

ISSN 2424-1083

# 季刊 全国環境研究会誌

JOURNAL OF ENVIRONMENTAL LABORATORIES ASSOCIATION

Vol.44 No.2 2019 (通巻 151 号)



目 次

**[巻頭言]**

環境研究分野の拡大と分野をまたがる課題への対応…………… 中村 豊/ 1

**[特 集／各学会併設全環研集会・研究発表会]**

第53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…………… 佐賀県環境センター/ 2  
第59回大気環境学会年会併設特別集会の概要…………… 佐賀県環境センター/ 4  
第29回廃棄物資源循環学会併設集会の概要…………… 佐賀県環境センター/ 6  
全国環境研協議会企画部会騒音振動担当者会議の概要…………… 佐賀県環境センター/ 8

**[報 文]**

青森県内における稲わら焼却による大気汚染状況について…………… 北島 茂・対馬典子・野澤直史/ 10  
児島湖流入河川の水質についての一考察…………… 藤田和男・小川知也・吉岡敏行/ 16  
相模湾漂着マイクロプラスチックに吸着したPCB全異性体の測定及び発生源の推定  
…………… 小澤憲司・池貝隆宏・三島聡子/ 22  
サンショウウオ類の分布調査における捕獲調査と環境DNA調査の比較 …… 長谷部勇太・白子智康/ 29

**[環境省ニュース]**

環境分野の研究開発をめぐる主な動向（地域関連）について  
…………… 環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室/ 36

---

支部だより＝関東・甲信・静支部/ 38, 「全国環境研会誌」編集後記/ 39

C O N T E N T S

---

Air Pollutants from Rice Straw Incineration in Environmental Atmosphere in Aomori Prefecture .....	Shigeru KITABATAKE, Noriko TSUSHIMA, Naofumi NOZAWA/ 10
A Study of Water Quality in Inflow River of Lake Kojima .....	Kazuo FUJITA, Tomoya OGAWA, Toshiyuki YOSHIOKA/ 16
Measurement of All PCB Isomers on the Microplastics Found in Sagami Bay and Estimation of Emission Source .....	Kenji OZAWA, Takahiro IKEGAI, Satoko MISHIMA/ 22
Comparison of Environmental DNA and Harvest Survey in Distribution Study of Salamander Species .....	Yuta HASEBE, Tomoyasu SHIRAKO/ 29

## ◆巻 頭 言◆

## 環境研究分野の拡大と分野をまたがる課題への対応

公益財団法人東京都環境公社 東京都環境科学研究所長 中村 豊



東京都環境科学研究所は、1968年に設立された東京都公害研究所が前身ですので、設立から50年余が経過しました。この間、研究所の移転や名称の変更、東京都から東京都環境公社への移管などがありましたが、それぞれの時代で、東京都の環境行政や東京を始めとした地域の環境改善に役立つ調査研究を続けてきたところです。

私は、所長に就任してから3年余となりますが、本年度は全国環境研協議会の会長としての役割を担わせていただくことになりました。地方環境研究所（以下「地環研」とします。）を取り巻く状況が厳しさを増すなか、本協議会の充実した活動が、地環研の社会的な地位を益々向上させることにつながればと考えております。皆様方のご指導、ご協力をよろしくお願い申し上げます。

さて、環境課題や環境行政の範囲が拡大するとともに、地環研に求められる研究分野も拡大してきています。従来の大気、水質、廃棄物、化学物質などに加え、気候変動、エネルギーなどの分野でも、効果的な対策に役立つ調査研究が求められるようになりました。

また、従来の大気汚染や水質汚濁など特定の分野に限られた課題に加え、分野をまたがる課題も現れてきています。たとえば、気候変動、大気汚染、緑化などの各対策のトレードオフの関係をどう捉え、どう対策の最適解を得ていくか、各環境対策に要するエネルギー負荷をどう評価していくかなどがあります。

これらの新たな研究課題への対応も求められるようになるなか、限られた人的資源、物的資源を駆使して対応していくことは中々悩ましいことでもあります。当研究所でも、環境資源研究科、環境リスク研究科に加えて、2016年度から次世代エネルギー研究科を設置し、エネルギー関連研究も進めています。また、大気、水質、廃棄物などを縦糸とすると、気候変動、エネルギー、化学物質などはそれらをつなぐ横糸のようにも捉えられます。これら縦糸と横糸を組み合わせ、また各分野における対策のコベネフィットとトレードオフなどを意識しながら研究を進め始めているところです。

私どもの研究所の業務を少しご紹介します。東京都の環境行政に役立つ都からの受託研究や都への技術的な支援としての行政検体のクロスチェックなどはもちろん主要な業務ですが、その他に東京都環境公社の自主財源を

活用した自主研究や外部資金導入研究も進めています。それらのなかで、地環研の皆様方や国の試験研究機関とも共同研究をいただいています。東京という地域あるいはもう少し広範囲な地域の環境の改善に役立つ調査研究を行っていくことが我々に課せられた使命であり、また、広域自治体関連の公的試験研究機関として、都だけでなく都内区市町村の環境行政の維持・向上を図るための職員研修も技術的な支援として担っています。

研究員も、現在、都からの派遣職員である研究員、公社で採用した研究員の両方がいますが、一体となって調査研究を進めています。研究員が持つ、深いが限定された専門性と、時代による環境課題の変化とをどう両立させていくかが難しいところです。

他の地環研にあまりない設備としては、自動車排ガスを測定する大型車、小型車用のシャシダイナモメータ、車載型排出ガス分析装置、また、漏洩防止設備を整えたダイオキシン等分析室などがあります。廃棄物関係では、中央防波堤内側埋立地の都施設内に当研究所の中防分室もあります。

調査研究以外ですが、当研究所は地の利もあるのでしょうか、海外からも含め年間沢山の方々が見学にお見えになります。その際は、前述の設備や屋上にあるPM2.5の各種測定装置などを紹介しながら調査研究の内容を説明しています。国際環境協力が大気分野を中心に進めています。当研究所には資料室もあり、都民向けに環境関連の資料の閲覧、貸出も行っています。また、学会、専門誌等への発表だけでなく、広く一般都民等へ研究所及びその活動を知ってもらう取組を行っています。研究所施設の一般公開は、子供連れのファミリー層にも参加してもらうため夏休みの初めに開催しています。冬季には都民・事業者、行政職員向けの公開研究発表会を行っており、いずれも毎年盛況です。

地環研は、それぞれ違いがあるかもしれませんが、共通の取組や課題も多いと考えます。当研究所は、今後とも、全国環境研協議会の会員機関の皆様方と協力しながら調査研究を進めていくとともに、全国環境研協議会の一員として地環研共通の課題解決に向けて尽力してまいりたいと考えております。今後ともよろしくごお願い申し上げます。

## ＜特集＞各学会併設全環研集会・研究発表会

### 第53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

佐賀県環境センター

平成31年3月9日(土)に山梨大学甲府キャンパス(山梨県甲府市)にて、第53回日本水環境学会年会併設研究集会(事務局:佐賀県環境センター)を開催した。当集会は日本水環境学会実行委員会の協力により、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(以下、地環研)会員同士の情報交換の場を設けるため、毎年、日本水環境学会年会と併設した形で開催している。

今年度の集会は2部構成とし、第1部を特別講演として2題、第2部を一般発表とし「各地方環境研究所における地域が抱える水環境問題・特性、水質事故等の事例紹介とその調査・研究結果または対応状況について」をテーマとして6題、計8題の講演・発表を行った。座長は、第1部を山梨県衛生環境研究所の吉澤一家氏が、第2部を佐賀県環境センターの近藤大輔氏が務めた。当日は、地環研の研究員を中心に92名(事前申込み57名、当日参加35名)の参加があった。各講演および発表の概要は以下のとおりである。

#### 第1部 特別講演

##### 1-1. 環境保全研究におけるモデルエコシステム(マイクロコズム)活用の利点と展望(千葉工業大学 教授 村上 和仁)

環境保全の一層の推進のためには、生態系を活用した生態工学的視点の導入が必須であり、生態系の機能と構造に関する知見を集積していく必要がある。しかし、このような研究は十分になされておらず、特に人間活動から排出される様々な化学物質は、生態系に及ぼす影響について未知の部分が多く、その標準試験法の確立が望まれている。そこで、生態系の基本的な原理原則である物質循環・エネルギーフロー・生物間相互作用を含有する微生物共存系培養モデルであるマイクロコズムシステムにより、標準試験法の確立を図った。メソコズムとの相関解析等、様々な検討により本試験法は、より実用的な生態系影響評価手法として

適用できることを示唆した。

##### 1-2. 埼玉県における油流出事故とその対応の現状(埼玉県環境科学国際センター 柿本 貴志)

埼玉県において水質事故は年間200件以上発生している。この半数が油流出事故であり事故件数の削減が急務であるが、事故の半数以上が原因不明である。発表では、(1)目視による原因者調査では、原因不明となった事故の約5割で油が流出した暗渠を特定できているが、暗渠の調査で苦戦していること、(2)目視の調査で原因者が明らかにならなくても、原因者を少数に絞り込めていけば、油の特性分析が原因者推定、事故発生抑制に有用であることを示し、今後、事故件数及び原因不明の件数を削減していくには、行政と研究所の一層の連携や、事故に関する基礎的な資料が必要であることを述べた。

#### 第2部 一般発表

##### 2-1. 農業の流出による魚へい死事例について(岡山県環境保健センター 山本 浩司)

魚のへい死事故原因は複数挙げられるが、その中の農業は膨大な数があり、一斉分析が望まれている。岡山県では、GC/MSによる水質中および魚体中の農薬類の一斉分析法を開発しており、魚へい死事象の原因調査に使用している。今回その分析法を使用し、水質中からエンドスルファン類が、水質および魚体中からペルメトリンが検出された事例を紹介し、本手法が事故原因の早期推定に有用であることを示唆した。

##### 2-2. 生物多様性の拠点として見た農村地域にあるため池の水環境等の特性について(北海道立総合研究機構 石川 靖)

生物多様性保全をより重視した農村整備が推進されているが、農村生態系の基礎的情報は十分に把握さ

れていない。今回、北海道当別町高岡地区にある複数のため池における水環境等の特性について、水質調査を行い、立地環境による差が栄養塩類等の濃度に影響があることが分かった。また、捕獲した魚類調査から主な魚類が2種類であり、その他希少種が生存していることも明らかになった。

### 2-3. 降雨時の濁水が斐伊川水系の水質に与える影響について

(島根県保健環境科学研究所 山根 馨太)

宍道湖・中海は、湖沼水質保全計画に則り、水質浄化に向けた様々な取り組みを行っている。宍道湖の水質汚濁は様々な要因が考えられるが、その中の一つに流入負荷の影響がある。今回、湖流入河川である斐伊川およびその支川の一つについて、降雨時の濁水がリン濃度等に与える影響について評価した。その結果、その支川の比負荷量が高いことが分かり、斐伊川の水質に影響を与えていることが示唆された。

### 2-4. サンゴ礁生態系保全に関する水環境

(沖縄県衛生環境研究所 糸洲 昌子)

沖縄県はサンゴ礁生態系から、産業・文化・防災等の多様な面で恩恵を享受しているが、近年、海水温上昇や陸域負荷等の様々な要因によりサンゴの生息環境は厳しい状況にある。沖縄県では陸域からの赤土等流出が大きな課題となっており、農地からの流出防止対策が重要である。現在、沖縄県赤土等流出防止対策基本計画に則り様々な対策を推進しており、目標達成に向けて種々対応を図っていく。

### 2-5. 下水処理施設の栄養塩管理運転が播磨灘の栄養塩類及びCOD濃度に与える影響について

(兵庫県環境研究センター 鈴木 元治)

瀬戸内海の播磨灘では、貧栄養化が問題となっており、その対策として下水処理施設での硝化抑制等の管理運転が実施されている。しかし、この管理運転が水質（特にCOD）に与える影響については、ほとんど把握されていない。そこで下水処理施設近辺の様々な地点について管理運転との関係を調査したが、その関連性は認められず、管理運転による影響をより詳細に確認するためには、今後数値モデルによる感度解析等が必要と考えている。

### 2-6. 多々良沼の水質把握と汚濁負荷量調査

(群馬県衛生環境研究所 梅澤 真一)

多々良沼は、近年の開発等により水鳥の飛来種の単純化や生態系の変化、水質の悪化等が問題となってい

る。今回水質の悪化について、汚濁負荷量調査やその将来推計等を行った。COD値は依然として高い値で推移しているが、内部生産の割合が高く、その対応は重要である。また、外部負荷は単独浄化槽によるものが大部分を占め、下水道等といった処理形態への移行により水質改善が期待される。

当集会には、大学、企業、自治体等から、100名弱の参加があった。集会を通じて参加者の知識・理解の一助となれば幸いである。

また次年度も岩手大学（岩手県盛岡市）にて、第54回日本水環境学会年会併設研究集会（事務局：香川県環境保健研究センター）を開催予定であり、本集会にも多数の方の参集を期待している。

### ＜プログラム＞

座長：山梨県衛生環境研究所 吉澤一家  
佐賀県環境センター 近藤大輔

#### 第1部

- 1-1. 環境保全研究におけるモデルエコシステム（マイクロコズム）活用の利点と展望  
千葉工業大学 教授 村上和仁
- 1-2. 埼玉県における油流出事故とその対応の現状  
埼玉県環境科学国際センター 柿本貴志

#### 第2部

『各地方環境研究所における地域が抱える水環境問題・特性、水質事故等の事例紹介とその調査・研究成果または対応状況について』

- 2-1. 農薬の流出による魚へい死事例について  
岡山県環境保健センター 山本浩司
- 2-2. 生物多様性の拠点として見た農村地域にあるため池の水環境等の特性について  
北海道立総合研究機構 石川 靖
- 2-3. 降雨時の濁水が斐伊川水系の水質に与える影響について  
島根県保健環境科学研究所 山根馨太
- 2-4. サンゴ礁生態系保全に関する水環境  
沖縄県衛生環境研究所 糸洲昌子
- 2-5. 下水処理施設の栄養塩管理運転が播磨灘の栄養塩類及びCOD濃度に与える影響について  
兵庫県環境研究センター 鈴木元治
- 2-6. 多々良沼の水質把握と汚濁負荷量調査  
群馬県衛生環境研究所 梅澤真一

## ＜特集＞各学会併設全環研集会・研究発表会

### 第59回大気環境学会年会併設特別集会の概要

佐賀県環境センター

第59回大気環境学会年会併設集会は、平成30年9月12日に九州大学筑紫キャンパス（福岡県春日市）で開催された。

本年度は、都市大気エアロゾル分科会と共催し「PM<sub>2.5</sub>測定・分析に関する最近の研究と取組」をテーマとした。

PM<sub>2.5</sub>の成分モニタリング体制は段階的に強化されており、平成28年度には質量濃度の常時監視測定局は全国で1,045局、成分分析の測定地点は190地点となった。濃度分布や成分組成が詳細に明らかになりつつある。

一方で、測定手法に起因する影響因子があり、そのことを承知あるいは排除して測定するとともに、データの解釈をしなければならない。

これらの課題や注意点について、有益な情報を共有することを目的とした。

本集会は、都市大気エアロゾル分科会の高橋克行氏（日本環境衛生センター）から趣旨説明が行われ、その後、全国環境研協議会の近藤大輔氏（佐賀県環境センター）を座長として、5題の講演が行われた。

概要は、以下のとおりである。

#### 1. PM<sub>2.5</sub>に関する環境省の取組みについて

（環境省 上尾 一之）

PM<sub>2.5</sub>の常時監視結果からわかる傾向、PM<sub>2.5</sub>高濃度時の要因及びPM<sub>2.5</sub>に関する国際協力の取組状況について御講演いただいた。

PM<sub>2.5</sub>濃度の年平均値は平成22年度の常時監視開始以降、やや減少傾向にあり、平成27年度には一般環境大気測定局、自動車排出ガス測定局ともに初めて長期基準の基準値（15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を下回った。

地方自治体によるPM<sub>2.5</sub>の注意喚起件数は、平成25年度の37件から平成29年度は2件と減少している。

国内のPM<sub>2.5</sub>濃度は、国内及び東アジア地域における様々な対策・取組の効果によって改善傾向にある。PM<sub>2.5</sub>濃度に影響を与える要因としては、工場等の固定発生源、自動車等の移動発生源のほか、野焼き等に代表されるバイオマス燃焼の影響によるものなど様々あり、気象の影

響や地域や季節によっても異なることから、引き続き長期的傾向を継続的に把握し分析する必要がある。

アジア地域における大気汚染対策がより効果的かつ継続的に行われるよう、日中韓を中心とした多国間での国際協力を進めていく。

#### 2. PM<sub>2.5</sub>自動測定機の空試験の実態とその変動要因 （日本環境衛生センター 高橋 克行）

PM<sub>2.5</sub>自動測定機の空試験値を同一地点で同時に行い、ばらつきの実態及び試験値の変動要因を調査した結果について御講演いただいた。

調査に使用した測定機は全国の常時監視測定局に配備されている機種のうち4機種をレンタル会社から借り受けて使用した。

空試験の日内変動のパターンは、PM-712は1日を通してほぼゼロ付近で推移するが、16時にわずかに空試験値が上昇する傾向があった。FPM-377Cは周期的に増減を繰り返すパターンが見られ、日内変動では9時にプラス、17時にマイナスになる傾向があった。FH62C14は1時間値のばらつきが大きく、日中にプラス、早朝と夕方にマイナスになる周期性が見られた。SHARP 5030はばらつきが小さく、負の値が出現しない特徴があり、日内変動は13時～17時にゼロとなる特徴的な変動があった。これらより、空試験の値は測定機種ごとになんらかの要因による系統誤差が存在し、空試験値は偏りを示すことがわかった。

相対湿度と空試験の関係を見ると、PM-712の空試験値は湿度の増加と正の相関を示し、FPM-377は負の相関を示した。FH62C14、SHARP 5030は相対湿度の変化との間には明確な傾向が見られなかった。

検出下限値の評価では、本調査で用いたFH62C14は自動測定機に求められる条件を満たさなかった。

#### 3. PM<sub>2.5</sub>成分自動測定機の観測網から得られる知見など

（アジア大気汚染研究センター 桐山 悠祐）

2017年4月から7月までに得られた全国の自動測定機

のデータ解析例について御講演いただいた。

環境省は2017年度から様々なサイト特性を持つ全国10地点でPM<sub>2.5</sub>の成分自動測定機を稼働させ、データを収集している。メンテナンスや突発的な異常を除けば常時稼働しているため、従来の一斉調査ではカバーできない期間のデータを得ることができる。また、時間分解能も高く、従来失われていた日内変動の情報も得ることができる。

2017年4月から7月までの結果では、4、5月の春季に当たる期間は名古屋を境に東西でPM<sub>2.5</sub>の濃度に差が見られた。一方、6、7月の夏季に当たる期間では大阪、名古屋、東京の大都市部で高く、他の地点で低い傾向を示した。4、5月は質量濃度に対して、赤穂の硫酸イオンが大きい特徴があった。硝酸イオンについて、リモート地点である隠岐では月間で濃度差はあるが、日内変動はほぼ見られなかった。一方東京では4、5、6月には早朝に大きな濃度ピークを示し、その後徐々に減少する様子が見られ、夏に向かうごとにピークは低くなり、7月には表れていない。一方、日中に濃度が増加する様子が6、7月に見られた。

#### 4. テープろ紙を用いたPM<sub>2.5</sub>無機成分測定の実験精度とネットワーク観測

(京都府保健環境研究所 辻昭 博)

テープろ紙を用いたPM<sub>2.5</sub>の中のイオン及び無機元素の分析精度の検討結果と、テープろ紙を用いたネットワーク観測の事例について御講演いただいた。

分析精度の検討として、カバーテープを装着したPM<sub>2.5</sub>自動測定機PM-712CとFRM等価性認定サンプラー2025Dを用い、検出下限値の比較、有意差の有無の確認を行ったところ、テープろ紙法でも公定法と比較して定量分析が十分可能な成分があることが明らかになった。

各機関間での精度管理では、イオン成分は主成分について十分な定量性を確保できた。無機元素では、指標として汎用する元素でも検出下限値が高い元素が見られた。

ネットワーク観測では、近距離の輸送の観測として化石燃料の指標元素 (V, Ni, As, Pb) 風の通過点と通過時刻を探りながら観測した。

長距離の輸送の観測では、弓形に連なる日本列島の形状は大変好都合であり、中国大陸から流れ出すエアロゾルが僅かなタイムラグで飛来する様子や、特性の切り替わる様子が把握できた。黄砂の観測には微小粒子だけではなく、粗大粒子も採取可能な方が有利であり、壱岐のテープろ紙から高濃度の粗大粒子中の硝酸イオンを観測した。

無機元素のデータは地道な解析を繰り返し、核心に触れることで重要な証拠をつかむことになる。

[ 全国環境研会誌 ] Vol. 44 No. 2 (2019)

#### 5. フィルタ材質、捕集時間および捕集方法の違いが有機成分分析に与える影響

(名古屋市環境科学調査センター 池盛 文数)

捕集ろ紙、捕集時間、捕集方法が有機トレーサー成分の測定値に与える影響について御講演いただいた。

有機トレーサー成分について、捕集時のアーティファクトの知見は非常に少ない。

有機トレーサー成分は、発生源や生成メカニズムの理解が大きな課題となっている有機エアロゾルの解析に非常に有効であると考えられるが、実施した観測から得られた結果がどのようなアーティファクトを含み、行う解析に耐えうるかどうか、注意が必要である。粒子の測定だけでなくガス状物質の測定や、デニューダーを用いた観測を行い、捕集上のアーティファクトの影響についてさらに知見を得ることで、有機トレーサーとしての有効性について理解が深まり、解析結果の信頼性がより向上すると考えられる。

本集会には、80名の参加があった。集会を通じて参加者の知識・理解の一助となれば幸いである。

#### ＜プログラム＞

世話人：日本環境衛生センター 高橋 克行

佐賀県環境センター 山口 陽子

座長：佐賀県環境センター 近藤 大輔

1. PM<sub>2.5</sub>に関する環境省の取組みについて

環境省 上尾 一之

2. PM<sub>2.5</sub>自動測定機の空試験の実態とその変動要因

日本環境衛生センター 高橋 克行

3. PM<sub>2.5</sub>成分自動測定機の観測網から得られる知見など

アジア大気汚染研究センター 桐山 悠祐

4. テープろ紙を用いたPM<sub>2.5</sub>無機成分測定の実験精度とネットワーク観測

京都府保健環境研究所 辻昭 博

5. フィルタ材質、捕集時間および捕集方法の違いが有機成分分析に与える影響

名古屋市環境科学調査センター 池盛 文数

## ＜特集＞各学会併設全環研・研究発表会

### 第29回廃棄物資源循環学会併設集会の概要

佐賀県環境センター

平成30年9月13日に名古屋大学東山キャンパスIB館IB015会議室において、全国環境研協議会企画部会（事務局：佐賀県環境センター）と廃棄物試験・検査法研究会との共催で第29回廃棄物資源循環学会併設集会を開催した。

