年まで，表層から湖底直上50cmまでを筒状カラムで採取した湖水の測定値を用いた¹⁶⁾。

2.3.2 気象因子

気象因子としては，植物プランクトンの成長に影響を及ぼす要素として，日照時間および降水量を選定した。これらのデータは，気象庁アメダスによる観測値をウェブサイト¹⁷⁾より取得した。日照時間と降水量は月合計値を用いた。

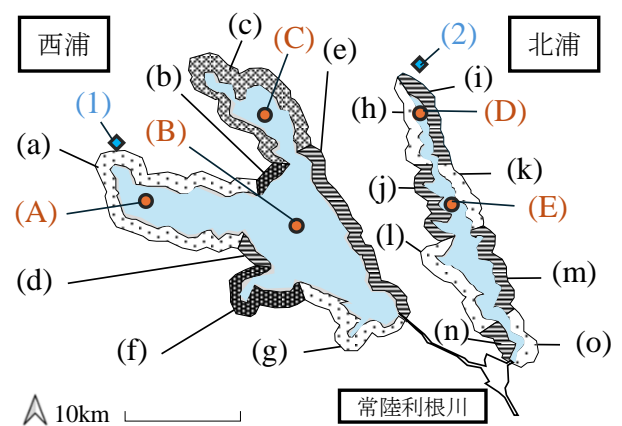


図1 霞ヶ浦沿岸のエリア分け概略図
（●は沖合地点，◆はアメダス地点）

表1 水質因子および測定方法

水質因子	測定方法
NO ₃ -N, NO ₂ -N, NH ₄ -N (mg/L)	JIS K 0102-2 15.7, 14.3, 13.6
PO ₄ -P (mg/L)	JIS K 0102-2 18.2.2
水温 (°C)	JIS K 0102-1
透明度 (m)	湖沼調査法
<i>Microcystis</i> 属の量 (cells/mL)	検鏡 (グルタルアルデヒドで固定し，ホルムアルデヒドで保存)
ミジンコ類の量 (個体数/L)	40μmプランクトンネットで濃縮後
動物プランクトン総量 (個体数/L)	検鏡 (シュガーホルマリンで固定)

また、アオコが発生した年には風による沿岸への集積が起り得ていたかを確認するため、2.2の結果から、エリア(a)でアオコが発生した代表的な年(2011, 2024年)の風向風速の1時間値(気象庁アメダスによる観測値をウェブサイト¹⁷⁾より取得)を用いて、表面流向・流速(風速×0.02)¹⁸⁾を求めて湖の表面の動きを推測した。観測地点は土浦とし、欠測であった時間帯は近隣の観測地点であるつくば(館野)のデータで補完した。

2.4 統計解析

アオコ頻出エリアにおける各月のアオコレベルの最大値と近傍の地点における前月および同月の環境因子との関係の相関分析を行った。ks testによってデータに正規性が確認されなかったことから、Spearmanの順位相関係数を用いた。これらの分析はR(ver. 4.3.1)¹⁹⁾およびR Studio(ver. 2025.09.1+401)を用いた。

3. 結果

3.1 霞ヶ浦沿岸におけるアオコの発生エリアおよび発生量

各エリアにおける、各年のアオコレベルの最大値を図2に示す。また、各エリアにおいてアオコレベルの最大値が5以上となった年の回数を表2に示す。西浦では、エリア(a), (b), (c)で他のエリアよりも高頻度で高いア

オコレベルが確認された。北浦では、エリア(h), (j)で頻度が高く、(n), (o)では、頻度および量ともに少ない傾向が確認された。このことは、表2でより顕著に示されており、アオコレベル5または6が複数年観測されたエリアは(a), (b), (c), (h), (i), (j), (k)の7エリアであることが分かった。これらの地点は、いずれもそれぞれの湖の北西部に位置しており(図2)、アオコレベル5や6を超える高濃度のアオコは西浦および北浦ともに、北西側の沿岸に発生しやすいことが明らかとなった。

3.2 アオコ頻出エリアにおけるアオコの発生量と関係する環境因子

3.1の結果を受け、アオコ頻出7エリアに着目し、近傍の地点における環境因子との関係を解析した。これらのエリアに対応する環境因子の測定地点を表3に示す。なお、(h)と(i), (j)と(k)は、それぞれ近傍の地点が同一となることから、環境因子と比較するためにそれぞれを

表2 アオコレベルの最大値が5以上となった年の回数(2011-2024年, エリア別)

西浦	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	
回数	4	2	7	1	0	1	0	
北浦	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)	(m)	(n)	(o)
回数	6	2	4	2	1	1	0	0

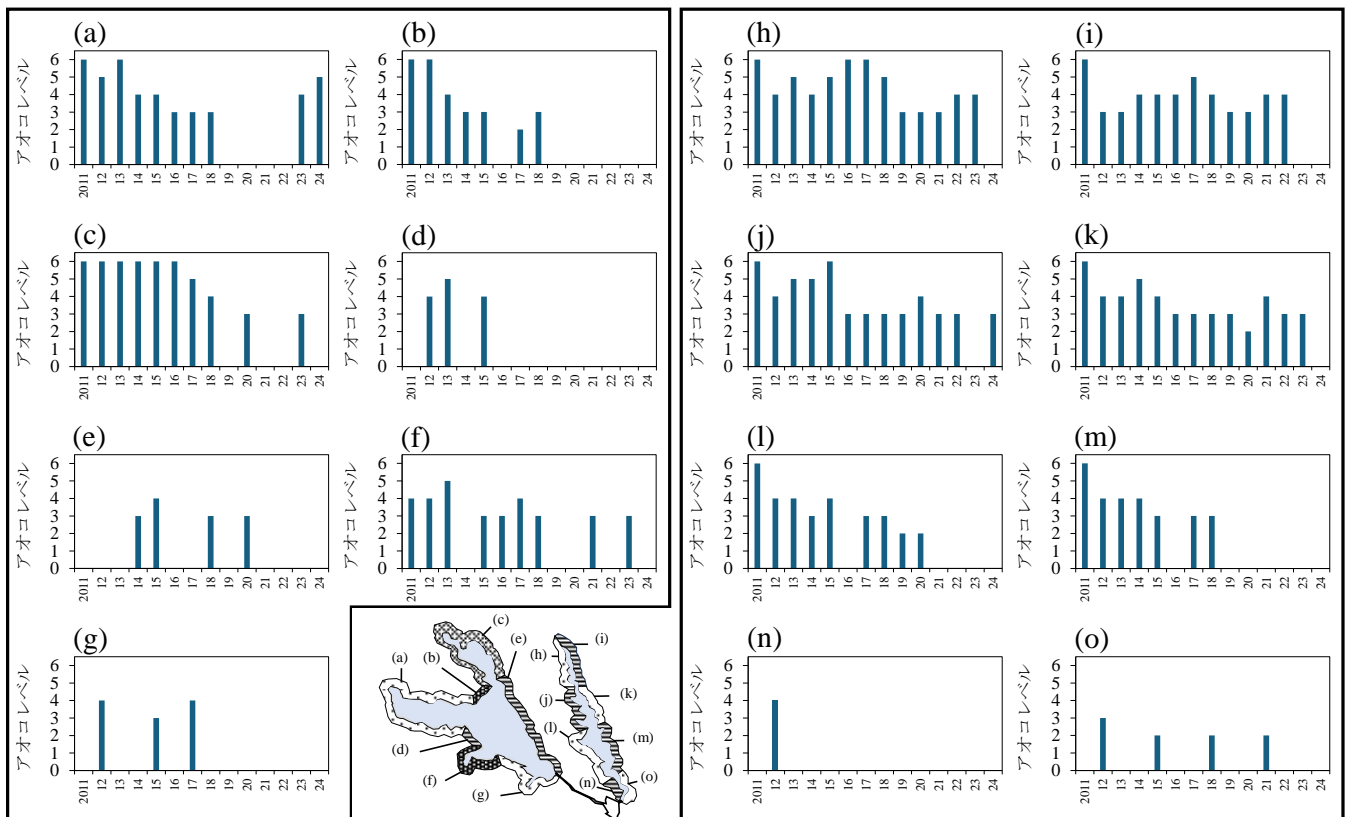


図2 アオコレベルの年最大値の変化(左:西浦, 右:北浦)

1つのエリアとみなし、エリア(hi)および(jk)の各月のアオコレベルの最大値を改めて整理して、以降の解析に供した。

アオコ頻出エリアにおける各月のアオコレベルの最大値と、前月および同月の環境因子の相関係数およびp値を表4に示す。これより、アオコの発生と統計的に有意な相関が確認された環境因子は、前月と同月の溶存無機窒素濃度、NO₃-N濃度、NO₂-N濃度、NH₄-N濃度、同月の透明度、同月の*Microcystis*属細胞数および前月と同月のミジンコ類個体数であった。

4. 考察

霞ヶ浦においては、西浦および北浦ともに、アオコは北西側の沿岸域で発生しやすいことが示唆された。長濱ら(2018)は、霞ヶ浦土浦入りのアオコ発生を対象としたシミュレーションの結果、風による集積の効果が大きいと結論づけている。また、石川ら(2003)は、琵琶湖南湖において、*Microcystis*属および*Anabaena*属を主とするアオコを対象として、藻類の集積に関する検討を行い、風下に集積しやすいことを示している²⁰⁾。ここで例として、エリア(a)で大規模にアオコが発生した2011年および2024年のうち、アオコが発生しやすい夏季にあたる6月から8月における湖の表面の動きをベクトル図にした

ものを図3に示す。これより、夏季の霞ヶ浦では南東から北西へ吹く風が卓越することが明らかで、北西側の沿岸域で高濃度のアオコが発生しやすいとする本研究結果と整合的であった。

また、沖合の溶存無機窒素濃度、NO₃-N濃度、NO₂-N濃度、NH₄-N濃度、*Microcystis*属細胞数およびミジンコ類個体数については、今回選定した因子の中では比較的強い相関が確認され、沿岸におけるアオコの発生と関係があることが示唆された。図4に、エリア(a)における各月のアオコレベルの最大値と、その近傍の沖合地点(A)における、アオコの発生直前から発生初期の時期にあたる6月から7月の溶存無機窒素濃度を示す。これより、高いアオコレベルが確認された2011年および2024年には、他の年と比較して溶存無機窒素濃度が高い値であったことが分かった。アオコを形成する藻類の量と窒素濃度の関係については、PO₄-P濃度が同じでも溶存無機窒素濃度が高いほど藻類量および藍藻類の量は増加することが知られている²¹⁾。これは、沿岸のアオコレベルと溶存無機窒素濃度に正の相関が確認された本研究結果と整合的であった。なお、この溶存無機窒素について、今回の解析

表3 解析対象エリアに対応する環境因子の測定地点

対象エリア	沖合地点	アメダス地点
(a)	(A)	(1)
(b)	(B)	-
(c)	(C)	-
(hi)	(D)	(2)
(jk)	(E)	-

表4 アオコ頻出エリアの各月のアオコレベルの最大値と環境因子の相関関係 (p < 0.01で統計的に有意)

	前月			同月		
	相関係数	p	n	相関係数	p	n
溶存無機窒素	0.35	<0.01	280	0.24	<0.01	280
NO ₃ -N	0.33	<0.01	280	0.22	<0.01	280
NO ₂ -N	0.35	<0.01	280	0.28	<0.01	280
NH ₄ -N	0.30	<0.01	280	0.18	<0.01	280
PO ₄ -P	0.12	0.04	280	0.08	0.17	280
水温	-0.05	0.37	278	0.09	0.14	280
透明度	-0.08	0.18	280	-0.18	<0.01	280
<i>Microcystis</i> 属	0.19	0.05	112	0.38	<0.01	112
ミジンコ類	0.35	<0.01	179	0.43	<0.01	179
動物プランクトン	-0.07	0.35	179	0.00	0.95	179
日照時間	0.03	0.77	112	0.12	0.19	112
降水量	-0.06	0.56	112	0.00	0.96	112

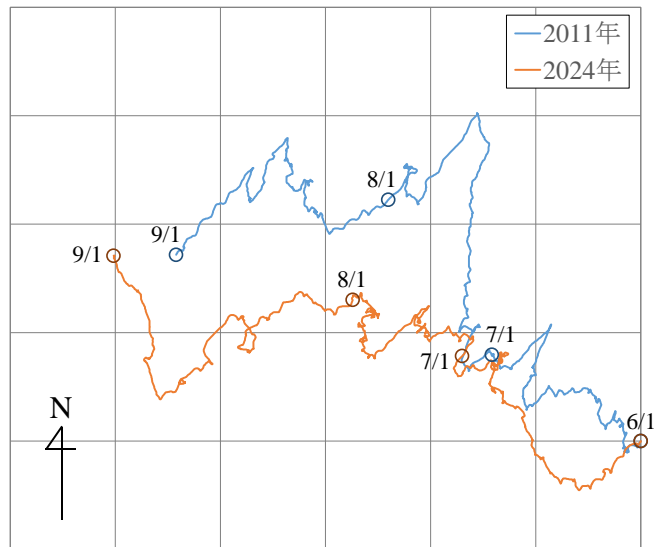


図3 アメダス土浦の夏季の風向風速ベクトル (○は各月1日0時の位置、1マス20km四方)

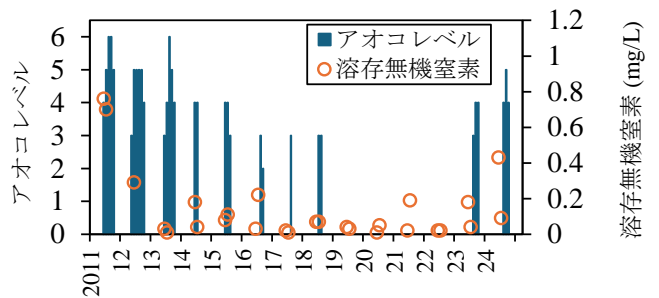


図4 各月のアオコレベルの最大値(エリア(a))と溶存無機窒素濃度(沖合地点(A))

からは、NO₃-N、NO₂-N、NH₄-Nのいずれにおいても突出して高い相関が確認されず、沿岸におけるアオコの発生に関わる溶存無機窒素の形態については明らかにならなかった。また、図5に、エリア(a)における各月のアオコレベルの最大値と、その近傍の沖合地点(A)における、アオコの発生直前から発生初期の時期にあたる6月から7月のミジンコ類個体数を示す。これより、高いアオコレベルが確認された2011年および2024年にはミジンコ類個体数が他の年より多かったことが分かった。アオコを形成する藻類である*Microcystis*属とミジンコ類の関係については、小型のミジンコ類は緑藻や珪藻の現存量の増加を抑える効果がある²²⁾ことから、ミジンコ類個体数の増加は*Microcystis*属の増殖にとって競争者を減らし有利に働くことが推察される。さらに、動物プランクトンはNH₄-Nを排出することも知られている²³⁾²⁴⁾。これらの知見は、沿岸のアオコレベルとミジンコ類個体数に正の相関が確認された本研究結果と整合的であったものの、アオコの発生とミジンコ類個体数の増加の因果関係を明らかにするためには、より細かい時間単位でデータを収集整理し解析する必要がある。

なお、既述のとおり本研究では、沿岸のアオコレベルと、同月の沖合における*Microcystis*属細胞数に間に正の相関が確認されたが、その相関係数は0.38であった。*Microcystis*属はアオコを形成する植物プランクトンであり、アオコ発生の直接的な要因となるが、これで沿岸のアオコの量を説明できるほどの強い相関ではなかった。また、アオコ頻出エリアのうち、近傍の沖合地点で*Microcystis*属細胞数を測定しているエリア(a)およびエリア(b)について、沿岸のアオコレベルと、それぞれのエリアの近傍の沖合地点である(A)および(B)における同月の*Microcystis*属細胞数の関係を図6に示す。これより、沖合の*Microcystis*属細胞数が多い時には沿岸のアオコレベルも高くなる傾向があるが、沖合の*Microcystis*属細胞数が少ない時でも沿岸のアオコレベルが高くなることがある。沖合の*Microcystis*属細胞数がアオコを発生させるレベルに達していなくても、沿岸では大規模なアオコが発生しうる可能性があることから、沿岸域ではより詳細な監視観測と沿岸に集積させないための工夫が必要であろう。

5. まとめ

本研究では、人間の生活環境へ与える影響が大きい沿岸域のアオコ発生に着目し、霞ヶ浦全域の沿岸のうち、大規模なアオコが発生しやすい範囲を把握するとともに、沿岸におけるアオコの発生と関係のある環境因子との関係について解析を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 西浦および北浦の沿岸を、地形的特徴等から15エリアに分けて整理した結果、霞ヶ浦では、高濃度のアオコは西浦および北浦ともに北西側の沿岸に発生しやすいことが明らかとなった。
- 2) 沿岸のアオコレベルと関係のある環境因子について解析した結果、今回調査した項目の中では、沖合における同月のミジンコ類個体数が最も相関が強く、次いで、沖合における同月の*Microcystis*属細胞数、続いて沖合における前月の溶存無機窒素濃度、前月のNO₂-N濃度および前月のミジンコ類個体数の3項目の相関が強いことが明らかとなった。これらの項目は沿岸のアオコレベルと関係があることが示唆された。
- 3) 沖合における*Microcystis*属細胞数によらず、集積の仕方次第で沿岸にアオコが発生する可能性があることが示唆されたことから、沿岸でのアオコ発生が問題となる霞ヶ浦においては、沿岸域におけるより詳細な監視観測等が必要であると考えられた。

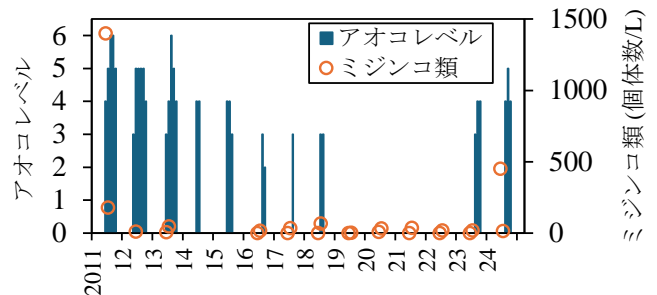


図5 各月のアオコレベルの最大値（エリア(a)）とミジンコ類個体数（沖合地点(A)）。ただし2014年～2015年は欠測

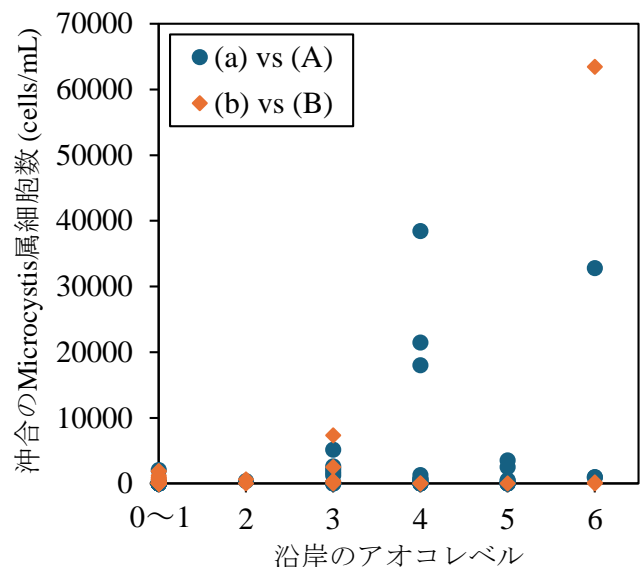


図6 沿岸のアオコレベルと同月の沖合の*Microcystis*属細胞数の関係

6. 引用文献

- 1) 小日向寿夫, 中村剛也, 大内孝雄, 神谷航一, 北村立実, 花町優次: フィコシアニンを指標とした霞ヶ浦のアオコの発生状況と発生要因について. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報, **8**, pp. 70-78, 2012
- 2) 中野伸一: アオコの分布拡大に関する生態・分子系統地理学的研究. H23年度環境研究総合推進費終了成果報告集, D-0905-i-D-0905-99, 2011
- 3) 国立環境研究所: 環境報告書2017, <https://www.nies.go.jp/kankyokanri/ereport/2017/all.pdf> (2026. 3. 3アクセス)
- 4) 木村夏紀, 長濱祐美, 福田聡, 福島武彦: 霞ヶ浦(西浦)土浦入およびその流入河川におけるアオコの状況. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報, **20**, pp. 40-45, 2024
- 5) 長濱祐美, 阿部真己, 松本俊一, 福島武彦: 生態系モデルを用いた霞ヶ浦土浦入におけるアオコ発生機構の検討. 土木学会論文集 G (環境), **73(7)**, III_115-III_123, 2017
- 6) 矢木修身編: アオコの増殖及び分解に関する研究, pp. 33-49, 環境庁国立公害研究所, 茨城, 1986
- 7) 南條吉之, 田中賢之介, 福田明彦, 宮原典正: アオコの増殖と水温の関係. 鳥取県衛生研究所報, **33**, pp. 52-54, 1993
- 8) 渡邊俊介, 大隈一輝, 松濤直樹, 藤林恵, 井芹寧, 郝愛民, 久場隆広: シアノバクテリア *Microcystis aeruginosa* と珪藻 *Nitzschia palea* の種間競争に与える水温・pHの影響. 土木学会論文集 G (環境), **78(7)**, III_95-III_101, 2022
- 9) 菅井隆吉, 廣野太志, 北川克治, 大谷修司: 汽水湖・宍道湖におけるアオコ発生傾向の研究-1976年以降の約40年間の変遷-. 水環境学会誌, **48**, 143-154, 2025
- 10) Kramer B. J., Davis T. W., Meyer K. A., Rosen B. H., Goleski J. A., Dick G. J., Oh G., Gobler C. J.: Nitrogen limitation, toxin synthesis potential, and toxicity of cyanobacterial populations in Lake Okeechobee and the St. Lucie River Estuary, Florida, during the 2016 state of emergency event. *PLoS ONE*, **13(5)**, e0196278, 2018
- 11) 国土交通省: 水文水質観測所情報, <https://www1.river.go.jp/cgi-bin/SiteInfo.exe?ID=303031283303040> (2026. 3. 12アクセス)
- 12) 国立環境研究所: 霞ヶ浦の諸元, <https://db.cger.nies.go.jp/gem/inter/GEMS/database/kasumi/contents/spec.html> (2026. 3. 14アクセス)
- 13) 環境庁: 第2回自然環境保全基礎調査 陸水域関係調査報告書(湖沼)全国版, 1980
<https://www.biodic.go.jp/reports/2-22/2-22.pdf> (2026. 3. 21アクセス)
- 14) 国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦河川事務所: アオコ日誌, <https://www.ktr.mlit.go.jp/kasumi/kasumi00313.html> (2026. 2. 25アクセス)
- 15) 福島武彦, 相崎守弘編: アオコの計量と発生状況, 発生機構-アオコ指標検討会資料-, pp. 33-39, 環境庁国立環境研究所, 茨城, 1995
- 16) 茨城県: 霞ヶ浦湖内水質等モニタリング事業. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報, **17**, pp. 68-85, 2021
- 17) 国土交通省気象庁: 過去の気象データ検索, <https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php> (2026. 3. 4アクセス)
- 18) 余越正一郎, 富所五郎: 風による諏訪湖の流動特性. 土木学会論文報告集, **276**, 53-63, 1978
- 19) R Core Team (2023). *_R_: A Language and Environment for Statistical Computing_*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria., <https://www.R-project.org/> (2023. 8. 24アクセス)
- 20) 石川可奈子, 辻村茂男, 中原紘之, 熊谷道夫: アオコの空間的分布と集積特性-琵琶湖南湖北山田漁港での調査事例-. 陸水学雑誌, **64(3)**, 171-183, 2003
- 21) 福島武彦: アオコの発生と湖沼環境. 第18回日本環境化学会講演会予稿集, pp. 1-8, 1996
- 22) 花里孝幸, 荒河尚, 佐久間昌孝, 張光弦, 沖野外輝夫: 諏訪湖の動物プランクトン群集: 群集構造と生態系における役割. 陸水学雑誌, **62(2)**, 151-167, 2001
- 23) Lean D. R. S., Knowles R.: Nitrogen Transformations In Lake Ontario. *Canadian Journal of Fisheries And Aquatic Sciences*, **44(12)**, 2133-2143, 1987
- 24) Moegenburg S. M., Vanni M. J.: Nutrient regeneration by zooplankton: effects on nutrient limitation of phytoplankton in a eutrophic lake. *Journal of Plankton Research*, **13(3)**, 573-588, 1991

