

ISSN 2424-1083

# 季刊 全国環境研究会誌

JOURNAL OF ENVIRONMENTAL LABORATORIES ASSOCIATION

Vol.42 No.1 2017 (通巻第142号)



目 次

[巻頭言]

地域に密着した調査研究を目指して ..... 浅川洋美/ 1

[特集/第43回環境保全・公害防止研究発表会]

第43回環境保全・公害防止研究発表会の概要  
..... 山形県環境科学研究センター/ 2

特別講演：地域における気候変動影響への適応のアプローチ  
..... 肱岡靖明/ 10

＝各座長によるセッション報告＝

大気Ⅰ，大気Ⅱ，大気Ⅲ，大気Ⅳ，水質Ⅰ，水質Ⅱ，水質Ⅲ，水質Ⅳ，化学物質Ⅰ，化学物質Ⅱ，  
生物，廃棄物 ..... 熊谷貴美代・中坪良平・浅野勝佳・川寄幹生  
菅谷和寿・田中仁志・一瀬 諭・安部悦子  
荒堀康史・西野貴裕・後藤伸幸・佐藤 勉/ 12

[報 文]

千葉県の工業地帯とバックグラウンドにおける放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) を用いたPM<sub>2.5</sub>中炭素成分の化石燃料  
起源と非化石燃料起源の寄与解析  
..... 市川有二郎・大橋英明・堀本泰秀・石井克巳・内藤季和/ 22

富山県における温暖化の影響に関する調査研究  
－過去から近未来までの気候変化の把握とその活用について－  
..... 初鹿宏壮/ 31

[資 料]

オープンソースWebGIS技術を用いた情報提供システムの開発  
..... 植田信夫・岩城文太・吉崎大理・石山 豊/ 37

C O N T E N T S

---

Analyzing contributions of fossil and non-fossil sources to carbonaceous components in PM<sub>2.5</sub> using radiocarbon (<sup>14</sup>C) measurements in industrial and remote sites of Chiba Prefecture

..... Yujiro ICHIKAWA, Hideaki OOHASHI, Yasuhide HORIMOTO  
Katsumi ISHII, Suekazu NAITO / 22

Study of Influence to Regional Climate in Toyama Prefecture due to Global Warming

..... Hiroaki HATSUSHIKA/ 31

Development of an Information Providing System Using the Open Source WebGIS Technology

..... Nobuo UEDA, Bunta IWAKI ,Tairi YOSHIKAWA, Yutaka ISHIYAMA/ 37

## ◆巻 頭 言◆

## 地域に密着した調査研究を目指して

山梨県衛生環境研究所長 浅川 洋 美



昨年度から全環研協議会関東甲信静支部の支部長を務めさせていただいております。日頃、皆様にはご協力、ご指導いただきましてここから感謝申し上げます。

山梨県衛生環境研究所は、県民の健康を守り、生活環境をよりよくするための公衆衛生、環境の科学的・技術的拠点として感染症や食品、医薬品、飲料水、大気、水質などに関する情報を県民に提供しています。

山梨県は2013年に世界文化遺産に登録された富士山をはじめ、南アルプス、八ヶ岳、奥秩父山塊と日本を代表する名峰に囲まれ、森林が県土の78%を占める全国有数の山岳県・森林県です。こうした緑あふれる森林から生み出される清らかな水や澄んだ空気など、本県の恵み豊かな環境は県民の貴重な財産であり、良好に維持し、将来への世代へと引き継いでいかなければなりません。

こうした中、本県では2015年12月に新たな県運営の指針である「ダイナミックやまなし総合計画」を策定し、環境分野におけるアクションプランとして、「健やか・快適環境創造プロジェクト」を示し、魅力あふれる景観づくりと良好な環境保全を目指すこととしています。また、環境の保全や創造に関する施策の基本事項を定めた「第2次山梨県環境基本計画」に基づき、環境施策の総合的、計画的な推進を図り、豊かな環境の保全と創造に取り組んでいるところです。また、豊かで良質な水を生かした本県のイメージアップ、地域・産業の活性化を図るための総合的な指針として、やまなし「水」ブランド戦略が策定されました。