2部構成とし、第1部を廃棄物試験・検査法研究会との情報交換会として3題、第2部を全国環境研協議会研究発表会として5題の講演および発表を行った。当日は、地方環境研究所の研究者を中心に延べ70名の参加があった。

第1部の座長を国立研究開発法人国立環境研究所の山本貴士氏が、第2部の座長を佐賀県環境センターの野中敬五氏が務めた。本発表会の概要は、以下のとおりである。

#### 第1部 情報交換会

##### 1-1. 溶出試験検液中の金属類固相抽出における共存キレート剤による妨害

（環境省環境調査研修所 藤森 英治）

産業廃棄物の溶出試験（環告13号試験）は、JIS K 0102(2008)に沿って変更され、平成27年度に改正JIS(2013年度版)の適用性について検討し、固相抽出法は適用しないこととした。金属類の回収率は、pH依存性があり、共存キレート剤による回収率の低下がみられる。キレート剤共存下では、固相抽出の回収率は極めて低下するため、注意が必要である。

##### 1-2. 排ガス中水銀の分析技術

（電力中央研究所 エネルギー技術研究所 野田 直希）

2018年4月に大気汚染防止法が改正され、水銀の大気排出規制が追加された。排ガス中の水銀は、極めて濃度が低く、粒子状、ガス状様々な形態で存在しており、形態により、特性が大きく異なる。そのため、水銀の物理的、科学的特性や、測定対象の排ガス組成が測定に与える影響を十分に理解し、細心の注意を払って測定することが

重要である。

##### 1-3. POPs廃棄物規制の動向とSCCPs分析法の紹介 （国立環境研究所 松神 秀徳）

短鎖塩素化パラフィン（SCCP）は、残留性、生物蓄積性のため、残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約に追加された。現在国内外で合意が取れているSCCP分析法は、特定のサンプルに機能するが、狭い範囲の状況にしか機能せず、サンプルの種類が変わると、SCCP製剤の種類・同族体組成・PCB等の妨害量も変化し、SCCPの分析値の信頼性を確保することができない。精度よく分析するには、サンプルの種類に応じた前処理法、測定パラメータの最適化、分析法の妥当性確認にある。現在、ソフトイオン化-質量分析法を対象に、測定パラメータの最適化と分析法の妥当性確認を進めている。

#### 第2部 全国環境研協議会研究発表会

##### 2-1. 下水污泥焼却灰からのリン回収技術開発について

（愛媛県立衛生環境研究所 平山 和子）

県内浄化センターの下水污泥焼却灰をリン資源として活用するために、下水污泥焼却灰の性状分析や硫酸酸性下でのリン溶出試験を行った。

特徴として、下水污泥焼却灰に含まれる $P_2O_5$ は、降雨による変動を考慮しても年間を通じて含有率は高く、リン資源として有用であることが確認された。リン溶出試験の結果、最適な下水污泥焼却灰の量に対する硫酸溶液の量（液固比）を選定することで最小限の液量で効率よくリンを溶出させることができた。リン回収試験の結果、カルシウム化合物を用いて回収したリンは肥料取締法の公定基準を十分満たしており、リンを溶出させた後の残渣はケイ酸量が高いため土壌へのケイ酸補給材原料としての再利用が期待できる。

## 2-2. 3R推進の市民アイデアコンテストの中から行政施策のヒントを掘り起こす

(群馬県衛生環境研究所 齊藤 由倫)

具体的なごみ減量アクションの普及につながる行政施策のヒントをテキストマイニングによって掘り起こすことを目的に、市民アイデアコンテストの応募作品に対してテキストマイニング分析を行った。

全応募作品をテキストマイニング分析することで、市民意識の傾向を把握し、家庭への普及が期待できるものとしてエコクッキング推進を行政部局に提案した。

## 2-3. 宍道湖で生息範囲を急拡大させている水草等の処理問題

(島根県保健環境科学研究所 神谷 宏)

宍道湖では、2009年頃から水草類の繁茂面積が拡大傾向にある。繁茂面積の拡大は、生息域が重複する重要資源であるヤマトシジミへの影響が大きく、対策が必須である。また、水草等の繁茂自体にも宍道湖への影響が大きく、草体の枯死によって水中の貧酸素化や硫化水素の発生による生物の死亡等が考えられる。

そのため、豊かな宍道湖の水環境を守るため、今後湖沼環境保全のみならず廃棄物分野にも目を向け、県はもちろん、国や沿岸市、大学、宍道湖漁協、民間事業者、環境本活動を行う住民らと連携して水草等の除去・回収や利活用等に取り組み、今はまだ一般廃棄物である水草の利活用に道をつけていく一助になればと考える。

## 2-4. 産業廃棄物不法投棄現場内地下水の水銀分析について

(岩手県環境保健研究センター 本村 華子)

水銀が検出されている産業廃棄物不法投棄現場境界付近の井戸の地下水において、地下水中の水銀の保存性について調査した。

地下水中の水銀について、ろ過しない場合は3か月間保存できるが、前処理として孔径0.45 μmメンブランフィルターでろ過した場合は、採水後1週間以内に分析する必要があることが示唆された。また、試料の保存処理については、硝酸添加を行うことが有効であった。これらの検討結果は、容器内壁への吸着等による水銀の減衰についての知見の一つであり、地質コアからの水銀の溶出調査等を実施するうえで有用であると思料された。

## 2-5. 廃棄物処分場周辺地下水より検出された希土類について

(沖縄県衛生環境研究所 井上 豪)

沖縄本島中部に存在する産業廃棄物最終処分場の周辺地下水から高濃度の砒素やホウ素が検出されたことを受けて、現在当所で当該処分場の周辺調査を行っているが、

周辺地下水から砒素やホウ素だけではなく、イットリウム等の希土類が高濃度で検出された。公定法におけるICP発光分光分析法を用いた重金属類の測定では、内標準法の規定はあるものの、使用できる内標準元素が少なく、特にほう素の測定では、イットリウムのみが規定されており、本処分場周辺地下水では内標準物質を使用することができない状況となった。

様々なマトリックスが存在する廃棄物関連の検体を分析する場合、希土類の存在の有無を確認する必要があると考えられる。また、公定法について、ICP発光でも発光波長のプロファイル測定などを行い、事前の確認の上で様々な元素が内標準元素として使用できるような規定であることが望ましいと考える。

## ＜プログラム＞

第1部 廃棄物試験・検査法研究会との情報交換会

座長：国立研究開発法人国立環境研究所 山本 貴士

1-1. 溶出試験検液中の金属類固相抽出における共存キレート剤による妨害

環境省環境調査研修所 藤森 英治

1-2. 排ガス中水銀の分析技術

電力中央研究所 エネルギー技術研究所 野田 直希

1-3. POPs廃棄物規制の動向とSCCPs分析法の紹介

国立環境研究所 松神 秀徳

・ 討論及び情報交換会

第2部 全国環境研協議会研究発表会

座長：佐賀県環境センター 野中 敬五

2-1. 下水汚泥焼却灰からのリン回収技術開発について

愛媛県立衛生環境研究所 平山 和子

2-2. 3R推進の市民アイデアコンテストの中から行政施策のヒントを掘り起こす

群馬県衛生環境研究所 齊藤 由倫

2-3. 宍道湖で生息範囲を急拡大させている水草等の処理問題

島根県保健環境科学研究所 神谷 宏

2-4. 産業廃棄物不法投棄現場内地下水の水銀分析について

岩手県環境保健研究センター 本村 華子

2-5. 廃棄物処分場周辺地下水より検出された希土類について

沖縄県衛生環境研究所 井上 豪

## 〈特集〉各学会併設全環研・研究発表会

# 全国環境研協議会企画部会騒音振動担当者会議の概要

佐賀県環境センター

平成30年度の全国環境研協議会企画部会騒音振動担当者会議は10月12日（金曜日）に神奈川県自治会館で開催された。

はじめに、神奈川県環境科学センター所長の小林幸文様から、ご挨拶をいただいた。その中で、神奈川県SDGs（持続可能な開発目標）に関する取り組みをご説明いただいた。

その後、特別講演3題、一般講演5題が発表された。概要は、以下のとおりである。

### 1. 騒音環境行政の現状と最近の取組

（環境省水・大気環境局 今川 雄太）

近年の騒音に係る苦情の推移及び環境省の最近の騒音の取組についてご講演いただいた。騒音の苦情件数は、公害の中でも最も多く、近年、苦情件数が高い水準のまま推移しており、かつては工場・事業場等からの騒音が主であったが、生活騒音などの都市・生活型へ内容が変化しているとのことであった。また、最近の取組として、風力発電施設から発生する騒音、省エネ型温水器から発生する騒音等に関する取組についてご紹介いただいた。

さらに、昨年10月にWHO欧州地域事務局が公表した欧州地域向けの環境騒音に関するガイドラインについても簡単にご紹介いただいた。環境省では、当該ガイドラインで整理・評価されている科学的知見を精査していくとのことであった。

### 2. 沿道・沿線ガイドラインの改訂について

（環境省水・大気環境局 柳田 眞由美）

交通騒音問題の未然防止のための沿道・沿線対策に関するガイドラインについて、ご講演いただいた。

沿道・沿線における交通騒音は、後住者が移住した後に認知して問題となるケースが多いため、行政のまちづくり担当部局、環境部局及び不動産開発業者が連携して、事前に情報提供を行い、トラブルを回避する取り組みが重要であるとのことであった。

また具体的な事例紹介として、環境GISを用いて沿道・

沿線の交通騒音を視覚的に把握できるようにした事例、幹線道路建設予定地域を準工業地域に指定し沿線の住宅建設を抑制した事例、集合住宅の防音対策について住民への説明を義務づけるよう関係条例に盛り込む事例等をご説明いただいた。

### 3. 『平成29年度航空機騒音測定・評価方法に関する検討調査』報告—マニュアル全体についての疑問点や問題点の検討結果—

（千葉県環境研究センター 石橋 雅之）

平成29年3月に全環研企画部会騒音小委員会が取りまとめた「航空機騒音に係る新環境基準の測定評価報告書」では、参加機関へのアンケート調査で集まった航空機騒音測定・評価マニュアルについての疑問点、問題点が盛り込まれている。この疑問点等に対し、平成30年3月に環境省が取りまとめた「平成29年度航空機騒音測定・評価方法に関する検討調査業務報告書」で追加検討が行われており、その一部をご紹介いただいた。

一つ例を挙げると、「I型騒音計とII型騒音計の $L_{den}$ の差は、平均値-0.2dB、最頻値-0.1dB、レベル差-0.8dB～-0.0dB。 $L_{den}$ が小さくなるにしたがって、0.5dBを超える割合が増加する傾向」とのことであった。

### 4. リニア中央新幹線騒音の予測計算

（神奈川県環境科学センター 横島 潤紀）

2027年に開業予定であるリニア中央新幹線の、騒音に係る環境基準の類型の当てはめの基礎資料となる、騒音予測の方法に関してご講演いただいた。

すでに稼働中の実験線での測定結果を用い音響パワーレベル（PWL）を推計、沿線の平面図・断面図から音の回折、反射等を考慮し、各地点の騒音レベルを算出したとのことであった。

### 5. 公害苦情発生状況と住環境の関連性について

（横浜市環境創造局環境科学研究所 榎原 正敬）

横浜市における公害苦情発生状況と住環境の変化の関

連性について、ご講演いただいた。

地域ごとに住宅地、商業地、市街化調整区域が明確に分かれていることが理想的だが、近年は住宅や商業施設が混在するケースが増加している。そこで、苦情相談の地域特性と発生地域の特徴を把握・定量化し、未然防止策を検討しているとのことであった。

実際に調査を行ったところ、住宅地域に飲食店が増えた地域や市街化調整区域に住宅が増えた地域等について、特徴的な苦情の増加が見られ、その地域に適した取組を検討、実施しているとのことであった。

## 6. 『音色の目安』作成調査に参加して

(京都府保健環境研究所 木崎 利)

騒音小委員会が実施している「音色の目安」作成調査は、様々な環境や状況の音について、その周波数特性からどのような特徴のある音であるかに着目した調査である。

実際に音の収集を行われて、その際のお気づきやご苦労についてご講演いただいた。

電車内の音では、デッキの有無で周波数特性に顕著な差が出たり、トンネルやロングレール区間の有無でも差が見られたとのことであった。

## 7. 神奈川県環境科学センターの技術支援

(神奈川県環境科学センター 横島 潤紀)

神奈川県環境科学センターが実施している技術支援及び依頼調査について、その体制及び事例についてご講演いただいた。

県機関又は市町村からの依頼で、騒音・振動苦情対応に係る調査を実施することがあるが、法・条例等の規制基準値以下や規制対象外の場合は解決が難しく、また、原因となっている音源が特定・確認できないケースもあったとのことであった。

また、原因者や行政への不信がある場合は、解決は難しく、ハード面だけでなくソフト面での対応も重要とのことであった。

## 8. ベトナムでの環境騒音に関する社会調査

(熊本大学 名誉教授 矢野 隆)

矢野先生がベトナムで実施された、環境騒音に関する社会調査についてご講演いただいた。

騒音の人体や生活への影響として、聴力損失、会話妨害、睡眠妨害、循環器系疾患、精神的健康影響、作業妨害、生活活動への影響とわずらわしさ（アノイアンス）が挙げられる。

その中で人体への悪影響や苦情の発生に大きく関わっているアノイアンスについて、過去多くの調査が行われ

てきた。アノイアンスは、アンケートで過去に騒音でどの程度悩まされたりしたかを、0から10で判定してもらうという方法で調査される。

ベトナムでの調査の結果は、交通騒音の暴露量に対するアノイアンスの反応は日本やEUと比べて穏やかであったが、空港周辺で新ターミナルビルが建設された前後で調査した場合、騒音暴露量が増加するとアノイアンスの反応は顕著に表れ、受忍限度が低下する結果であった。

また、日本での調査のアンケートの回収率は、90年代では90%を超えていたが、近年では30%を下回っており、今後はその時代に即した調査方法の精査が必要とのことであった。

本集会には、39名の参加があった。会議を通じて参加者の知識・理解の一助となれば幸いである。

## ＜プログラム＞

特別講演

### 1. 騒音環境行政の現状と最近の取り組み

環境省水・大気環境局 今川 雄太

### 2. 沿道・沿線ガイドラインの改訂について

環境省水・大気環境局 柳田 眞由美

一般講演

### 3. 「平成29年度航空機騒音測定・評価方法に関する検討調査」報告

—マニュアル全体についての疑問点や問題点の検討結果—

千葉県環境研究センター 石橋 雅之

### 4. リニア中央新幹線騒音の予測計算

神奈川県環境科学センター 横島 潤紀

### 5. 公害苦情発生状況と住環境の関連性について

横浜市環境創造局環境科学研究所 榎原 正敬

### 6. 「音色の目安」作成調査に参加して

京都府保健環境研究所 木崎 利

### 7. 神奈川県環境科学センターの技術支援

神奈川県環境科学センター 横島 潤紀

特別講演

### 8. ベトナムでの環境騒音に関する社会調査

熊本大学名誉教授 矢野 隆

<報文>

## 青森県内における稲わら焼却による 大気汚染状況について\*

北島 茂\*\*・対馬典子\*\*・野澤直史\*\*\*

キーワード ①稲わら焼却 ②SPM ③PM<sub>2.5</sub> ④大気汚染常時監視 ⑤アルデヒド類 ⑥ベンゾ[a]ピレン

### 要 旨

青森県津軽地域に設置している大気汚染常時監視測定局(五所川原第三中学校局)では、毎年10月期に稲わら焼却によるものと推察される浮遊粒子状物質濃度及び微小粒子状物質濃度の上昇が認められており、稲わら焼却時は、19時頃がピークとなっていた。10月期における浮遊粒子状物質濃度の月平均値は、2008年度までは横ばいで推移していたが、2009年度以降は稲わら焼却面積の割合の減少と相まって、低下傾向が見受けられた。また、アルデヒド類濃度及びベンゾ[a]ピレン濃度も、稲わら焼却が行われているときは明らかな上昇が認められ、浮遊粒子状物質濃度及び微小粒子状物質濃度とも良好な正の相関があった。

### 1. はじめに

青森県の西部に位置する津軽地域は、中央に岩木川が流れ、岩木川流域には広大な水田地帯が広がっている<sup>1)</sup>。2017年の水稲作付面積は26,832 haであり、県全体の約54%を占める稲作が盛んな地域である<sup>2)</sup>。

青森県では、大気汚染防止法に基づき、19の測定局(青森県：9局、青森市：5局、八戸市：5局)において自動測定機による大気汚染常時監視を実施しているが、このうち津軽地域の五所川原第三中学校局(以下、五三中局)において、稲刈り、脱穀が終わった後に出る稲わらの焼却によるものと推察される浮遊粒子状物質(以下、SPM)濃度及び微小粒子状物質(以下、PM<sub>2.5</sub>)濃度の上昇が認められている。水稲作付面積に対する稲わらの焼却面積の割合は、県全体としては、2008年では2.9%であったのに対し、2017年では1.1%と減少傾向にはあるものの<sup>2)</sup>、津軽地域では依然として稲わら焼却が行われているところもある(図1)。

稲わら焼却の環境大気への影響を把握するため、県では1975年から1981年にかけて、五所川原市内において稲わら焼却時の環境大気調査を実施した<sup>3),4)</sup>。

また、2002年度からは、同市内にある五三中局において自動測定機による大気汚染常時監視を開始し、2006年

度からは同局において、有害大気汚染物質であるアルデヒド類(ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド)、ベンゾ[a]ピレン及び粉じんの濃度調査を毎年10月に実施してきた。

本報では、五三中局を対象に、自動測定機による大気汚染常時監視測定結果(SPM及びPM<sub>2.5</sub>)、アルデヒド類、ベンゾ[a]ピレン及び粉じんの濃度について、稲わら焼却時における基本的な特徴を考察したので報告する。

### 2. 調査内容

#### 2.1 調査地点

五三中局の位置を図2に示す。五三中局の属性は一般環境大気測定局であり、広範囲にわたり水田に囲まれた住宅地の中に位置している。

#### 2.2 調査項目及び解析期間

調査項目及び解析期間を表1に示す。いずれも調査開始年度から解析対象とした。なお、2018年度のSPM濃度及びPM<sub>2.5</sub>濃度は速報値である。

#### 2.3 有機化合物等の測定

アルデヒド類、ベンゾ[a]ピレン及び粉じんの濃度測定

\*Air Pollutants from Rice Straw Incineration in Environmental Atmosphere in Aomori Prefecture

\*\*Shigeru KITABATAKE, Noriko TSUSHIMA (青森県環境保健センター) Aomori Prefectural Public Health and Environment Center

\*\*\*Naofumi NOZAWA (青森県中南地域県民局環境管理部) Chunan Regional Administration Bureau Environmental Management Department of Aomori Prefectural Government



図1 稲わら焼却の状況(2018年10月に津軽地域で撮影したもの)



図2 調査地点

は、有害大気汚染物質測定法マニュアル(環境省)に準じて実施した。サンプリングは、稲わら焼却が行われると予想される日を選んで行った。なお、2006年度から2012年度までは12時間サンプリング、2013年度から2018年度は24時間サンプリングで実施した。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 月平均値の推移

五三中局におけるSPM濃度及びPM<sub>2.5</sub>濃度の月平均値の年間推移について、年度ごとに表したものを図3に示す。期間は2011年度から2018年度までとし、測定機の故障や不具合により月の半分以上の日平均値が欠測となった月については除外した。

SPM濃度及びPM<sub>2.5</sub>濃度ともに、概ね春から夏にかけて高く、夏から冬にかけて低い濃度で推移しているが、10月は9月及び11月に比べると一時的に高くなるが多かった。

青森県では、稲わらの焼却は概ね9月末から11月初めにかけて行われ、10月にピークを迎えることが多いため、

表1 調査項目及び解析期間

調査項目	解析期間
SPM	2002～2018年度
PM <sub>2.5</sub>	2011～2018年度
ホルムアルデヒド	
アセトアルデヒド	
ベンゾ[a]ピレン	2006～2018年度
粉じん	

このことが影響したものと考えられた<sup>3)</sup>。

#### 3.2 時刻別変動

五三中局におけるSPM濃度及びPM<sub>2.5</sub>濃度について、2011年度から2017年度までの各時刻の平均値を算出し、各月ごとに日内の時刻別変動を表したものを図4に示す。

SPM濃度及びPM<sub>2.5</sub>濃度ともに、各月により濃度上昇の時間帯及びその程度には若干の違いはあるものの、午前中(概ね6時から12時頃)と夕方から夜間(概ね16時から24時頃)に2山型の濃度の上昇がみられ、特に10月は19時頃にピークが出現していた。すべてを巡回で確認したものではないが、稲わら焼却は昼頃から行われはじめ、午後から夕方にかけて多くの場所で行われており、また、晴れた日の夕方は放射冷却により接地逆転層が形成されやすい<sup>5)</sup>ことから、夕方頃にSPM濃度及びPM<sub>2.5</sub>濃度が顕著に上昇したものと推察された。

#### 3.3 経年変化

五三中局の10月期におけるSPM濃度及びPM<sub>2.5</sub>濃度の平均値及び津軽地域のうち、五三中局がある西北地域における水稲作付面積に対する稲わら焼却面積の割合<sup>6)</sup>の経年変化を図5に、短期環境基準値超過の状況を表2に示す。