〈報 文〉

PM_{2.5}計テープろ紙上スポットのスキヤナー取込画像による 元素状炭素濃度簡易測定法*

—2025年3月26日のPM_{2.5}高濃度事例への適用例—

中込和徳**・赤池史子**・山崎琢磨**・酒井文雄**

キーワード ①EC ②黒色炭素 ③BC ④1時間値 ⑤韓国山火事

要 旨

大気常時監視用PM_{2.5}計の測定後テープろ紙を添付した台紙の画像を、市販のスキヤナーで取込み、スポット及び白地の赤色の値(R値)から、元素状炭素(EC)濃度を簡易的に測定する方法を検討した。その結果、台紙の白色度は、白地のR値が255を超えない範囲で、高い方が良かった。また取込解像度も高い方が良かったが、取込時間等から600dpiが妥当であった。台紙画像の縦方向にはR値は一定していたが、横方向には変動がみられた。基準EC濃度とEC濃度指標値の散布図は、いずれの季節も原点を通過する一つの直線上に分布しており、換算係数は年間の回帰直線(切片=0)の傾きの逆数として算出可能と考えられた。検出下限値は0.06 μg/m³と見積もられ、年間の推定値の約95%が検出下限値を超えており、EC濃度の実態を把握するのに十分に低い値であった。2025年3月26日のPM_{2.5}高濃度事例に本法を適用した結果、PM_{2.5}濃度の上昇に対応したEC濃度の顕著な上昇がみられ、山火事など燃焼発生源の影響を強く受けたことが確認された。

1. はじめに

大気中の元素状炭素(EC)は、基本的に、炭素原子のみで構成される黒鉛などの無機炭素であり、主に、炭素を含む物質の不完全燃焼により大気中へ直接的に排出される¹⁾。このECは、有機炭素(OC)とともに、微小粒子状物質(PM_{2.5})の主要な構成要素であり、人体への悪影響が懸念されている^{2),3)}。また、光を吸収して黒く見える特性から黒色炭素(BC)とも呼ばれ⁴⁾、太陽光の吸収により地球温暖化を促進する恐れがある⁵⁾。その発生源は、自動車、船舶、廃棄物焼却、ボイラー、山火事など多岐にわたり、各発生源からの発生量も燃焼状態等によって大きく変動するため、燃焼物量のみから、その発生量を推計することは難しい。このため、大気環境中のEC濃度の実態を把握することは、その主要な発生源を解明し、効果的な削減対策を検討する上で重要であり、ひいては人の健康を保護し、地球温暖化を防止する上でも重要な課題の一つであると考えられる。また、ECは燃焼発生源の指標であるため、その実態を把握することは、PM_{2.5}高濃度事例等の原因を解明する上でも重要であると考えられる。

現在、日本国内におけるPM_{2.5}中ECの主な測定方法は、環境省のPM_{2.5}成分測定マニュアル⁶⁾にもあるように、熱分離・光学補正法である。この方法は、ECが、無酸素雰囲気

気下では4000K程度まで、有酸素雰囲気下でも340°Cまでガス化しない、熱に対して安定な性質¹⁾を利用して、石英繊維ろ紙上に捕集した試料を無酸素雰囲気下で550°C付近まで加熱する過程で揮発分離する分をOC、その後、有酸素雰囲気下で800°C付近まで加熱する過程で分離する分をECとして、両者を化学的に分離定量するものであるが、試料に照射した赤色レーザー光の反射光又は透過光の強度が、分析開始時の強度に戻った時点までのECを、加熱過程でのOCの熱分解(炭化)量として補正するものである⁶⁾。

一方、このECの測定方法としては、ECが可視光を中心に幅広い波長の光を強く吸収する性質を利用した光学的手法がある^{7),8),9)}。この方法は、ろ紙上に捕集したECに光を照射して、透過又は反射した光の強度(I)を計測するとともに、ECを捕集する前のろ紙に光を照射して、透過又は反射した光の強度(I₀)を計測し、それらの値から(式1)により算出される吸光度(A)が、同式に示したように、ランベルト・ベールの法則と同様に、捕集されたECの質量(M)と比例関係にある¹⁰⁾ことを利用して、EC濃度を定量するものである。

$$A = -\log_{10}(I/I_0) \propto M \quad (\text{式1})$$

紀本電子工業社製PM-712は、大気常時監視用PM_{2.5}質量

*A simple method for measuring elemental carbon concentrations based on scanned images of spots on PM_{2.5} monitor tape filter: Applied example for the high-concentration PM_{2.5} event on March 26, 2025.

**Kazunori NAKAGOMI, Fumiko AKAIKE, Takuma YAMAZAKI, Fumio SAKAI (長野県環境保全研究所) Nagano Environmental Conservation Research Institute

濃度自動連続測定機（以下、PM_{2.5}計）であるが、オプション装置を追加することで、上述の光学的手法により、ECに相当する光学的ブラックカーボン（以下、OBC）の濃度を測定できる。具体的には、テープろ紙上に1時間毎に捕集したスポット試料に近赤外光を照射し、その反射光強度からEC(OBC)濃度を自動連続測定するものである⁹⁾。このOBC測定オプション付きPM-712（以下、紀本OBC計）を使用すれば、EC（OBC）濃度の1時間値が測定でき、その時空間変動の実態解明が可能となる。しかし現状では、ECの環境基準値は設定されておらず、大気常時監視用のPM_{2.5}計としては、OBC測定オプションの追加は困難なのが実情である。このため、簡易的手法であっても、PM_{2.5}計の測定後テープろ紙からEC濃度を推定出来れば、その詳細な実態把握やPM_{2.5}高濃度事例等の原因解明の一助になると考えられる。

この紀本OBC計に対して本報の簡易測定法は、同装置でテープろ紙上にスポット状に捕集されたEC試料への光の照射と反射光強度の測定を、市販の家庭用複合機のスキヤナー装置を利用して実施するものである。本来スキヤナーとは、紙に印刷された文書や画像などの情報をデジタル化してコンピューターに取り込むための装置である。しかし原理的には、平面状の対象物に光を照射し、反射してくる光の強度を、赤、緑、青の3原色について、測定、記録するものである¹¹⁾。このため、市販のスキヤナー装置を、EC濃度測定における光の照射及び反射光強度の測定装置として利用できる可能性がある。

そこで本報では、あくまで参考値扱いの簡易的手法かつ労力を要する手作業による手法ではあるが、PM_{2.5}計の測定後テープろ紙と市販のスキヤナーを用いて、EC濃度を測定する方法について検討した結果を報告する。また合わせて、2025年3月26日の中部地方を中心としたPM_{2.5}高濃度事例¹²⁾に本手法を適用し、当該事例の発生原因等について検討した結果を報告する。

2. 方法

2.1 測定方法

表1にEC濃度簡易測定法の手順の概要を示した。以下では各測定手順の詳細を示す。

2.1.1 ろ紙の回収と台紙への添付

PM_{2.5}計はOBC測定オプションの無いPM-712（以下、PM712）を使用した。テープろ紙はフッ素樹脂製テープろ紙（紀本電子工業、KFT-730）を使用した。捕集したスポットを保護するためのカバーテープは使用しなかった。PM712のスポットは、PM_{2.5}（直径約11mm）と粗大粒子（直径約7mm）のスポットが交互に並ぶが、以下では「スポット」はPM_{2.5}のスポットを指す。24時のスポットと翌日1時のス

ポットは、スポット2個分の間が空く。

回収したテープろ紙を、スポットの視認性を良くするため白色のコピー用紙などを敷いた実験台上で伸ばし、スポットを1つずつ確認しながら、1日分（24スポット）毎にハサミで切断した。各日のろ紙片を8スポットずつ3片に切断し、順番に台紙にセロハンテープで張り付けた。図1に示したように、通常、1枚の台紙に2日分（8スポットのろ紙片6本）を張り付けた。台紙については、表2に示した白色度が異なる4種類の台紙について比較検討した結果、白色台紙を用いることとした（詳細は3.1.1節）。

表1 EC濃度簡易測定法の手順概要

①	ろ紙回収と	ろ紙回収
	台紙添付	ろ紙切断と台紙添付
②	台紙画像取込	台紙画像取込
	と編集	スポット画像切出し 白地画像切出し
③	EC濃度指標値 算出	スポットのヒストグラム作成
		スポットの最頻値決定
		白地のヒストグラム作成
		白地の最頻値決定
④	換算係数決定 とEC濃度算出	EC濃度指標値算出
		基準EC濃度の測定
		EC濃度指標値の平均値算出
		基準値と指標値の散布図作成
		換算係数決定
		EC濃度算出



図1 2日分のろ紙片を添付した台紙の例

表2 ろ紙添付用台紙

台紙名	白色度 (%)*	メーカー	品名等
白色台紙	97	APRIL	PaperOne (A4コピー用紙)
再生紙台紙	92	Fujifilm BI	GR100 (A4リサイクル用紙)
灰色台紙	57	大創産業	色画用紙 (寒色, 10色)
黒色台紙	18	同上	同上

*台紙取込画像の赤色の値 (R値) からR値/255×100により算出。

2.1.2 台紙画像の取込と編集

スキヤナーはセイコーエプソン社製の複合機タイプのプリンタEP-715Aのスキヤナー装置を使用した。当該スキヤナーは、赤、緑、青の3色のLEDを光源とする密着光学

方式センサー (CIS) を搭載したフラットベッドタイプのスキヤナー¹¹⁾である。スキヤナーからコンピューターへの台紙画像の取込には、スキヤナードライバー「Epson Scan 2」を使用した。画像編集ソフトは、JASC社製Paint Shop Pro Version 4.20Jを使用した。

ろ紙片を添付した台紙を、取込む面を下にして、台紙左上角をスキヤナーの原点マークに合わせ、原則表3の設定で取り込んだ。ただし解像度については、75から600dpiの8段階で比較検討した結果、600dpiとした(詳細は3.1.2節)。台紙画像を画像編集ソフトで開き、図2のとおり、スポットとその周辺の白地(上と下、詳細は3.1.3節)を範囲選択し、コピー、新規画像貼り付けして、24bitフルカラー、テキストのPPMファイル形式で保存した。なお、PPM形式の画像ファイルは、ファイルの種別、画像サイズ等の基本情報に続いて、画像の左上から右側へ走査しながら下に向かう形で、各ピクセルの赤、緑、青の値を、この順番に、スペース区切りで羅列したテキストファイルである¹³⁾。

2.1.3 EC濃度指標値の算出

スポット及び白地の各画像ファイルをマイクロソフト・エクセルで開き、各ピクセルの赤色の値(R値)について、0から255の各値の個数を数え、R値のヒストグラムを作成し、その最頻値(反射光強度)を求めた。EC濃度の光学的測定法の光源には、可視光を中心に紫外から赤外まで幅広い波長の光が使用されている^{7),8),9)}。本報では、熱分離・光学補正法の赤色レーザー光にならって、赤色の値を用いた。なお、最頻値が近接して複数ある場合は、その平均値を最頻値とした。スポットの最頻値をS、白地の最頻値をWとし、(式1)の吸光度(A)に対応するEC濃度指標値を(式2)により算出した。なお、指標値を適度な大きさにするため、右辺を便宜的に100倍した。

$$\text{EC濃度指標値} = -\log_{10}(S/W) \times 100 \quad (\text{式2})$$

2.1.4 換算係数決定とEC濃度算出

基準となるEC濃度(以下、基準EC濃度)は、当所の2025年度PM_{2.5}成分常時監視結果(実施期間は表4)を使用した。当該基準EC濃度は、PM_{2.5}試料採取装置(ムラタ計測器サービス, MCAS-SJA)を用いて、午前10時から24時間の1日単位で石英繊維ろ紙(PALL, 2500QAT-UP)上に採取した試料の1cm四方片を、熱分離・光学補正法の炭素分析装置(Sunset Laboratory, Lab Analyzer)にセットし、IMPROVEプロトコル及び反射光補正により測定した。EC濃度指標値については、上述の各基準EC濃度試料の採取期間にあわせて、試料採取開始日11時から翌日10時までの24スポットの平均値を算出した。換算係数については、検討の結果、2025年度年間のEC濃度指標値と基準EC濃度

の散布図で、回帰直線(切片=0)の傾きを求め、その逆数とした(詳細は3.1.4節)。EC濃度推定値は、EC濃度指標値に換算係数を乗じて算出した。なお、繰り返し測定精度検討の詳細は3.1.5節に示した。

表3 スキヤナードライバーの設定

設定項目	設定値	
モード	フォトモード	
基本設定	取り込み装置	原稿台
	原稿種	反射原稿
	イメージタイプ	カラー
	解像度(dpi)	600
色補正設定	色補正	補正無し
保存形式		PNG

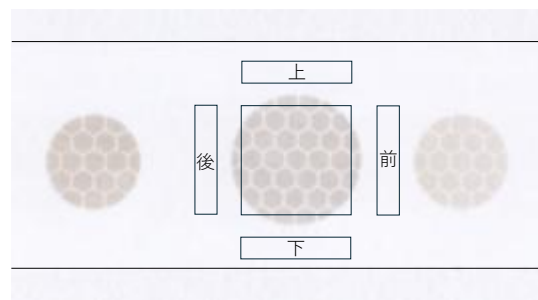


図2 スポット及び白地の範囲

(ろ紙の巻取り方向は図の右方向。テーブろ紙の上下辺の位置を黒色の線で示した。)

表4 当所2025年度PM_{2.5}成分常時監視実施期間

季節	期間
春	2025年5月15日~5月29日, 6月1日~3日*
夏	2025年7月24日~8月7日
秋	2025年10月16日~10月30日
冬	2026年1月22日~2月5日

*2重測定

2.2 本簡易測定法の適用事例

2025年3月26日のPM_{2.5}高濃度事例¹²⁾について、本簡易測定法により、環境保全研究所、上田、佐久、松本渚交差点(渚)、松本庄内、諏訪、岡谷IC、伊那、飯田の長野県内9局における、3月24日から27日の各時刻のEC濃度を推定した。得られたEC濃度とPM_{2.5}濃度を元に、黄砂と韓国山火事のPM_{2.5}濃度上昇への影響状況について検討した。

3. 結果及び考察

3.1 測定方法に関する検討

3.1.1 台紙の白色度の検討

2025年10月28日、29日(以下、10/28-29)のろ紙片を、白色度の異なる4種類の台紙(表2)に順次添付し、各台紙の画像を表3の設定で取込んだ。なお、各台紙の白色度は、台紙画像の台紙部分のR値から(式3)により算出した。

$$\text{白色度}(\%) = R/255 \times 100 \quad (\text{式3})$$

台紙画像の取込は、スキヤナーの電源は切らずに台紙だけセットし直して行った。各台紙画像の2日（48時間）分のEC濃度指標値を算出し、台紙の白色度の影響を検討した。

図3に示したように、台紙の白色度が低いほどEC濃度指標値は小さい傾向がみられた。これは、テープろ紙表面での反射光に比べてスポット上ECによる減衰が大きい、テープろ紙を透過して台紙で反射する光の量が、台紙の白色度が低いほど減少するためと考えられた。一方、EC濃度指標値のばらつきは台紙の白色度が低いほど大きい傾向がみられ、特に黒色台紙では、EC濃度指標値が小さい10月28日を中心にマイナス値が散見された。この様子をより明確に見るため、台紙の白色度とEC濃度指標値の平均値(ave)、標準偏差(σ)、CV%の関係を図4に示した。台紙の白色度が高くなるほど、aveは大きく、σは小さくなり、その結果CV%は顕著に低下していた。なお、ave、σ、CV%の各値は、期間全体を8時間毎6期間に分けた各期間で算出した後、全6期間で平均して算出した。

以上より、台紙の白色度が高い方が、EC濃度指標値の測定精度は良いと考えられ、出来るだけ白色度の高い台紙を用いることが望ましいと考えられた。ただし、台紙の白色度が高過ぎると、白地の反射光強度が大きくなりすぎ、R値が最大値である255で頭打ちになり、反射光強度を正確に計測できない恐れがある。このため本報では、表2の白色台紙を用いて測定を実施した。また、台紙の白色度を出来るだけ統一するため、同一製品を使用した。

3.1.2 スキヤナー解像度の検討

10/28-29のろ紙台紙を、解像度(dpi)を75, 100, 150, 200, 240, 300, 400, 600の8段階で変化させて取込んだ。なお、解像度以外は表3の設定とし、台紙画像の取込みは、スキヤナーの電源は切らずに、台紙をセットしたまま行った。各解像度について、2日(48時間)分のEC濃度指標値を算出し、その経時変化を比較したところ、図には示さなかったが、いずれの解像度も概ね同じ値であった。解像度によるEC濃度指標値の差異について、より詳細に検討するため、別途600dpiで取込んだ画像のEC濃度指標値を基準として、各解像度のEC濃度指標値との差をとり、その48時間分の平均値(ave)及び標準偏差(σ)を算出し、図5に示した。aveは、75dpiで-0.14と、わずかに低い値を示したが、100dpi以上では、ほぼ0であり、解像度による差は見られなかった。75dpiでわずかに低くなった原因としては、PM712のスポットが図2に示したように網目状になっており、その網目の白色部(非捕集部)と着色部(捕集部)とが、低解像度のために十分分離されず、スポットのR値が、網目の白色部も一部含んだ高い値になったためと考えられた。一方、σは、解像度が増加する

につれて低下する傾向を示した。これは、スポット及び白地のR値ヒストグラムにおいて、解像度が高くなるほど各階級の度数が大きくなって分布が滑らかになり、最頻値の推定誤差が小さくなったためと考えられた。以上のことから、解像度が高いほどEC濃度指標値のばらつきが小さくなり、測定精度は向上すると考えられたが、台紙画像の取込時間やファイル容量は解像度の2乗に比例して大きくなるため、現状では600dpi程度が妥当であると考えられた。

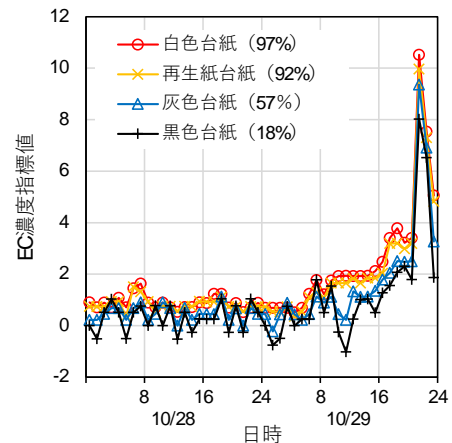


図3 各台紙のEC濃度指標値の経時変化
(2025/10/28-29)

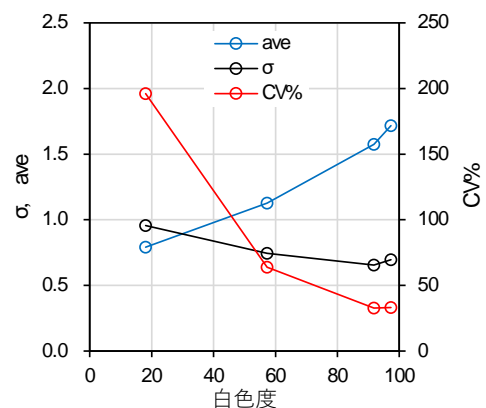


図4 台紙の白色度とEC濃度指標値の関係
(2025/10/28-29)

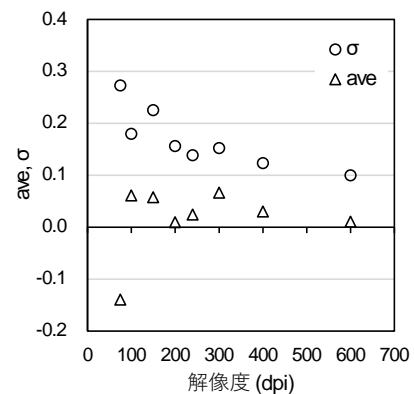


図5 各解像度と基準(600dpi)の指標値の差の平均値(ave)及び標準偏差(σ)