SPM濃度は、2008年度までは変動が大きく、2009年度以

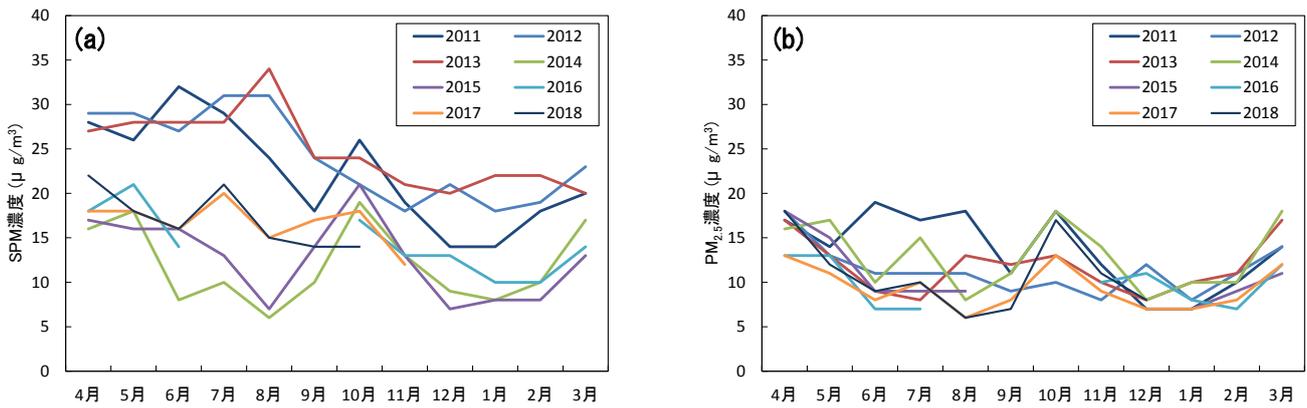


図3 月平均値の推移 ((a) : SPM濃度, (b) : PM<sub>2.5</sub>濃度)

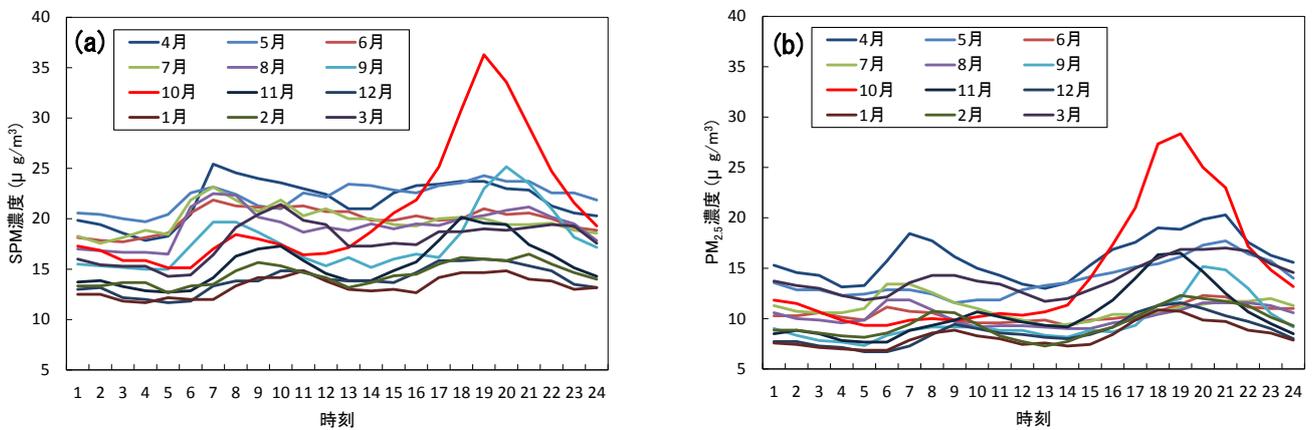


図4 時刻別変動 ((a) : SPM濃度, (b) : PM<sub>2.5</sub>濃度)

降は低下傾向にあると見受けられた。また、短期環境基準値を超過した時間数は、2009年度以降は少なくなっていた。

青森県では「青森県稲わらの有効利用の促進及び焼却防止に関する条例」を2010年度に施行し、巡回指導や稲わら焼却等の防止に関する啓発に加え、すき込みをはじめとした稲わらを有効利用するための対策を実施している<sup>7)</sup>。図5の稲わら焼却の割合の2008年度から2017年度までの経年変化をみると、2010年以降では大きく減少したことがわかる。SPM濃度が減少傾向を示す時期とは若干の違いがあるものの、近年の減少傾向については、当該条例の効果とも推察できる。一方、PM<sub>2.5</sub>濃度については、2011年度から調査を開始していることや、2015及び2016年度は機器の故障により欠測となっていることからデータ数が少なく、現時点では傾向について判断が難しいため、今後も推移をみていく必要がある。

### 3.4 有機化合物及び粉じん濃度測定結果

アルデヒド類は合成原料として製造されるほか、燃焼過程によって生成され、また、ベンゾ[a]ピレンは木材の

燃焼、剪定くずや農業廃棄物などのバイオマスの不完全燃焼、自動車や航空機の排ガスなどで発生することが知られており、有害大気汚染物質の中でも優先取組物質とされていることから、青森県では、稲わら焼却が行われると予想される日を選んでこれらの有機化合物及び粉じんの濃度測定を実施している。

一例として、2018年10月の調査において粉じんをサンプリングしたろ紙の写真を図6(a)に示す。サンプリングはハイボリウムエアサンプラを用い、1.1 m<sup>3</sup>/minの流量で24時間吸引し、石英繊維ろ紙に捕集した。また、調査した時間帯付近のSPM濃度及びPM<sub>2.5</sub>濃度の常時監視結果を図6(b)に示す。①は稲わら非焼却時に捕集したものであり、②及び③は稲わら焼却が行われている時に捕集したものである。稲わら非焼却時は通常の捕集時に見られる灰色の粉じんであるが、稲わら焼却時は茶褐色の粉じんが捕集されていた。粉じん濃度は、①の期間については26 μg/m<sup>3</sup>であったのに対し、②及び③の期間では、36及び44 μg/m<sup>3</sup>であった。また、ベンゾ[a]ピレン濃度は、①の期間については0.043 ng/m<sup>3</sup>であったのに対し、②及び③の期間では、0.46及び0.60 ng/m<sup>3</sup>であった。いずれ

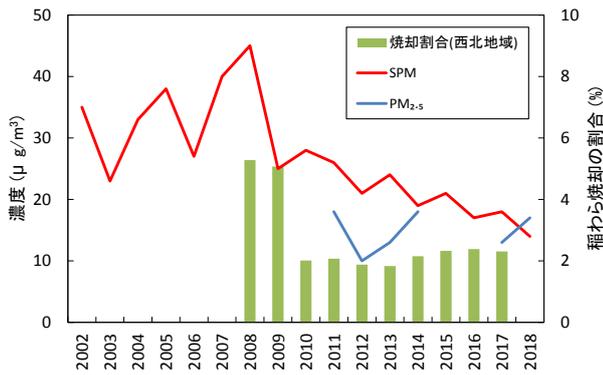


図5 月平均値(10月期)及び稲わら焼却の割合(西北地域)の経年変化

表2 短期環境基準値超過状況(10月期)

年度	SPM		PM <sub>2.5</sub>	
	時間数	1時間値の最大値(μg/m <sup>3</sup> )	日数	日平均値の最大値(μg/m <sup>3</sup> )
2002	0	197		
2003	2	310		
2004	10	421		
2005	4	514		
2006	8	360		
2007	18	463		
2008	26	714		
2009	0	117		
2010	4	1,100		
2011	4	346	3	42.5(192)
2012	0	136	0	22.3(107)
2013	1	235	1	48.3(165)
2014	4	338	4	54.6(200)
2015	1	235	-	-(-)
2016	0	197	-	-(-)
2017	0	83	0	34.0(130)
2018	0	163	1	39.6(186)

PM<sub>2.5</sub>濃度の( )は当該年度10月期の1時間値の最大値を示す。

も稲わら焼却時は、非焼却時よりも高い濃度であった。

ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、ベンゾ[a]ピレン、粉じん、SPM及びPM<sub>2.5</sub>の濃度の各項目間の相関をみるため、2006年度から2018年度(ただし、PM<sub>2.5</sub>については2011年度から2018年度)までに行った調査結果を用いて単相関解析を行った。その結果を図7及び表3に示す。なお、SPM濃度及びPM<sub>2.5</sub>濃度の常時監視結果については、有機化合物等のサンプリング時間帯の平均値とした。

ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド及びベンゾ[a]ピレンの2006年度から2018年度までの最小値から最大値の濃度は、それぞれ0.81~18 μg/m<sup>3</sup>、0.97~15 μg/m<sup>3</sup>及び0.037~4.9 ng/m<sup>3</sup>であり、SPM濃度及びPM<sub>2.5</sub>濃度が高いときには有機化合物等の濃度も高くなる良好な正の相関が

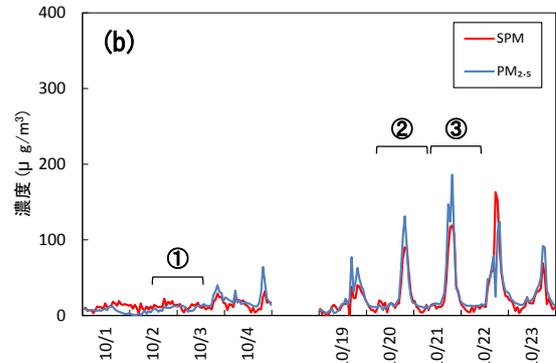
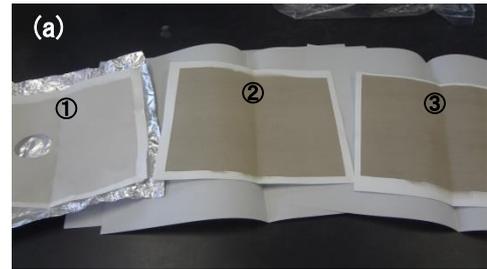


図6 粉じんの捕集状況(a)並びにSPM濃度及びPM<sub>2.5</sub>濃度の常時監視結果(b)(2018年10月)(①:稲わら非焼却時, ②及び③:稲わら焼却時)

認められた( $r = 0.753 \sim 0.966$ )。

なお、既報<sup>8)</sup>において、青森県の南東に位置し、稲わら焼却の影響を受けていないと考えられる八戸市内の大気汚染常時監視測定局で実施した有機化合物、粉じん及び常時監視測定結果(SPM濃度及び二酸化窒素濃度)による各項目間の相関については、粉じん濃度とSPM濃度のみ相関があると認められるものの、有機化合物の濃度とSPM濃度の相関は低いことを報告している。

#### 4. まとめ

青森県津軽地域における稲わら焼却時の大気汚染について、五所川原第三中学校局におけるSPM濃度及びPM<sub>2.5</sub>濃度の常時監視測定結果並びに有機化合物及び粉じんの濃度測定結果について考察した結果、以下のことがわかった。

- ①SPM濃度及びPM<sub>2.5</sub>濃度の時刻別変動については、稲わら焼却が行われる10月期の19時頃にピークとなる特異的な状況が認められた。
- ②10月期における2002年度以降の経年変化をみたところ、SPM濃度については、2009年度以降減少傾向が見受けられ、「青森県稲わらの有効利用の促進及び焼却防止に関する条例」の施行に伴い、以後は各種取組により稲わらを焼却しない方向になったことが奏功したものと推察された。
- ③SPM濃度及びPM<sub>2.5</sub>濃度の常時監視結果と有機化合物及び粉じん濃度測定結果との相関をみたところ、いずれの項目においても良好な正の相関が認められた。

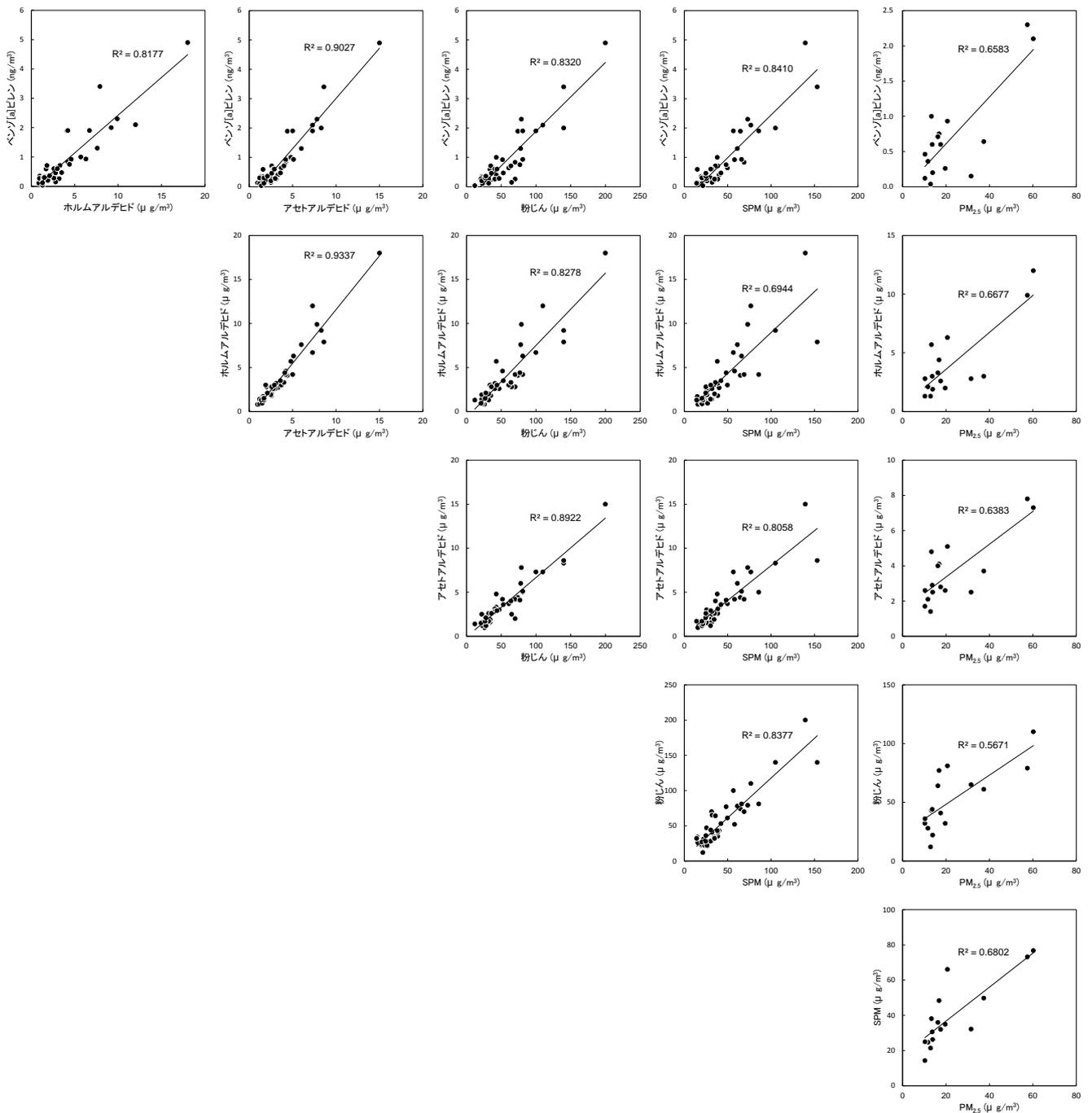


図7 単相関図

表3 単相関行列 (n=42)

5%有意 (>0.304)

1%有意 (>0.392)

	ベンゾ[a]ピレン	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド	粉じん	SPM	PM <sub>2.5</sub>
ベンゾ[a]ピレン	1	0.904	0.950	0.912	0.917	0.811
ホルムアルデヒド		1	0.966	0.910	0.833	0.817
アセトアルデヒド			1	0.945	0.898	0.799
粉じん				1	0.915	0.753
SPM					1	0.825
PM <sub>2.5</sub>						1

PM<sub>2.5</sub>については、2011年度からの調査であることから調査回数が少なく (n=16)、5%有意 (>0.495)、1%有意 (>0.619) である。

## 5. 引用文献

- 1) 東北農政局五所川原統計・情報センター：西北地域の稲作農業の姿，1-2，2005
- 2) 青森県農林水産部食の安全・安心推進課：平成30年度稲わら有効利用の促進及び焼却防止対策連絡会議資料
- 3) 橋本康孝，他：「ワラ焼き」の環境大気について．青森県公害調査事務所報，**2**，27-37，1977
- 4) 鎌田啓一：「わら焼き」の環境大気について-第II報 自動連続測定機による結果への一考察．青森県公害調査事務所報，**3**，19-22，1979
- 5) 福崎紀夫：稲わら焼却にともなう大気汚染について．新潟県理化学技術職員協議会，**7**，37-42，新潟理化学，新潟，1981-4
- 6) 西北地域県民局地域農林水産部：平成30年度事業概要
- 7) 青森県：稲わらを有効利用しましょう！，<https://www.pref.aomori.lg.jp/sangyo/agri/2008-0718-inawara.html>（2019.5.8アクセス）
- 8) 対馬典子，他：青森県内における稲わら焼却による大気汚染状況-五所川原第三中学校局と八戸小学校局での観測データの比較考察より-，**27**，53-65，2016

<報文>

児島湖流入河川の水質についての一考察\*  
-水質データのモデル化と汚濁負荷量の検討-

藤田和男\*\*・小川知也\*\*・吉岡敏行\*\*

キーワード ①児島湖 ②COD ③全窒素 ④全りん ⑤汚濁負荷

要 旨

児島湖の主な流入河川である笹ヶ瀬川と倉敷川について、過去 10 年間の水質（化学的酸素要求量（COD），全窒素，全りん）を数式でモデル化したところ、周期的な増減の様子が再現された。この水質と水量から負荷量を推算し、別途統計データから負荷量を推計し、両者を比較したところ高い相関があった。発生源毎（生活系，産業系の合計（点源），農地・自然系（面源））の水質への影響を推計し、足守川では点源の影響が小さく、笹ヶ瀬川では点源の影響が大きく、倉敷川では点源，面源の両方の影響が大きいと推察された。月毎の汚濁負荷量を検討する際には点源の変動パターンの設定が課題と考えられた。

1. はじめに

指定湖沼である児島湖の水質は平成 29 年度に化学的酸素要求量（COD）（75%値）が 7.8 mg/L，全窒素（平均値）が 1.5 mg/L，全りん（平均値）が 0.19 mg/L<sup>1)</sup> であり、環境基準値 COD（75%値）5 mg/L，全窒素（平均値）1 mg/L，全りん（平均値）0.1 mg/L と比較すると高い値で推移している。

児島湖への流入水の多くは笹ヶ瀬川と倉敷川から流入している。児島湖流入水の現状の把握や施策による水質改善効果の検討のためには、これまでの水質調査データに基づくモデルの構築が重要と考えられる。本報では、児島湖流域河川の月毎の水質の変動を簡単な近似式で表すとともに、統計データを用いて流入河川周辺地域の発生源（生活系・産業系の合計（点源），農地・自然系（面源））からの汚濁負荷量を推計し、これらの関係を検討した。

ヶ瀬川，倉敷川水系は K1～K2 ブロックを流れる倉敷川から成る。水質は各 6 ブロックの末端で調査されている公共用水域測定結果<sup>3)～12)</sup>を用いた。

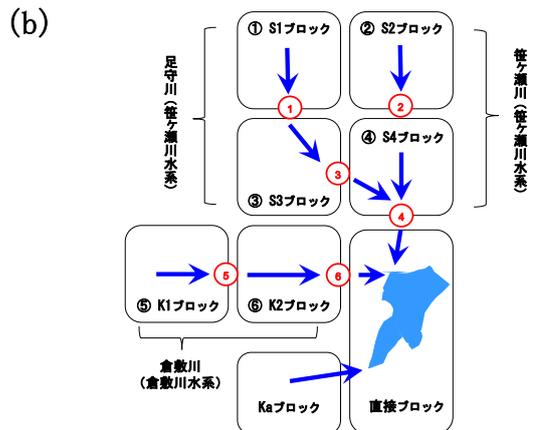


図1 児島湖流入河川  
(a) 児島湖流域図, (b) 小流域と河川

2. 調査対象および方法

2.1 調査対象地点

調査対象とする児島湖の主な流入河川およびその流域と測定地点を図1に示す。児島湖の水質保全計画である第7期湖沼水質保全計画（平成28～31年度）では流域を8ブロック<sup>2)</sup>に区分されており（図1(a)），各ブロックと河川，測定地点の関係を図1(b)に示す。主な流入河川である笹ヶ瀬川水系および倉敷川水系，そして両河川の流域（S1～S4ブロックおよびK1～K2ブロックの6ブロック）を対象として検討する。笹ヶ瀬川水系はS1～S3ブロックを流れる支流の足守川とS2～S4ブロックを流れる本流の笹

\* A Study of Water Quality in Inflow River of Lake Kojima - Modeling of Water Quality Data and Examination of the Amount of Pollution Load -

\*\* Kazuo FUJITA, Tomoya OGAWA, Toshiyuki YOSHIOKA (岡山県環境保健センター) Okayama Prefectural Institute for Environmental Science and Public Health

## 2.2 水質モデル

各地点の水質 (COD, 全窒素, 全りん) <sup>3) ~12)</sup> は年度毎に似た増減を繰り返す傾向が見られることから, 周期的なパターンの解析に用いられるフーリエ級数 <sup>13)</sup> により近似した。  $Y = a_0 + \sum c_i e^{2\pi i t}$  で表されその第一項は,

$$Y = a_0 + (c_1 + c_2 i) e^{2\pi i t} \quad (1)$$

ここで Y: COD, 全窒素または全りん (mg/L), t: 時間 (year),  $a_0, c_1$  および  $c_2$ : 係数 (mg/L) である。

なお式 (1) に水量を乗じた以下の式により負荷量が推算される。

$$L_n = y_n \cdot Q_n \quad (2)$$

ここで L: COD, 全窒素または全りん負荷量 (g/日), Q: 水量 (m<sup>3</sup>/日), 添え字 n は図 1 (b) の地点番号である。

## 2.3 負荷量モデル

ある流域から発生する負荷量は統計データ <sup>2)</sup> から

$$L = A \cdot X \\ = (a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + \dots + a_n \cdot x_n) \quad (3)$$

で推計される。ここで A: 流域の発生源, X: 原単位である。a は個別の発生源であり, 今回の計算では 16 項目から成り, その内訳 <sup>2)</sup> は生活系: 下水道, 農業集落排水施設, 合併浄化槽, し尿処理施設, 単独浄化槽, 自家処理, 雑排水の 7 項目 (単位は人), 産業系: 特定事業場, 非特定事業場の 2 項目 (単位は m<sup>3</sup>/日) と牛, 豚の 2 項目 (単位は頭), 農地・自然系: 水田, 畑, 山林, 市街地等, 合流式下水道区域の 5 項目 (単位は ha) である。x は個別の発生源の原単位である。各流域から発生する負荷量は以下の式 (4) で表される。

$$\begin{pmatrix} L_1 \\ L_2 \\ \vdots \\ L_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{1,1} & \dots & a_{1,16} \\ a_{2,1} & & a_{2,16} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{6,1} & \dots & a_{6,16} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_{16} \end{pmatrix} \quad (4)$$

ここで式中の添え字は図 1 (b) の流域番号, 発生源 a の二番目の添え字は発生源の項目を表し, (3) と同様に展開し各流域から発生する負荷量 L が計算される。各地点の負荷量  $L_n$  は,

$$\begin{aligned} L_1 &= I_1 \cdot \alpha \\ L_2 &= I_2 \cdot \alpha \\ L_3 &= (I_1 + I_3) \cdot \alpha \\ L_4 &= (I_1 + I_2 + I_3 + I_4) \cdot \alpha \\ L_5 &= I_5 \cdot \alpha \\ L_6 &= (I_5 + I_6) \cdot \alpha \end{aligned} \quad (5)$$

で推計される。ここで  $\alpha$ : 流達率 (-) である。

また各地点の水質  $Y_n$  は,

$$Y_n = \frac{L_n}{Q_n} \quad (6)$$

ここで  $Q_n$ : 各地点の水量 (m<sup>3</sup>/日) で表される。各地点の水量 Q は流域の河川水の総量 <sup>2)</sup> と水量比率 <sup>14)</sup> から計算した。

## 2.4 発生源 (点源・面源) の影響の推定モデル

各発生源が月毎の水質に与える影響の推定を試みた。上述の水質モデルによる方法では, 月毎の水質や負荷量は推算できるが, 各発生源の影響は推定できない。一方, 上述の負荷量モデルによる方法では, 年間の負荷量や各発生源の影響は推計できるが, 月毎の各発生源の影響は分からない。よって, 月毎の負荷量を式

(2) で推算し, 統計データにより月毎の負荷量への発生源毎の寄与率を推定し, 式 (6) のように月毎の負荷量を水量で割って水質に換算し, 月毎の各発生源の影響を推定した。しかしながら, 発生源の項目は, 点源 (生活系と産業系) と面源 (農地・自然系) の 2 つに区分され, 面源からの汚濁量はかんがい期や降水の多い時期に増加し, 一方, 点源からの汚濁量は基本的に年間を通して面源より季節変化が少ないと考えられる。このように点源の年間の変動パターンの設定が前提として必要であることから, 下水処理場の実測値から, 推定を試みた。

## 3. 結果および考察

### 3.1 水質

公共用水域調査結果 <sup>3) ~12)</sup> の COD, 全窒素および全りんの実測値と, 近似式 (1) による計算結果を図 2 ~4 に示す。近似値では水質の周期的な増減の様子が再現された。各地点の COD と全りんは夏期に高く冬期に低い値であった。全窒素は逆に夏期に低く冬期に高い値であった。季節変化の要因として, かんがい期の水量と汚濁負荷量の両方の増加による影響が考えられる。COD や全りんは肥料の成分などの増加により水中の濃度が上昇し, 全窒素では水量の増加に比べて窒素成分の増加が小さく, 水中の濃度が低下すると考えられた。

水質 (COD, 全窒素および全りん) の年平均値を足守川, 笹ヶ瀬川および倉敷川で比較すると, いずれの値も足守川, 笹ヶ瀬川, 倉敷川の順に大きくなっていった。各河川の下流部にあたる地点 (地点 3, 地点 4 および地点 6) を比較すると, COD は足守川で 3.8 mg/L と低いが, 笹ヶ瀬川で 5.6 mg/L, 倉敷川で 7.5 mg/L と相対的に高い傾向を示した。全窒素は環境基準値 1.0 mg/L と比べると, 足守川では 0.72 mg/L で環境基準値より低かったが, 笹ヶ瀬川では 1.5 mg/L, 倉敷川では 1.6 mg/L と高かった。また全りんは環境基準値 0.1 mg/L と比べるといずれも高い値であったが,

足守川では 0.12 mg/L と低く、笹ヶ瀬川では 0.14 mg/L、倉敷川では 0.23 mg/L で環境基準値の 2 倍程度

の値であった。

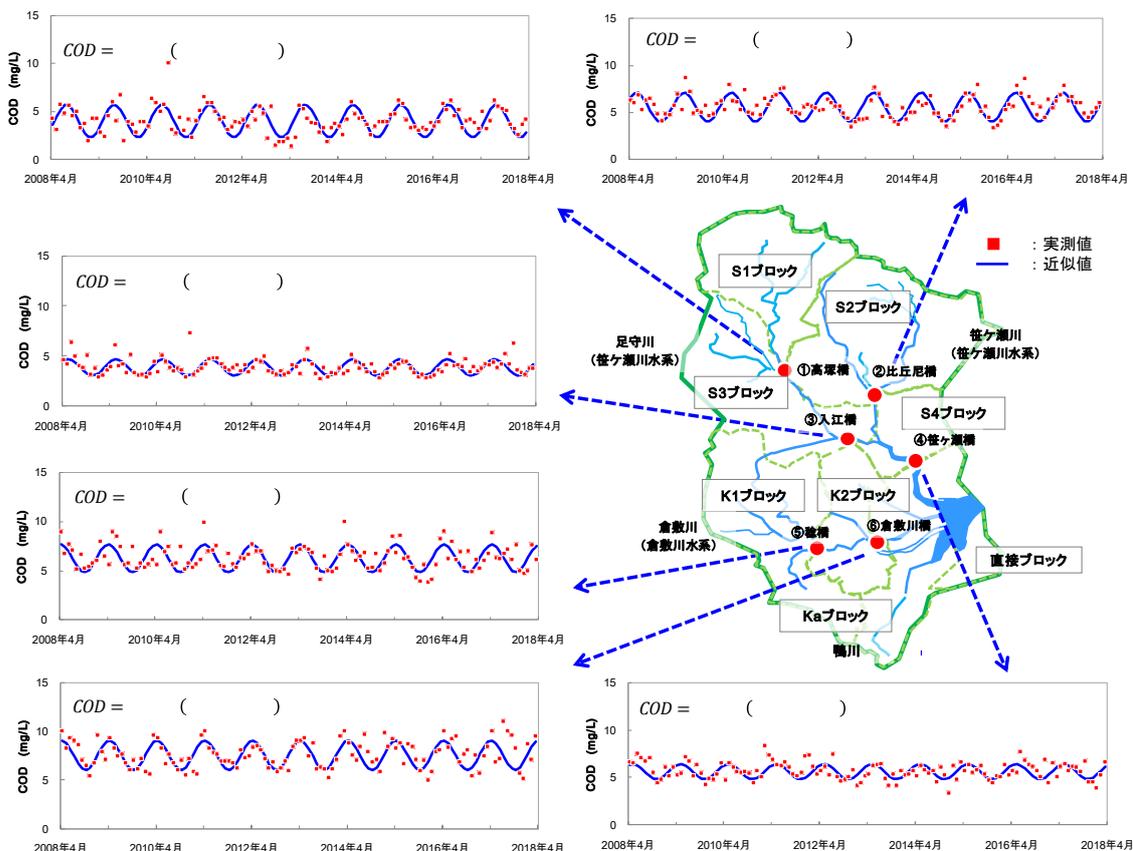


図 2 COD の実測値と近似式による推算値

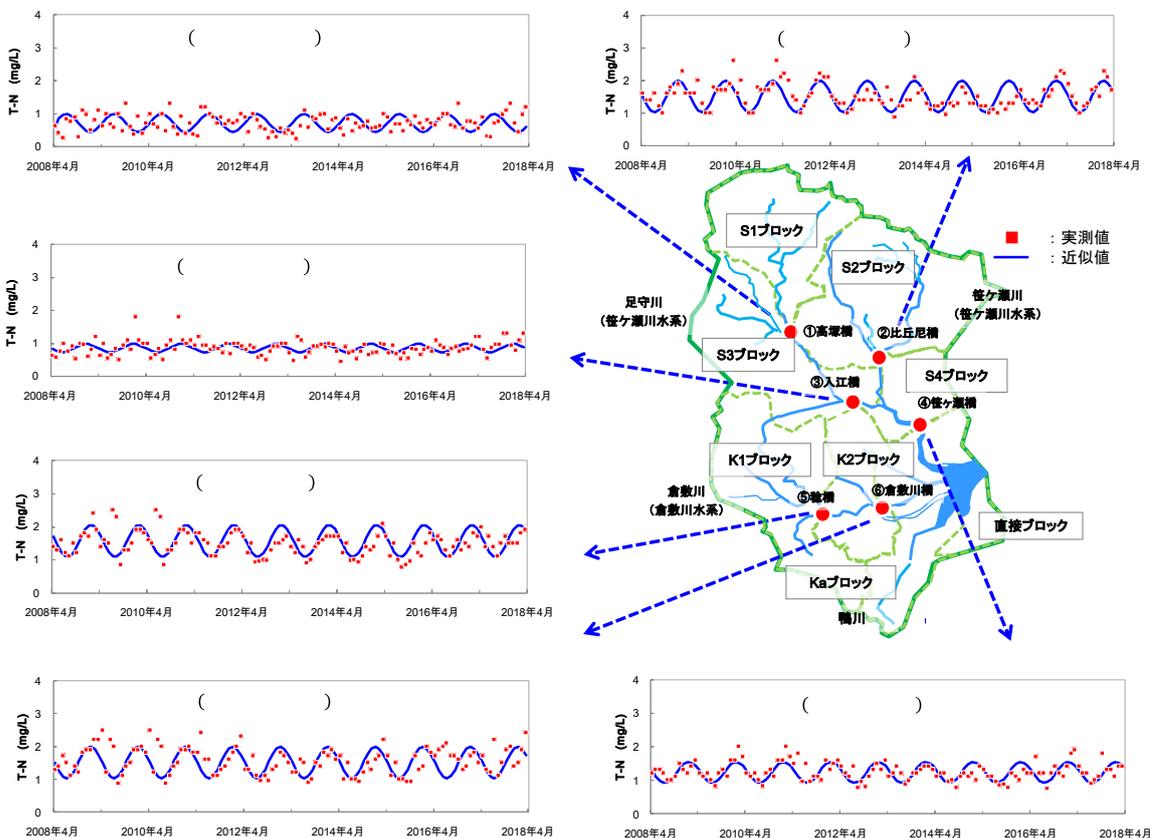


図 3 全窒素の実測値と近似式による推算

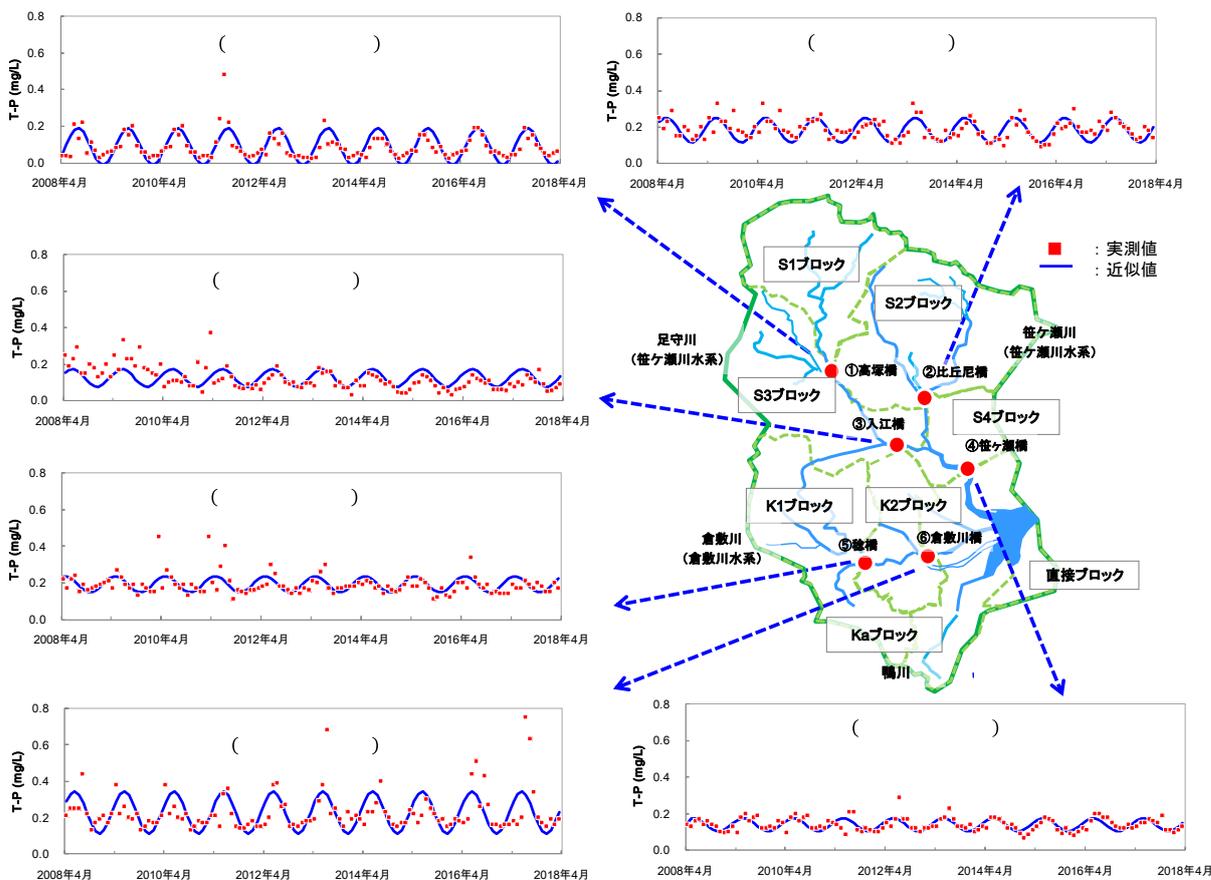


図4 全りんの実測値と近似式による推算値

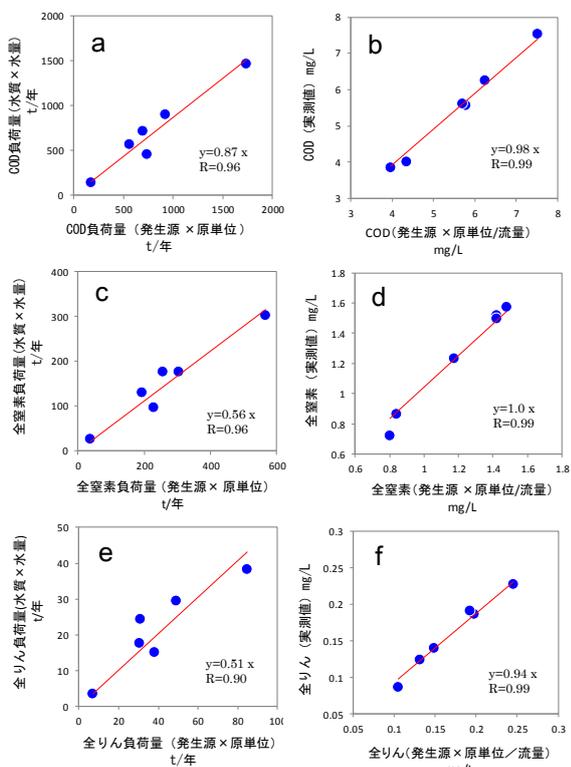


図5 2種類の方法による推計値の比較  
a, c, e: 負荷量, b, d, f: 水質

### 3.2 負荷量

各地点での負荷量を推算する方法として、式(2)で実測値<sup>3)~12)</sup>に基づき水質と水量を掛ける方法と、式(5)で統計データ<sup>2)</sup>に基づき発生源と原単位を掛ける方法の2通りが考えられる。両方法によるCOD負荷量の比較を図5(a)に示す。相関係数は0.96でいずれの方法でも同等の値が推算されると考えられた。両者の比0.87を流達率 $\alpha$ としたが、これは文献値(平成9~14年度の平均値)<sup>14)</sup>の0.82と近かった。

また式(1)で実測値に基づき推算されたCODの年平均値と式(6)で統計データに基づき推算されたCODの比較を図5(b)に示す。相関係数は0.99と高く、文献値の原単位の組み合わせで概ね各地点の水質(年平均値)を表せていると思われた。また全窒素および全りんも同様であった(図5(c)~(f))。

### 3.3 発生源(点源・面源)の影響の推定

当該流域の下水道9施設のうちS1ブロック、S2ブロックおよびS3ブロックに存在する6施設の流入水の汚濁負荷量の月毎の変動パターンを調査したところ、

過半数の施設で概ね春期～夏期は秋期～冬期よりも高い傾向が見られた。図6に6施設分のCOD負荷量の変動パターンの例を示す。

S1ブロック、S2ブロックおよびS3ブロックの点源からの負荷量については各ブロックに存在する施設の変動パターン（ブロック内に複数の施設が存在する場合はそれらの合計値）を採用し、S4ブロック、K1ブロックおよびK2ブロックについてはこれら6施設の負荷量の合計値を採用し、その結果春期～夏期は年平均より10～30%高く、秋期～冬期には10～30%低いという設定となった。面源の変動パターンについては、月毎の全汚濁負荷量から点源の負荷量を引いた値とし、これはかんがい期に大きい変動パターンとなった。これを基に推計された月毎の負荷量を水量で割り、月毎の水質と、点源と面源の水質への寄与率を推定した。

図7に点源（生活系、産業系）と面源（農地・自然系）の月毎のCODへの影響の推定を示す。流域の人口の少ない足守川では農地・自然系がCODに与える影響が大きく、人口の大きい笹ヶ瀬川と倉敷川では生活系の影響が大きいと考えられた。

全窒素および全りんについてもCODと同様に推算し

たが、CODと比較すると全窒素では生活系の影響が全地点で大きく、全りんでは農地・自然系の影響が大きいと考えられた（図省略）。

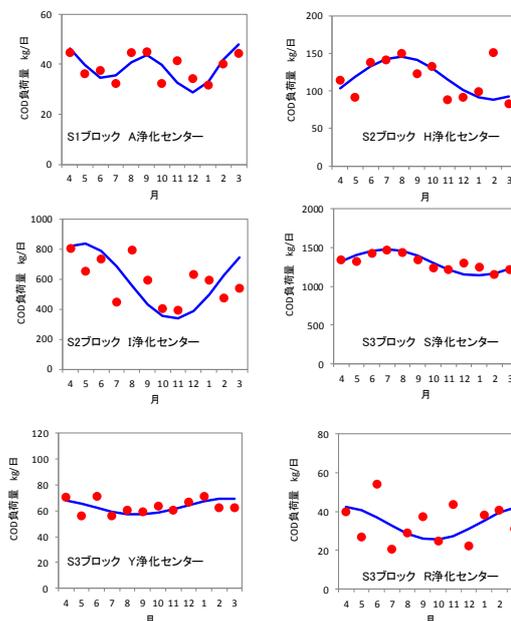


図6 下水処理場流入水のCOD負荷量

●：実測値，—：近似値

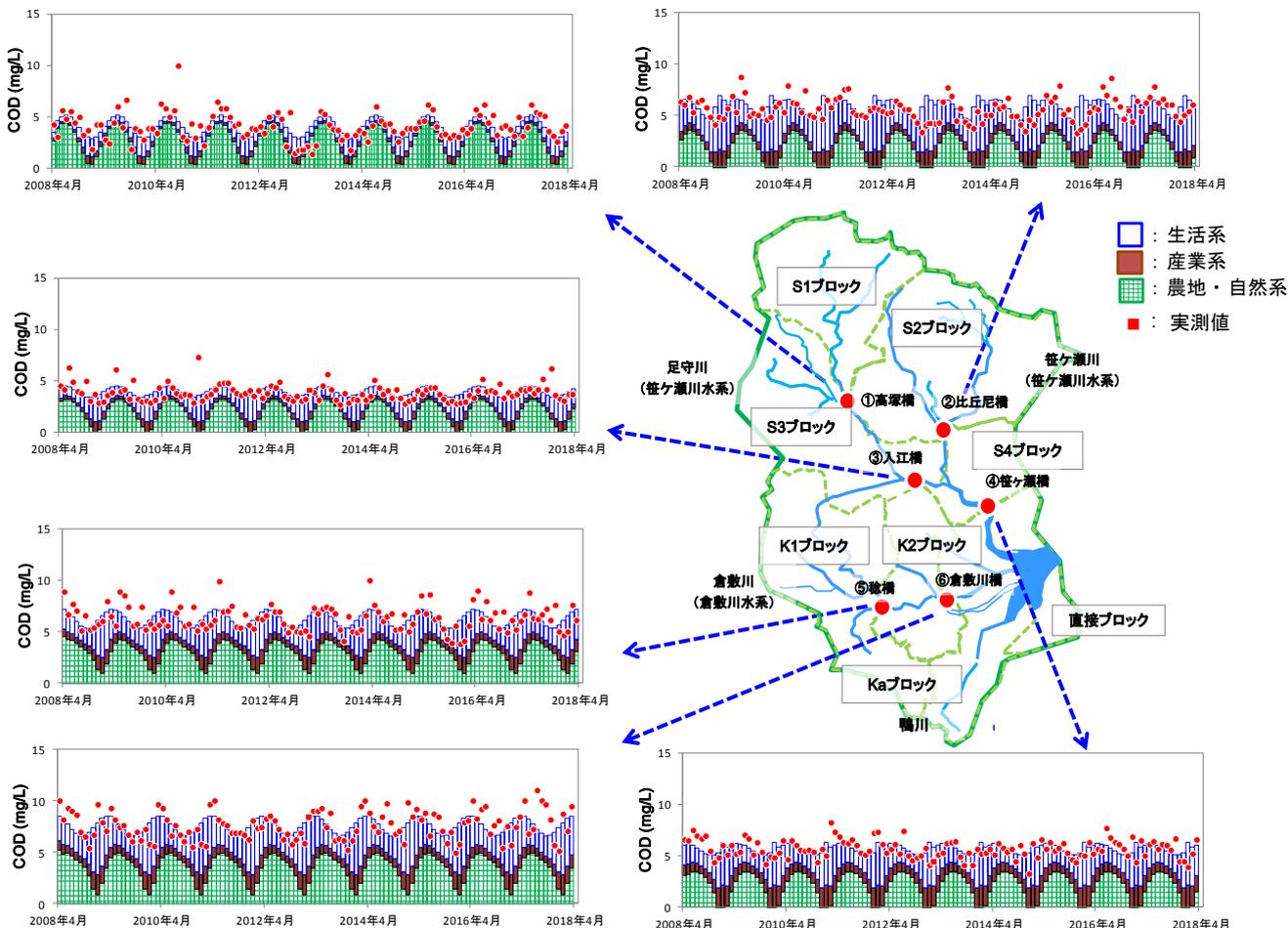


図7 CODと発生源の関係（推計）

各地点での COD に、点源と面源がそれぞれどの程度寄与しているか、年間の負荷量を水量で割り推算したものを図 8 に示す。図の横軸は点源、縦軸は面源による影響で、各地点の縦軸と横軸を合計した値が年平均値となる。図は I から IV の 4 種類に区分され、I は点源、面源のいずれの影響も少ない地点、II は点源、III は面源の影響が大きく、IV は点源と面源の両方の影響が大きいことを示す。相対的な特徴として、足守川は点源の影響が小さく、笹ヶ瀬川は点源の影響が大きく、倉敷川は点源と面源の両方の影響が大きいと考えられた。