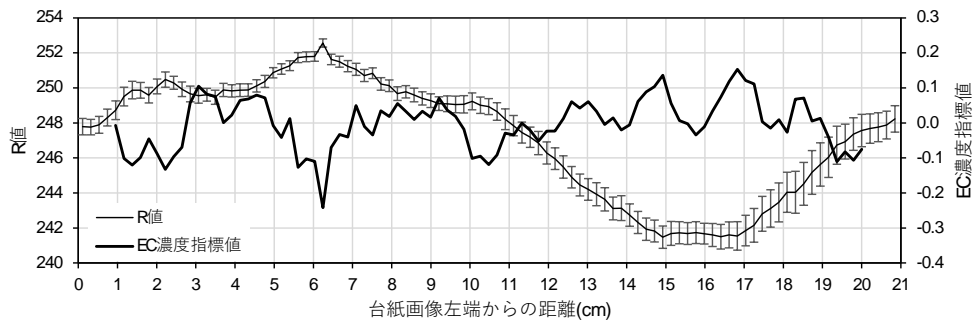


図6 白色台紙取込画像の位置によるR値及びEC濃度指標値の差異

3.1.3 取込画像上位置による反射光強度の差異

ろ紙片を添付していない白色台紙のみをスキヤナーにセットし、表3の設定で取込んだ。取込んだ台紙画像を、1辺50ドット(約2mm)の正方格子に区切り、各格子のR値の平均値を算出した。図6に台紙画像の横方向(CISの並ぶ方向)のR値の変動の様子を、縦方向(CISの移動する方向)の平均値(細い実線)に標準偏差(誤差範囲)を付して示した。図に示したように、標準偏差は概ね1以下であり、縦方向にはR値は概ね一定であったが、横方向については位置による変動がみられた。取込画像の左端から6cm付近で最大値約252、16cm付近で最小値約242、両端で約248であり、その間は概ねなだらかにつながっていた。この横方向のR値の変動は、同方向の位置による照射光の強度やセンサーの感度の違いが要因として考えられた。一方、縦方向には、照射光強度、センサー感度、対象物とセンサーの距離等の取込条件が概ね一定の状態を保ってCISが移動するため、一定の値となったと考えられた。このためスポット周辺の白地は、図2のスポットの「上」と「下」ではなく、「前」と「後」(テープろ紙の伸びる方向)に設定する方が、横方向のR値の変動を考慮すると望ましいと考えられた。しかし、本報のようにカバーろ紙が無い場合、スポット前後の白地は、それ以前の時刻のスポットからコンタミネーションを受ける恐れがあるため、本報ではスポットの上下に白地を設定し平均することとした。この場合、図6に実線で示したように、EC濃度指標値の誤差は、左端から約6.2cmで-0.24であったのを除くと、概ね±0.1以下であった。なお、EC濃度指標値は、実際のテープろ紙におけるスポットと白地の位置関係に合わせて、スポットとして算出する格子から、左右に約8mm離れた4格子目の格子を白地とし、その平均値を用いて(式2)により算出した。

3.1.4 換算係数の検討

図7に、2025年度各季節の基準EC濃度とEC濃度指標値の散布図を示した。また表5に、各季節及び年間(四季)の、基準EC濃度及び回帰直線(切片固定なし及び切片=0)の概要を示した。基準EC濃度(μg/m³)は夏季にやや低かったが他の季節は概ね同程度であり、いずれの季節も原点

通過する一つの直線上に分布していた。実際、回帰直線(切片固定なし)の切片は、いずれの季節及び年間も±0.15以内で、回帰直線は概ね原点を通過しており、傾きは、基準EC濃度がやや低い夏季がやや小さかった以外は、切片固定の有無によらず概ね同じ値であった。また、決定係数(R²)は、傾き同様、夏季がやや小さかったが、他の季節及び年間では0.91以上と高かった。以上を踏まえ、本報では、年間(四季)の回帰直線(切片=0)の傾きの逆数として換算係数を算出することとした。この傾きの信頼度95%信頼区間は、マイクロソフト・エクセルの分析ツール(回帰分析)を用いて4.05±0.14と推定され、換算係数の信頼度95%信頼区間は、1/(4.05±0.14)、すなわち0.247を中心に0.239から0.256の範囲(誤差4%未満)と推定された。また、表5に示したように基準EC濃度(μg/m³)の範囲が、年間で0.08から0.76であったことから、本報の換算係数の適用可能範囲はEC濃度が概ね1 μg/m³以下の範囲と考えられた。

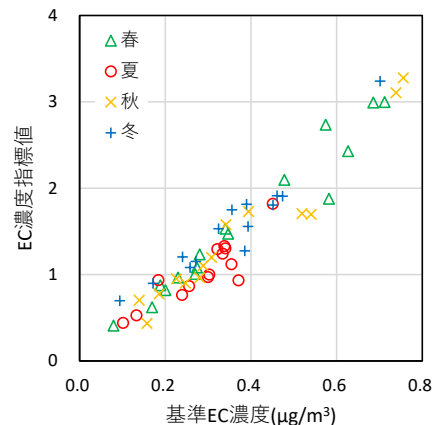


図7 EC濃度指標値と基準EC濃度の散布図

表5 各季節及び年間の基準EC濃度及び回帰直線

季節	基準EC濃度 (μg/m ³)			回帰直線			
	平均	最大	最小	R ²	傾き	切片	傾き
春	0.38	0.71	0.08	0.95	4.10	0.02	4.15
夏	0.29	0.45	0.10	0.78	3.25	0.10	3.57
秋	0.37	0.76	0.14	0.94	4.08	-0.06	3.96
冬	0.36	0.70	0.09	0.91	3.97	0.15	4.32
四季	0.35	0.76	0.08	0.92	4.08	-0.01	4.05

3.1.5 繰り返し測定精度の確認

10/28-29のろ紙台紙を表3の設定で5回取込んだ。なお、取込の際は、毎回、スキヤナーの電源を切って起動し直した。また、ろ紙も一旦取り出し、セットし直した。取込んだ各台紙画像について、各時刻のスポット及び白地のR値及びEC濃度指標値を算出し、それらの5回のばらつき状況、及び繰り返し測定精度を確認した。スポット及び白地のいずれについても、R値の5回の最大値と最小値の差は、ほとんど全ての時刻で0又は1であり、R値は概ね一定していた。R値から算出したEC濃度指標値の5回の標準偏差(σ)は、最大で0.17、最小で0、平均で0.08であった。3.1.4節に示したように、換算係数=0.247として、ECの大気中濃度に換算すると、σは平均で0.02 μg/m³であり、検出下限値(3σ)は0.06 μg/m³、定量下限値(10σ)は0.20 μg/m³と見積もられた。年間(四季)を通してのEC濃度推定値(1時間値)の最大、最小、平均は、2.7、0.0、0.34 μg/m³であり、年間平均値は定量下限値を超えていた。年間の推定値の約95%が検出下限値を超え、約70%が定量下限値を超えており、下限値はEC濃度の実態を把握するのに十分に低い値であると考えられた。

3.2 本簡易測定法の適用事例

2025年3月26日のPM_{2.5}高濃度事例の原因について、中込ら¹²⁾は、濃度上昇時、粗大粒子より微小粒子の割合が顕著に大きかったことから、黄砂に比べて韓国山火事の影響をより強く受けた可能性を示した。しかし、韓国山火事がPM_{2.5}濃度上昇に影響した直接的な根拠は、衛星画像などに基づく一部報道の指摘¹⁴⁾のみであった。このため、間接的であっても、韓国山火事が当該事例に影響した根拠となる知見の集積が望まれる。彼らは、山火事が影響した間接的な根拠として、その指標の一つである一酸化炭素(CO)濃度がPM_{2.5}濃度に連動して顕著に上昇したことを示した。本報では、CO同様に山火事など燃焼発生源の指標であるECの変動状況について検討した。

図8に、一例として渚局について、3月24日から26日のEC濃度とPM_{2.5}濃度の経時変化を示した。EC濃度は、3月24日9時前後の上昇を除くと、26日7時頃まで概ね一定の値で推移し、25日から26日にかけて観測された黄砂¹⁵⁾の影響は見られなかった。一方、3月26日8時から13時にかけては、PM_{2.5}濃度と連動した顕著な濃度上昇を示した。同様の結果はEC濃度を推定した他の測定局でもみられ、3月26日のPM_{2.5}濃度上昇については、山火事など燃焼発生源の強い影響が示唆された。本事例に関して山神ら¹⁶⁾は、国設名古屋大気測定所のPM_{2.5}自動成分分析結果において、PM_{2.5}濃度の上昇に伴って水溶性有機炭素及び硝酸イオンの濃度が上昇し、バイオマス燃焼の影響が示唆されたことを報告している。本報の結果はこれと整合していた。

なお、本事例におけるEC濃度は3.1.4節で示した本報換算係数の適用範囲外であるため、その推定精度には注意が必要である。

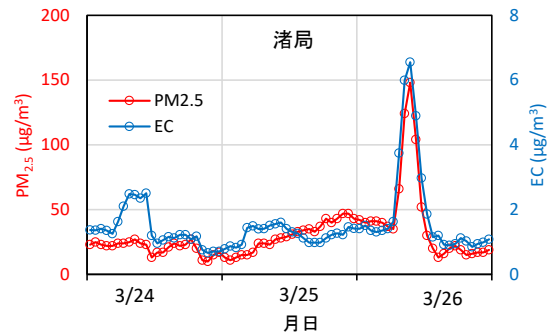


図8 2025/3/24~26のEC及びPM_{2.5}の経時変化

4. 本手法の注意点と課題

本手法における注意点と課題は以下のとおりである。

- ・本報ではカバーテープ不使用のため、テープろ紙送り用ゴムローラーが、スポットに直接触れ、捕集されたECのゴムローラーへの付着や、逆にゴムローラーからテープろ紙への再付着が懸念される。また、テープろ紙がリールに巻取られた際、捕集後スポットの上に重ったろ紙裏面へのECの付着に注意が必要である。これらについては、カバーテープの使用により改善が期待できる。
- ・本報で換算係数決定に使用した基準EC濃度は0.08から0.76 μg/m³であった。このため、EC濃度が1 μg/m³を超える場合は、当該換算係数の適用可能範囲外となり、推定値の正確度に注意が必要である。今後、EC濃度の推定可能範囲を広げるためには、より高濃度の試料を含めて換算係数を決定する必要がある。
- ・EC濃度が低く、スポットが良く見えない場合は、スポットが明瞭な別のろ紙片と並べて位置を比較すると日時を同定し易い。
- ・点検や故障等でスポットの並びが不規則な場合、日時の同定に注意が必要である。
- ・PM_{2.5}計及びスキヤナーの機種が本報と異なる場合、当該機種について手法の検討が必要である。
- ・その他、ブラウンカーボンや酸化鉄などの光吸収性粒子や硫酸塩や硝酸塩などの光散乱性粒子の影響¹⁷⁾、換算係数の地点による違い、並びに光源波長の影響¹⁸⁾にも注意が必要である。

5. 引用文献

- 1) 日本エアロゾル学会:Aerosolpedia エアロゾルペディア(元素状炭素 Elemental Carbon), <https://sites.google.com/view/aerosolpedia/%E7%94%A8%E8%AA>

- 9E%E3%83%AA%E3%82%B9%E3%83%88%E3%83%88%E3%83%83%
E3%83%97/%E5%A4%A7%E6%B0%97%E3%82%A8%E3%82%A2%E3
%83%AD%E3%82%BE%E3%83%AB/%E5%85%83%E7%B4%A0%E7%8
A%B6%E7%82%AD%E7%B4%A0 (2026. 2. 23アクセス)
- 2) 嵯峨井勝：PM_{2.5}中の毒性成分とそのメカニズムに関する考察—主に硫酸塩と炭素成分の毒性について—, 日本衛生学雑誌, **74**, 19004, 2019
 - 3) Kojima S., Michikawa T., Yoshino A., Tsujita K., Ikeda T., Nishiwaki Y., Takami A. : Components of particulate matter as potential risk factors for acute myocardial infarction, *Communications Medicine*, **5**, 362, 2025
 - 4) 長谷川就一：粒子状物質中の炭素成分について, 国立環境研究所ニュース, **21** (5), 7-8, 2002
 - 5) 一般財団法人環境イノベーション情報機構：EICネット環境用語集 (ブラックカーボン), <https://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&serial=4735> (2026. 2. 23アクセス)
 - 6) 環境省：微小粒子状物質の成分分析 | 大気中微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 成分測定マニュアル, <https://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/manual.html> (2026. 2. 23アクセス)
 - 7) Miyazaki Y., Kondo Y., Sahu L. K., Imaru J., Fukushima N., Kano M. : Performance of a newly designed continuous soot monitoring system (COSMOS), *J. Environ. Monit.*, **10**, 1195-1201, 2008
 - 8) Hansen A. D. A., Rosen H., Novakov T. : The aethalometer - An instrument for the real-time measurement of optical absorption by aerosol particles, *Science of The Total Environment*, **36**, 191-196, 1984
 - 9) 紀本電子工業株式会社：製品紹介 微小粒子状物質自動計測器 (PM-712), <https://kimoto-electric.co.jp/product/PM-712JP> (2026. 2. 23アクセス)
 - 10) Petzold A., Schönlinner M. : Multi-angle absorption photometry - a new method for the measurement of aerosol light absorption and atmospheric black carbon, *Journal of Aerosol Science*, **35** (4), 421-441, 2004
 - 11) セイコーエプソン株式会社：よくあるご質問 (CISとCCDのスキヤナーセンサーの違いを教えてください), <https://faq2.epson.jp/web/Detail.aspx?id=36174> (2026. 2. 24アクセス)
 - 12) 中込和徳, 山崎琢磨, 酒井文雄：2025年3月26日のPM_{2.5}高濃度事例における長野県内の状況—黄砂と韓国山火事の同時影響事例—, 全国環境研会誌, **50** (4), 203-208, 2025
 - 13) 奥村明弘：Optical Learning Blog (PPMフォーマット), <http://optical-learning-blog.realop.co.jp/?eid=14> (2026. 2. 25アクセス)
 - 14) ウェザーニュース：黄砂とともに韓国の山火事の煙も日本へ 昨日から大規模な延焼, <https://weathernews.jp/news/202503/260345/> (2026. 2. 26アクセス)
 - 15) 日本放送協会：黄砂 25日から26日にかけて広い範囲に飛来 注意を 気象庁, <https://news.web.nhk/newsweb/na/na-k10014758751000> (2026. 2. 26アクセス)
 - 16) 山神真紀子, 久恒邦裕, 西村理恵, 野中優衣, 兒玉力哉, 羽賀雄紀, 加納かおり, 内野有紀, 久保友佳子, 村上友規, 木戸瑞佳, 熊谷貴美代, 濱田詩織, 山村由貴, 茶谷聡：2025年3月26日に発生した、においを伴うPM_{2.5}高濃度事例について, 第66回大気環境学会年会講演要旨集, 338, 2025
 - 17) 松井仁志, 大畑祥, 當房豊, 松木篤, 板橋秀一, 大島長, 鈴木健太郎, 佐藤陽祐：エアロゾル-放射・雲相互作用, 大気化学研究, **48**, 1-52, 2023
 - 18) Hansen A. D. A. : The Aethalometer, pp.36-38, Magee Scientific, Berkeley, 2005

<報文>

AIを活用した後方流跡線解析による光化学オキシダント および微小粒子状物質の越境汚染影響評価について*

三苫洋介, 坂寄代志夫, 陣矢大助, 山口理香, 岩村幸美, 首藤 礼, 高橋宏志朗**

キーワード ①後方流跡線 ②光化学オキシダント ③微小粒子状物質 ④AI ⑤Python

要 旨

北九州市における大陸からの越境汚染の影響について、光化学オキシダント(Ox)及び微小粒子状物質(PM_{2.5})を対象に、後方流跡線解析手法を用いて検証を行った。その結果、越境汚染の影響は、Oxについては過去から大きな変化はなく、PM_{2.5}については減少していることが示唆された。また、後方流跡線解析に用いる気象データのダウンロードやプロット図作成において、AIを用いることで作業を自動化・省力化できたため、その具体的な活用事例について紹介する。

1. はじめに

北九州市は、過去に激甚な公害問題を経験し、大気環境が著しく汚染していた時期があった。こうした経緯から、政令指定都市の中で唯一、大気汚染防止法第23条に定める緊急時措置の規定が、北九州市長に適用されている(大気汚染防止法施行令第13条)。北九州市では、平成19年度に10年ぶりに、光化学オキシダント注意報を発令して以来、現在(令和8年2月)までに延べ9日発令を行っている。

光化学オキシダント(Ox)に関して、九州地域における当時のOxの高濃度の主要な原因が大陸からの移流と推定された¹⁾経緯もあり、平成21年3月から発令時には大陸移流の影響を評価する運用を開始した。この評価は、

- ・後方流跡線の方位が大陸方向か
- ・五島, 対馬, 壱岐等, 人為的発生源の少ない離島の観測局で高濃度になっているか
- ・深夜, 早朝に高濃度になっているか

等から行っており、評価運用後から現在までに、大陸移流と判断した実績を有している。なお、現在は大陸からの越境汚染の評価は、福岡県が構築する大気汚染予測システム(Fcast)を用いて実施している²⁾。

また、平成21年に環境基準が設定された微小粒子状物質(PM_{2.5})については、北九州市を含む北九州地域において、福岡県知事による注意喚起が延べ2日実施されている。そうした中、一方で環境省は大気中の濃度低減の取組

を更に推進するため、令和7年12月12日に「微小粒子状物質・光化学オキシダント対策ワーキングプラン」の策定について公表した³⁾。このようなOxやPM_{2.5}に関する社会状況の変化を踏まえ、北九州市における経年変化について、光化学オキシダント注意報発令時に実施していた後方流跡線解析の手法を準用し、検証することとした。

2. 調査方法

アメリカ海洋大気庁(NOAA)が公開している流跡線解析モデルHYSPLIT⁴⁾を活用し、次の条件で解析を行った。

《後方流跡線解析条件》

- ・起点地点：北九州観測局
(緯度：33.53.13 経度：130.51.05)
- ・起点高度：10m(本来なら0mにて解析しているが、解析ソフトの限界により10mとした。)
- ・起点時点：日本時間9時(世界標準時0時)
- ・遡及時間：72時間
- ・対象期間：2021年度～2024年度(短期) 全日
2005年度～2024年度(長期) 5月のみ

なお、対象期間(長期)において、5月のみとした理由は、北九州市における光化学オキシダント注意報発令実績において、5月が最も多かったためである。また、本来の評価では、後方流跡線を図示した上で移流判断を行っていたが、本調査では使用パソコン性能の制限から、72時間前の位置情報のみを対象に検証を行った。

*Evaluation of Transboundary Pollution Impacts of Photochemical Oxidants and PM_{2.5} Using AI-Enhanced Backward Trajectory Analysis

**Yousuke MITOMA, Yoshio SAKAZAKI, Daisuke JINYA, Rika YAMAGUCHI, Tomomi IWAMURA, Aya SHUTOU, Koushirou TAKAHASHI (北九州市保健環境研究所) Kitakyushu City Institute of Health and Environmental Sciences

3. 調査結果

3.1 短期におけるOx高濃度日とPM_{2.5}高濃度日の方位別傾向について

対象期間（短期）における全日、Oxの日最大値が60ppb以上の日（以下、「Ox高濃度日」という）、PM_{2.5}の日最大値が24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の日（以下、「PM_{2.5}高濃度日」という）の各72時間前の空気塊の位置情報をプロットしたものを図1に示す。

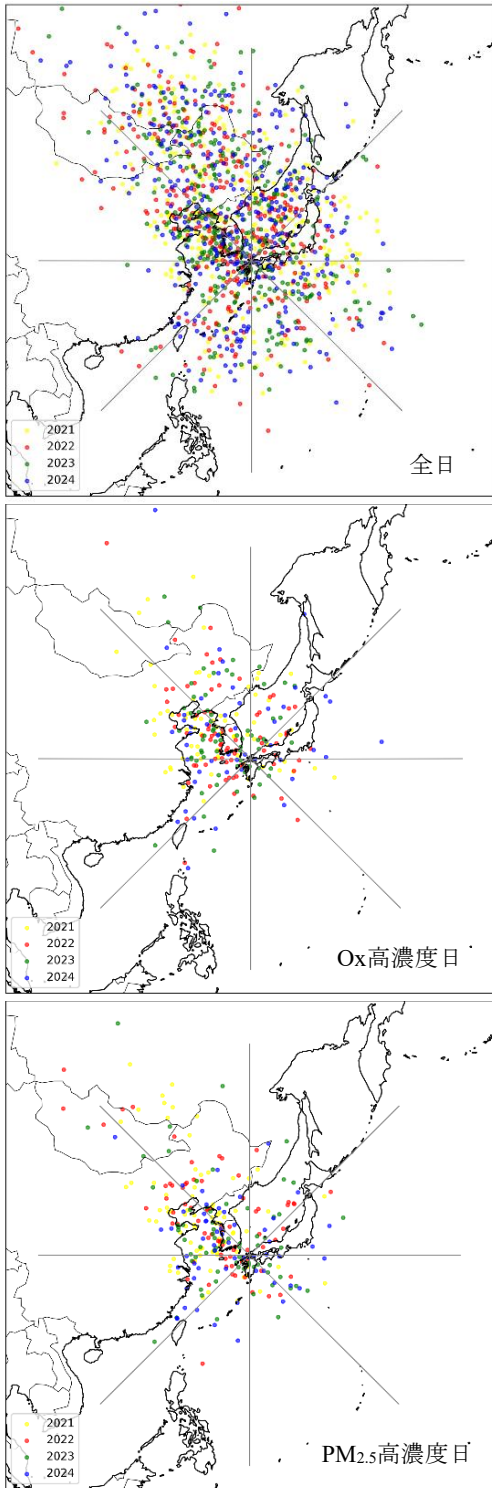


図1 72時間前位置プロット図（短期）

なお、Oxの60ppbは現在の環境基準であり、PM_{2.5}の24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ は、対象期間（短期）における82.6パーセントイル値に相当する値である。これはOxの60ppbが対象期間（短期）における82.6パーセントイル値に相当することを踏まえ設定したものである。