今回の水質の近似手法は様々な河川に適用できると考えられた。また河川の水量や流域内の発生源別の各項目の値が分かれば、年間の汚濁負荷量の水質への影響も評価でき、浄化施策による水質改善効果の推算など、現状の評価とあわせて将来の予測につながる可能性もあると思われた。ただし月毎の汚濁負荷量の水質への影響については、今回の推定では点源からの汚濁負荷の月毎の変動パターンを、各ブロックの下水道処理施設の流入負荷量を基に年平均値と比べ夏期は 10~30% 高く、冬期は 10~30% 低いと仮定したが、より適切な影響の推算のために更なる検討が必要と考えられた。

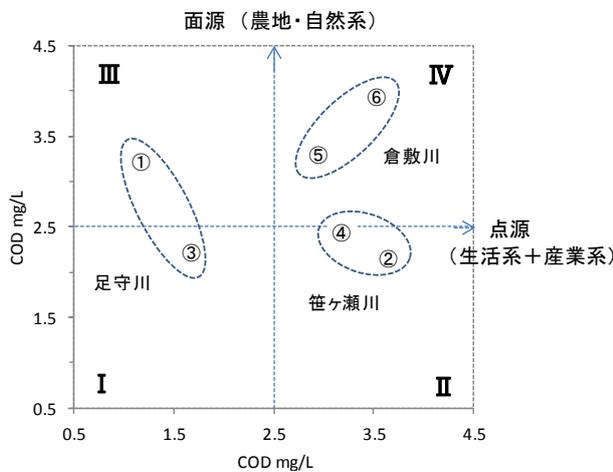


図 8 COD と各発生源の関係

**まとめ**

笹ヶ瀬川と倉敷川の 6 地点の、過去 10 年間の水質

(COD, 全窒素, 全りん) を、フーリエ級数で近似し、水質と水量から負荷量を推算した。これと、統計データから推計される周辺地域からの汚濁負荷量を比較したところ、高い相関が認められた。発生源毎の COD への影響を河川毎に推計し、相対的に足守川では点源の影響が小さく、笹ヶ瀬川では点源の影響が大きく、倉敷川では点源、面源の両方の影響が大きいと推察された。月毎の汚濁負荷量の水質への影響を推定するにあたっては、点源からの汚濁負荷量の変動パターンの設定が課題と考えられた。

**4. 引用文献**

- 1) 岡山県：児島湖ハンドブック，2019
- 2) 岡山県：平成 29 年度指定湖沼汚濁負荷量削減状況調査報告書，2018
- 3) 岡山県：平成 19 年度公共用水域および地下水の水質測定結果，2008
- 4) 岡山県：平成 20 年度公共用水域および地下水の水質測定結果，2009
- 5) 岡山県：平成 21 年度公共用水域および地下水の水質測定結果，2010
- 6) 岡山県：平成 22 年度公共用水域および地下水の水質測定結果，2011
- 7) 岡山県：平成 23 年度公共用水域および地下水の水質測定結果，2012
- 8) 岡山県：平成 24 年度公共用水域および地下水の水質測定結果，2013
- 9) 岡山県：平成 25 年度公共用水域および地下水の水質測定結果，2014
- 10) 岡山県：平成 26 年度公共用水域および地下水の水質測定結果，2015
- 11) 岡山県：平成 27 年度公共用水域および地下水の水質測定結果，2016
- 12) 岡山県：平成 28 年度公共用水域および地下水の水質測定結果，2017
- 13) 大石進一：フーリエ解析，7，岩波書店，東京，1989
- 14) 岡山県：平成 17 年度指定湖沼汚濁負荷量削減状況調査報告書，2006

<報文>

## 相模湾漂着マイクロプラスチックに吸着したPCB全異性体の測定及び発生源の推定\*

小澤憲司\*\*・池貝隆宏\*\*・三島聡子\*\*

キーワード ①マイクロプラスチック ②PCB ③吸着量 ④カネクロール ⑤有機顔料

### 要 旨

マイクロプラスチック (MP) に吸着したPCB全異性体の測定方法を検討し、ヘキサン浸漬抽出、硫酸シリカゲルカラムクロマト、スルホキシドカラムクロマトで前処理した後、四重極型GC-MSで分析する方法を確立した。

この方法により相模湾沿岸域で採取した漂着MPを材質ごとに測定することで、PCB吸着量の実態が把握でき、その異性体組成から吸着したPCBの主な発生源がカネクロールと有機顔料であることが分かった。また、MP漂着量とPCB吸着量からMPによるPCB汚染リスクの傾向を推定することができた。

### 1. はじめに

近年、海洋のマイクロプラスチック (MP) 汚染は世界的な関心事となっており、海洋中の有害化学物質がMPに吸着・濃縮され海洋生物に取り込まれることにより、海洋生態系への悪影響や食物連鎖を介したヒトへの健康影響が引き起こされると懸念されている。

これまで、代表的な残留性有機汚染物質 (POPs) であるPCBのMPへの吸着について、いくつかの論文で報告されている。世界各国の海岸で採取した樹脂ペレットやプラスチック片からは数～数百ng/g程度のPCBが検出され、特に日本などの先進工業国では高濃度であることが明らかとなっており<sup>1~3)</sup>、東京湾及び相模湾では、数十～数百ng/g程度のPCBが検出されている<sup>1~5)</sup>。また、東京湾の海水中と海岸漂着ペレット中のPCB濃度を比較した結果、MPによる濃縮倍率が10万～100万倍程度であったとの報告<sup>3,4)</sup>があり、MPが有害化学物質の運び手となることが示唆されている。

環境省が行っているMP調査は日本近海の漂流MPが対象であり、ローカルな汚染実態の情報が不足しているため、地元自治体が主体的に調査を行う必要がある。

海洋環境のMP汚染リスクを検討するためには、MPの漂流量と有害化学物質の吸着量の2つの視点から実態を把握する必要がある。本研究では、相模湾において沿岸海域の漂流状況を直接反映すると考えられる海岸漂

着MPを採取し、PCB吸着量を測定して、その発生源の推定を試みた。また、MP漂着量とPCB吸着量からMPによるPCB汚染リスクを検討した。

### 2. 方法

#### 2.1 測定方法の検討

##### 2.1.1 対象物質及び標準液

測定対象は、PCB全異性体 (209種) とした。標準物質はWellington Laboratories Inc. の62種混合標準液 (BP-MS) を、サロゲート標準物質 (<sup>13</sup>C指標化PCB) は同社の10種混合標準液 (MBP-CG) を、内標準物質 (シリンジスパイク: サロゲート回収率確認用) はピレン-d<sub>10</sub>及びペリレン-d<sub>12</sub>を用いた。

検量線作成用標準液は「5～200 μg/L」とし、標準物質に含まれていない異性体の定量は、同一塩素数の標準物質から得られた検量線の勾配の平均値を用いて行った。

##### 2.1.2 前処理方法

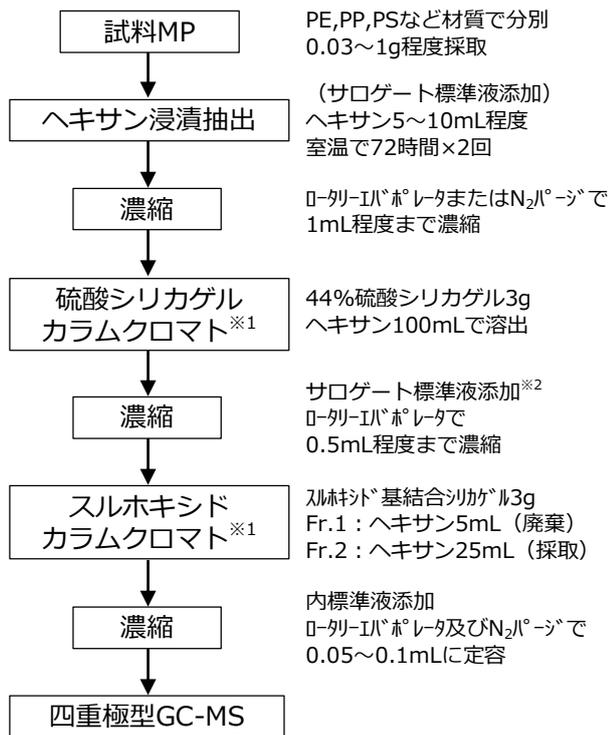
試料MPをヘキサン浸漬抽出<sup>1)</sup>し、硫酸シリカゲルカラムクロマト及びスルホキシドカラムクロマトによりクリーンアップした後、0.05～0.1mLまで濃縮し、GC-MS分析試料とした。

PCB吸着量の測定手順を図1に示す。

\*Measurement of All PCB Isomers on the Microplastics Found in Sagami Bay and Estimation of Emission Source

\*\*Kenji OZAWA, Takahiro IKEGAI, Satoko MISHIMA

(神奈川県環境科学センター) Kanagawa Environmental Research Center



※1 抽出後の濃縮液が清浄（無色透明）な試料は、  
クリーンアップ操作を省略  
※2 その他化学物質の測定用に濃縮液を分取する都合で、  
サロゲート標準液はクリーンアップ途中で添加

図1 PCB吸着量の測定手順

### 2.1.3 分析方法

四重極型GC-MSを用いてSIM法で分析を行った。なお、ピーク分離できない異性体は、ピーク面積値を合計して定量を行った。

四重極型GC-MSの分析条件を表1に、SIMのモニターイオンを表2に示す。

### 2.2 海岸漂着MPの測定

2018年4月に、図2に示す相模湾の相模川河口付近の高浜台海岸（平塚市）、引地川河口付近の鵜沼海岸（藤沢市）と、比較のため東京湾の平作川河口付近の久里浜海岸（横須賀市）の3地点で漂着MPを採取した。

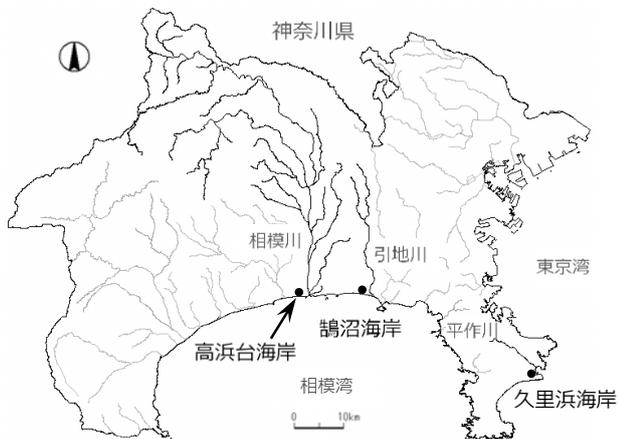


図2 漂着MP採取地点

表1 四重極型GC-MSの分析条件

使用機器	島津製作所 GCMS-QP2020
使用カラム	HT8-PCB (60m, 0.25mmID)
注入法	スプリットレス (サンプリング時間1min) (高圧注入: 250kPa, 1.5min)
注入口温度	280℃
注入量	2μL
キャリアガス	He
カラム流量	1.3mL/min (線速度制御)
昇温条件	100℃ (2min) → 20℃/min → 180℃ → 2℃/min → 240℃ → 5℃/min → 300℃ (10min)
インターフェイス温度	300℃
イオン源温度	230℃
測定法	SIM

表2 SIMのモニターイオン (m/z)

	測定対象		サロゲート・内標準	
	定量イオン	確認イオン	定量イオン	確認イオン
1塩素化体	188.0	190.0	200.1	202.1
2塩素化体	222.0	224.0	234.0	236.0
3塩素化体	256.0	258.0	268.0	270.0
4塩素化体	289.9	291.9	302.0	304.0
5塩素化体	325.9	323.9	335.9	337.9
6塩素化体	359.8	361.8	371.9	373.9
7塩素化体	395.8	393.8	405.8	407.8
8塩素化体	427.8	429.8	439.8	441.8
9塩素化体	461.7	463.7	473.8	475.8
10塩素化体	497.7	499.7	509.7	511.7
ビレン-d <sub>10</sub>			212.1	106.1
ペリレン-d <sub>12</sub>			264.2	132.1

採取及び材質判別は既報<sup>6)</sup>の方法により行った。

採取したMPから4.75mmメッシュのふるいを通し2mmメッシュのふるいの上に残ったものを選別し、ポリエチレン(PE)、ポリプロピレン(PP)、ポリスチレン(PS)に分別して測定試料とした。なお、測定試料量は0.03~1g程度(海岸で採取できた量により異なる)で、採取量が多いものは複数検体(PE①, PE②などと表記)とした。

測定試料の一例を図3に示す。



図3 測定試料の一例

### 3. 結果

#### 3.1 測定方法の検討

##### 3.1.1 前処理方法

各カラムクロマトで標準液の添加回収試験を行い、ほぼ100%の回収率が得られた。また、海岸漂着MPの測定におけるサロゲート回収率は概ね80%以上であった。

海岸漂着MPの測定におけるクリーンアップ操作の有無の比較検討を行ったところ、抽出後の濃縮液に着色のある試料では、クリーンアップ無しの場合、妨害ピークや測定対象ピークのS/N比低下が見られた。

一方、久里浜海岸の試料は、濃縮液が清浄（無色透明）であったため、クリーンアップ操作を省略したが、測定に支障はなかった。

##### 3.1.2 分析方法

四重極型GC-MSで標準液の繰り返し分析を行い、各PCB異性体の定量下限値は「CV値10%（10σ相当）以下かつS/N比10以上」を満たしている「0.5 μg/L」とした。また、検出下限値は3σ相当の「0.15 μg/L」とした。なお、測定試料量1g、分取により4分割、最終液量0.1mLの場合、各PCB異性体の吸着量の定量下限値は「0.2ng/g」となる。

#### 3.2 海岸漂着MPの測定

いずれかの試料MPで吸着量が5ng/L以上であったPCB異性体の測定結果を抜粋し、各同族体（塩素数ごと）の合計量とともに表3に示す。

吸着量が10ng/g以上のPCB異性体は、2塩素化体の#11、3塩素化体の#28、#31、#35、#36、4塩素化体の#52+#69、5塩素化体の#110、6塩素化体の#138、#139+#149、#153、

表3 2018年4月 海岸漂着MPの測定結果

採取地点 MP材質	相模湾 高浜台海岸					相模湾 鶴沼海岸							東京湾 久里浜海岸						
	PE①	PE②	PP①	PP②	PS	PE①	PE②	PE③	PP①	PP②	PP③	PS	PE①	PE②	PP	PS フォーム①	PS フォーム②	PS その他	
測定試料量 (g)	1.0	1.1	1.0	1.0	0.032	1.0	1.1	1.0	1.0	1.1	1.0	0.027	0.35	0.43	0.33	0.051	0.056	0.16	
検出下限値 (ng/g)	0.07	0.07	0.07	0.07	2.3	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	2.8	0.22	0.18	0.23	1.5	1.4	0.5	
定量下限値 (ng/g)	0.25	0.23	0.25	0.25	7.7	0.25	0.19	0.20	0.24	0.23	0.19	9.2	0.72	0.59	0.75	4.9	4.5	1.6	
PCB 吸着量 (ng/g)	2Cl #11	5.9	<b>72</b>	<b>180</b>	<b>430</b>	<b>86</b>	6.6	<b>12</b>	<b>100</b>	<b>180</b>	<b>790</b>	<b>110</b>	ND	4.4	<b>10</b>	<b>270</b>	<b>14</b>	<b>46</b>	<b>110</b>
	#14	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	(5.1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	3Cl #18	0.28	(0.17)	0.25	0.27	(4.3)	0.27	0.20	1.3	0.31	(0.22)	0.47	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	#20+#33	0.29	(0.22)	0.26	0.28	ND	0.31	0.19	0.41	0.27	(0.21)	0.31	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	#28	0.58	0.36	0.41	0.44	(5.2)	0.52	0.31	1.0	0.33	0.24	0.49	<b>14</b>	2.4	3.3	ND	ND	(4.3)	ND
	#31	0.59	0.35	0.50	4.8	(7.3)	0.51	0.39	0.82	0.33	0.30	0.54	<b>16</b>	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	#35	(0.20)	1.2	3.0	4.6	ND	0.37	0.32	0.75	2.4	<b>21</b>	1.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5.3
	#36	ND	0.36	9.3	4.6	ND	ND	ND	0.40	2.0	4.6	0.50	ND	ND	ND	<b>11</b>	ND	ND	7.1
	#37	ND	0.27	(0.21)	ND	ND	0.26	ND	0.75	(0.13)	0.24	ND	(6.6)	1.1	ND	ND	ND	ND	ND
	4Cl #47+#48+#65+#75	0.37	0.30	0.33	0.27	(4.3)	0.61	0.51	0.76	0.38	0.39	0.36	(5.1)	2.3	1.9	ND	ND	(1.4)	ND
	#52+#69	0.75	0.81	0.57	0.44	(5.5)	1.4	1.8	<b>140</b>	0.91	3.7	0.78	(7.2)	4.6	4.5	ND	(3.4)	(3.4)	ND
	#56+#60	0.62	0.67	0.47	0.34	(5.9)	0.57	0.98	1.4	0.48	0.43	0.43	(6.6)	3.2	ND	ND	ND	ND	ND
	#64+#71+#72	ND	0.44	0.33	ND	ND	0.58	ND	1.1	0.48	0.45	ND	(6.2)	3.4	2.6	ND	ND	(3.1)	ND
	#66+#80	0.54	0.60	0.62	0.41	(5.4)	0.57	0.95	1.6	0.39	0.32	0.39	(7.1)	3.6	3.9	ND	(3.6)	4.9	ND
	#70	0.70	0.67	0.61	0.42	(6.4)	0.65	1.3	1.9	0.59	0.99	0.41	9.2	3.8	3.7	ND	(4.3)	(4.1)	(0.7)
	5Cl #93+#95+#98	1.0	0.48	0.56	0.37	ND	1.2	0.65	1.4	1.6	1.7	0.42	(3.2)	8.4	3.8	0.88	ND	(3.3)	ND
	#99	0.61	0.47	0.56	0.31	ND	0.84	0.59	1.5	1.1	0.96	0.34	ND	5.9	2.6	ND	ND	(1.7)	ND
	#101	1.2	0.78	0.92	0.54	(2.4)	1.7	1.1	3.1	2.4	1.9	0.64	(4.2)	8.4	4.5	ND	ND	(2.8)	ND
	#106+#118	0.80	0.46	0.89	0.43	ND	1.1	0.81	1.6	1.7	0.51	0.71	ND	5.2	4.1	ND	ND	ND	ND
	#110	1.4	0.84	0.89	0.62	(4.0)	2.0	1.2	2.8	2.4	2.3	0.74	(4.8)	<b>12</b>	6.6	ND	ND	4.6	(0.7)
	6Cl #138	1.5	0.76	1.1	0.82	(3.2)	2.6	1.3	2.5	3.0	2.3	1.4	ND	<b>17</b>	6.6	2.1	ND	4.6	ND
	#139+#149	1.1	0.69	0.69	0.60	ND	2.8	1.2	2.2	2.7	2.7	1.0	ND	<b>21</b>	5.3	1.9	ND	(4.2)	ND
	#146	0.37	(0.22)	(0.17)	(0.20)	ND	0.62	0.30	0.54	0.59	0.60	0.33	ND	5.5	1.1	(0.43)	ND	ND	ND
	#151	0.30	(0.21)	(0.23)	(0.16)	ND	0.63	0.33	0.62	0.70	0.82	0.25	ND	6.2	2.3	(0.62)	ND	ND	ND
	#153	2.1	1.0	1.2	1.0	(3.2)	2.9	1.7	2.8	3.4	2.8	1.9	(4.6)	<b>22</b>	6.9	2.6	ND	5.2	(0.7)
	#163+#164	0.77	0.41	0.39	0.36	(2.8)	1.6	0.62	1.1	1.3	1.1	1.2	ND	8.4	2.6	1.0	ND	ND	ND
	7Cl #174	0.42	(0.13)	(0.13)	ND	ND	0.65	0.20	0.50	0.52	0.54	(0.19)	ND	6.6	0.61	ND	ND	ND	ND
	#180	1.9	0.29	0.31	0.32	ND	1.5	0.46	1.4	1.4	1.3	0.43	ND	<b>16</b>	1.8	ND	ND	5.3	ND
	#182+#187	0.87	(0.19)	(0.22)	0.25	ND	1.4	0.38	0.93	0.96	1.0	0.33	ND	<b>15</b>	1.2	2.4	ND	(3.5)	ND
	#183	0.42	(0.09)	(0.12)	(0.11)	ND	0.60	(0.18)	0.41	0.42	0.46	(0.17)	ND	6.2	(0.52)	ND	ND	ND	ND
	1塩素化体 (M1CB)	ND	0.13	0.33	1.1	ND	ND	0.12	0.42	2.8	4.3	0.53	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.7
	2塩素化体 (D2CB)	7.1	73	180	430	86	7.1	12	100	180	790	110	5.1	4.4	14	270	14	46	110
	3塩素化体 (T3CB)	2.0	3.0	14	15	19	2.5	1.6	6.7	6.3	27	4.0	62	3.5	3.3	11	ND	4.3	12
	4塩素化体 (T4CB)	4.6	4.5	4.5	2.9	34	6.4	7.9	150	4.5	8.4	3.4	53	31	26	ND	15	24	0.7
	5塩素化体 (P5CB)	7.2	4.4	5.5	3.3	6.4	10	6.5	15	13	11	3.8	12	59	28	0.88	ND	12	0.7
	6塩素化体 (H6CB)	8.5	4.4	5.0	4.4	9.2	16	7.7	14	17	14	8.1	8.0	110	36	9.2	ND	14	0.7
	7塩素化体 (H7CB)	5.9	0.86	1.1	0.77	ND	7.0	2.0	5.5	5.3	5.2	1.7	ND	69	6.2	2.8	ND	8.8	ND
	8塩素化体 (O8CB)	0.61	ND	ND	ND	ND	0.71	ND	ND	0.56	0.37	ND	ND	6.4	ND	ND	ND	ND	ND
	9塩素化体 (N9CB)	0.17	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	10塩素化体 (D10CB)	0.70	ND	0.11	ND	ND	0.44	ND	ND	0.16	ND	0.16	ND	ND	0.7	ND	ND	ND	ND
	総量 (Total)	37	90	210	460	160	50	37	290	230	860	130	140	280	110	300	29	110	120

#○：IUPAC番号

#○+#○：複数異性体の合計量

※ 検出下限値以上、定量下限値未満の測定値を含む（括弧書きの数値）

※ 各異性体は、いずれかの試料MPで5ng/g以上検出されたものを抜粋

ND：検出下限値未満

太字下線：10ng/g以上

表4 海岸漂着MPに吸着したPCBに関する論文報告

文献	採取地点	試料	材質	試料量	検体数	測定対象 PCB	PCB吸着量 (ng/g)
間藤ら <sup>4)</sup> (2001)	相模湾 東京湾	鵠沼海岸 2地点	ペレット	PP	1g	各1	23種 43.5 97.3~117
遠藤ら <sup>5)</sup> (2005)	相模湾 東京湾	5地点 4地点 葛西臨海公園	ペレット	PE	5個または 10個 <sup>※1</sup> 1個	各3~7 各2~7 55	22~1,150 46~623 <28~2,300
緒方ら <sup>1)</sup> (2009)	東京湾	1地点	ペレット	PE	2~10個 x5組 <sup>※2</sup>	1	13種 169 <sup>※3</sup>
平井ら <sup>2)</sup> (2011)	相模湾 東京湾	鵠沼海岸 お台場	プラス チック片 (~10mm)	PE PP PE PP	5 3~5個 4 3	5 3 4 3	2~436 5~37 66~285 2~71
高田 <sup>3)</sup> (2014)	東京湾	お台場	ペレット	PE	5個x5組 <sup>※2</sup>	2	13種 455~543 <sup>※3</sup>

※1 黄変及びくもりで試料を分別 ※2 黄変試料を選別 ※3 5組の中央値

7塩素化体の#180, #182+#187であった。  
特に#11は、ほとんどの採取地点・材質において吸着量が多く、最大値は鵠沼海岸PP②の790ng/gであった。表4に示すとおり、これまでの論文報告<sup>1~5)</sup>では、測定対象のPCB異性体は13~39種であり#11を含んでおらず、今回#11が多く検出されたことは新たな知見である。

総PCB吸着量は29~860ng/gであった。この値は、測定対象のPCB異性体数の違いを考慮すると、これまでの論文報告<sup>1~5)</sup>と同程度かやや低い値である。

同一試料から複数測定した場合、総PCB吸着量に2~8倍の幅があった。遠藤らの報告<sup>5)</sup>によると、55個の樹脂ペレットを1個ずつ測定した結果、ペレット個体間でのPCB吸着量の変動は2桁程度であり、今回はMP試料1g(50~80個)程度の測定結果であることから、遠藤らの報告と同様にMP個体間でPCB吸着量に大きな差があったと推察される。

材質による違いは、PPはPEよりも#11の吸着量が多い傾向があり、それに伴い総PCB吸着量も多い傾向となった。平井らの報告<sup>2)</sup>では、PEはPPよりも疎水性が高いため、PCB吸着量が多いとの結果であったが、#11については明らかに逆の傾向となった。これは、平井らの報告では主に4塩素化体以上を測定対象としているためであり、2塩素化体である#11は疎水性が低いことから、同じく疎水性が低いPPに多く吸着したと考えられる。また、#11を除いた場合、久里浜海岸ではPEはPPよりもPCB吸着量が多い傾向が見られたが、高浜台海岸及び鵠沼海岸ではPEとPPのPCB吸着量は同程度であった。

#### 4. 考察

##### 4.1 海岸漂着MPに吸着したPCBの発生源

環境中のPCBの主な発生源は、過去にトランス、コンデンサ等に使用された製品である。主な製品はカネクロールであり、成分の違いによりKC-300, KC-400, KC-500, KC-600などがある。これらの標準品の全異性体分析を行って得られた同族体組成を図4に示す。

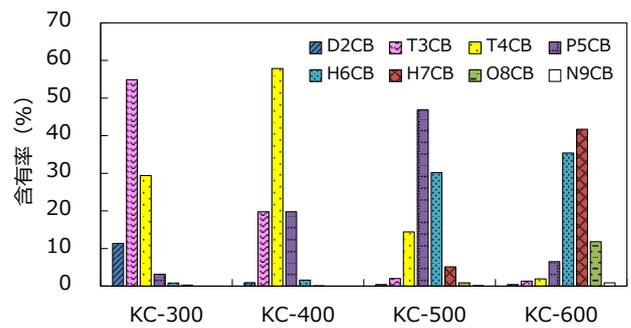


図4 カネクロールの同族体組成

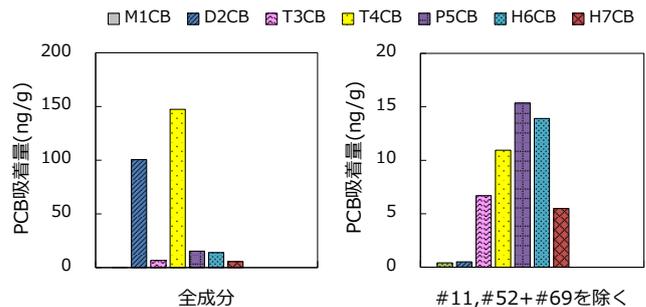


図5 鵠沼海岸PE③のPCB吸着量

例として、鵠沼海岸PE③のPCB吸着量を同族体組成で図5左に示す。カネクロールが発生源である場合、KC-300~KC-600の混合物であるため、同族体組成は山型となるはずであるが、2塩素化体及び4塩素化体が突出しており、カネクロール以外の発生源があることが分かった。2塩素化体では#11, 4塩素化体では#52+#69の吸着量が多く、これらを除くと図5右のような山型となり、これらの他はカネクロール由来であると推定された。

#11及び#52は、有機顔料の製造工程で副生するPCBであり、#11(3,3'-ジクロロビフェニル)は黄色顔料(ピグメントイエロー)の原料である3,3'-ジクロロベンジジンから、#52(2,2',5,5'-テトラクロロビフェニル)も同様に2,2',5,5'-テトラクロロベンジジンから副生することが知られている<sup>7)</sup>。

#11及び#52+#69以外にも有機顔料由来と推定される異性体(#6, #9, #15, #31, #35, #36など)<sup>7)</sup>が検出され、また、カネクロール及び有機顔料以外(燃焼など)の由来と推定される異性体(#2, #14, #30など)が検出されたが、それらの吸着量は少なかった。

海岸漂着MPの測定結果をカネクロール由来と有機顔料由来に分けて図6~図8に示す。なお、発生源の推定は、4.2のケミカルマスバランス法による寄与率の算出過程における有機顔料由来かどうかの判断結果を考慮して行った。

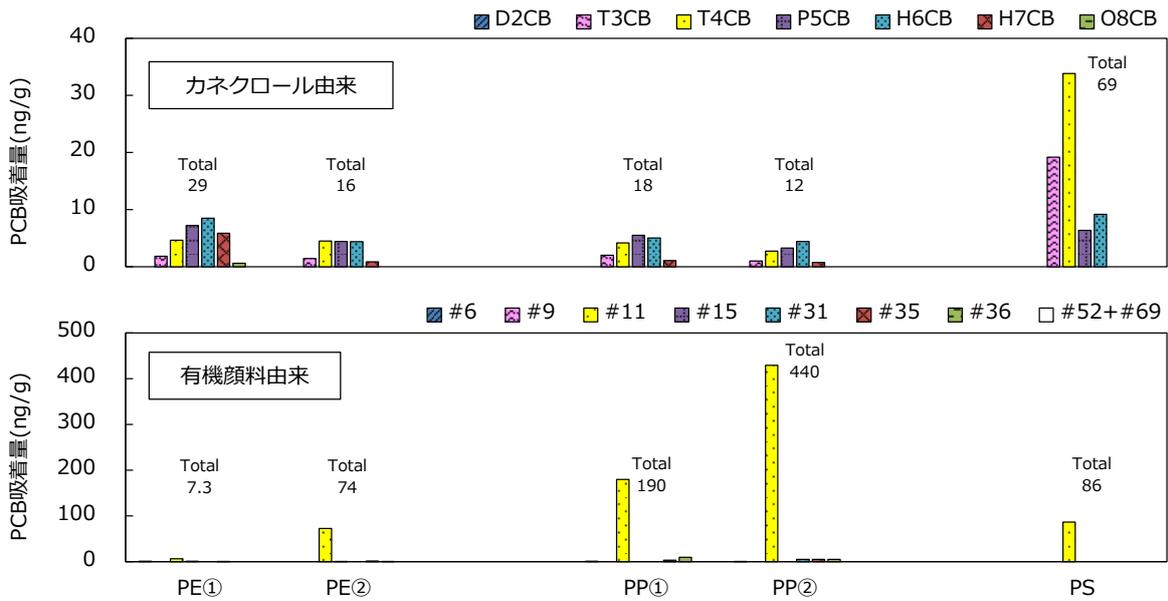


図6 2018年4月 相模湾 高浜台海岸における漂着MPの測定結果

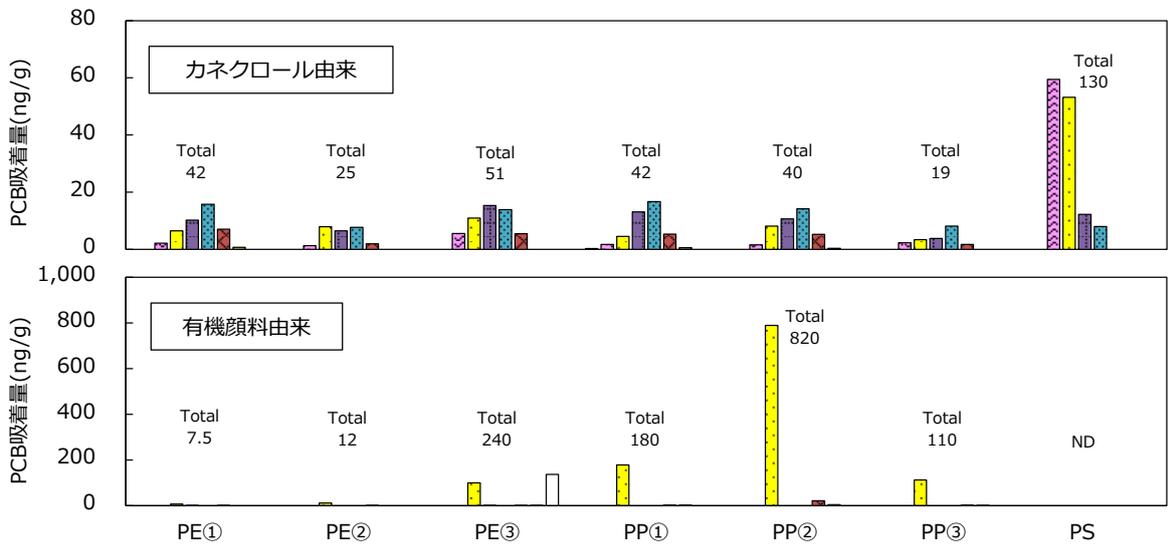


図7 2018年4月 相模湾 鶴沼海岸における漂着MPの測定結果

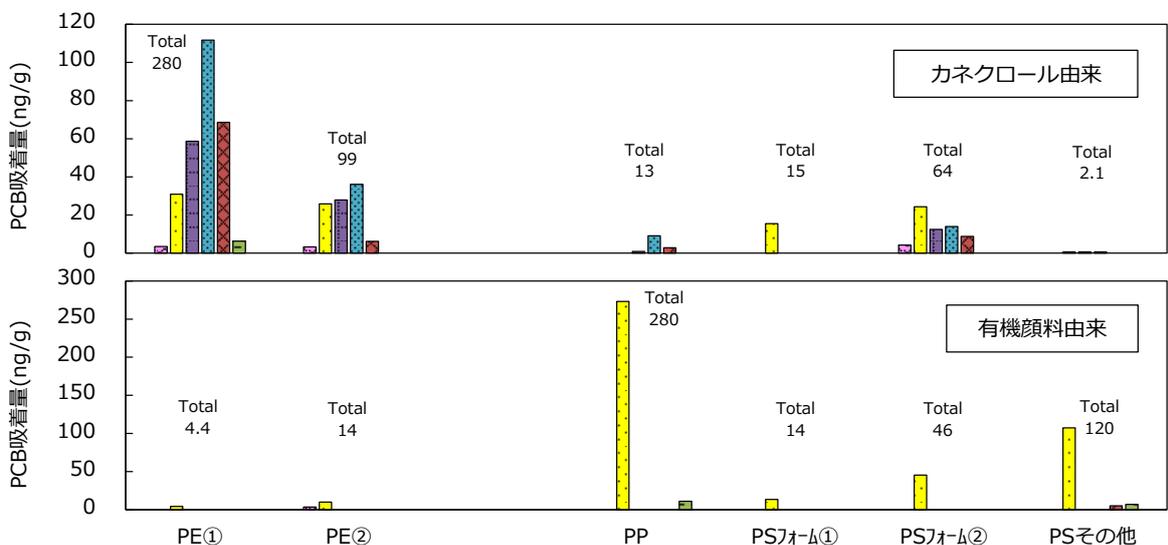


図8 2018年4月 東京湾 久里浜海岸における漂着MPの測定結果

### 4.2 各発生源の寄与率

4.1で推定した各発生源の寄与率を材質別に図9上に示す。

全ての採取地点・材質においてカネクロール及び有機顔料の寄与がほとんどを占め、その他(燃焼など)の寄与はごくわずかであった。PPは、#11の吸着量が多かったため、有機顔料の寄与率が80%以上と高くなった。

次に、カネクロールの標準品の分析で得られた異性体組成と、海岸漂着MPの異性体組成と比較することで、カネクロール由来分の内訳として、KC-300~KC-600の寄与率を算出した。

寄与率の算出は、ケミカルマスバランス法によりMicrosoft Excelのソルバー機能を用いて行った。測定結果から有機顔料及びその他由来と推定される異性体を除外し、測定結果との誤差が最小となるKC-300~KC-600の

寄与率を算出した(最小二乗法)。なお、#31、#52などはカネクロールにも含まれるため、除外あり・除外なしの2通りで計算を行い、算出した誤差を比較して、有機顔料由来として除外するかどうか判断した。

KC-300~KC-600の寄与率を材質別に図9下に示す。なお、測定試料量が少なかったために、測定結果の異性体組成と算出した異性体組成の一致が悪かったものは除外した。

PE及びPPは、高塩素化体を多く含むKC-500及びKC-600の寄与率が64~97%と高く、PSは、低塩素化体を多く含むKC-300及びKC-400の寄与率が高い傾向があった。

### 4.3 MPによるPCB汚染リスク

海洋環境のMPによるPCB汚染リスクは、MPの海中漂流量とMPのPCB吸着量の積に比例する。沿岸海域を漂流するMPは沿岸トラッピング(near-shore trapping)<sup>8)</sup>の作用

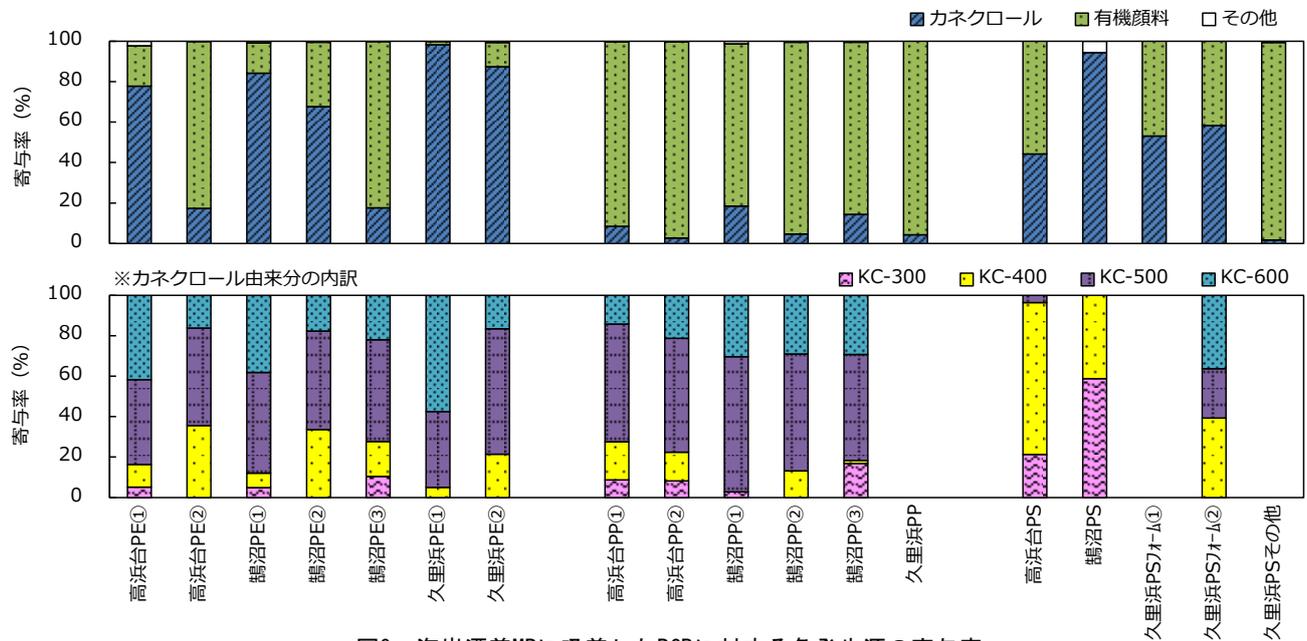


図9 海岸漂着MPに吸着したPCBに対する各発生源の寄与率

表5 沿岸海域のMPによるPCB汚染リスクの推定結果

採取地点 MP材質	相模湾 高浜台海岸				相模湾 鵜沼海岸				東京湾 久里浜海岸				
	PE	PP	PS	その他	PE	PP	PS	その他	PE	PP	PS	その他	
MP漂着量 <sup>※1</sup> (mg/m <sup>2</sup> )	4,100	1,900	130	410	860	400	170	51	240	30	260	66	
PCB 吸着量 <sup>※2</sup> (ng/g)	加加ル由来	22	15	69	-	39	34	140	-	180	13	18	-
	有機顔料由来	42	320	86	-	84	380	ND	-	9.5	280	84	-
	その他	0.48	1.0	ND	-	0.35	2.9	ND	-	0.76	ND	0.4	-
	総量	65	330	160	-	120	410	140	-	190	300	100	-
MP漂着量と PCB吸着量の 積(相対値) <sup>※3</sup>	加加ル由来	14	4.5	1.4	-	5.3	2.1	3.8	-	6.8	0.061	0.73	-
	有機顔料由来	27	95	1.8	-	11	24	-	-	0.36	1.3	3.4	-
	その他	0.31	0.31	-	-	0.048	0.18	-	-	0.021	-	0.02	-
	総量	42	<b>100</b>	3.2	-	17	26	3.8	-	7.2	1.4	4.2	-

※1 2017年5月~2018年5月の海岸調査で得られた代表的な漂着状況

※2 同じ採取地点・材質で複数検体ある場合は合算値

※3 高浜台海岸PPの総量を100とした値

により海岸と海中を行き来しているため、MPの海中漂流量はMPの海岸漂着量に比例すると考えれば、PCB汚染リスクは、MPの海岸漂着量とMPのPCB吸着量の積に比例すると推定できる。

既報<sup>6)</sup>の代表的なMP漂着量(2017年5月～2018年5月の調査結果)と今回得られたMPのPCB吸着量(同じ採取地点・材質で複数検体ある場合は合算値)から推定した沿岸海域のMPによるPCB汚染リスクを表5に示す。

最もリスクが高かったのは、高浜台海岸PPの有機顔料由来で、次いで高浜台海岸PEの有機顔料由来、鵠沼海岸PPの有機顔料由来、高浜台海岸PEのカネクロール由来であった。なお、有機顔料由来のリスクのほとんどが#11によるものであった。

各材質における採取地点の違いによるPCB吸着量の幅は1.4～2.9倍と小さかったが、MP漂着量の幅は2～63倍と大きかったため、MP漂着量の多寡によりPCB汚染リスクに差が出る結果となった。なお、MP漂着量は採取地点近くの河川の影響を受けていると推察される。

## 5. まとめ

MPに吸着したPCB全異性体の測定方法を確立し、相模湾沿岸域で採取した漂着MPを材質ごとに測定することで、PCB吸着量の実態を把握した。また、PCBの異性体組成から主な発生源がカネクロールと有機顔料であることが分かった。さらに、MP漂着量とPCB吸着量からMPによるPCB汚染リスクの傾向を推定することができた。

今後、他の時期に採取した漂着MPの測定を行い、採取地点、材質、季節などによる検出傾向の違いを明らかにする。また、河川水や海水などのPCB測定を行い、MPに関連した環境中でのPCBの挙動を明らかにする。

本研究は、平成30年度神奈川県シーズ探求型研究推進事業費により実施した。

## 6. 引用文献

1) Ogata Y., Takada H., Mizukawa K., Hirai H., Iwasa S., Endo S., Mato Y., Saha M., Okuda K., Nakashima A., Murakami M., Zurcher N., Booyatumanondo R., Zakaria M. P., Dung Le Q., Gordon M., Miguez C., Suzuki S., Moore C., Karapanagioti H. K., Weerts S., McClurg T., Burres E., Smith W., Velkenburg M. Van, Lang J. S., Lang R. C., Laursen D., Danner B., Stewardson N., Thompson R. C. : International Pellet Watch:Global monitoring of persistent organic pollutants (POPs) in coastal waters. 1. Initial phase data on PCBs, DDTs, and HCHs.