次に、当該対象期間中における各年度の方位別割合を図2に示す。

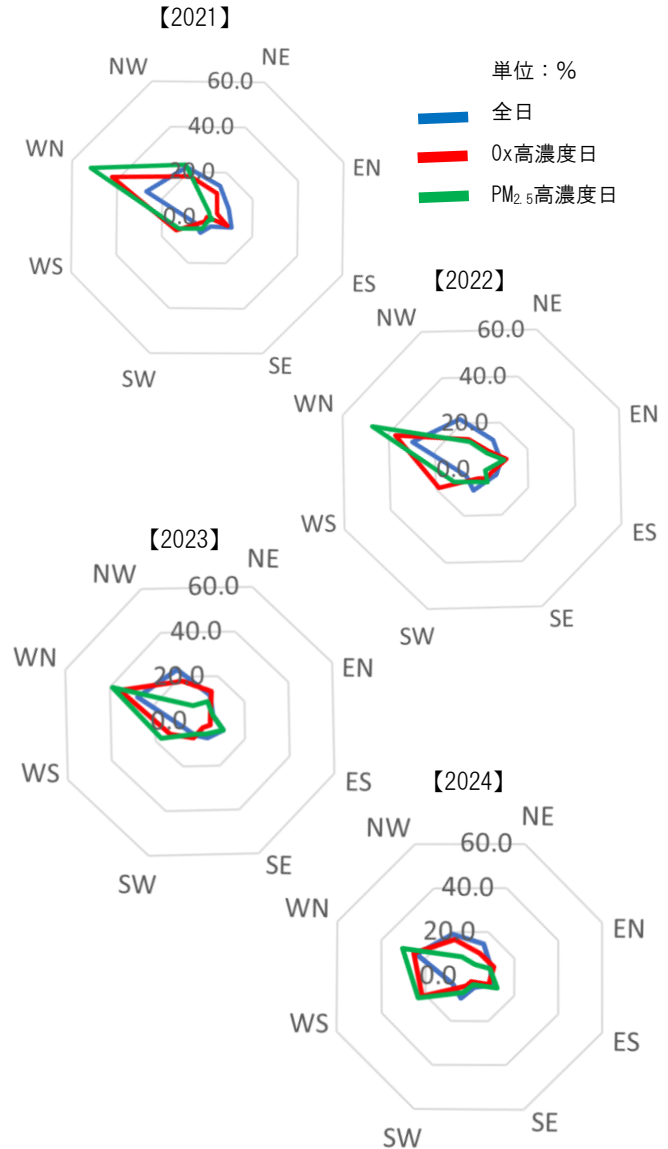


図2 方位別割合

図1及び図2から、北九州市では偏西風の影響により、大気の流れは全般的に西からの割合が高いことが再確認できた。また、当該対象期間中のすべての年度において、WN、NWの割合が、全日と比べOx及びPM_{2.5}高濃度日の方が高く、大陸の影響を受けていることが示唆された。ただし、経年変化で見るとPM_{2.5}高濃度日について、特にWNの割合が減少しており、越境汚染の影響が弱まっていることが考えられる。

3.2 長期傾向について

対象期間（長期）における全日、Ox高濃度日、PM_{2.5}高濃度日の各72時間前の空気塊の位置情報をプロットしたものを図3に示す。ただし、PM_{2.5}については、測定開始が2011年度であるため、2011年度以降とした。

また、当該対象期間中のOx及びPM_{2.5}について、方位別及び濃度の長期経年変化を図4及び図5に示す。なお、各図において、5年を1単位としてまとめている（ただし、PM_{2.5}における2011～2014年度を除く）。

図3、図4及び図5から、5月における大気の流れは、全

日を対象とした短期と同様に、全般的に西からの割合が高いことが確認された。

図4及び図5において、経年変化に着目すると、PM_{2.5}においては、特に西方向（WS, WN, NW）は大幅に減少しているが、Oxにおいては、このような明瞭な減少はみられない。

また、PM_{2.5}については、方位別の濃度差についても減少傾向にあり、特定方位からの発生源の影響が弱まっていることが推察される。

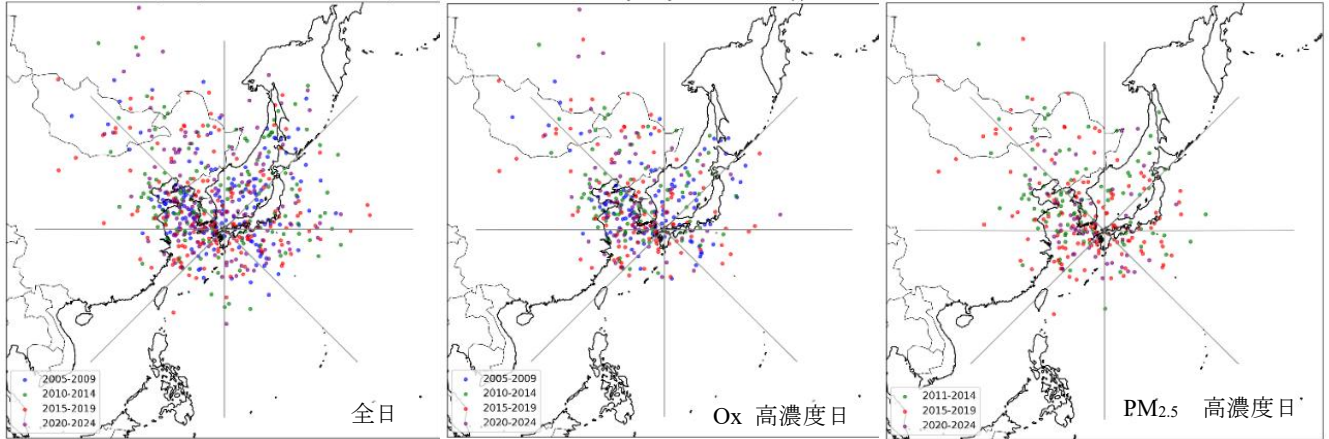


図3 72時間前位置プロット図（長期）

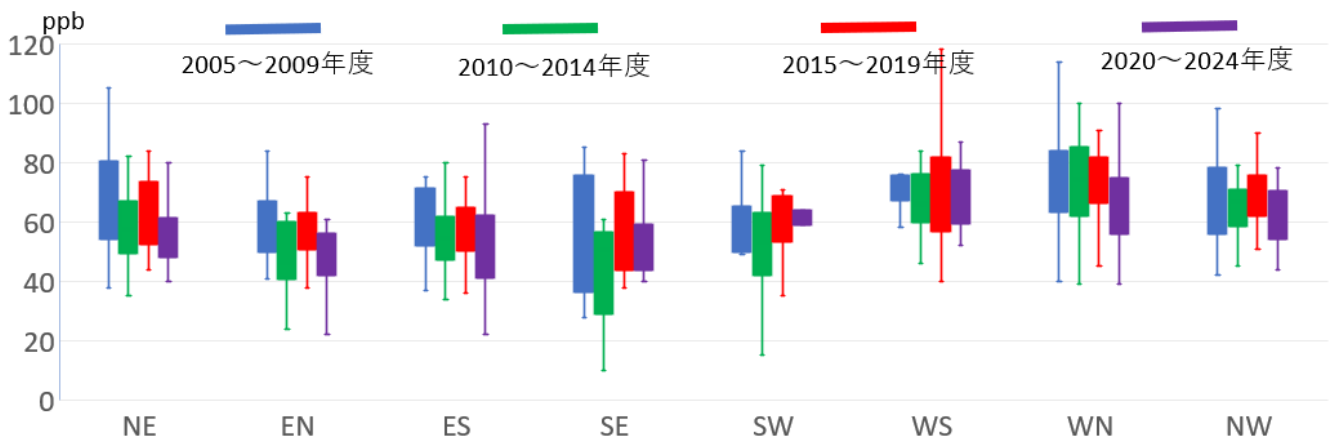


図4 Ox 方位別経年変化

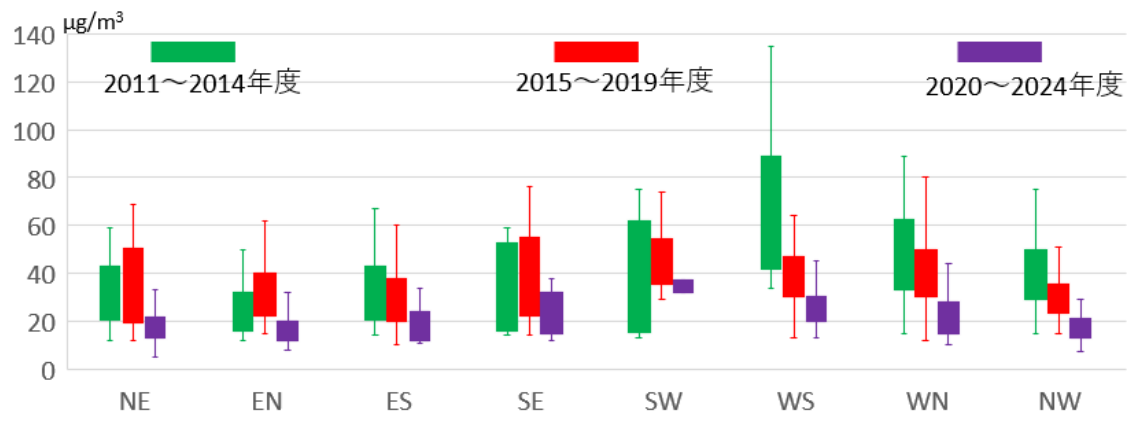


図5 PM_{2.5} 方位別経年変化

図4、5において、中央線は、外れ値を除いた最大、最小値を示す。また、箱の上端は75、下端は25パーセント値を示す。

4. AIの活用について

4.1 活用内容

本調査では、AI (Microsoft Copilot) を活用しており、その具体的な活用方法について紹介する。基本的な作業フローを図6に示す。

後方流跡線解析ソフトのHYSPLITやプログラミング言語のPython及びそのライブラリ (表1参照) をダウンロード (DL) するなど、作業環境を整備した上で、AIからプログラムコード (Pコード) の作成や関数式提示等の支援を受け、解析処理に必要なデータの自動DL, 解析処理, プロット図作成, 起点位置からの方位分類を行った。

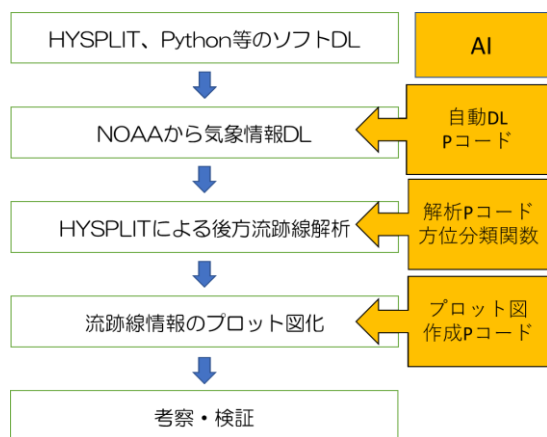


図6 全体作業フロー

表1 Pythonと主なライブラリのバージョン

Name	Version
Python	3.13
Cartopy	0.25.0
matplotlib	3.10.8
numpy	2.4.1
pandas	2.3.3
shapely	2.1.2
pyproj	3.7.2
openpyxl	3.1.5

4.2 活用効果と課題

プログラム言語に関する知識が十分でない作業であっても、AIを活用することで、処理の自動化や図示を行うことができた。作業の効率化が図れるとともに、図1や図3のような視覚的にイメージしやすい図を具現化できることは、調査研究活動の結果発表等の際に、有効であると考えられる。

一方で、表2のとおり、複雑な処理になるとAIが作成するPコードではエラーが多発し、その修正作業に多大な労力が必要となるなど課題も浮き彫りとなった。特に、対象期間のうち一部の期間においてのみ流跡線解析が適正に処理できていないといったエラーが発生した際には、同エラーの発覚が考察後であったため、エラー発生原因の究明及び解決から再考察までに多くの時間を要した。

5. 今後の展開

5.1 点から線へ

本調査は、あくまで72時間前の空気塊の位置情報という“点”を対象とした内容であり、越境汚染の検証を行うには、移流の経路という“線”の情報がより重要である。そこで、次回調査では、経路情報を活用した解析手法の導入を検討したい。あわせて、AI活用において、正常に処理がなされない場合に、速やかに同処理箇所を発見し修正するためのプログラムの構築やきめ細かいチェックを行うための作業プロセスの細分化など、処理のブラックボックス化を防ぐ対策を検討していきたい。

5.2 AIの活用事例の横展開

地方環境研究所においても、調査研究の質を高めるため、AIの活用の重要度は増す。そこで、本調査で得られた知見を整理し、誰でも、処理の自動化やプロット図の作成ができるようなトレーニングメソッドの構築を進めていきたい。

表2 AI活用の効果と課題点

活用内容	効果	課題点
気象データ (約500ファイル, 総容量約160GB) の自動DLを行うためのPコード作成	作業負担・時間の軽減	長時間を要する自動DL作業において、通信環境が作業途中で悪化し、作業が中断された。この場合、改めて処理し直さなければならないため、定期的な進捗確認が必要であった。
後方流跡線解析作業のためのPコード作成	作業負担・時間の軽減	Pコード作成にあたり、複数回の修正作業を要した。例：対象日の解析に必要な気象データの補填 対象期間のうち、一部期間において解析処理が適正に行われておらず、原因究明に多くの時間を要した。
方位分類のための関数処理	作業時間の軽減	—
プロット図作成のためのPコード作成	イメージの具体化	Pコード作成にあたり、複数回の修正作業を要した。例：プロットサイズの統一化, 色指定 例：図のスケールの統一化, 投影図法変更

6. 謝辞

本調査を実施するにあたり、貴重なご意見をくださった元・一般財団法人日本気象協会職員の松下博弓氏に謝意を表す。

7. 引用文献

- 1) 国立環境研究所と地方環境研究所とのC型共同研究
光化学オキシダントと粒子状物質等の汚染特性解明に
関する研究九州グループ:九州における光化学オキシ
ダント高濃度に関する解析, 2008
- 2) 福岡県: 福岡県大気汚染予報,
<https://www.taikiyohou.pref.fukuoka.lg.jp/>
(2026. 2. 5アクセス)
- 3) 環境省: 微小粒子状物質・光化学オキシダント対策
ワーキングプラン
[https://www.env.go.jp/air/osen/pc_oxidant/workin
gplan.html](https://www.env.go.jp/air/osen/pc_oxidant/workin
gplan.html)
(2026. 2. 5アクセス)
- 4) アメリカ海洋大気庁: HYSPLIT Version
win64U_v5.3.0,
<https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php>
(2025. 12. 31アクセス)

<報 文>

福岡県の特定外来生物および類似種を対象とした植物同定アプリの識別能力の検証*

金子洋平**・須田隆一**

キーワード ①自動識別 ②市民科学 ③外来種管理 ④同定精度 ⑤アプリ

要 旨

福岡県に定着する特定外来生物の識別に適した植物同定アプリを選定するため、Flora Incognita, Google Lens, iNaturalist, Pl@ntNetの4種類のアプリの同定精度を比較した。特定外来生物9種と、誤同定の可能性がある類似種15種を対象とし、アプリが第一候補として提示した種名の正誤を評価した。その結果、Flora IncognitaとPl@ntNetは正答率、感度ともに最も高く、類似種を特定外来生物に誤同定する割合も少なかった。一方、Google Lens, iNaturalistは正答率、感度ともに相対的に低い傾向がみられた。GLMM解析の結果、アプリ間差に加えて、花を含む画像で正答率が大きく向上し、種による同定精度の差も大きいことが示された。このことから、福岡県における特定外来生物の同定にはFlora IncognitaとPl@ntNetが有用であり、調査においては開花期に実施することが推奨される。

1. はじめに

外来生物による生態系への影響は世界的に深刻化しており、生物多様性の保全や農林水産業への被害防止の観点から、的確な対策の実施が求められている^{1,2)}。外来生物対策においては、対象種の分布情報が侵入経路の解明、影響範囲の評価、さらには効果的な防除計画の立案に直結するため、その正確な把握が極めて重要である。しかし、広域にわたる分布調査には多大な労力と時間を要し、十分な情報収集が困難である。加えて、外来種対策として最も効果的とされる早期発見・早期防除を実現するためには、リアルタイムでの分布情報のモニタリングが望まれるものの、その実現は容易ではない。このような状況の中、2023年の外来生物法改正により、定着している特定外来生物への対策が都道府県の責務とされたことから^{3,4)}、各都道府県は地域における特定外来生物の分布状況を把握することが喫緊の課題となっている。

こうした課題に対する新たな解決策として、市民科学が注目されている。市民科学とは、専門家ではない市民が科学調査やデータ収集に参加し、研究や環境保全に貢献する取り組みであり⁵⁾、広域かつ大量のデータを必要とする環境科学分野において不可欠な役割を担いつつある⁶⁾。近年、スマートフォンやインターネットの普及により、一般市民が生物観察記録を容易に共有できる環境が整備されてきた。さらに、人工知能(AI)の発展に伴い、多

数の生物同定アプリケーションが開発され、専門的知識を持たない利用者からも効率的に情報を収集できる仕組みが形成されつつある。特に植物は写真撮影が比較的容易であることから、市民科学によるデータ収集の対象として適しており、外来種調査を含め、世界各地で膨大な生物情報が収集され、研究や保全活動に活用されている⁷⁻¹⁴⁾。

一方で、植物同定アプリは、学習データや種同定アルゴリズムがアプリ間で異なるため、アプリ間で同定精度や同定可能な種が大きく異なることが報告されている¹⁵⁻¹⁹⁾。また、植物の自動識別は葉を中心に研究が進められてきた経緯があり、葉が重要視される傾向にあるが²⁰⁾、花の画像や葉と花が混在する画像が高い同定精度を示す場合^{21,22)}や葉のみの画像の方が高い精度を示す場合²³⁾も報告されており、種によっては花の有無により同定精度が変動すると考えられる。そのため、同定精度の検証は極めて重要であり、外来種の同定に適したアプリの選定や、撮影すべき植物部位の特定が不可欠である。

そこで本研究では、福岡県に定着している特定外来生物の同定に適した植物同定アプリを選定することを目的とし、複数の植物同定アプリの識別能力を比較検証した。また、花の有無が同定精度に及ぼす影響についても検討を行った。

*Assessing the identification accuracy of plant recognition apps for designated invasive alien species and look-alike species in Fukuoka Prefecture

**Yohei KANEKO, Ryuichi SUDA (福岡県保健環境研究所) Fukuoka Institute of Health and Environmental Sciences

2. 調査方法

2.1 調査対象の植物同定アプリ

調査に用いる植物同定アプリは、一般利用者が容易にアクセスできることを重視し、無料であること（無料版が存在しても利用回数等に制限があるものは除外）、iOSおよびAndroidの両方のOSに対応していること、日本語に対応していることの3条件を満たすものとした。その中でも国際的に広く利用され、学術論文で取り上げられるなど主要なアプリとして知られている、Flora Incognita（開発：Flora Incognita Project, ドイツ）、Google Lens（Google社, アメリカ）、iNaturalist（iNaturalist Project, アメリカ）、Pl@ntNet（Pl@ntNet Consortium, フランス）の4種類を調査対象とした。

2.2 同定精度検証の対象種および画像データ

同定精度の比較検証に用いる植物として、福岡県に定着する特定外来生物9種を選定した。対象種は、ボタンウキクサ *Pistia stratiotes*, オオフサモ *Myriophyllum aquaticum*, アレチウリ *Sicyos angulatus*, ナガエツルノゲイトウ *Alternanthera philoxeroides*, オオカワヂシャ *Veronica anagallis-aquatica*, オオキンケイギク *Coreopsis lanceolata*, ミズヒマワリ *Gymnocoronis spilanthoides*, ナルトサワギク *Senecio madagascariensis*, ブラジルチドメグサ *Hydrocotyle ranunculoides*である。さらに、各特定外来生物に誤同定

する可能性が高い類似種を、「特定外来生物同定マニュアル 植物」²⁴⁾などを参考に、福岡県に生育する種を各1~3種選定し、合計15種を対象とした（表1）。

同定に使用する画像は、主としてスマートフォンSONY XPERIA S0-41Bおよびコンパクトデジタルカメラ Olympus TOUGH TG-6を用いて撮影した。植物部位が同定精度に影響するかを明らかにするために、非開花期に茎葉（L）、開花期に花（茎葉を含む；F）の画像をそれぞれ撮影した。ただし、ボタンウキクサ、オオフサモ、ブラジルチドメグサの3種については、花が小型で目立たず同定精度に影響しないと考えられることから、茎葉の画像のみを対象とした。一方、ナルトサワギクは、通年開花しているため、花の画像のみを対象とした。また、オオキンケイギクについては、2月を含む時期の刈り取りが開花数を減少させる効果が高いと報告されており²⁵⁾、防除対策にはロゼット時期の同定が重要と考えられることから、花とロゼット（越冬時に見られる根元から放射状に葉が並んだ状態の植物体；R）を対象とした。

解析に用いた画像データ数は各種・撮影部位につき10枚とし、合計350枚の画像データを解析に供した。なお、ボタンウキクサについては必要枚数を確保できなかったため、環境省ホームページ「外来種写真集」²⁶⁾および他者提供の画像を補足的に使用した。これらの画像を用い、2025年11月から12月にかけてアプリによる同定作業を実施した。