*Mar. Pollut. Bull.*, **58**, 1437-1446, 2009

2) Hirai H., Takada H., Ogata Y., Yamashita R., Mizukawa K., Saha M., Kwan C., Moore C., Gray H., Laursen D., Zettler E. R., Farrington J. W., Reddy C. M., Peacock E. E., Ward M. W. : Organic micropollutants in marine plastics debris from the open ocean and remote and urban beaches. *Mar. Pollut. Bull.*, **62**, 1683-1692, 2011

3) 高田秀重: International Pellet Watch(IPW): 海岸漂着プラスチックを用いた地球規模での POPs モニタリング. 地球環境, **19**, 135-145, 2014

4) Mato Y., Isobe T., Takada H., Kanehiro H., Ohtake C., Kaminuma T. : Plastic Resin Pellets as a Transport Medium for Toxic Chemicals in the Marine Environment. *Environ. Sci. Technol.*, **35**, 318-324, 2001

5) Endo S., Takizawa R., Okuda K., Takada H., Chiba K., Kanehiro H., Ogi H., Yamashita R., Date T. : Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellets : Variability among individual particles and regional differences. *Mar. Pollut. Bull.*, **50**, 1103-1114, 2005

6) 池貝隆宏, 三島聡子, 菊池宏海, 難波あゆみ, 小林幸文: 相模湾沿岸域のマイクロプラスチック漂着特性. 神奈川県環境科学センター研究報告, **41**, 1-10, 2018

7) 中野武, 姉崎克典, 高橋玄太, 俵健二: 有機顔料製造過程での PCB 生成. 環境化学, **23**, 107-114, 2013

8) Isobe A., Kubo K., Tamura Y., Kako S., Nakashima E., Fujii N. : Selective transport of microplastics and mesoplastics by drifting in coastal waters. *Mar. Pollut. Bull.*, **89**, 324-330, 2014

<報文>

サンショウウオ類の分布調査における捕獲調査と環境DNA調査の比較\*

長谷部 勇太\*\*・白子 智康\*\*\*

キーワード ①環境DNA ②ハコネサンショウウオ ③ヒガシヒダサンショウウオ ④定量PCR

要 旨

環境DNA調査は現場での作業量の少なさや生息環境の攪乱を起こさないことなどから有用な生物調査方法であると期待されている。そこで、相模川水系の源流域でサンショウウオ類の捕獲調査と併せて環境DNA調査を行い、両調査の比較を行った。その結果、捕獲調査のみで確認された地点、環境DNA調査のみで確認された地点も存在したが、捕獲調査と環境DNA調査の両方でサンショウウオ類が確認された地点が多く、環境DNA調査の有用性が確認された。今後は環境DNA調査を捕獲調査の補完や代替手法とするため、検出率を一層高めるサンプリング手法の検討が必要と考えられた。

1. はじめに

神奈川県を流れる相模川と酒匂川の2つの水系は、県内の水道水の約9割を賄っており、県民の重要な水源となっている。しかし、両水系の現状を見ると、ダム湖上流の森林荒廃による水源涵養機能の低下や生活排水対策の遅れによるダム湖(特に相模湖)の水質汚濁、また、中下流においては河川の護岸コンクリート化による自然浄化機能の低下(水や土砂の自然な流れの阻害)が懸念されている。

このため神奈川県では、相模川及び酒匂川の上流域において、水源涵養機能の向上を図るための森林の整備や水質向上のための生活排水対策の事業等に取り組んでいる。その効果を把握する目的で、サンショウウオ類を含む動植物や水質に関するモニタリング調査を、相模川では2008-09年から、酒匂川では2009-10年から5年間隔で実施している。

相模川及び酒匂川におけるサンショウウオ類に関する先行調査として、丹沢山地の全域の沢について1993年から1995年にかけて行われた丹沢大山自然環境総合調査<sup>1)</sup>とその約10年後の2004年から2006年にかけて行われた丹沢大山総合調査<sup>2)</sup>がある。両調査によって、丹沢山地ではハコネサンショウウオ(*Onychodactylus japonicus*)とヒガシヒダサンショウウオ(*Hynobius fossigenus*)の2種が分布していることが明らかとなっている。また、丹沢山

地と箱根山地のサンショウウオ類の生息状況の比較も行われ<sup>2)</sup>、丹沢山地のシカの食害による森林荒廃がサンショウウオ類の生息環境に悪影響を与えている可能性が指摘されており<sup>2)</sup>、前述のモニタリング調査においても森林整備による下層植生の回復等とサンショウウオ類の生息域の変化の関係について検証を行っているところである。

一方、水中に生息するマクロ生物(本稿においては、微生物ではなく目に見える大きさの生物を意味する)の調査方法については、従来実施されてきた捕獲等による調査の他に、近年環境中に存在するDNA、いわゆる環境DNAを用いた調査方法が注目されている。この調査方法は、河川や湖沼等で採水した水に存在するマクロ生物の糞や粘液に由来する生体外DNAを適切な手法でろ過・抽出・分析することで間接的に当該マクロ生物の存在を把握する手法であり、従来の捕獲による調査に比べ、現場での作業時間やコストの軽減、生息環境の攪乱の防止などの点で多くのメリットがある<sup>3)</sup>。

環境DNAによるマクロ生物の生体外DNAの存在を初めて報告したのは、2008年に報告されたフランスの研究であり<sup>4)</sup>、その後、国内外で様々な研究が行われ、環境DNAに関する研究が急速に発展している状況である。

前述のモニタリング調査において行っているサンショウウオ類調査では、従来から手網又は手取りによる捕獲調査を実施しているが、礫を裏返したり、河床を足でか

\*Comparison of Environmental DNA and Harvest Survey in Distribution Study of Salamander Species

\*\*Yuta HASEBE, (神奈川県環境科学センター) Kanagawa Environmental Research Center

\*\*\*Tomoyasu SHIRAKO (いであ株式会社) Idea Consultants, Inc.

き回したりする等、少なからず生息域の攪乱を引き起こす。そのため、神奈川県レッドデータブック掲載種でもあるサンショウウオ類の生息環境の攪乱を可能な限り防止すること、また、調査費用を低減し、長期間の調査が必要となる森林整備がもたらすサンショウウオ類の生息環境の改善効果を把握するためのモニタリング体制の構築を行うこと、捕獲調査に従事する調査者の技量に起因する結果の変動を防止することを目的として環境DNA調査の導入を検討することとした。

本研究では、相模川水系源流域に生息するサンショウウオ類について、従来実施してきた捕獲調査と環境DNA調査の比較を行うことにより、捕獲調査の代替や補完の可能性について評価を行った。なお、調査地点の詳細については、サンショウウオ類の保護の観点から先行調査においても沢名又は水系名までの公表に留めており、本研究においても神奈川県レッドデータブック掲載種の保護の観点から同様に水系名までの公表に留めることとした。

## 2. 調査方法

### 2.1 調査対象種

調査対象種は丹沢山地に生息が確認されているハコネサンショウウオ及びヒガシヒダサンショウウオの2種とした。

ハコネサンショウウオは溪流性のサンショウウオで、成体は沢沿いの林床落ち葉や倒木の下、岩陰などに生息している。神奈川県内では小田原市、箱根町、丹沢山地の塔ノ岳、丹沢山、蛭ヶ岳、檜洞丸、大室山を囲む沢に分布している。

ヒガシヒダサンショウウオは溪流性のサンショウウオで、成体は山地のブナ帯の沢の流域に生息し、林床の落ち葉や岩の下で生活し、小動物を捕食する。神奈川県内では丹沢山地の塔ノ岳、丹沢山、蛭ヶ岳、檜洞丸を囲む限られた地域に隔離した状態で分布している。なお、ヒガシヒダサンショウウオは2018年に新種記載された種であるため<sup>5)</sup>、過去の調査結果や文献との比較の際はヒダサンショウウオに該当するものとして整理した。

いずれの種も、神奈川県レッドデータブックに掲載されており、ハコネサンショウウオは準絶滅危惧種、ヒガシヒダサンショウウオは絶滅危惧Ⅱ類に該当する。また、ヒガシヒダサンショウウオについては、環境省レッドリストの準絶滅危惧種に該当する。

### 2.2 調査地域及び調査日時

調査を実施した相模川の位置と調査地域を図1及び表1に示す。本稿ではサンショウウオ類の保護の観点から「はじめに」に記したとおり調査地点の名称及び正確な位置

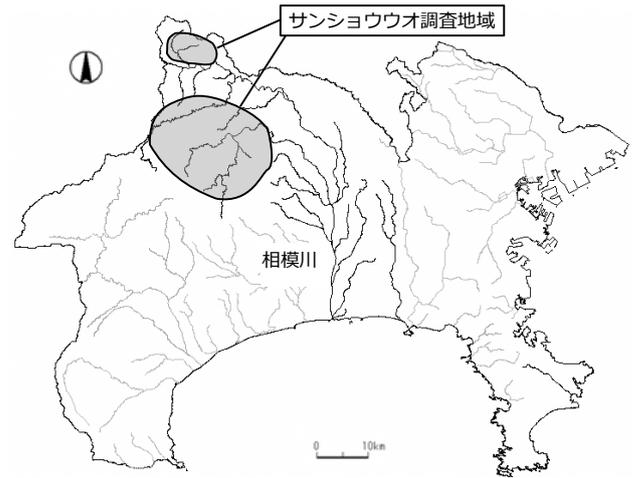


図1 相模川の調査地域図

を表示していない。

2008年、2013年調査は捕獲調査のみ、2018年は環境DNA調査と捕獲調査を実施した。

2008年は8月、2013年は6月から8月にかけて、表1に示す相模川水系の25地点で、2018年は8月に崩落により調査できなかったSt. 16を除く24地点で捕獲調査を実施した。

また、2018年8月の調査時には、環境DNA分析用試料として捕獲調査の直前に河川水1Lの採水を実施した。

### 2.3 環境DNA分析

環境DNAの分析方法は、大きく2つの方法に大別される。1つ目が種特異的なプライマーを用いて、ポリメラーゼ連鎖反応(polymerase chain reaction:PCR)により、対象種のDNAのみを増幅して存在を確認する方法(①)であり、2つ目がユニバーサルプライマーを用いて分類群に属する種のDNAをまとめて増幅し、次世代シーケンサーを用いてそれらの塩基配列を網羅的に読み取り、既存のデータベースと照合して複数の種の存在を一度に確認する方法(②)である。①は主に2つに区分され、1つ目が電気泳動によるバンドの有無を確認する方法(①-1)と2つ目がリアルタイムPCRを用いて経時的にDNAの増幅を測定する方法(①-2)である。①-2は従来のPCRと電気泳動を用

表1 調査地点一覧

調査地点	水系名
St.1	沢井川水系
St.2	底沢水系
St.3	神ノ川A沢
St.4	神ノ川B沢
St.5	神ノ川C沢
St.6	神ノ川D沢
St.7	神ノ川E沢
St.8	道志川A沢
St.9	道志川B沢
St.10	早戸川A沢
St.11	早戸川B沢
St.12	早戸川C沢
St.13	早戸川D沢
St.14	早戸川E沢
St.15	早戸川F沢
St.16	早戸川G沢
St.17	早戸川H沢
St.18	布川A沢
St.19	布川B沢
St.20	布川C沢
St.21	布川D沢
St.22	布川E沢
St.23	布川F沢
St.24	布川G沢
St.25	谷太郎川水系

いた方法に比べ、検出感度、種特異性、定量性の面で優位とされている<sup>6, 7, 8)</sup>。

さらに、リアルタイムPCRは蛍光物質を用いてDNAの増幅を経時的に測定するが、その手法は主に2つあり、低コストで簡便ではあるが、特異性は劣るインターカレーション法(①-2-a)と、プローブと呼ばれる標的配列に特異的に結合するオリゴヌクレオチドの設計が必要であるが特異性に優れたハイブリダイゼーション法(①-2-b)である。

本研究では、調査対象となる種が2種と少ないこと、捕獲調査で確認されたサンショウウオ類の数と環境DNA濃度の相関が検証可能なことから、①-2-bの種特異的なプライマーとプローブを設計するリアルタイムPCRによるハイブリダイゼーション法で分析することとし、プローブにはTaqMan<sup>®</sup>MGBプローブを用いることとした。

### 2.3.1 採水及びろ過

採水容器は、新品の酸化エチレンガス滅菌済み1L容ポリプロピレン製広口びんを使用した。調査地点に複数の沢が存在した場合は各沢において等量ずつ採水し、調査地点毎に合計で1Lとなるように混合した。採水後にDNAの分解を抑制するため、塩化ベンザルコニウムを1mL添加した<sup>9)</sup>。試料は冷蔵で実験室まで輸送し、実験室内においてカートリッジ型のステリバクスフィルター(Merck Millipore社製 Sterivex-HV, 口径0.45 μm)を使用し、ろ過を行った。このとき、ろ過ポンプと廃液タンク等を除き、コンタミネーション防止のため試料に直接触れる部分はすべて使い捨てタイプの器具を使用した。また、サンプルと同じポリ容器にDNAを全く含まない超純水を1L入れたものを用意し、トラベルブランクとした。トラベルブランクはサンプルと同様にろ過・抽出・分析を行い、ネガティブコントロールとして用いた。

### 2.3.2 フィルターからのDNA抽出・精製

ろ過したステリバクスフィルターからのDNA抽出・精製はMiya et al.<sup>10)</sup>の方法により、図2の手順で行った。

始めにフィルターに残った水分を遠心分離により除去し、プロテナーゼK溶液、リン酸緩衝生理食塩水、buffer ALの混合物を入れ、56°Cでロータリーシェーカーを用いて回転した。この工程によりDNAを抽出し、遠心分離によりDNA抽出液を回収した。

得られたDNA抽出液をQIAGEN社製のDNeasy Blood & Tissue Kitのプロトコールどおりにエタノール、Buffer AW1, Buffer AW2, Buffer AEを添加し、精製を行った。

### 2.3.3 プライマー及びプローブの設計

ヒガシヒダサンショウウオのプライマー及びプローブ

はオープンソースのPCRプライマー設計支援ソフトウェアであるprimer3等を使用し、いくつかの候補を作成した。それらの候補についてNational Center for Biotechnology Information Data-base s (NCBI, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>)からダウンロードした日本に生息するサンショウウオ属およびハコネサンショウウオ属(ヒガシヒダサンショウウオ, ヒダサンショウウオ, クロサンショウウオ, トウキョウサンショウウオ, アカイサンショウウオ, ハコネサンショウウオ)の配列と比較することにより種特異的なプライマー及びプローブを設計した。

以上の結果、ヒガシヒダサンショウウオについてはミトコンドリアDNAのCytchrome b領域の128bpを増幅するプライマー及びプローブとし、配列は表2のとおりとした。

ハコネサンショウウオについては、Katano et al.<sup>11)</sup>のものを使用したが、より特異性を高めるためプローブのみTaqMan<sup>®</sup>プローブからTaqMan<sup>®</sup>MGBプローブに変更し、表2のとおりとした。

設計したプライマー及びプローブについては、ハコネサンショウウオ及びヒガシヒダサンショウウオの組織から抽出したDNAサンプルを用いて分析し、種特異的に増幅することを確認した。

### 2.3.4 リアルタイムPCR定量分析

本研究では、捕獲調査で確認されたサンショウウオ類の数と環境DNA濃度の相関を検証するため定量PCR法により分析を行った。定量PCR法は、サンプル中に含まれているターゲット種のDNA濃度を測定する方法であり、本法により検出された環境DNA濃度は、採水地点におけるターゲット種の生物量と強い正の関係性があることが報告されている<sup>12)</sup>。

抽出・精製したDNA溶液を鋳型とし、種特異的なプライマー及びプローブを用いて、リアルタイムPCRシステム(ThermoFisher社製 QuantStudio3)による定量PCR分析

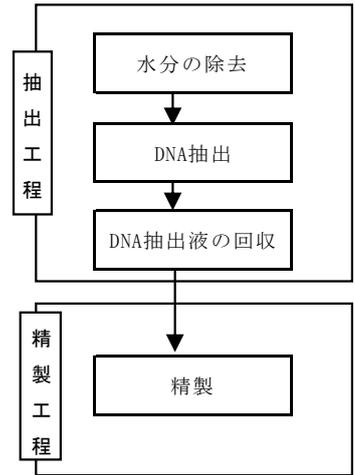


図2 DNAの抽出・精製工程

表2 サンショウウオ類のプライマー及びプローブ

種	プライマー及びプローブ	
ヒガシヒダサンショウウオ	フォワードプライマー	5'-CCCCCTCCAATCTTTCATCACTA-3'
	リバースプライマー	5'-GGATGAGAAGGCTGAGGATG-3'
	プローブ	5'-[FAM]-TGCCATAATTGTACAAATTATTACA-[MGB]-3'
ハコネサンショウウオ	フォワードプライマー	5'-TACTTGAACCACGACCGCT-3'
	リバースプライマー	5'-CGCCAAAGTCCCTTGAGTTT-3'
	プローブ	5'-[FAM]-TCCGCCAGATTACTACG-[MGB]-3'

注) 表中のA,T,G,Cは、塩基の種類、[FAM]は蛍光物質の種類、[MGB]はTm EnhancerであるMGB/Minor Groove Binderを示す。

を行った。リアルタイムPCR用試薬は、Applied Biosystems社製 TaqMan® Fast Advanced Master Mixを使用し、PCR溶液の組成及びPCRの温度条件は、酵素の推奨条件に従った。また、標準試料として調査対象種それぞれの塩基配列を人工的に合成したDNAを使用し、10000コピー、1000コピー、100コピー、10コピー、1コピーの測定結果から、検量線を作成した。標準曲線のR<sup>2</sup>値は0.987~0.997の範囲であり、PCR効率は99.20~107.66%であった。

分析の際は、DNA濃度がごく微量の場合に起こりやすい偽陰性の判定を防ぐため、1検体につき4連反復した。環境DNAの濃度は、4連反復のDNAのコピー数の平均値からサンプル1L中のコピー数を算出し、copies/mLに換算した。4連反復のうち1回でもDNAの増幅が確認された場合、平均値が定量下限値未満となった場合でも「不検出」とはせず、「検出」と扱った。

### 2.3.5 PCR阻害試験

Katano et al.<sup>11)</sup>に従って、PCR阻害試験を実施した。その際、スパイクするDNAには、河川中で検出される可能性のない海外産海水魚の人工合成DNAを使用した。

$\Delta Ct (= Ct_{\text{positive control}} - Ct_{\text{sample}})$  が3以上となった場合には、PCR阻害があったと判断した。ここで、 $Ct_{\text{positive control}}$  は超純水中に、 $Ct_{\text{sample}}$  は試料中に海外産海水魚の人工合成DNAと対応するプライマー及びプローブを入れてリアルタイムPCRで分析した時のCt値(増幅産物がある一定量に達したときのPCRサイクル数)を示す。

### 2.4 捕獲調査

捕獲調査は河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル[河川版]に準拠し、礫の下や淵等を手網もしくは手取りで行い、調査時間は、原則として1地点あたり1人×2時間(もしくは2人×1時間)とした。

## 3. 結果

### 3.1 プライマー及びプローブ試験

ヒガシヒダサンショウウオ及びハコネサンショウウオの組織から抽出したDNAサンプルを用いて、それぞれ設計したプライマー及びプローブを使用して分析したところいずれも増幅が確認された。

また、DNAサンプルとプライマー及びプローブのセットを入れ替えて分析し、DNA増幅が確認されなかったことから、設計したプライマー及びプローブは種特異的であることを確認した。

### 3.2 捕獲調査と環境DNA調査

各調査年で捕獲されたサンショウウオの数及び環境DNAの分析結果は表3のとおりであった。

表3 捕獲調査と環境DNA調査の結果

調査地点	種名	ヒガシヒダサンショウウオ				ハコネサンショウウオ				
		捕獲調査(調査年)		環境DNA		捕獲調査(調査年)		環境DNA		
		2008	2013	2018	(copies/ml)	2008	2013	2018	(copies/ml)	
地点番号	St.1	沢井川	-	-	-	-	-	-	-	
	St.2	底沢	-	-	-	-	-	-	-	
	St.3	神ノ川A沢	-	-	2	-	7	5	2	0.05
	St.4	神ノ川B沢	2	-	-	-	8	5	1	0.38
	St.5	神ノ川C沢	-	-	-	-	-	-	-	-
	St.6	神ノ川D沢	-	-	-	-	6	8	-	0.26
	St.7	神ノ川E沢	-	-	-	-	-	-	-	-
	St.8	道志川A沢	-	-	-	-	-	1	-	検出
	St.9	道志川B沢	-	-	-	-	2	1	1	1.51
	St.10	早戸川A沢	1	-	-	-	6	34	5	0.16
	St.11	早戸川B沢	-	7	-	-	6	32	34	検出
	St.12	早戸川C沢	1	-	-	-	-	-	-	-
	St.13	早戸川D沢	-	-	-	-	9	3	2	検出
	St.14	早戸川E沢	-	-	-	-	-	3	1	検出
	St.15	早戸川F沢	-	-	-	-	2	-	-	0.09
	St.16	早戸川G沢	-	-	-	-	-	-	-	-
	St.17	早戸川H沢	-	-	-	-	-	-	-	-
	St.18	布川A沢	-	-	-	-	-	-	4	-
	St.19	布川B沢	-	-	-	-	-	-	-	-
	St.20	布川C沢	-	-	-	-	-	-	-	-
	St.21	布川D沢	-	-	-	-	3	5	3	0.08
	St.22	布川E沢	1	-	-	-	5	1	5	-
	St.23	布川F沢	-	-	-	-	5	4	1	0.09
	St.24	布川G沢	-	-	-	-	1	-	-	-
	St.25	谷太郎川	-	-	-	-	-	4	1	検出
確認地点数		4地点	1地点	1地点	0地点	13地点	13地点	12地点	13地点	

注1) 捕獲調査の数字は個体数  
 注2) 環境DNAの分析は地点毎に4反復で行い、4回の平均値を記載。  
 注3) 定量下限値は0.05copies/ml(1copy/2μl)。4回のうち1回でもDNAが検出されたものうち、平均値が定量下限値未満の場合は「検出」とした。  
 注4) 環境DNAの確認地点数については、「検出」も含めた。  
 注5) 表中の「-」は未検出及び未確認を示す。  
 注6) 表中の網掛け部分は調査未実施を示す。

捕獲調査では、ハコネサンショウウオは2008年に13地点、2013年に13地点、2018年に12地点で確認され、ヒダサンショウウオは2008年に4地点、2013年に1地点、2018年に1地点で確認された。

環境DNA調査では、ハコネサンショウウオの環境DNAが13地点で検出され、その平均濃度は0.01~1.51 copies/mLであった。そのうちの4地点(St. 8, St. 11, St. 13, St. 14, St. 25)では、平均濃度は定量下限値(0.05 copies/mL)未満となった。ヒガシヒダサンショウウオは全地点で不検出であった。また、トラベルブランクからは両種のサンショウウオのDNAは検出されなかった。

2018年調査におけるハコネサンショウウオの捕獲調査による確認と環境DNA調査による検出(以下、共に「生息確認」という。)の状況を比較すると、前者は12地点、後者は13地点で生息確認した。いずれかの手法で生息確認した地点は15地点であり、両手法で生息確認した地点は10地点(66%)、環境DNA調査のみの地点が3地点(20%)、捕獲調査のみの地点が2地点(13%)であった。

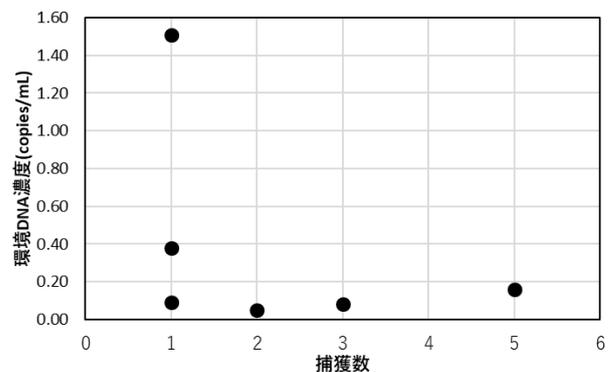


図3 2018年度のハコネサンショウウオ捕獲数と環境DNA濃度の関係

2018年調査のハコネサンショウウオの捕獲数とDNA濃度の関係を図3に示す。用いたデータは4連反復の平均値が定量下限値以上となったデータのみとした。今回の結果では捕獲数と環境DNA濃度との間に正の相関は見られなかった。

### 3.3 PCR阻害試験

PCR阻害試験の結果、 $\Delta Ct$ が3以上となった地点は無かったことから、いずれの地点においても定量PCRの結果に影響を及ぼす阻害物質はなかったと判断した。

## 4. 考察

### 4.1 ハコネサンショウウオについて

捕獲調査と環境DNA調査の同時調査の結果から、ハコネサンショウウオでは両手法で確認された地点が10地点といずれかの手法のみで確認された地点よりも多く、また捕獲調査では確認されなかった地点について、環境DNAが検出された地点もあることから、ハコネサンショウウオの生息状況の調査において、捕獲調査を補完する手法としては十分有用であると考えられ、より改良を重ねることにより代替する手法となる可能性も見出された。

更に前述のとおり、環境DNA調査は対象となる種の生息域を攪乱する恐れがなく、このような特徴は特にサンショウウオ類のようにレッドデータブックに掲載される種の調査にあたっては重要となる。

今回の結果で、環境DNAのみが検出された地点については、調査範囲よりも上流に生息するハコネサンショウウオのDNAを検出した可能性や捕獲調査ができない深い淵等にハコネサンショウウオが生息していた可能性が考えられた。

一方、捕獲調査のみで確認された地点もあり、河川を流れるDNA量が少なく、1Lの採水では十分なDNA量が採取できなかった可能性や河川を流れるDNA濃度が時間的・空間的に不均一で採水した場所がその時点では検出するのに十分な濃度ではなかった可能性が考えられた。

今回の結果では捕獲数とDNA濃度には正の相関はみられなかったが、生物量と環境DNA濃度の関係についてはカエルやサンショウウオの調査でも正の相関が確認されたという報告<sup>13)</sup>や、相関がみられなかったという報告<sup>14)</sup>がある。流水環境においてDNA濃度から生物量を予測するには、当該水域の流速・流量等の河川の物理的な情報や調査対象種の環境DNAの放出形態に関する情報等をより詳細に検討する必要があると考えられた。

### 4.2 ヒガシヒダサンショウウオについて

本調査においてはヒガシヒダサンショウウオの環境

DNAは検出されなかった。2018年調査では捕獲調査においても1地点しか確認されず、確認個体数も2個体のみとなったことから、今回の調査地点においてはヒガシヒダサンショウウオの生息数が少なく、1Lの採水では十分なDNA量が採取できなかった可能性が考えられた。ハコネサンショウウオが孵化から2~4年間水中生活を送るのに対し、ヒガシヒダサンショウウオは、孵化から1年程度経過した初夏頃に上陸し、その後成体は陸上で生活する<sup>15)</sup>。そのため、本調査時期の8月では、ハコネサンショウウオは、水中に3つの年齢群(生まれてから3年目までの個体)が生息しているが<sup>16)</sup>、ヒガシヒダサンショウウオは孵化後1年が経過した個体は上陸済みのため、今年孵化した個体のみが生息している<sup>17)</sup>。このような生態の違いから、ヒガシヒダサンショウウオがハコネサンショウウオに比べ、当該河川中に生息する個体数が少なかったと考えられた。

### 4.3 環境DNA調査における課題

環境DNA分析は、水を採取するだけで生物の生息の有無がわかるため、生息域の攪乱を起こさないこと、調査コストが削減できること、調査者の経験の違いによる結果のバラツキを小さくできることなど、多くのメリットがある。

一方で、当該水域に対象の種がいたとしても100%の確率で検出できるわけではないことが報告されており<sup>18)</sup>、今回の結果もそれを裏付ける結果となった。また、検出されたDNAが、いつ、どこで放出されたものなのか不明なことが多く、解明されるべき課題も多く残されている<sup>19)</sup>。

これまでに環境DNA分析が適用された調査事例は、比較的水の流れの緩やかな河川下流域や止水域で行われたものが多く、採水地点と個体が生息する場所とはそれほど離れていないと考えられる。しかし、本調査のような河川の源流域での調査では、採水地点と対象種が実際に生息する場所との距離が調査地点によって大きく異なることが考えられる。環境DNAが検出可能な距離範囲は、ターゲット種の生態学的な特性や、調査地点の水理特性等に強く影響されることも報告されている<sup>20)</sup>。

以上を踏まえ、環境DNAの検出率が一層高くなるサンプリングを行うためには、次の4つの課題を検討する必要があると考えられる。

まず1つ目には、採水時刻による変動の把握があげられる。環境DNAは生物から排出される糞や脱落した細胞、粘液、配偶子等を由来とすると考えられており<sup>21)</sup>、対象の生物が活動的に行動する時間帯において多くの環境DNAが検出されることが想定される。

2つ目として、採水をする季節による変動の把握があげられる。今回ヒガシヒダサンショウウオのDNAが検出されなかったのは、孵化後1年が経過した個体が上陸してしまい、河川での個体数が少なかったことが考えられ、採水する季節によるDNAの検出率を調査することで適切な調査時期を設定できると期待される。

3つ目として、より低濃度のDNAを検出できるように採水量を増やすことがあげられる。今回は採水量を1Lとしたが、サンショウウオの1種(*Cryptobranchus a-Illeganiensis*)を調査した例では、1Lの採水では信頼性は不十分であり、2L採水すると検出率が向上すると報告されている<sup>22)</sup>。一方で、環境水中にはPCR反応を阻害する物質(フミン酸等)が含まれている場合もあり、季節や場所によってどの程度まで採水量を増やすことが可能かという問題も考慮する必要がある<sup>23)</sup>。

4つ目として、サンショウウオ類から放出されたDNAがどの程度下流まで検出が可能なのかという点について検証を行う必要性がある。

## 5. まとめ

ハコネサンショウウオに関する環境DNA調査及び捕獲調査から、両手法でもともに生息確認できた割合は66%であった。環境DNA調査は、捕獲調査では生息確認できなかった地点においても生息確認できるなど、捕獲調査を補完する調査方法として有用と考えられた。

一方、捕獲調査で生息確認されたものの、環境DNAでは生息確認できなかった地点があることやヒガシヒダサンショウウオが全地点で生息確認されなかったこと等、実用化に向けての課題もあり、環境DNAの検出率を高めるためサンプリング方法の改善が必要と考えられた。サンプリング方法の改善にあたっては、採水時刻や採水季節による検出率の変動の把握、採水量の増加によるPCR阻害物質の影響の把握、サンショウウオ類が放出したDNAがどの程度下流まで検出されるか等、生息場所と採水場所との関係に関する検討が必要と考えられた。

## 6. 引用文献

- 1) 山崎泰, 石原龍雄, 梶野稔, 北垣憲仁: 丹沢のサンショウウオ類. 丹沢大山自然環境総合調査報告書, 480-493, 1997
- 2) 石原龍雄, 林義雄, 草野保, 山崎泰, 北垣憲仁: サンショウウオからみた丹沢. 丹沢大山総合調査学術報告書, 321-327, 2007
- 3) Darling JA, Mahon AR: From molecules to management: adopting DNA-based methods for monitoring biological invasions in aquatic environments.

- Environmental Research*, **111**, 978-988, 2011
- 4) Ficetola GF, Miaud C, Pompanon F, Taberlet P: Species detection using environmental DNA from water samples. *Biology Letters*, **4**, 423-425, 2008
  - 5) Okamiya H, Sugawara H, Nagano M, Pooyarkov NA: An integrative taxonomic analysis reveals a new species of lotic *Hynobius* salamander from Japan. *PeerJ*, **6**, e5084, 2018
  - 6) Wilcox TM, McKelvey KS, Young MK, Jane SF, Lowe WH, Whiteley AR, Schwartz MK: Robust detection of rare species using environmental DNA: the importance of primer specificity. *PLOS ONE*, **8**, e59520, 2013
  - 7) Díaz-Ferguson E, Herod J, Galvez J, Moyer G: Development of molecular markers for eDNA detection of the invasive African jewelfish (*Hemichromis letourneuxi*): a new tool for monitoring aquatic invasive species in National Wildlife Refuges. *Management of Biological Invasions*, **5**, 121-131, 2014
  - 8) Turner CR, Miller DJ, Coyne KJ, Corush J: Improved Methods for Capture, Extraction, and Quantitative Assay of Environmental DNA from Asian Bigheaded Carp (*Hypophthalmichthys* spp.). *PLOS ONE*, **9**, e114329, 2014
  - 9) Yamanaka H, Minamoto T, Matsuura J, Sakurai S, Tsui S, Motozawa H, Hongo M, Sogo Y, Kakimi N, Teramura I, Sugita M, Baba M, Kondo A: A simple method for preserving environmental DNA in water samples at ambient temperature by addition of cationic surfactant. *Limnology*, **17**(2), 233-241, 2017
  - 10) 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
  - 11) Katano I, Harada K, Doi H, Souma R, Minamoto T: Environmental DNA method for estimating salamander distribution in headwater streams, and a comparison of water sampling methods. *PLOS ONE*, **12**(5), e0176541, 2017
  - 12) Doi H, Inui R, Akamatsu Y, Kanno K, Yamanaka H, Takahara T, Minamoto T: Environmental DNA analysis for estimating the abundance and biomass of stream fish. *Freshwater Biology*, **62**(1), 30-39, 2017

- 13) Pilliod DS, Goldberg CS, Arkle RS, Waits LP, Richardson J: Estimating occupancy and abundance of stream amphibians using environmental DNA from filtered water samples. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **70**, 1123-1130, 2013
- 14) Spear SF, Groves JD, Williams LA, Waits LP: Using environmental DNA methods to improve detectability in a hellbender (*Cryptobranchus Alleganiensis*) monitoring program. *Biological Conservation*, **183**, 38-45, 2015
- 15) 草野保, 植田健仁, 初芝伸吾: 東京都におけるヒダサンショウウオとハコネサンショウウオの生息分布. 爬虫両棲類学会報, **(1)**, 1-7, 2001
- 16) 早瀬長利, 山根爽一: 茨城県筑波山系におけるハコネサンショウウオ *Onychodactylus japonicus* (HOULTUYN) の水中生活期の生態. 日本生態学会誌, **32**, 395-403, 1982
- 17) Misawa Y, Matsui M: Larval Life History Variation in Two Populations of the Japanese Salamander *Hynobius kimurae* (Amphibia, Urodela). *Zoological Science*, **14**, 257-262, 1997
- 18) Roussel J-M, Paillisson J-M, Tréguier A, Petit E, Cadotte M: The downside of eDNA as a survey tool in water bodies. *Journal of Applied Ecology*, **52**, 823-826, 2015
- 19) 高原輝彦, 山中裕樹, 源利文, 土居秀幸, 内井喜美子: 環境DNA分析の手法開発の現状—淡水域の研究事例を中心にして—. 日本生態学会誌, **66**, 583-599, 2016
- 20) 山中裕樹・源利文・高原輝彦・内井喜美子・土居秀幸: 環境DNA分析の野外調査への展開. 日本生態学会誌, **66**, 601-611, 2016
- 21) Barnes MA, Turner CR: The ecology of environmental DNA and implications for conservation genetics. *Conservation Genetics*, **17**, 1-17, 2016
- 22) Santas AJ, Persaud T, Wolfe BA, Bauman JM: Non-invasive method for a statewide survey of Eastern Hellbenders *Cryptobranchus alleganiensis* using environmental DNA. *International Journal of Zoology*, **2013**, 17456, 2013
- 23) McKee AM, Spear SF, Pierson TW (2015) The effect of dilution and the use of a post-extraction nucleic acid purification column on the accuracy, precision, and inhibition of environmental DNA samples. *Biological Conservation*, **183**, 70-76, 2015

<環境省ニュース>

環境分野の研究開発をめぐる主な動向（地域関連）について

～気候変動適応と地域循環共生圏～

環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室

1. 新しい環境研究・環境技術開発の推進戦略について

環境分野の研究開発の推進に関しては、中央環境審議会より「環境研究・環境技術開発の推進戦略」（以下、推進戦略）として累次の答申がなされてきたところである（2002年、2006年、2010年、2015年）。2015年の推進戦略の策定後、パリ協定・持続可能な開発目標（SDGs）の採択等国際的に大きな動きが相次いだこと、2018年4月に閣議決定された第五次環境基本計画において推進戦略が正式に位置付けられたこと等を契機に、2018年7月より中央環境審議会において推進戦略の見直しの審議が開始され、2019年4月に答申を受け、同5月、新たな推進戦略として策定（環境大臣決定）した。本稿では、その主な内容等について紹介する。

<全体目的：地域循環共生圏とSociety 5.0の一体的実現>

新たな推進戦略は、環境分野と科学技術分野をつなぐものであることから、その全体の目的として、脱炭素化・SDGs達成に向け、第五次環境基本計画の下での「地域循環共生圏<sup>1</sup>」の創造を目指すことを基本としつつ、これを、第5期科学技術基本計画（2016年閣議決定）の下での「Society 5.0<sup>2</sup>」と一体的に実現していくことを掲げている。すなわち、ICTを最大限活用し、地域が抱える時間・空間・労働力やエネルギーの課題と制約を克服し、地域自らがオーナーシップを持って自立し、地域固有の魅力を開花させつつ、他の地域と相互に補完・共生しつつ、持続可能な地域社会の構築を目指すこととしている。

こうした全体方針を踏まえ、本推進戦略では、全ての施策を地域循環共生圏等の実現に収斂させ、競争的研究資金等の関連施策を充実させていくこととしている。

<地域の環境研究拠点の役割強化：気候変動適応>

同戦略では、地環研が今後担うべき役割についても言及しており、その要諦は以下のようなものである。

- ・ かつては公害防止・環境監視等が地環研の主たる任務であり、それは依然重要ではあるが、担うべき役割は時代に合わせて変化。柔軟な対応が必要。
- ・ 気候変動適応法を受け、自治体は、地域における適応推進のための情報提供や技術的助言等を行う「地域気候変動適応センター」を確保していくこととなる。地環研がこの役割を積極的に担うことが強く期待される。
- ・ 適応は従来の地環研の専門性とは一見距離があるが、大気・水質・生態系等も気候変動の影響を受けることから、これらを足がかりに専門分野を広げていくこと望まれる。
- ・ 地域循環共生圏の実現等、自治体の経営の根幹をなす課題にも、地環研が果敢に取り組んでいくことが望まれる。

なお、2019年4月1日現在で「地域気候変動適応センター」は全国10カ所に設置されており、これらのうち、地環研が地域気候変動適応センターを務めるのは、埼玉県、神奈川県、新潟県、静岡県、長野県、愛知県、高知県の7カ所である。

地環研におかれては、こうした情勢をチャンスと捉えていただき、引き続き、積極的な取組をお願いしたい。その際は、国立環境研究所が2018年12月に設置した「気候変動適応センター」において、自治体の適応の取組を支援することとしているので、是非ご活用いただきたい。

<sup>1</sup> 地域自らがオーナーシップを持って自立し、地域固有の魅力を開花させつつ、他の地域と相互に補完・共生し、持続可能な地域社会を構築していくこと。これはすなわち、地域において持続可能な開発目標（SDGs）の全目標を同時に達成していくことでもある。

<sup>2</sup> 狩猟社会、農耕社会、工業社会、情報社会に続く「超スマート社会」。

## 2. 環境研究総合推進費（競争的研究資金）の動きについて

環境研究総合推進費は、環境省が所管し独立行政法人環境再生保全機構が資金配分を行う環境政策貢献型の競争的研究資金であり、2019年度予算で約58億円を計上している（2018年度約51億円）。

2018年の気候変動適応法公布・施行を契機に、地域での適応の強化を一層促進していくために、環境研究総合推進費の2018年秋の新規課題公募（2019年度新規開始分）では、「地域の適応策に貢献する研究課題」を重点的に公募した。しかしながら、2018年の公募開始までには準備期間が短かったこともあり、地域適応関連課題の採択は3件にとどまった。

こうしたことも踏まえ、2019年秋に予定している新規課題公募（2020年度新規開始分）でも、前年度に引き続き、地域の適応策に貢献する研究課題の重点的公募を継続する予定である。

また、上記「1.」に述べたように、推進戦略の方向性を踏まえ、地域循環共生圏の実現に資するような研究課題も、2020年度新規開始分から、何らかの形で公募に盛り込むこととなる見込みである。

地方環境研究所の皆様におかれては、積極的なご応募をお願いしたい。

なお、応募に当たり疑問点等があれば、環境省（環境研究技術室）又は環境再生保全機構（環境研究総合推進部）までご相談いただきたい。

参考：環境研究総合推進費 平成31年度新規課題公募要領（2018年秋の公募分）

[https://www.erca.go.jp/suishinhi/koubo/pdf/h31\\_s\\_hinki\\_koubo.pdf](https://www.erca.go.jp/suishinhi/koubo/pdf/h31_s_hinki_koubo.pdf)

## <支部だより>

### 関東・甲信・静支部

関東・甲信・静支部の活動について報告します。  
(支部事務局：神奈川県環境科学センター)

#### 1. 平成30年度支部役員会

- (1) 期 日：平成30年9月4日（火）
- (2) 場 所：長野市生涯学習センター
- (3) 議 事
  - ① 平成29年度，平成30年度の運営及び事業について
  - ② 支部長表彰の被表彰者の選考

#### 2. 平成30年度支部総会

- (1) 期 日：平成30年10月22日（月）
- (2) 場 所：ホテルポートプラザちば
- (3) 議 事
  - ① 平成29年度事業報告・収支決算報告
  - ② 平成30年度事業計画・収支決算（案）審議
  - ③ 各専門部会事業報告
  - ④ 全環研協議会会長賞候補者推薦報告
  - ⑤ 支部長表彰者報告及び表彰式

#### 3. 支部専門部会開催状況

- (1) 騒音振動専門部会  
(部会長機関：千葉県環境研究センター)
  - ① 期 日：平成30年7月12日（木）
  - ② 場 所：千葉県環境研究センター
  - ③ 参加者：12機関，25名
  - ④ 内 容：講演、事例発表（5題）
- (2) 水質専門部会  
(部会長機関：神奈川県環境科学センター)
  - ① 期 日：平成30年10月26日（金）
  - ② 場 所：横浜市開港記念会館
  - ③ 参加者：16機関，25名
  - ④ 内 容：演題発表（12題）
- (3) 大気専門部会  
(部会長機関：横浜市環境科学研究所)
  - ① 期 日：平成30年11月22日（木）
  - ② 場 所：横浜市技能文化会館
  - ③ 参加者：16機関，27名
  - ④ 内 容：演題発表（11題）

#### 4. 平成30年度環境測定分析精度管理ブロック会議

- (1) 期 日：平成31年3月6日（水）
- (2) 場 所：長野市生涯学習センター
- (3) 議 事
  - ① 環境測定分析統一精度管理調査について
  - ② 平成30年度環境測定分析統一精度管理調査結果について
  - ③ 環境測定分析における留意点及び精度管理について



支部役員会の様子



支部総会の様子

### 編集後記

本号から長野県環境保全研究所が本誌の編集を担当させていただくこととなりました。読者の方々に地方環境研究所の取組を正確にお伝えできるよう、編集作業を進めてまいりたいと思います。どうぞよろしく願いいたします。

前任の三重県保健環境研究所の皆さんにおかれましては、2年間たいへんお世話になりました。

\* \* \*

さて、皆さんは「長野県」と聞いて何を思い浮かべられるでしょうか。長野県の情報発信サイト「しあわせ信州」では、データを交えて長野県の特徴をご紹介します。

項目	全国ランキング
平均寿命	1位(女性), 2位(男性)
移住したい都道府県	1位
幸福度	3位
レタスの収穫量	1位
マツタケの生産量	1位
ワイナリーの数	2位
温泉地の数	2位
キャンプ場の数	2位
日本百名山の数	1位
3000m峰の数	1位
自然公園の面積	3位

(同サイトから抜粋して掲載)

こちらをご覧くださいと、「住みやすそう、農産物の生産が盛ん、自然豊かな行楽地」など、いくつかのイメージをもっていただけるのではないのでしょうか。

しかし、長野県を特徴づけるものを一つだけ挙げるとすれば、それは「山」の存在だと思います。長野県はどこへ行っても2,000~3,000m級の山々にかこまれており、この地理的条件を基盤として、長い年月をかけて、人びとの暮らしや文化が育まれてきました。

次号以降、この編集後記では、時々話題のほか、長野県の自然や文化についてもご紹介していければと思っています。



長野県PRキャラクター「アルクマ」©長野県アルクマ

\* \* \*

最後になりましたが、巻頭言を執筆していただきました東京都環境科学研究所長様、特集の「各学会併設全環境研究会・研究発表会」を担当していただきました佐賀県環境センター様、報文を投稿いただきました皆様、「環境省ニュース」を執筆いただきました環境省環境研究技術室様、「支部だより」を執筆いただきました神奈川県環境科学センター様には、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。全国各支部会員の皆さまにおかれましては、今後とも会誌への積極的な投稿についてご協力をお願いいたします。

(長野県環境保全研究所)

### 令和元年度

#### 全国環境研協議会広報部会

< 部会長 > 長野県環境保全研究所長  
< 広報部会担当理事 > 山梨県衛生環境研究所長

季刊 全国環境研会誌 Vol.44 No.2(通巻151号)

Journal of Environmental Laboratories Association

2019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