表1 植物同定アプリの精度比較に用いた種と撮影部位

区分	和名	学名	科名*	原産地	撮影部位		
					茎葉	花（茎葉含む）	ロゼット
特定外来生物	ボタンウキクサ	<i>Pistia stratiotes</i>	サトイモ科	アフリカ	○		
類似種	ホテアアオイ	<i>Eichhornia crassipes</i>	ミズアオイ科	南アメリカ	○		
特定外来生物	オオフサモ	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	アリノトウグサ科	南アメリカ	○		
類似種	ホザキノフサモ	<i>Myriophyllum spicatum</i>	アリノトウグサ科	(在来種)	○		
特定外来生物	アレチウリ	<i>Sicyos angulatus</i>	ウリ科	北アメリカ	○	○	
類似種	キカラスウリ	<i>Trichosanthes kirilowii</i> var. <i>japonica</i>	ウリ科	(在来種, 日本固有種)	○	○	
特定外来生物	ナガエツルノゲイトウ	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	ヒユ科	南アメリカ	○	○	
類似種	ツルノゲイトウ	<i>Alternanthera sessilis</i>	ヒユ科	南アメリカ	○	○	
類似種	スベリヒユ	<i>Portulaca oleracea</i>	スベリヒユ科	(在来種, 世界に広く分布)	○	○	
類似種	アメリカタカサブロウ	<i>Eclipta alba</i>	キク科	北アメリカ	○	○	
特定外来生物	オオカワヂシャ	<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	オオバコ科	ヨーロッパ~アジア北部	○	○	
類似種	カワヂシャ	<i>Veronica undulata</i>	オオバコ科	(在来種)	○	○	
特定外来生物	オオキンケイギク	<i>Coreopsis lanceolata</i>	キク科	北アメリカ		○	○
類似種	ハルシャギク	<i>Coreopsis tinctoria</i>	キク科	北アメリカ西部		○	○
類似種	キバナコスモス	<i>Cosmos sulphureus</i>	キク科	中央アメリカ		○	○
類似種	セイタカアワダチソウ	<i>Solidago altissima</i>	キク科	北アメリカ			○
特定外来生物	ミズヒマワリ	<i>Gymnocoronis spilanthoides</i>	キク科	中央~南アメリカ	○	○	
類似種	ヌマダイコン	<i>Adenostemma lavenia</i>	キク科	(在来種)	○	○	
特定外来生物	ナルトサワギク	<i>Senecio madagascariensis</i>	キク科	東アフリカ (マダガスカル)		○	
類似種	サワギク	<i>Nemosenecio nikoensis</i>	キク科	(在来種, 日本固有種)		○	
類似種	オカオグルマ	<i>Tephrosia integrifolia</i> subsp. <i>Kirilowii</i>	キク科	(在来種)		○	
特定外来生物	ブラジルチドメグサ	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	ウコギ科	南北アメリカ	○		
類似種	チドメグサ	<i>Hydrocotyle sibthorpioides</i>	ウコギ科	(在来種)	○		
類似種	ウチワゼニクサ	<i>Hydrocotyle verticillata</i> var. <i>triradiata</i>	ウコギ科	北アメリカ南部	○		

*特定外来生物の配列は、APG分類体系の科名順に従った

2.3 解析方法

4種類の植物同定アプリのうち、iNaturalist, Pl@ntNetは複数の候補種を提示する仕様であるのに対し、Google LensおよびFlora Incognitaは最も可能性の高い1種のみを提示する仕様となっている。植物に関する専門的知識を持たない一般利用者にとって、複数の候補種から正しい種を選択することは容易ではなく、提示された最初の候補種を正解として受け取る可能性が高いと考えられる。そこで本研究では、各アプリにおいて提示された最初の候補種のみを同定精度の評価対象とした。

Flora Incognita, iNaturalist, Pl@ntNetの3種類は種レベルで同定を行う仕様であり、亜種・変種レベルの名称は提示されない。そのため、オカオグルマ *Tephrosieris integrifolia* subsp. *kirilowii* やキカラスウリ *Trichosanthes kirilowii* var. *japonica* などの亜種・変種については、基本種名である *Te. integrifolia* や *Tr. kirilowii* が提示された場合を正解として扱った。また、分類体系は常に更新されており、アプリが提示する学名の正確性を評価する際には、旧名やシノニムを考慮する必要があると指摘されている¹⁹⁾。Pl@ntNetにおけるアメリカカタカサブロウ *Eclipta alba* の同定結果では、*E. prostrata* が候補種として提示されるが、これはアメリカカタカサブロウおよびタカサブロウ *E. thermalis* のシノニムとされている²⁷⁾。そこでPl@ntNetの *E. prostrata* 登録地点データを確認すると、南北アメリカおよびインド、ヨーロッパに多く分布していたことから、これはアメリカカタカサブロウに相当するシノニムであると判断し、本研究では *E. prostrata* を正解として評価した。

同定結果が正解の場合を1、不正解の場合を0とする二値データを取得し、各種・撮影部位ごとの正答数を集計した。各種・撮影部位の最大スコアを10点とし、アプリ別にスコアを算出した。得られたスコアを基にヒートマップを作成し、アプリ間の同定精度の差異を視覚的に比較した。

アプリ間の同定精度の差を統計的に検証するため、同一画像に対する4種類のアプリの同定結果（二値データ）を解析に用いた。全アプリ間における同定精度の差を検出するためにCochran's Q検定を実施した。次に、特定の2アプリ間における同定結果の差異を詳細に評価するためMcNemar検定を適用し、Holm-Bonferroni法による多重比較補正により有意水準を調整して比較を行った。さらに、特定外来生物と類似種それぞれの誤同定の割合を評価するため、感度（sensitivity）および特異度（specificity）を算出した。感度は特定外来生物のうち正しく同定された割合、特異度は類似種のうち正しく同定された割合として定義した。類似種の誤同定については、特定外来生物への誤同定とその他の種への誤同定の

割合をそれぞれ算出した。

植物同定アプリの正答率に影響を及ぼす要因を明らかにするため、同定結果の二値データを従属変数とした一般化線形混合モデル（generalized linear mixed model: GLMM）を構築した。説明変数として、アプリ種別および撮影部位（L, F, R）を固定効果として投入した。植物種ごとに同定の難易度が異なる可能性が高いため、種をランダム変数としてモデルに組み込み、種間のばらつきを考慮した。リンク関数にはlogitを用い、誤差分布は二項分布とした。推定値の95%信頼区間はWald法により算出し、オッズ比（odds ratio）は推定値の指数変換により求めた。統計解析には、R version 4.5.0²⁸⁾を用い、GLMMの構築にはlme4パッケージ²⁹⁾、アプリ間の比較にはemmeansパッケージ³⁰⁾を使用した。

3. 結果

3.1 植物同定アプリの正答率

4種類の植物同定アプリ間で種ごとのスコアに明確なばらつきがみられた（図1）。Flora IncognitaおよびPl@ntNetは多くの種で高いスコアを示し、ヒートマップ上では広範囲にわたり高値（赤色）が分布した。一方、Google LensやiNaturalistでは低スコア（青色）を示す種が相対的に多かった。また、サワギク *Nemosencio nikoensis* はPl@ntNet、カワヂシャ *V. undulata* はiNaturalistのように、特定のアプリのみでスコアが高い

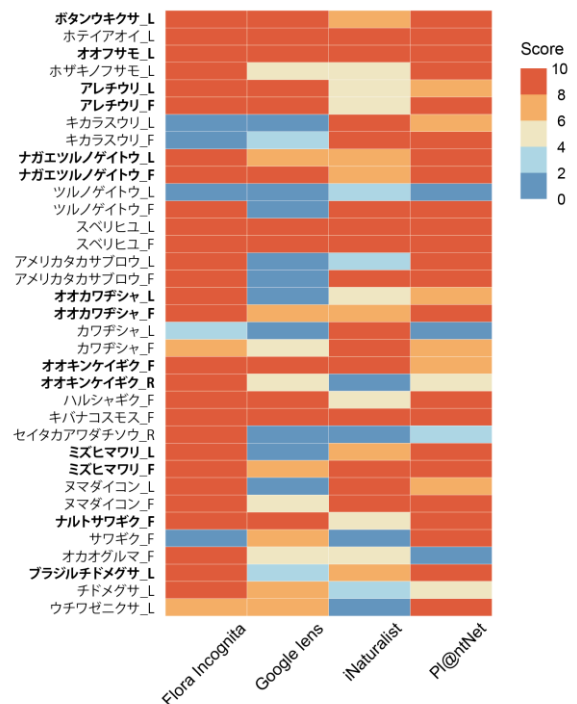


図1 植物同定アプリの種同定精度

太字は特定外来生物、細字は類似種、アルファベットは撮影部位を示す。L：茎葉，F：花（茎葉を含む），R：ロゼット

種やツルノゲイトウ (L) *A. sessilis*のように、4アプリ全てでスコアが低い種もみられた。

Cochran's Q検定の結果、各アプリの正答率には有意な差がみられた (表2)。推定正答率 (統計モデルによって補正された正答率) はFlora Incognitaの0.843 (95% CI: 0.788-0.886) が最も高く、次いで P1@ntNetの0.823 (0.766-0.868), iNaturalistの0.691 (0.627-0.749), Google Lensの0.603 (0.536-0.666) の順であった。McNemar検定によるペア比較では、Flora IncognitaはP1@ntNetとの間に有意差は認められなかったもの (OR = 1.16, $p = 0.479$), Google Lens (OR = 3.53, $p < 0.001$) および iNaturalist (OR = 2.39, $p < 0.001$) よりも有意に高い正答率を示した。また、P1@ntNetも Google Lens (OR = 3.06, $p < 0.001$) および iNaturalist (OR = 2.07, $p < 0.001$) より有意に高い正答率を示した。さらに、iNaturalistは Google Lensよりも高い正答率を示し、その差は有意であった (OR = 1.48, $p = 0.022$)。

感度・特異度を計算した結果を図2に示す。感度はFlora Incognitaの0.987 が最も高く、次いでP1@ntNetの0.900, Google Lensの0.727, iNaturalistの0.687の順であった。特異度については P1@ntNetの0.765が最も高く、Flora Incognitaの0.735, iNaturalistの0.695, Google Lensの0.510の順であった。また、特定外来生物への誤同定率は、iNaturalistの3.0%が最も低く、次いでFlora Incognitaの4.0%, P1@ntNetの7.0%, Google Lensの11.5%の順であった。特定外来生物への誤同定が頻出したのは、ツルノゲイトウ (L) であり、全てのアプリでナガエツルノゲイトウと誤同定する割合が高かった。その他には、Flora IncognitaとP1@ntNetでは、カワヂシャをオオカワヂシャと誤同定するケースなどがみられた。

3.2 植物同定アプリの正答率に影響を及ぼす要因

GLMMによる解析の結果、アプリ間で正答率に大きな差が認められた (表3)。Flora Incognitaを基準とした場合、P1@ntNet (OR = 0.839, 0.542-1.300) とは有意な差はみられなかったが、iNaturalist (OR = 0.330, 0.217-0.496), Google Lens (OR = 0.192, 0.127-0.290) は、いずれも有意に低い正答オッズを示した。撮影部位については、花を含む画像を基準とした場合、茎葉 (OR =

表2 植物同定アプリにおける推定正答率の比較

アプリ名	推定正答率	標準誤差	95%信頼区間*
Flora Incognita	0.843	0.020	0.788 - 0.886 ^c
Google Lens	0.603	0.026	0.536 - 0.666 ^a
iNaturalist	0.691	0.025	0.627 - 0.749 ^b
P1@ntNet	0.823	0.020	0.766 - 0.868 ^c

*異なる文字を持つ群間には有意差あり ($p < 0.05$; McNemar検定, Holm-Bonferroni補正)

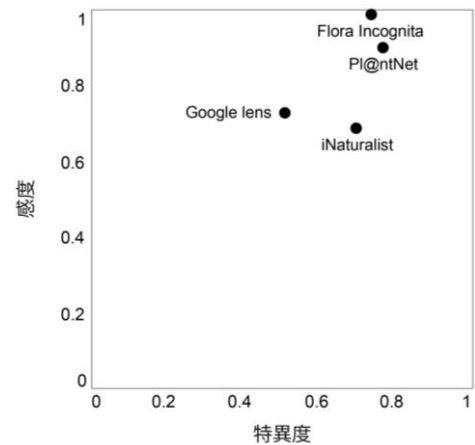


図2 植物同定アプリの感度および特異度

0.223, 0.152-0.328) およびロゼット (OR = 0.056, 0.015-0.206) は正答率が大幅に低かった。また、種をランダム効果としてモデルに組み込んだ結果、標準偏差は1.46であり、種間で大きなばらつきが認められた。

表3 植物同定アプリおよび撮影部位が正答率に及ぼす影響を評価した一般化線形混合モデルの推定結果

説明変数	オッズ比	95%信頼区間	p値
切片 (Intercept)	25.8	12.3 - 54.6	< 0.001
アプリ Google Lens	0.192	0.127 - 0.290	< 0.001
アプリ iNaturalist	0.330	0.217 - 0.496	< 0.001
アプリ P1@ntNet	0.839	0.542 - 1.300	0.431
撮影部位 茎葉 (L)	0.223	0.152 - 0.328	< 0.001
撮影部位 ロゼット (R)	0.056	0.015 - 0.206	< 0.001

基準アプリはFlora Incognita, 基準撮影部位は花 (茎葉を含む; F)

4. 考察

4.1 植物同定アプリの正答率

4種類の植物同定アプリを比較した結果、アプリ間で同定精度に顕著な差異が認められた。Flora IncognitaおよびP1@ntNetは最も高い同定精度を示し、いずれも正答率は80%を超え、感度は0.9以上であった。特にFlora Incognitaの感度は0.99と極めて高かった。今回対象とした特定外来生物の多くは南北アメリカ原産であるが、これらの種はヨーロッパにも外来種として広く侵入しており³¹⁾、両アプリの学習データに該当種の画像が比較的多く含まれていたことが高い同定精度につながったと考えられる。類似種においても、ホザキノフサモ *M. spicatum* やスベリヒユ *Portulaca oleracea* などヨーロッパにも分布する種では高い同定精度が得られた一方、アジアにのみ分布するサワギクやカワヂシャなどでは精度が低下する傾向がみられた。このことから、今後アジア地域の種を対象とした学習データの拡充により、さらなる精度向上が期待される。一方、類似種を特定外来生物として誤

同定する割合はFlora Incognitaの4%に対し、Pl@ntNetでは7%とやや高く、利用に際して注意が必要である。

iNaturalistおよびGoogle Lensは、アメリカで開発されたアプリであり、対象種の出産地との一致から高い同定精度が期待された。しかし、両アプリの正答率は60～70%、感度は0.7にとどまり、前述の2アプリよりも低い結果となった。特にGoogle Lensでは、類似種を特定外来生物として誤同定する割合が11.5%と最も高く、誤同定が分布情報の信頼性を低下させる可能性が示唆された。一方、iNaturalistは、類似種の特定外来生物への誤同定率が3%と最も低く、さらにカワヂシャを花の有無にかかわらず正確に同定できた点で他アプリより優れていた。この特徴は、カワヂシャの誤同定に基づく不適切な駆除を回避する上で有用であり、対象種に応じたアプリの選択により一定の活用可能性があると考えられる。

4.2 植物同定アプリの正答率に影響を及ぼす要因

植物同定アプリの正答率は、アプリの種類のみならず、撮影された植物部位や対象種によって大きく変動することが明らかとなった。花を含む画像は、茎葉やロゼットのみを写した画像と比較して高い正答率を示し、この傾向は繁殖器官を含む画像が同定精度を向上させるとする先行研究^{17, 32)}と一致していた。特にツルノゲイトウではその影響が顕著であり、花が写っていない場合の全アプリ平均正答率が約10%であったのに対し、花が写っている場合には約78%へと大幅に上昇した。一部の種では花の有無による正答率の差が小さかったものの、茎葉のみの画像が花を含む画像より高い正答率を示した例は認められなかった。このことから、同定精度を高めるためには、可能な限り開花期に調査を実施し、花を含む画像を取得することが推奨される。

また、本研究では単一画像による同定を行ったが、先行研究では単一の器官のみでは正確な同定が困難であること、さらに複数の器官を撮影することで同定精度が向上することが報告されている^{22, 33-35)}。Flora IncognitaおよびPl@ntNetは複数画像を用いた同定に対応しており、複数の器官を撮影する、あるいは同一器官であっても正面・側面など異なる視点から撮影することで識別に必要な特徴をより適切に捉えることができ、より高精度な同定につながると考えられる。

4.3 福岡県に生育する特定外来生物の同定に適したアプリと運用上の留意点

本研究の結果から、Flora IncognitaおよびPl@ntNetは、特定外来生物の誤同定および類似種を特定外来生物として誤同定する事例が極めて少なく、福岡県内における特定外来生物の同定に対して高い信頼性を有するアプ

リであると評価できる。さらに、近年これらのアプリの同定精度が急速に向上していることも報告されており³⁶⁾、今後のさらなる精度向上が期待される。

一方、市民科学を活用して特定外来生物の生育情報を収集するためには、種の正確な同定に加えて、位置情報や画像データを適切に取得・管理する仕組みが不可欠である。この点に関して、Flora Incognitaは個人の記録管理および地図表示機能を備えているものの、情報共有機能を持たないため、環境省が運用する「いきものログ」³⁷⁾など外部の生物情報共有システムとの併用が必要となる。これに対し、Pl@ntNetは情報共有機能を有しており、これを活用することで効率的な情報収集が可能である。また、Pl@ntNetの共有機能では公開範囲を設定でき、特定グループ内のみでデータを共有することも可能である。

さらに、アプリの運用上の課題として、これらのアプリは日本語表示に対応しているものの海外製アプリであることから、和名が未登録であったり、別名が提示されたりする事例が確認された。具体的には、オオフサモが「スマフサモ」、ナルトサワギクが「コウベギク」、オオキンケイギクが「アラゲオオキンケイギク」と提示される場合などがあった。利用者がこれらを別種として認識した場合、誤同定には該当しないものの、特定外来生物の生育情報が見逃される可能性があるため、市民参加型調査においては、この点に関して留意する必要がある。

これらのことから、特定外来生物の同定および情報収集に適したアプリを選択する際には、同定精度のみならず、都道府県の担当部局がどのような形でデータを収集・共有したいかといった運用上の要件や、種名表示の適切さといった実務的な側面も含め、複数の観点から総合的に判断することが重要である。また、適切なアプリを選択し活用することで、市民による迅速な報告と位置情報を含む生育情報の蓄積が可能となり、市民参加型のモニタリング体制をより効果的に構築できると考えられる。このことは、特定外来生物の早期発見・早期防除に資するだけでなく、侵入拡大の予測や重点的な対策地域の選定にも寄与する可能性がある。今後は、外来種対策への実装を見据え、都道府県のみならず、市町村、環境保全を担うNPO等、特定外来生物の影響を受ける可能性のある農業者・河川管理者、さらには一般市民などを含む多様な主体が連携したデータ収集・活用の仕組みづくりが求められる。

5. 謝辞

中島淳博士にボタンウキクサの写真を提供いただいた。ここに感謝申し上げます。

6. 引用文献

- 1) IPBES: Thematic assessment report on invasive alien species and their control of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services, Roy, H. E., Pauchard, A., Stoett, P., Renard Truong, T. (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany, 2023
- 2) 環境省, 農林水産省, 国土交通省: 外来種被害防止行動計画 第2版,
<https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/actionplan2/actionplan.pdf> (2026. 4. 10アクセス)
- 3) 水崎進介: 外来生物法の改正と狙い. 環境情報科学, **51**, 71-76, 2022
- 4) 環境省: 特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律,
https://www.env.go.jp/nature/intro/1law/files/20230601_houritsuzenbun.pdf (2026. 4. 10アクセス)
- 5) 一方井祐子, 小野英理, 榎戸輝揚: シチズンサイエンスの多様性: 日本における課題を考える. 日本生態学会誌, **71**, 91-97, 2021
- 6) Silvertown J.: A new dawn for citizen science. *Trends in Ecology & Evolution*, **24**, 467-471, 2009
- 7) Bonnet P., Joly A., Faton J-M., Brown S., Kimiti D., Deneu B., Servajean M., Affouard A., Lombardo J-C., Mary L., Vignau C., Munoz F.: How citizen scientists contribute to monitor protected areas thanks to automatic plant identification tools. *Ecological Solutions and Evidence*, **1**, e12023, 2020
- 8) Dimson M., Fortini L.B., Tingley M.W., Gillespie T.W.: Citizen science can complement professional invasive plant surveys and improve estimates of suitable habitat. *Diversity and Distributions*, **29**, 1141-1156, 2023
- 9) Compagnone F., Varricchione M., Stanisci A., Matteucci G., Carranza M.L.: Exploring the contribution of a generalist citizen science project for alien species detection and monitoring in Coastal Areas. A case study on the adriatic of Central Italy. *Diversity*, **16**, 746, 2024
- 10) Santana C., Bosch-Guiu A., Gómez-Bellver C., López-Pujol J., Nualart N.: A simplified method to detect and monitor alien plant species with invasive potential through citizen science: an application from the European Union-funded LIFE medCLIFFS project volunteers' data. *Invasive Plant Science and Management*, **18**, e4, 2025
- 11) Mason B. M., Mesaglio T., Heitmann J. B., Chandler M., Chowdhury S., Gorta S. B. Z., Grattarola F., Groom Q., Hitchcock C., Hoskins L., Lowe S. K., Marquis M., Pernat N., Shirey V., Baasanmunkh S., Callaghan C. T.: iNaturalist accelerates biodiversity research. *BioScience*, **75**, 953-965, 2025
- 12) Baasanmunkh S., Oyuntsetseg B., Tsegmed Z., Undruul A., Munkhtulga D., Urgamal M., Nyambayar N., Javzandolgor C., Bayarmaa C., Narangarvuu D., Batbayar N., Nyamsuren K., Namuulin T., Munkhzul O., Indra G., Batsugar G., Tsengel E., Kim Y. M., Callaghan C. T., Choi H. J.: iNaturalist projects represent a valuable resource for aggregating plant observations and engaging society: A case study of the Flora of Mongolia project. *PLANTS, PEOPLE, PLANET*, **8**, 26-37, 2026
- 13) Soteropoulos D. L., De Bellis C. R., Witsell T.: Citizen science contributions to address biodiversity loss and conservation planning in a rapidly developing region. *Diversity*, **13**, 255, 2021
- 14) 小出大, 辻本翔平, 熊谷直喜, 池上真木彦, 西廣淳: リアルとデジタルの好循環を通した市民科学による生物の時空間分布プラットフォーム. 保全生態学研究, **28**, 109-123, 2023
- 15) Jones H. G.: What plant is that? Tests of automated image recognition apps for plant identification on plants from the British flora. *AoB PLANTS*, **12**, plaa052, 2020
- 16) Hart A. G., Bosley H., Hooper C., Perry J., Sellors-Moore J., Moore O., Goodenough A. E.: Assessing the accuracy of free automated plant identification applications. *People and Nature*, **5**, 929-937, 2023
- 17) Campbell N., Peacock J., Bacon K. L., Domina G.: A repeatable scoring system for assessing Smartphone applications ability to identify herbaceous plants. *PLOS ONE*, **18**, e0283386, 2023
- 18) Scholten J.: Should AI replace field botanists? A case study assessing the accuracy of automated plant identification applications on plant species from New York State. *Northeastern Naturalist*, **32**, 40-51, 2025
- 19) Rzanny M., Bebbler A., Wittich H. C., Fritz A., Boho D., Mäder P., Wäldchen J.: More than rapid identification—Free plant identification apps can also be highly accurate. *People and Nature*, **6**, 2178-2181, 2024
- 20) Wäldchen J., Mäder P.: Plant species

- identification using computer vision techniques: A systematic literature review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, **25**, 507-543, 2018
- 21) Do T. B., Nguyen H. H., Nguyen T. T. N., Vu H., Tran T. T. H., Le T. L.: Plant identification using score-based fusion of multi-organ images, p.191-196, 2017 9th International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE), 2017
- 22) Rzanny M., Mäder P., Deggelmann A., Chen M., Wäldchen J.: Flowers, leaves or both? How to obtain suitable images for automated plant identification. *Plant Methods*, **15**, 77, 2019
- 23) FatihahSahidan N., Juha A. K., Mohammad N., Ibrahim Z.: Flower and leaf recognition for plant identification using convolutional neural network. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, **16**, 737-743, 2019
- 24) 環境省: 特定外来生物同定マニュアル—植物, https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/manual/10hp_shokubutsu.pdf (2026. 4. 10アクセス)
- 25) 畠瀬頼子, 小栗ひとみ, 松江正彦: 刈り取り管理の時期および回数が特定外来生物オオキンケイギクに及ぼす影響と防除効果. *ランドスケープ研究*, **73**, 421-426, 2010
- 26) 環境省: 外来種写真集, <https://www.env.go.jp/nature/intro/4document/asmg.html> (2026. 4. 10アクセス)
- 27) 米倉浩司, 梶田忠: BG Plants 和名—学名インデックス (YList), <http://ylist.info/index.html> (2026. 4. 10アクセス)
- 28) R Core Team: R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2025
- 29) Bates D., Mächler M., Bolker B., Walker S.: Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, **67**, 1-48, 2015
- 30) Lenth R., Piaskowski J.: emmeans: Estimated marginal means, aka Least-Squares Means. R package version 4.5.0, 2025
- 31) EPP0 (European and Mediterranean Plant Protection Organization): EPP0 Global Database, <https://gd.eppo.int/> (2026. 4. 10アクセス)
- 32) Pärtel J., Pärtel M., Wäldchen J.: Plant image identification application demonstrates high accuracy in Northern Europe. *AoB PLANTS*, **13**, plab050, 2021
- 33) Joly A., Goëau H., Bonnet P., Bakić V., Barbe J., Selmi S., Yahiaoui I., Carré J., Mouysset E., Molino J-F., Boujemaa N., Barthélémy D.: Interactive plant identification based on social image data. *Ecological Informatics*, **23**, 22-34, 2014
- 34) Brun P., de Witte L., Popp M. R., Zurell D., Karger D. N., Descombes P., de Lutio R., Wegner J. D., Bornand C., Eggenberg S., Olevski T., Zimmermann N. E.: FlorID – A nationwide identification service for plants from photos and habitat information. *Environmental Modelling & Software*, **188**, 106402, 2025
- 35) Popp M. R., Zimmermann N. E., Brun P.: Evaluating the use of automated plant identification tools in biodiversity monitoring — a case study in Switzerland. *Ecological Informatics*, **90**, 103316, 2025
- 36) Jones H. G., Jones A. J.: Application and pitfalls of the use of plant ID apps for urban flora and citizen science studies. *Plant Ecology & Diversity*, **18**, 287-295, 2025
- 37) 環境省生物多様性センター: いきものログ, <https://ikilog.biodic.go.jp/> (2026. 4. 10アクセス)

<報文>

福岡県の沿岸海域における採捕と環境DNAメタバーコーディングによる魚類相調査結果の比較*

中島 淳**・平川周作**・金子洋平**

キーワード ①環境DNA ②魚類相 ③採捕調査 ④MiFish法 ⑤検出率

要 旨

福岡県の沿岸海域の6地点において魚類の採捕調査を行い、採捕調査と同日に採水した試料を用いて行ったMiFish法による環境DNAメタバーコーディング調査の結果と比較した。採捕と環境DNAメタバーコーディングの調査結果をあわせると、全体で80種類の魚類が確認された。採捕調査で確認された39種のうち、15種は環境DNAメタバーコーディングでは確認されず、環境DNAメタバーコーディングで確認された65種のうち、41種は採捕調査で確認されなかった。両調査方法を総合した全種類数に対する採捕調査の検出率は48.8%、環境DNAメタバーコーディング調査の検出率は81.3%であった。干潟や岩礁など環境の違いや魚類の生活型の違いによる検出傾向の違いが認められ、結果の解釈や採水地点の設定にはこれらの要素を考慮する必要があると考えられた。

1. はじめに

環境DNA分析は環境中に放出された生物由来のDNAの塩基配列を調べ、その結果をデータベースと照合することによりそこに存在する生物の分布情報等を得る手法である。近年では環境水中に含まれる特定の分類群を網羅的に解析する環境DNAメタバーコーディングが生物相調査の手法として広く使われるようになって¹⁾。多くの生物分類群のうち、魚類は粘液や糞等を介して水中に多くのDNAを放出することから環境DNA分析の対象として適しており、Miyaら²⁾によるミトコンドリアDNAにおける12SリボソームRNA領域の一部を標的としたMiFishプライマーの開発により、魚類相調査の一般的な手法として環境DNAメタバーコーディングが用いられるようになった。

現在、国内では行政的施策を効率的に進めていく上で環境DNAメタバーコーディングが重要な魚類相調査手法として認識されており、環境省では「環境DNA分析技術を用いた調査手法の手引き」³⁾および「MiFish法に係る誤同定チェックシート」⁴⁾を作成・公表し、生物多様性保全調査への活用を推進している。また、国土交通省では全国109水系の河川およびダムにおける生物相モニタリング調査として、「河川水辺の国勢調査」を30年以上継続して実施しているが、このうち魚

類相調査については環境DNAメタバーコーディングによる調査を従来の採捕調査と併用して実施する方向で知見の蓄積を進め⁵⁻⁷⁾、2025年12月に「令和8年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル[河川版](魚類環境DNA調査編)(案)」⁸⁾を公表した。2026年度からは実際に「河川水辺の国勢調査」において、採捕調査と併用して環境DNAメタバーコーディングによる調査が実施される方針となっている。

このように本手法が急速に普及している背景として、環境DNAメタバーコーディングによる調査は適切な採水・分析ができれば魚類の非専門家でも一定の品質を保った魚類相データが得られ、さらに採捕調査と比べて予算的・時間的にも有利であることが挙げられる。しかし、自然環境下における環境DNAの動態把握、動態を加味した試料採取方法の開発、正確な種同定の基盤となる塩基配列データベースの拡充等の課題は残されており、一層の基盤的研究の必要性が指摘されている⁹⁾。また、魚類の専門家が関与しない形で環境DNA調査を実施する際には、調査地点の環境・季節に応じた適切な調査手法の選択や種同定結果の精査による信頼性の確保等に課題が残っている。

著者らはこれまで河川域や湖沼域を中心に環境DNAメタバーコーディングを用いた魚類相調査に関する

*Comparative Analysis of Fish Fauna Surveys in Coastal Waters Using Capture-Based Sampling and Environmental DNA Metabarcoding in Fukuoka Prefecture, northern Kyushu, Japan

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

研究を進めてきた¹⁰⁻¹⁴⁾。本研究では、沿岸海域において魚類を対象とした環境DNAメタバーコーディングを行い、同時に実施した採捕調査で確認された魚類相との違いや、環境による検出力の違いについて比較・検討を行った。

2. 材料と方法

2.1 調査地点の概要

調査は福岡県の日本海側の沿岸6地点で実施した(図1)。このうちSt.1(加布里)とSt.4(和白)が干潟、St.2(野北)が砂浜、St.3(志賀島)とSt.5(大島)が岩礁、St.6(地島)が岩礁と砂浜が隣接した環境である。各調査地点は岸沿いにおよそ100 m程度の区間とし、およそ50 cmより浅い範囲とした。

調査日は加布里、野北が2019年7月1日、和白、志賀島が同7月29日、大島が同7月30日、地島が同9月10日で、大潮もしくは中潮の干潮時に実施した。また、各地点の気温(アルコール棒状温度計)、水温および溶解酸素(DO)(ID-150, 飯島電子工業)は現地で測定し、pH、EC(MM-60R, 東亜DKK株式会社)は実験室に持ち帰ったものを当日測定した。

2.2 魚類の採捕調査

採捕調査は1地点あたり4名で、適宜投網・サデ網・タモ網を用いて約1~1.5時間にわたり任意の採集を実施した。採集された魚類は種類と個体数を記録した後、大部分は生きたまま元の場所に放流した。現地での同定が困難な一部の種類については生かしたまま研究室に持ち帰り、麻酔(クローブオイル)を施して10%中性ホルマリンで固定した後に70%エタノールに置換し、種の同定を行った。種の同定・分類は主に中坊¹⁵⁾に従い、分類学的取り扱いには主に本村¹⁶⁾に従った。

2.3 魚類の環境DNA調査

各調査地点において、複数箇所から約100 mLずつ混合して1 L採水し、10 w/v%ベンザルコニウム塩化物液(日本製薬株式会社)を1 mL添加した。保冷して実験室に持ち帰り、採水24時間以内にガラス繊維円形ろ紙GF/F(Whatman)を用いてろ過し、DNAの抽出まで-20℃で保存した。Miyaら¹⁷⁾の方法を参考にして、ろ紙に細胞溶解液を加え、溶解液を回収した後、15%ポリビニルポリピロリドン溶液を最終濃度2.5%になるように添加し、MPure Bacterial DNA Extraction Kit(MP Biomedicals)およびAMPure XP(Beckman Coulter)を用いてDNAを抽出・精製した。次に、12SrRNAの一部を標的領域としたMiFish UおよびMiFish Eを混合したプ

ライマーセットで環境DNAメタバーコーディングによる網羅的な魚類検出をおこなった²⁾。その後、TAKARA Ex Taq(タカラバイオ株式会社)を用い、1st PCRを4連で実施して混合し、2nd PCRでサンプル識別indexとアダプター配列を結合させてライブラリーを作製した。最後にMiseq System(Illumina)を用いて2×300 bpの条件でシーケンシングを実施した。DNA配列データは、DDBJ Sequence Read Archiveデータベースに登録した(Accession No. PRJDB42077)。

得られた代表配列は、MiFish pipeline(MiFish DB Ver. 30)¹⁸⁾を用いて魚類の同定を行った。塩基配列の一致率が同率で複数種が挙がっている種類については、最新の分類体系¹⁶⁾と福岡県内における分布状況¹⁹⁾に基づいて、最終的なリスト上での分類学的な取り扱いを決定した。また、各種について中坊¹⁵⁾を参考に遊泳性か底生性かを整理して記した。

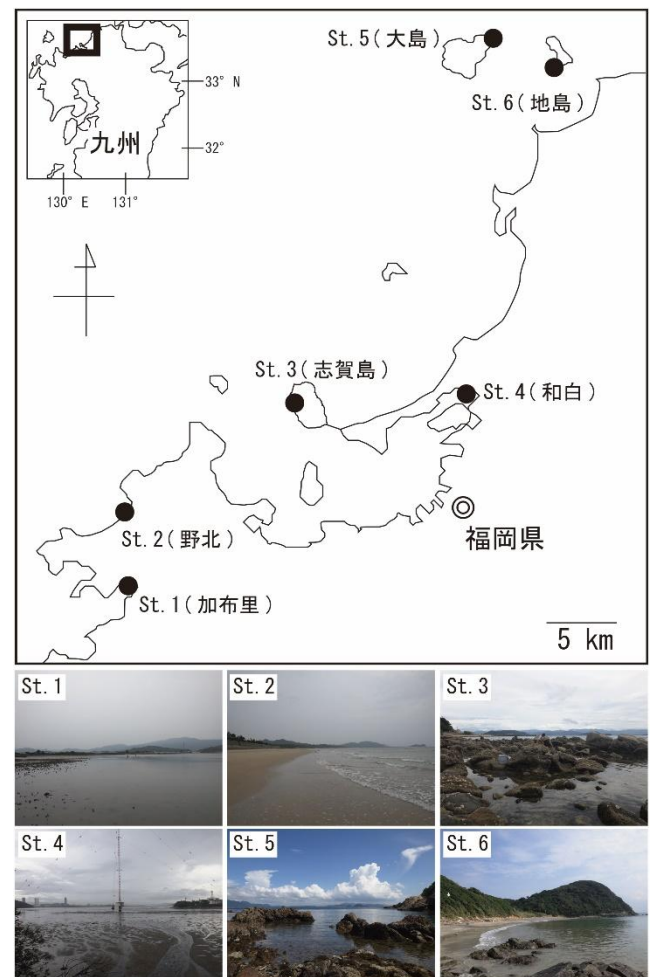


図1 調査地点の位置と各地点の景観

3. 結果及び考察

3.1 確認された魚類の同定とリスト作成

調査時の計測データを表1に、採捕と環境DNAメタ

バーコーディングの調査結果に基づいて作成したリストを表2に示す。合計で80種類の魚類が確認された。採捕調査で得られた魚類は形態の違いに基づき39種として整理した。環境DNAメタバーコーディングでは塩基配列に基づいて65種類として整理した。塩基配列に基づき分類した種類のうち、塩基配列の一致率が同率で複数種が挙げられた種類は、ツクシトビウオ属の一種*Cheilopogon* sp., コチ属の一種*Platycephalus* sp., マアジ属の一種*Trachurus* sp., クロサギ属の一種*Gerres* sp., クロダイ属の一種*Acanthopagrus* sp., ミミズハゼ属の一種*Luciogobius* sp., チワラスボ属の一種*Taenioides* sp., サバ属の一種*Scomber* sp., トラフグ属の一種A *Takifugu* sp. A, トラフグ属の一種B *Takifugu* sp. B, トラフグ属の一種C *Takifugu* sp. Cである。以下に本研究でのこれらの種の取り扱いを記す。

ツクシトビウオ属の一種については、*Cypselurus heterurus* と *Cypselurus exiliens* の2種が同一の配列で登録されていた。このうち前者は標準和名ツクシトビウオ、後者は同オジロトビに該当する。なお、現在この2種はツクシトビウオ属*Cheilopogon*に分類されている¹⁶⁾。福岡県内では本属としてこれまでにトビウオ*Cheilopogon agoo agoo*, シロフチトビウオ*Cheilopogon furcatus*, ツクシトビウオ*Cheilopogon heterurus doederleinii*の3種の記録があり¹⁹⁾, この3種を対象としたBLAST検索の結果から、今回確認された塩基配列はツクシトビウオに同定した。

コチ属の一種については、ヨシノゴチ*Platycephalus* sp. 1, マゴチ*Platycephalus* sp. 2, ミナミマゴチ*Platycephalus indicus*など複数種が同一の配列で登録されていた。福岡県内では本属としてマゴチとヨシノゴチの2種の記録があり¹⁹⁾, 今回確認された塩基配列はこの2種のいずれかである可能性が高いことから、同定は属止めとした。

マアジ属の一種については、マアジ*Trachurus japonicus*, ニシマアジ*Trachurus trachurus*など複数種が同一の配列で登録されていた。福岡県内では本属と

して記録があるのはマアジのみのため¹⁹⁾, 今回確認された塩基配列はマアジに同定した。

クロサギ属の一種については、クロサギ*Gerres equulus*, ミナミクロサギ*Gerres oyena*など複数種が同一の配列で登録されていた。福岡県内では本属としてクロサギとダイミョウサギ*Gerres japonicus*の2種の記録があり¹⁹⁾, この2種を対象としたBLAST検索の結果から、今回確認された塩基配列はクロサギに同定した。

クロダイ属の一種については、ミナミクロダイ*Acanthopagrus sivicolus*, クロダイ*Acanthopagrus schlegelii*など複数種が同一の配列で登録されていた。福岡県内では本属としてクロダイとキチヌ*Acanthopagrus latus*の2種の記録があり¹⁹⁾, この2種を対象としたBLAST検索の結果から、今回確認された塩基配列はクロダイに同定した。

ミミズハゼ属の一種については、ヤリミミズハゼ*Luciogobius platycephalus*, オオミミズハゼ*Luciogobius grandis*, バケミミズハゼ*Luciogobius* sp. 16²⁰⁾など複数種が同一の配列で登録されていた。福岡県内では本属としてミミズハゼ*Luciogobius guttatus*, イソミミズハゼ*Luciogobius martellii*, イドミミズハゼ*Luciogobius pallidus*, キマイラミミズハゼ*Luciogobius* sp. 1²⁰⁾, オオミミズハゼ*Luciogobius grandis*, ヤリミミズハゼ*Luciogobius platycephalus*, ナンセンハゼ*Luciogobius parvulus*, ナガミミズハゼ*Luciogobius elongatus*, オチヨコナガミミズハゼ*Luciogobius* sp. 8²⁰⁾, ホソミミズハゼ*Luciogobius* sp. 13²⁰⁾, ナガミミズハゼ種群未同定種2 *Luciogobius* sp. 16²⁰⁾の11種の記録がある^{19, 21)}。

「環境DNA分析技術を用いた調査手法の手引き」³⁾を参照すると、今回得られた配列は真のヤリミミズハゼではない可能性が指摘されており、本種を除いて同一の塩基配列が登録されているミミズハゼ属のうち福岡県から記録のある種はオオミミズハゼのみとなる。しかし、本属各種のMiFish領域に基づく種同定に関する知見は不足していることから、同定は属止めとした。

表1 各調査地点における計測データ

地点	調査日	調査時間	気温 (°C)	水温 (°C)	DO (mg/L)	pH	EC (μ S/cm)
St. 1 (加布里)	2019/7/1	13時15分~14時45分	24.3	27.5	3.9	7.7	44800
St. 2 (野北)	2019/7/1	15時45分~16時15分	22.0	24.1	6.4	8.3	46900
St. 3 (志賀島)	2019/7/29	15時~16時	31.5	28.3	7.0	8.5	41100
St. 4 (和白)	2019/7/29	12時30分~14時	27.5	31.2	7.0	8.4	26100
St. 5 (大島)	2019/7/30	14時45分~16時15分	31.9	28.4	8.3	8.4	45000
St. 6 (地島)	2019/9/10	13時~14時30分	32.5	30.6	10.3	8.5	44300

チワラスボ属の一種については、チワラスボ *Taenioides snyderi*, コガネチワラスボ *Taenioides gracilis* など複数種が同一の配列で登録されていた。福岡県内では本属として記録があるのはチワラスボのみのため¹⁹⁾, 今回確認された塩基配列はチワラスボに同定した。

ゴマサバ *Scomber australasicus*, タイセイヨウマサバ *Scomber colias* など複数種が同一の配列で登録されていた。福岡県内では本属としてマサバとゴマサバの2種の記録があり¹⁹⁾, 今回確認された塩基配列はこの2種のいずれかである可能性が高いが、一方で食用としてタイセイヨウマサバも多く流通していることから、生活排水を経由して本種の塩基配列が検出され

表2 採捕調査と環境DNA調査により得られた魚類のリスト

和名	学名	生活型	St. 1 (加布里)		St. 2 (野北)		St. 3 (志賀島)		St. 4 (和白)		St. 5 (大島)		St. 6 (地島)	
			採捕	環境DNA	採捕	環境DNA	採捕	環境DNA	採捕	環境DNA	採捕	環境DNA	採捕	環境DNA
アカエイ	<i>Hemirhamphus akabei</i>	底生												
カタクチウシ	<i>Engraulis japonicus</i>	遊泳					○							
キビナゴ	<i>Spratelloides gracilis</i>	遊泳					○							
ゴンズイ	<i>Plotosus japonicus</i>	遊泳									○			
ボラ	<i>Mugil cephalus</i>	遊泳	◎	◎			○			○				
トウゴロウイワシ	<i>Doboatherina bleekeri</i>	遊泳												○
ツクシトビウオ	<i>Cheilopogon heterurus</i>	遊泳				○								
ナミノハナ	<i>Iso fosmaris</i>	遊泳						○						
コチ属の一種	<i>Platycephalus</i> sp.	底生				○				○				
スズキ	<i>Lateolabrax japonicus</i>	遊泳			○						○			
ヒラスズキ	<i>Lateolabrax latus</i>	遊泳								○		○		
ハオコゼ	<i>Paracentropogon rubripinnis</i>	底生												○
オニオコゼ	<i>Inimicus japonicus</i>	底生												○
テンジクダイ	<i>Jaydia lineata</i>	遊泳					○							
マルアジ	<i>Decapterus maruadsi</i>	遊泳				○								
マアジ	<i>Trachurus japonicus</i>	遊泳									○			○
ブリ	<i>Seriola quinqueradiata</i>	遊泳				○		○						
クロサギ	<i>Gerres equulus</i>	遊泳									◎	◎	○	
クロダイ	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	遊泳				○					○			○
マダイ	<i>Pagrus major</i>	遊泳												○
シロギス	<i>Sillago japonica</i>	遊泳				○								
イトフエフキ	<i>Lethrinus genivittatus</i>	遊泳												○
ハマフエフキ	<i>Lethrinus nebulosus</i>	遊泳												○
コバンヒメジ	<i>Parupeneus indicus</i>	遊泳												○
アオタナゴ	<i>Ditrema viride</i>	遊泳			○		○							○
シマイサキ	<i>Rhyncopelates oxyrinchus</i>	遊泳						○						○
メジナ	<i>Girella punctata</i>	遊泳				○	◎				◎		◎	◎
クロメジナ	<i>Girella leonina</i>	遊泳				○						○		◎
ホシササノハベラ	<i>Pseudolabrus sieboldi</i>	遊泳												○
アカササノハベラ	<i>Pseudolabrus eoethinus</i>	遊泳												○
カミナリベラ	<i>Stethojulis interrupta terim</i>	遊泳									○		◎	◎
キュウセン	<i>Parajulis poeciloptera</i>	遊泳									◎	◎		
ホンベラ	<i>Halichoeres tenuispinis</i>	遊泳				○					◎	◎	◎	◎
クジメ	<i>Hexagrammos agrammus</i>	底生				○								○
アサヒアナハゼ	<i>Pseudoblennius cottoides</i>	底生									○			
ダイナンギンボ	<i>Dictyosoma temminckii</i>	底生					○					○		
ベニツケギンボ	<i>Dictyosoma rubrimaculatum</i>	底生										○		
ヘビギンボ	<i>Enneapterygius etheastoma</i>	底生										○		
イソギンボ	<i>Parablennius yatabei</i>	底生			○		○							○
ホシギンボ	<i>Entomacrodus stellifer stell.</i>	底生										○		○
カエルウオ	<i>Istiblennius enosimae</i>	底生									◎	◎		○
ナベカ	<i>Omobranchus elegans</i>	底生					◎	◎				○		
トサカギンボ	<i>Omobranchus fasciolatoceps</i>	底生	○											
ニジギンボ	<i>Petroscirtes breviceps</i>	底生										○		
ミサキウバウオ	<i>Lepadichthys misakius</i>	底生										○		
ハナビスメリ	<i>Paradiplogrammus enneactis</i>	底生									○			
ネズミゴチ	<i>Repomucenus curvicornis</i>	底生									○			
ヒモハゼ	<i>Eutaenichthys gillii</i>	底生	○											
ミミズハゼ属の一種	<i>Luciogobius</i> sp.	底生										○		○
セジロハゼ	<i>Clariger cosmurus</i>	底生					○							
チワラスボ	<i>Taenioides snyderi</i>	底生					○							
サビハゼ	<i>Sagamia geneionema</i>	底生			○									
マハゼ	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	底生								◎	◎			
アシシロハゼ	<i>Acanthogobius lactipes</i>	底生	○		○					◎	◎			
アベハゼ	<i>Mugilogobius abei</i>	底生									○			
マサゴハゼ	<i>Pseudogobius masago</i>	底生								◎	◎			
シモフリシマハゼ	<i>Tridentiger bifasciatus</i>	底生	○											
アカオビシマハゼ	<i>Tridentiger trigonocephalus</i>	底生				○	○							
ウロハゼ	<i>Glossogobius olivaceus</i>	底生	○											
ヒメハゼ	<i>Favonigobius gymnauchen</i>	底生	○								○			
ビリンゴ	<i>Gymnogobius breunigii</i>	底生								◎	◎			
クモハゼ	<i>Bathygobius fuscus</i>	底生											○	
スジハゼ	<i>Acentrogobius virgatulus</i>	底生			○		○							
ツツウハゼ	<i>Istigobius campbelli</i>	底生									◎	◎		
ドロメ	<i>Chaenogobius gulosus</i>	底生					○				◎	◎		○
イトヒキハゼ	<i>Myersina filifer</i>	底生					○				○			
アイゴ	<i>Siganus fuscescens</i>	遊泳					○				◎	◎	◎	◎
アカカマス	<i>Sphyrna pinguis</i>	遊泳										○		
サバ属の一種	<i>Scomber</i> sp.	遊泳												
ヒラメ	<i>Paralichthys olivaceus</i>	底生			○									○
サザウシノシタ	<i>Heteromyceteris japonicus</i>	底生				○								○
クロウシノシタ	<i>Paraplagusia japonica</i>	底生				◎								
マコガレイ	<i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>	底生										○		
アミメハギ	<i>Rudarius ercodes</i>	遊泳					○					◎	◎	◎
カワハギ	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	遊泳					○				◎	◎	◎	◎
クサフグ	<i>Takifugu albopulchrum</i>	遊泳	○		◎	◎	◎	◎			◎	◎	◎	◎
シマフグ	<i>Takifugu xanthopterus</i>	遊泳					○					○		○
トラフグ属の一種A	<i>Takifugu</i> sp. A	遊泳												○
トラフグ属の一種B	<i>Takifugu</i> sp. B	遊泳					○					○		○
トラフグ属の一種C	<i>Takifugu</i> sp. C	遊泳										○		○
種数			8	1	4	27	5	29	5	8	21	29	14	25

○は確認された種類, ◎は同地点で採捕と環境DNAの両方で確認された種類

た可能性もある。したがって、同定は属止めとした。トラフグ属については遺伝子データベース上の学名と塩基配列の関係に混乱があること、MiFish領域において判別できない種がいることから、日本産種において同領域で種レベルでの同定ができるのは現時点でクサフグ *Takifugu alboplumbeus* とシマフグ *Takifugu xanthopterus* の2種のみと思われる。本調査ではクサフグ、シマフグ以外に異なる3つの塩基配列が確認され、今回はナシフグ *Takifugu vermicularis*、マフグ *Takifugu porphyreus* が含まれる配列をトラフグ属の一種A、ゴマフグ *Takifugu stictonotus*、シヨウサイフグ *Takifugu snyderi* が含まれる配列をトラフグ属の一種B、メガネフグ *Takifugu ocellatus* が含まれる配列をトラフグ属の一種Cとして区別した。

3.2 採捕と環境DNA調査の種数と検出率の比較

採捕調査で確認された39種のうち、15種は環境DNAメタバーコーディング調査では確認されず、一方で環境DNAメタバーコーディング調査によって確認された65種のうち、41種は採捕調査で確認されなかった(表2)。したがって両調査方法を総合した全種類数に対する採捕調査の検出率は48.8%、環境DNAメタバーコーディング調査の検出率は81.3%であった。各地点での全種類数に対する採捕調査の検出率は13.8%~100% (平均47.2%, $n=6$)、環境DNAメタバーコーディング調査の検出率は12.5%~93.5% (平均73.4%, $n=6$) であった。

著者らが福岡県の3河川・2季において採捕調査と環境DNAメタバーコーディングによる調査を同時に実施してその結果を比較した事例¹⁰⁾では、採捕調査の検出率が22.2%~45.5% (平均34.5%, $n=6$)、環境DNAメタバーコーディング調査による検出率が86.4%~96.3% (平均93.4%, $n=6$) であった。また、福岡県日本海側沿岸海域の2地点・4季において採捕調査と環境DNAメタバーコーディング調査を同時に実施した事例²²⁾では、採捕調査の検出率が32.0%~66.7% (平均47.1%, $n=6$)、環境DNAメタバーコーディング調査の検出率が50.0%~84.0% (平均63.2%, $n=6$) となっていた。これらの事例と本研究の結果から、河川と比較して沿岸海域にお

いては環境DNAメタバーコーディング調査による検出率がやや低くなる要因があるものと考えられる。

3.3 環境による環境DNAメタバーコーディング検出率の違い

表3に調査地点ごとの確認状況を整理した。今回調査を行った6地点のうち、特に環境DNAメタバーコーディングでの検出率が低かったのはSt.1 (加布里) で、検出率は12.5% (確認種類数は1種のみ) であった。St.1は干潟で(図1)、強い濁りが認められた。強い濁りのある環境では、泥分によるDNAの吸着やろ過フィルターの目詰まりによるろ過水量の低下等を理由として、環境DNAによる検出力が低下することが知られている^{23, 24)}。現在こうした濁りに対する有効な対策は決定的なものがないが、少なくとも干潟域において環境DNAメタバーコーディング調査を実施する際には、他の海域とは異なる検出傾向があることを考慮しておく必要がある。また、本研究のSt.1は干潮時に近い段階で調査を実施したため、採水が困難であったことから泥も混入しやすい状況にあったことも一因として考えられる。特に干潟の環境DNAメタバーコーディング調査では、調査のタイミングが重要な因子になるかもしれない。

環境DNAメタバーコーディング調査による検出率がSt.1に次いで低かったのがSt.5 (大島) である。ここでは全種類数が39種類に対し、採捕のみで確認された種類が10種と最多であった。St.5は複雑に入り組んだ岩礁であり(図1)、タモ網やサデ網による採捕での魚類捕獲が比較的容易であったこと、一方、その構造からそれぞれの種から放出されたDNAが拡散しにくい構造であったことが理由かもしれない。環境DNA分析用の採水は複数箇所で行われ、混合したものを試料としたが、採捕調査した地点全てを網羅したとは言い難い。したがってこうした環境で環境DNAメタバーコーディング調査を実施する際には、採水ポイント数を増やすことが検出率を向上させる上で重要と考えられる。

3.4 生活型による検出率の違い

採捕調査で確認され、環境DNAメタバーコーディング調査で確認されなかった15種はゴンズイ *Plotosus japonicus*、スズキ *Lateolabrax japonicus*、マダイ

表3 各調査地点における魚類の確認種類数・検出率の一覧

地点	環境	全種類数	採捕種類数	環境DNA確認種類数	採捕のみで確認された種類数	環境DNAでのみ確認された種類数	共通確認種類数	採捕検出率 (%) *	環境DNA検出率 (%) **
St. 1 (加布里)	干潟	8	8	1	7	0	1	100.0	12.5
St. 2 (野北)	砂浜	29	4	27	2	25	2	13.8	93.1
St. 3 (志賀島)	岩礁	31	5	29	2	26	3	16.1	93.5
St. 4 (和白)	干潟	9	5	8	1	4	4	55.6	88.9
St. 5 (大島)	岩礁	39	21	29	10	18	11	53.8	74.4
St. 6 (地島)	岩礁+砂浜	32	14	25	7	18	7	43.8	78.1

*採捕検出率 (%) = 採捕種類数/全種類数 × 100, **環境DNA検出率 (%) = 環境DNAメタバーコーディング確認種類数/全種類数 × 100

Pagrus major, コバンヒメジ *Parupeneus indicus*, アサヒアナハゼ *Pseudoblennius cottoides*, トサカギンポ *Omobranchus fasciolatoceps*, ニジギンポ *Petroscirtes breviceps*, ハナビヌメリ *Paradiplogrammus enneactis*, ネズミゴチ *Repomucenus curvicornis*, ヒモハゼ *Eutaeniichthys gilli*, シモフリシマハゼ *Tridentiger bifasciatus*, ウロハゼ *Glossogobius olivaceus*, ヒメハゼ *Favonigobius gymnauchen*, ササウシノシタ *Heteromycteris japonicus*, マコガレイ *Pseudopleuronectes yokohamae*で、このうち4種が遊泳魚, 11種が底生魚であった。採捕調査で確認された39種のうち遊泳魚は14種, 底生魚は25種, 環境DNAメタバーコーディング調査で確認された65種類のうち遊泳魚は35種類, 底生魚は30種類であった。今回の調査で確認された全80種類のうち遊泳魚は39種類, 底生魚は41種類であった。これらの結果についてカイ二乗検定を実施したところ有意差は認められなかったものの, 採捕においては遊泳魚が確認されにくく, 環境DNAメタバーコーディングにおいては底生魚が確認されにくい傾向が認められる。

こうした傾向が生じた理由について, 採捕調査は投網やサデ網, タモ網を用いて比較的水深の浅い場所で行ったことから, 沖合を遊泳する魚類の採捕が困難であったことが考えられる。また, 河川やダム湖における環境DNAメタバーコーディングによる調査では一般的に底生魚の検出率が低い傾向が知られることから^{7, 10, 25, 26)}, 沿岸海域においても同様の現象が生じた可能性がある。これらのことから, 沿岸海域での環境DNAメタバーコーディングによる調査結果の解釈において, 遊泳魚か底生魚かという生活型に関する考慮は必要かもしれない。しかしこの点についてはより詳細な研究が必要である。

4. まとめ

福岡県日本海側の6地点において, 採捕および環境DNAメタバーコーディングによる魚類相調査を実施し, 以下の知見を得た。

1) 調査全体で80種類の魚類が確認され, 採捕よりも環境DNAメタバーコーディングの方が高い検出率となり, その有用性が確認された。しかし, 河川域の事例と比較するとその検出率は低い傾向であった。

2) 濁りの強い干潟域の1地点では極端に環境DNAメタバーコーディングによる検出率が低かった。

3) 複雑な環境構造を有する岩礁域の1地点では環境DNAメタバーコーディングでの検出率がやや低く, 採捕で確認された種数が比較的多かった。

4) 環境DNAメタバーコーディングでは遊泳魚より底生魚の検出率が低い傾向があり, 調査結果の解釈において生活型を考慮することの重要性が示唆された。

謝辞

塩基配列に基づく種同定についてご助言いただいた乾 隆帝博士(福岡工業大学), 採捕調査に協力いただいた福岡県保健環境研究所の水質課・環境生物課の諸氏にこの場を借りてお礼申し上げる。本研究の一部はJSPS科研費22K04390の助成を受けて行った。

5. 引用文献

- 1) 土居秀幸, 近藤倫生: 環境DNA 生態系の真の姿を読み解く. 共立出版, 東京, 2021
- 2) Miya M., Sato Y., Fukunaga T., Sado T., Poulsen J.Y., Sato K., Minamoto T., Yamamoto S., Yamanaka H., Araki H., Kondoh M., Iwasaki W.: MiFish, a set of universal PCR primers for metabarcoding environmental DNA from fishes: detection of more than 230 subtropical marine species. *Royal Society Open Science*, **2**, 150088, 2015
- 3) 環境省生物多様性センター: 環境DNA分析技術を用いた調査手法の手引き(淡水魚類・両生類)第1版, https://www.biodic.go.jp/edna/reports/mifish_anphi_tebikil.pdf (2026.4.6アクセス)
- 4) 環境省生物多様性センター: MiFish法に係る誤同定チェックシートver.1.3, https://www.biodic.go.jp/edna/reports/mifish_checksheetsheet_ver.1.3.xlsx (2026.4.6アクセス)
- 5) 川崎 敦, 大杉奉功, 新宅幸夫: 河川水辺の国勢調査における環境DNA調査手法の導入検討. 水源地環境技術研究所所報, **2024**, 21-25, 2025
- 6) 都築隆禎, 舟橋弥生, 太田昌志, 内藤太輔, 赤松良久, 乾 隆帝: 環境DNAメタバーコーディング法の河川における魚類相モニタリング調査手法としての有効性について. リバーフロント研究所報告, **29**, 17-18, 2018
- 7) 村岡敬子, 菅野一輝, 篠原隆佑, 天羽淳, 中村圭吾: 河川水辺の国勢調査への環境DNA導入に向けた取り組み. 土木技術資料, **64(5)**, 12-17, 2022
- 8) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課: 令和8年度版 河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル [河川版] (魚類環境DNA調査編) (案),

- https://mizukokuinfo.zll.web.core.windows.net/ksnkankyo/mizukokuweb/system/Download/R08KK_02gyoruiDNA.pdf (2026. 4. 6アクセス)
- 9) 深谷肇一：マクロ生物調査のための環境DNA分析 一種の検出と定量およびその他の応用における可能性と課題一．全国環境研会誌，**47**，159-165，2022
- 10) 平川周作，中島 淳，松木昌也，古賀敬興，秦弘一郎，柏原 学，古閑豊和，石間妙子，宮脇崇，金子洋平，志水信弘，松本源生，石橋融子：環境DNAメタバーコーディングを用いた河川における魚類調査手法の検討と水質による影響の解析．環境化学，**30**，125-132，2020
- 11) 平川周作，中島 淳：河川水を対象とした環境DNA分析による魚類相調査の可能性．福岡県保健環境研究所年報，**47**，62-66，2020
- 12) 平川周作，中島 淳，松木昌也，古賀敬興，秦弘一郎，柏原 学，古閑豊和，石間妙子，金子洋平，宮脇 崇，志水信弘，松本源生，石橋融子：水生生物の保全に係る水質環境基準の指標となる魚種の生息状況調査における環境DNA分析の可能性．全国環境研会誌，**47**：19-24，2022
- 13) 平川周作，中島 淳：湖沼における環境 DNA 分析を用いた魚類相調査の検討．福岡県保健環境研究所年報，**50**，79-84，2023
- 14) 平川周作，古賀智子，中島 淳：環境DNA分析における塩化ベンザルコニウム溶液の添加及び冷蔵保存による影響．全国環境研会誌，**51**，47-53，2026
- 15) 中坊徹次：日本産魚類検索 全種の同定第三版．東海大学出版部，秦野，2013
- 16) 本村浩之：日本産魚類全種目録．これまでに記録された日本産魚類全種の現在の標準和名と学名．Online ver. 38，
<https://www.museum.kagoshima-u.ac.jp/staff/motomura/jaf.html> (2026. 4. 6アクセス)
- 17) Miya M., Minamoto T., Yamanaka H., Oka S., Sato K., Yamamoto S., Sado T., Doi H.: Use of a filter cartridge for filtration of water samples and extraction of environmental DNA. *Journal of Visualized Experiments*, **117**, e54741, 2016
- 18) Sato Y., Miya M., Fukunaga T., Sado T., Iwasaki W.: MitoFish and MiFish Pipeline: A mitochondrial genome database of fish with an analysis pipeline for environmental DNA metabarcoding. *Molecular Biology and Evolution*, **35**, 1553-1555, 2018
- 19) 日比野友亮，中島 淳，乾 隆帝，鬼倉徳雄，安武由矢：文献に基づく福岡県産魚類の目録，および標本に基づく種同定の訂正．北九州市立自然史・歴史博物館研究報告A類（自然史），**23**，1-93，2025
- 20) 渋谷浩一，藍澤正宏，鈴木寿之，金川直幸，武藤文人：静岡県産ミミズハゼ属魚類の分類学的検討（予報）．東海自然誌，**12**，29-96，2019
- 21) 浅山典昭，潮上太郎，井上裕太，是枝伶旺，中島 淳，日比野友亮：福岡県沿岸および島嶼から得られた海産ミミズハゼ属9種．北九州市立自然史・歴史博物館研究報告A類（自然史），**24**，4-26，2026
- 22) 有本圭佑，中山恵利，大平良一：環境DNA 技術を用いた魚類モニタリング調査手法の検討．福岡市保健環境研究所報，**49**，137-148，2024
- 23) 糠澤 桂，深川 柊，鈴木祥広：高濁度水への環境DNA 法の適用に向けたろ過・濃縮手法の基礎的検討．土木学会論文集 G（環境），**76(5)**，I_19-I_26，2020
- 24) 三上優貴，Xu Chen，糠澤 桂：DNA 存在形態を考慮した濁水における環境DNA の変動の評価．土木学会論文集，**80(25)**，24-25022，2024
- 25) 赤松良久，都築隆禎，横山良太，舟橋弥生，太田宗宏，畔上雅樹，内藤太輔，乾 隆帝：河川水辺の国勢調査による魚類相調査と環境 DNA メタバーコーディング解析の比較検討．土木学会論文集 B1（水工学），**74(5)**，I_415-I_420，2018
- 26) 村岡敬子，天羽 淳，菅野一輝，篠原隆佑，中村圭吾：ダム湖内魚類相を効率的に捉えるための環境DNA調査方法に関する検討．河川技術論文集，**28**，211-216，2022

＜環境省ニュース＞

環境研究総合推進費，地域脱炭素に関する動向及び
「第3次気候変動影響評価報告書」（令和8年2月）について

環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室

1. 環境研究総合推進費（競争的研究費）

1.1 令和8年度新規課題の採択について

環境研究総合推進費は，環境政策への貢献・反映を目的とした環境省所管の競争的研究費制度です。想定される研究成果により環境政策への貢献が期待できることが，採択の条件となります。環境省が基本方針や行政要請研究テーマ（行政ニーズ）を示し，公募，審査，資金配分や採択後の進捗管理，評価等の業務は独立行政法人環境再生保全機構（以下「ERCA」という。）が担当しています。令和8年度予算は約56億円です。

環境研究総合推進費の新規課題の公募では，「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）」に基づき，環境分野において今後5年間で重点的に取り組むべき研究・技術開発の課題である「重点課題」やその解決に資する「行政要請研究テーマ（行政ニーズ）」を提示した上で，広く産学民官の研究機関の研究者から提案を募ります。

例年に倣い，令和8年度新規課題（令和8年4月に研究開始）については，令和7年9月8日から10月10日まで公募を行い，外部有識者による審査を経て，環境問題対応型研究41課題，革新型研究開発（若手枠）32課題，戦略的研究開発（Ⅰ）1プロジェクト9課題，戦略的研究開発（Ⅱ）1プロジェクト8課題が採択されました（表1）。

環境問題対応型研究については，令和4年度新規課題公募より，メディアムファンディング枠（最大年間支援額が従来の半分となる2千万円の枠。以下「MF枠」という。）を新設しており，今回の令和8年度新規課題公募においては，MF枠として22課題が採択されています。

また，革新型研究開発（若手枠）の採択32課題の内訳は，若手枠A（最大年間支援額6百万円）が18課題，若手枠B（最大年間支援額3百万円，令和5年新規課題公募より新設）が14課題となっています。

なお，今回の令和8年度新規採択課題を含め，過年度の環境研究総合推進費の研究概要や成果報告書については，ERCAの環境研究総合推進費ウェブサイトにある「研究課題データベース」で閲覧できます（※新規課題の研究概要は例年7月頃掲載）。

また，同サイトでは推進費の各種イベントやプレスリリース，X（旧Twitter）による最新情報を確認できますので，併せてご活用ください。

参考1：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）

<https://www.env.go.jp/policy/tech/kaihatsu/r6suisinsenryakuhonnbnun.pdf>

参考2：ERCA環境研究総合推進費ウェブサイト

<https://www.erca.go.jp/suishinhi/index.html>

参考3：ERCA環境研究総合推進費 研究課題データベース

<https://www.erca.go.jp/suishinhi/seika/db/search.php>

表1 令和8年度新規課題の採択数など

公募区分		最大年間支援額※	研究期間	採択課題数 (申請課題数)
環境問題 対応型 研究	一般課題・ 技術実証型	4千万円	3年 以内	19 (209)
	MF枠	2千万円		22 (186)
次世代事業 (補助率1/2)		2億円		0 (2)
革新型 研究開発 (若手枠)	若手枠A	6百万円		18 (97)
	若手枠B	3百万円		14 (52)
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	8 (8)

※間接経費（30%），消費税を含む1年間の上限額

1.2 令和9年度新規課題公募について

今回の令和9年度新規課題は令和8年9月頃に公募予定です。この数年間でMF枠や若手枠Bを新設するなど，より多くの研究課題を採択できるように制度を見直してい

ますので、積極的な応募をお待ちしています。

詳しい情報は、ERCA環境研究総合推進費ウェブサイトや令和8年8月と9月に実施予定の公募説明会などで情報発信していきますので是非ご活用ください。

参考4：ERCA環境研究総合推進費公募情報

<https://www.erca.go.jp/suishinhi/koubo/index.html>

2. 地域脱炭素に関する動向～脱炭素先行地域について～

我が国は、2050年カーボンニュートラルの実現に向けた温室効果ガス削減の目標として、2030年度46%削減目標を掲げていますが、これに加え、2025年2月には地球温暖化対策計画等を改定し、2035年度、2040年度にそれぞれ60%、73%削減することを新たな目標として設定いたしました。その目標を達成すべく、環境省は主として需要側の対策である地域とくらしの脱炭素化を進めています。特に、地域・くらしに密着した地方公共団体が主導する地域脱炭素の取組が益々重要となっています。太陽光発電、風力発電、バイオマス発電等の地域特性に応じた再エネポテンシャルを活用する地域脱炭素の取組は、エネルギー価格高騰への対応に資するほか、未利用資源を活用した産業振興や非常時のエネルギー確保による防災力強化、地域エネルギー収支（経済収支）の改善等、様々な地域課題解決にも貢献し、まさに地方創生に資するものです。

環境省は、「地球温暖化対策計画（令和7年2月18日閣議決定）」及び「地域脱炭素ロードマップ（令和3年6月9日国・地方脱炭素実現会議にて決定）」等に基づき、地域脱炭素の取組に関わるあらゆる政策分野において、脱炭素を主要課題の一つとして位置付け、必要な施策の実行に全力で取り組んでいくとともに、更なる施策を積極的に推進していくこととしています。また、新たに2026年度以降2030年度までの5年間を実行集中期間として位置付け、環境省をはじめとする関係府省が緊密に連携しつつ、必要な施策の実行に取り組むこととしています。

「地域脱炭素ロードマップ」及び「地球温暖化対策計画」に基づく地域脱炭素の主要施策の一つが脱炭素先行地域の実現です。脱炭素先行地域とは、民生部門（家庭部門及び業務その他部門）の電力消費に伴うCO₂排出の実質ゼロを目指すとともに、脱炭素と地域課題解決の同時達成を実現する全国のモデルとなる地域です。脱炭素先行地域の多種多様な取組を通じて、農村・漁村・山村、離島、都市部の街区など多様な地域において、地域課題を解決し、住民の暮らしの質の向上を実現しながら脱炭

素に向かう取組の方向性を示しています。2026年2月、「脱炭素先行地域」の第7回選定を行い、新たに12の地域を選定しました。これにより計102の地域が脱炭素先行地域として選定され、「2025年度までに少なくとも100地域選定する」という政府目標を達成しました。

第7回選定では、共同提案者を含め、全国39の地方公共団体（都道府県4、市町14）から18件の提案があり、最終的に12件が脱炭素先行地域にふさわしい提案として評価されました。今回の12提案は、先進性・モデル性の観点で際立った特徴を有しており、地域脱炭素の取組を通じて地域にもたらされる具体的な裨益が明確に示された提案が選定に至っています。

例えば、石川県では、広域自治体である県が主体となり、のと里山空港や金沢港エリア、能登の道の駅といった陸・海・空の基幹インフラへの自立分散型電源等を一体的に整備し、災害時に人命救助・物資供給・広域避難を支える基盤を構築し、市町村単独では対応が難しい広域防災体制の強化を実現します。また、能登半島の観光拠点である和倉温泉では高温源泉を活かした温泉熱を有効活用するシステムの導入等により、旅館の経営負担軽減とサステナブルな温泉地としてのブランド化等、復興の加速化を支援します。

なお、第7回選定の結果、目標としていた100地域以上の選定という1つの区切りを迎えたことから、2022年から始まった脱炭素先行地域は、今回で募集を終了しましたが、引き続き脱炭素先行地域の実現に向け、取組を進めてまいります。

参考5：環境省 脱炭素地域づくり支援サイト

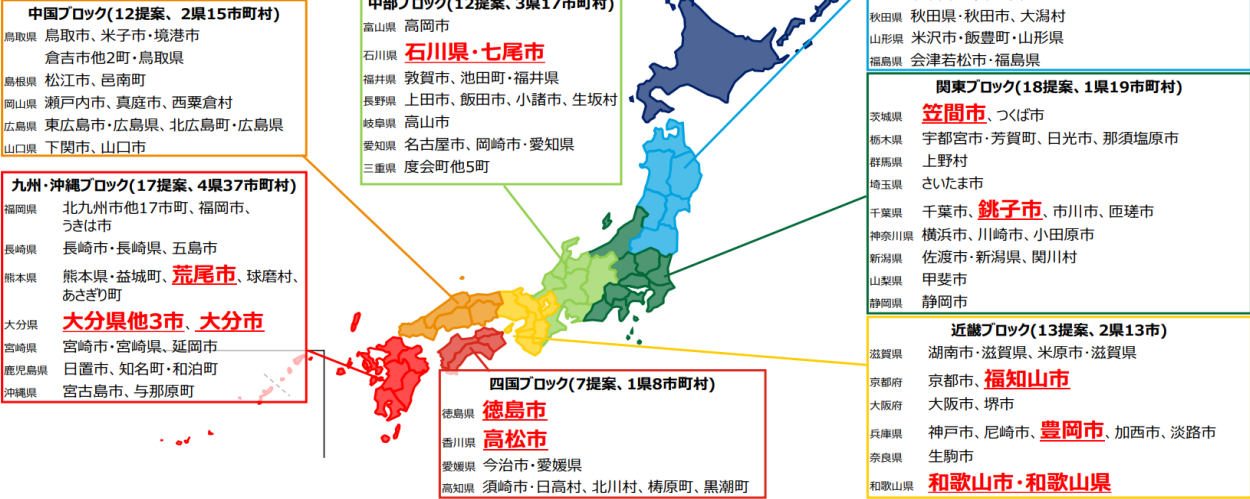
<https://policies.env.go.jp/policy/roadmap/>

脱炭素先行地域（102提案）

年度別選定提案数（共同で選定された市町村は1提案としてカウント、括弧内は応募提案数）

R4	R5	R6	R7
第1回 26 (79)	第2回 20 (50)	第3回 16 (58)	第4回 12 (54)
第5回 9 (46)	第6回 7 (15)	第7回 12 (18)	

※選定後に3提案が辞退



参考6：脱炭素先行地域の選定状況（第1回～第7回）※赤字が第7回選定自治体

3. 「第3次気候変動影響評価報告書」（令和8年2月）の公表について

気候変動適応に関する施策は、気候変動及び気候変動影響に関する最新の科学的知見を踏まえて実施することが重要です。このため、政府は、気候変動及び多様な分野における気候変動影響についての研究を推進するとともに、最新の科学的知見を踏まえ、おおむね5年ごとに、気候変動影響の総合的な評価を行うこととしています。これまで、平成27年、令和2年の計2回評価を行っており、今年2月、中央環境審議会における審議及び関係行政機関との協議を経て、第3次気候変動影響評価報告書を公表しました。

気候変動影響評価報告書は、気候変動が日本にどのような影響を与えるのかについて、科学的知見に基づき、全7分野（農業・林業・水産業、水環境・水資源、自然生態系、自然災害・沿岸域、健康、産業・経済活動、国民生活・都市生活）80項目を対象として、影響の程度・可能性等（重大性）、影響の発現時期や追加的な適応策への意思決定が必要な時期（緊急性）、情報の確からしさ（確信度）の1つの観点から評価を行っています。

第3次報告書の主なポイントは、下記の4つを行ったことです。

- ①最新かつ広範な科学的知見を反映
 - ②影響の重大性の評価を2段階から3段階に細分化
 - ③特に強い影響を受ける地域や対象の整理
 - ④適応策及びその効果に関する知見の整理
- また、第3次報告書では、現状から将来予測にわたって

重大性・緊急性・確信度が高いなど、特に優先的に対応が必要な項目が明らかになりました。

①について、学術論文に限られる分野・小項目を中心に、省庁・地方公共団体・事業者等が公表している報告書等も収集しました。結果として、第3次評価で根拠とした引用文献数は2,186件であり、第2次報告書と比較して1.7倍となりました。科学的知見が充実したことにより、きめ細かな重大性・緊急性・確信度の評価が可能となりました。例えば、最新の科学的知見の例として、高温と高CO₂の複合影響を組み込んだ新たなコメの生育・収量予測モデルでは、コメの収量や外観品質の低下がより早く深刻化することが予測されました。

②について、多くの分野・小項目において影響が既に発生していることから、重大性は、＜現状＞・＜1.5～2℃上昇時＞・＜3～4℃上昇時＞の3つの場合について評価を行うことにしました。また、第2次評価において「特に重大な影響が認められる」としていたものを、「レベル2：重大な影響が認められる」・「レベル3：特に重大な影響が認められる」の2つに分割し、3段階で評価することで、どの影響が特に重大なのかがより分かりやすくなるようにしました。

③及び④について、新しく「特に強い影響を受ける地域・対象」・「適応策及びその効果」の観点から科学的知見を整理しました。これにより、地方公共団体及び事業者が各地域において特に強い影響を及ぼす気候変動影響を把握し、適応策を検討するのに役立つことが期待されます。小項目のうち約4割で、他の地域と比較して、

特定の地域への影響が特に強いとする知見を整理できました。例えば，暑熱による死亡リスクについては，人口密度の高い大都市圏でより大きな死亡リスク増加が報告されています。

本報告書の内容を踏まえ，令和8年度に気候変動適応計画の改定を予定しております。計画の改定を契機として，政府を含む一層の関係主体の適応策の加速化を図っていきたいと考えています。

参考7：環境省 第3次気候変動影響評価報告書の公表について

https://www.env.go.jp/press/press_02915.html

参考8：環境省 第3次気候変動影響評価報告書

https://www.env.go.jp/earth/earth/tekiou/page_00003.html

<支部だより>

北海道・東北支部

令和7年度の北海道・東北支部の活動について報告します。

(支部事務局：山形県環境科学研究センター)

1. 令和7年度北海道・東北支部総会

(担当：宮城県保健環境センター)

(1) 期日 令和7年6月26日(木)～27日(金) 対面開催

(2) 会場 ホテル白萩(仙台市)

(3) 内容

ア 支部総会

- ・令和6年度事業報告・収支決算について
- ・令和7年度支部事業計画案・収支予算案について
- ・令和7年度支部役員について
- ・令和8年度の支部選出全国環境研協議会役員案について
- ・全国環境研協議会第1回理事会の概要(報告)

イ 提案・情報交換

・各機関での人材確保、人材育成に関する課題及び取組状況について

ウ 支部長表彰(7名)

五十嵐 聖貴氏(北海道), 工藤 香織氏(青森県), 佐藤 真帆氏(岩手県), 斎藤 博之氏(秋田県), 岡村 和恵氏(山形県), 渡邊 恵美氏(福島県), 庄司 岳志氏(仙台市)

エ 現地視察

「3GeV 高輝度放射光施設 NanoTerasu」及び「エコラボ」の視察研修

2. 第51回北海道・東北支部研究連絡会議

(担当：山形県環境科学研究センター)

(1) 期日 令和7年12月5日(金) Web開催

(2) 内容

ア 共通課題討論

- ① 航空機騒音測定機器の整備状況について
- ② 緊急時におけるアスベスト測定にかかる委託の実施方法
- ③ 地下水常時監視における汚染井戸地区周辺調査及び継続監視調査の実施基準について
- ④ 調査研究活動の継続と予算確保について

イ 研究発表(3題)

① 北海道における光化学オキシダントの2011-2023の状況(北海道)

② 青森県における有害大気汚染物質としての六価クロム測定態勢の構築(青森県)

③ 地下水中の鉛起源推定手法の確立について(岩手県)

3. 令和7年度環境測定分析統一精度管理調査北海道・東北ブロック会議

(担当：北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所)

(1) 期日 令和7年7月22日(火) Web開催

(2) 内容

ア 令和6年度環境測定分析統一精度管理調査結果について

イ 各共通試料の分析上の留意点等について

- ・模擬水質試料(一般項目等)
- ・模擬水質試料(農薬)
- ・模擬大気試料(揮発性有機化合物)

4. 令和7年度北海道・東北支部酸性雨広域大気汚染調査研究専門部会

(担当：新潟県保健環境科学研究所)

(1) 期日 令和7年11月26日(水)

対面・webハイブリッド開催

(2) 内容

ア 全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会の活動報告について

イ 令和7年度部会活動状況について

ウ 令和8年度部会活動計画について

エ 酸性雨及び広域大気汚染等に関する提案・情報交換について

(3) 研修会

講演「低コストセンサーを用いた大気汚染物質の観測について」

講師 一般財団法人日本環境衛生センター

アジア大気汚染研究センター大気圏研究部

二見 真理氏

「全国環境研会誌」投稿規定

1 本誌は、全国環境研協議会の会員である環境研究機関の連絡を密にし、会員相互の研究成果の発表と交流、業務の情報交換等を図り、もって地域住民の健康の保護と生活環境の保全に寄与することを目的として、発行するものである。

したがって、その内容は、論説、総説、報文、資料、速報、ニュース、トピック等幅の広いものとする。

2 本誌への執筆者は、原則として本協議会会員機関の職員とする。

3 編集は、全国環境研会誌編集委員会で行う。編集委員会は事情により、執筆者に改稿を求め、また内容のいかんによっては原稿を受理しないことがある。

4 調査研究結果をとりまとめた論文（報文、資料、速報）は原則として、他誌に未発表のものとする。

5 報文および資料原稿は、次の要領および別に定める様式に従ってMicrosoft Word（バージョン2010以降）を用いて作成するものとする。

① 本文の文字数は1ページあたり、25文字×47行×2段組みとし、6ページ以内を原則とする。

ファイルのサイズは2MB以下になるよう、図や表を貼り付ける際にはファイルサイズを縮小する等工夫し、貼り付ける。

② 本文中の文字の書式は明朝文字（9.5pt、行間15pt、左揃え）を使用し、章節項については、ゴシック文字（10.5pt、行間12pt、段落前6.4pt、段落後0行）を使用する。本文と次の章の間は1行（15pt）空ける。

なお、編集委員会への提出は、電子メールまたは光ディスク（CDまたはDVDに限る）によって送付する。また、以下のものを別途ワード形式またはテキスト形式とし、あわせて提出する。

ア. 和文題名、著者名、所属機関名

イ. 英文題名、著者名、所属機関名

ウ. キーワード（5ワード程度、英文の場合は英文キーワードとする）

③ 文体は、ひらがな、漢字による口語体とし、現代かな遣いを用いる。

④ 漢字は常用漢字とする。ただし、固有名詞や学会で広く用いられている慣用の術語はこの限りでない。

⑤ 句読点は、カンマ（, ）、句点（. ）とし、中点（・）との区別を明確にし、全角を用いる。また、行のは

じめに配置させない。

⑥ 英字は半角を用いる。

⑦ 数字はアラビア数字を用い、半角とする。

⑧ 小数は0.123, 1.23×10^6 のように書き、 $\cdot 123$, $1.23 \cdot 10^6$ などは用いない。

⑨ 単位は原則としてSI 単位系に従って表記する。ただし容量単位はリットル（L）あるいは立方メートル（ m^3 ）を用いることを原則とする。

⑩ 単位および数値は2行にまたがらないこと。

⑪ 化学式は C_6H_5OH のように表し、 $C 6 H 5 O H$ としない。

⑫ 数式は原則として $\frac{a}{b}$, $\frac{a+b}{c+d}$, $e^{-\frac{E}{KT}}$ と記載するが、

文中に出てくるものは、 a/b , $(a+b)/(c+d)$, $\exp(-E/KT)$ のように記載する。

⑬ 文中の区分けは、ポイント・システムによる記号を用いて、大見出し、中見出し、小見出しなどを明記する。

〔例〕 1., 2., 3., 1.1, 1.2, 1.1.1, 1.1.2

⑭ 図および表は、図の下部に図番号および図題を記載し、表の上部に表番号および表題を記載する。必要に応じてファイルサイズを縮小して、貼り付ける。また、図表および文字・数字は明瞭に記載し、線の太さや字の大きさに留意する。

⑮ 図および表の番号と説明は、要旨が英文の場合、原則として説明も英文とし、図表番号および本文中の参照はFig.1, Table1のようにする。また、要旨が和文の場合には、図表番号および本文中の参照は図1, 表1のようにする。なお、写真も図として取扱い、番号は図の通し番号に従う。

⑯ 引用文献は、下記の凡例に準じ、論文の場合は著者名、論文名、雑誌名、巻、（号）、ページ、発行年の順に、単行本の場合は、著者、書名、引用ページ、発行所、発行所の所在地、発行年の順に記入する。編集者がいる場合には著者名、論文名、編集者名、書名、引用ページ、発行所、発行所の所在地、発行年の順に記入する。ウェブページの場合は、発信者名、題名、ウェブアドレス（最終アクセス日）の順に記入する。

著者が複数の場合は、間にカンマ（, ）を入れる。

著者名の後にコロン (:), 論文名と雑誌名の間にはピリオド (.) を入れ, その他の各項の間にすべてカンマ (,) を入れる。

発行年号は西暦を用い, 「年」の字は入れない。

雑誌名は原則として, 省略せずに記載する。ただし, 省略が公式名となっている場合には, 略称を使用してもよい。

巻 (Vol.) は太文字とする。ページは通巻ページを記す。号 (No.) ごとのページしかない場合には, 巻の次に号を () 内に記す。また, 英文雑誌名はイタリック体とする。

〔例〕

- 1) 藤村葉子, 中島淳: 小規模合併浄化槽の処理水性状と循環運転による窒素除去. 水環境学会誌, **21**, 33-38, 1998
- 2) Flanagan W.P. : Biodegradation of dichloromethane in a granular activated carbon fluidized-bed reactor. *Water Environment Research*, **70**, 60-66, 1998
- 3) 太田久雄, 長尾隆: 公害と気象, p. 154, 地人書館, 東京, 1974
- 4) Bames R.D. : *Invertebrate Zoology*, 4th Ed., p. 676, Holt-Saunders International, Tokyo, 1980
- 5) 日本化学会編: 大気の化学, pp. 76-81, 学会出版センター, 東京, 1990
- 6) Koss G., Koransky W: Pentachlorophenol in different species of vertebrates after administration of hexachlorobenzene and pentaclorophenol, pp. 131-137, Plenum Press, NewYork, 1978
- 7) 環境省: ジクロロメタンによる大気の汚染に係る環境基準について, <http://www.env.go.jp/hourei/01/000025.html> (2016. 5. 11アクセス)
- ⑰ 校正のために, 原稿, 図, 表のコピーを手元に保管すること。
- ⑱ 本誌発行後の正誤訂正は, 執筆者の申し出により次号に掲載する。
- ⑲ 原稿料, 掲載料はともに無料とする。

6 論説, 総説原稿の作成は, 報文に準ずるが, 原稿枚数は12ページ以内を原則とする。

7 速報, ニュース, トピックの原稿の作成は, 報文に準ずるが, 原稿枚数は2ページ以内を原則とする。

8 ニュース, トピック等の原稿の取扱いについては編集委員会において決定する。

9 投稿原稿の著作権に関する事項については, 以下のとおりとする。

① 本誌に掲載された著作物の著作権, およびオンライン上で公開された著作物など電子的形態等他の媒体による利用も含めた包括的な著作権は本協議会に帰属する。本規定はすでに公刊された著作物についても適用する。

② 投稿に際しては, 論文として掲載された場合に当該原稿の著作権が本協議会に帰属することを, 著者全員が同意しているものとみなす。

③ 本協議会が所有する著作権を利用する場合には, 本協議会の許諾を必要とする。ただし, 著者自身による学術研究目的等での利用 (著者自身による編集著作物への転載, 掲載, オンラインによる公衆送信, 複写して配布等を含む。) などの場合に限り, 本協議会は無条件で許諾するものとし, 著作者は本協議会に許諾申請をする必要はない。

なお, その利用に際してはその著作物が本協議会発行誌に掲載されたものであることを明記しなければならない。

10 以上の規定以外に必要な事項が生じた場合には, 広報部会においてその取扱いを決定し, 特に重大な変更でない限り, そのまま, 投稿規定に新項目として追加する。

(付則)

この規定は, 平成20年7月8日から施行する。

(平成21年5月1日部分改訂)

(平成24年12月21日部分改訂)

(平成26年5月20日部分改訂)

(平成27年11月27日日部分改訂)

(平成28年5月26日部分改訂)

(平成29年5月31日部分改訂)

編集後記

昨年度に引き続き、今年度も高知県衛生環境研究所が広報部会の事務局を務めさせていただきます。

本会誌は会員の皆様方のご協力をいただくことで発行できるものですので、引き続き積極的な寄稿をよろしくお願ひします。

さて、1年前の編集後記では、NHK朝の連続テレビ小説「あんぱん」について紹介させていただきましたが、今回は令和10年放送予定の大河ドラマ「ジョン万次郎」について触れさせていただきます。「ジョン万次郎」ことジョン万次郎は日本の幕末時代に大きな影響を与えた人物の1人として、高知県土佐清水市が誇る偉人です。何を隠そう筆者は、ジョン万次郎の生まれ故郷である土佐清水市で小学校まで過ごしました。父方の祖父母宅が、ジョン万次郎が生まれ育った中浜（なかのはま）と足摺岬の間に位置する松尾という集落にあったため、祖父母宅に行く際には生家の近くを通っていました。（現在は新道が開通したため中浜の集落を通過しなくなりましたが…）

舞台の1つである足摺岬は足摺宇和海国立公園に属します。この国立公園は、高知県西南部から愛媛県南部にまたがっており、高知県の3市1町（四万十市、宿毛市、土佐清水市、大月町）が含まれます。このエリアは、高知で「幡多（はた）」と呼ばれる地域の一部で雄大な自然を体験いただけるスポットがたくさんあります。以下にそれぞれのお勧めポイントを列挙します。

- 四万十市 日本最後の清流と呼ばれる四万十川を中心とした沈下橋やアオサノリ漁の川文化
- 土佐清水市 サーフポイントとして有名な大岐の浜や足摺海洋館SATOUMI、見残し海岸で有名な竜串が見どころ
- 大月町 「船が宙に浮いて見える」と言われるほど高い透明度を誇る柏島海岸を中心としたマリニアクティビティ
- 宿毛市 秋から冬に、宿毛湾で見られるだるま夕日

幡多地域は、東京から最も遠い地域の一つとして知られており、高知龍馬空港から足摺岬までは車で3時間程度かかります。ただ、感じられる自然は大変素晴らしく、時間をかけてでも訪問する価値があります。ジョン万次郎を育んだ幡多へ、ぜひ「わざわざ」お越しください。

最後になりましたが、巻頭言を執筆していただいた山形県環境科学センター所長の後藤様、特集の「各学会併設全環研集会・研究発表会」を担当していただいた新潟県保健環境科学研究所の皆様、報文を投稿していただいた皆様、環境省ニュースを執筆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北海道・東北支部の皆様、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。

（高知県衛生環境研究所）

令和8年度

全国環境研協議会広報部会

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

季刊 全国環境研会誌 Vol.51 No.2(通巻179号)

Journal of Environmental Laboratories Association

2026年6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