このような施策のあるなか当研究所は、県民の生命と健康を守るため、科学的・技術的中核機関として地域密着した環境保全に関わる試験検査、調査研究に取り組んでいます。

大気汚染及び放射能常時監視、環境水質試験、公共用水や地下水の水質検査、排水試験などの監視を行い「山梨の環境」として毎年報告されています。

本県の調査研究としては水質環境分野では、富士五湖のより詳細な水質の把握を目的にした水質定期調査を

実施し、各湖の富栄養化度の傾向などがほぼ明らかになってきました。また、水生植物の水平分布調査を実施することで水生植物種・量の変遷をモニタリングしています。河川においては水質判定を目的とする付着珪藻群集組成調査、外来底生生物や希少水生昆虫分布調査も実施しています。

大気環境分野では、PM<sub>2.5</sub>汚染状況と原因究明、ソメイヨシノに着生する葉状地衣類と大気中窒素酸化物濃度の関係について検討しています。

また、新たに導入が見込まれるリニア騒音の類型指定、湖沼底層溶存酸素量、沿岸透明度などに対応できる体制づくりにも取り組んでいます。

環境保全には地道で継続的な調査研究が大切ではないでしょうか。長年のデータの積み重ねがあつて初めて環境の変化を捉えることができるものです。

地方環境研究所を取り巻く状況は、人材の確保、予算の確保など厳しいものではございますが、引き続き共通する課題も多々あると思いますので皆様と相互に協力しながら環境問題に取り組んでいきたいと思っておりますのでよろしくお願い致します。



河口湖上より眺める富士

## <特集> 第43回環境保全・公害防止研究発表会

### 第43回環境保全・公害防止研究発表会の概要

#### 山形県環境科学研究センター

平成 28 年 11 月 17 日（木）、18 日（金）の両日に環境省、全国環境研協議会及び山形県の共催による第 43 回環境保全・公害防止研究発表会が山形市の山形テルサで開催されました。

研究発表に関しては全国環境研協議会の会員から 50 題の演題応募があり、2 会場に分かれて、大気（16 題）、水質（15 題）、化学物質（10 題）、生物（4 題）、廃棄物（5 題）のセッションの研究発表が行われました。

1 日目は主催者の挨拶、続いて特別講演及び研究発表が行われ、2 日目は引き続き研究発表が行われました。2 日間で会員及び行政機関等から延べ 222 名の参加があり、盛況のうちに終了しました。



（山形県環境科学研究センター所長 奥山 卓郎）

各セッションの会場は自由に移動できますので、今後の研究や環境行政に是非活かしていただくために、是非とも幅広くお聴きいただきまして、大いに意見交換をしていただければと考えております。

また、山形県は、まさに実りの秋本番でありまして、最もおいしい季節を迎えております。皆様にはこの機会に、山形の魅力を可能なかぎり御堪能いただければ大変ありがたいと存じております。なお、本日の研究発表会の終了後には、恒例の情報交換会を予定しておりますので、一層の情報交換と親交を深めていただければ幸いです。

皆様にとりまして、この 2 日間がどうか有意義なものとなりますよう、御協力のほどお願い申し上げまして、歓迎の御挨拶とさせていただきます。2 日間どうぞよろしくお願いいたします。

#### 1. はじめに

山形県環境科学研究センター所長の奥山と申します。第43回環境保全・公害防止研究発表会の開会に当たりまして、一言歓迎の御挨拶を申し上げます。

皆様にはようこそ山形県にお越しいただきました。本日は、北海道から沖縄県まで全国各地域から、大変多くの御参加を賜りまして本当にありがとうございます。

今回は、国立環境研究所の肱岡先生の特別講演のほか、注目度の高いPM<sub>2.5</sub>に関する研究をはじめ各機関が精力的に取り組まれてきた調査研究50テーマの発表を予定しております。日頃のお忙しい業務の中、本日の発表のために研究成果をまとめていただきましたことに心からの感謝と敬意を表する次第でございます。



A会場風景



B会場風景

第43回環境保全・公害防止研究発表会日程表

平成 28 年 11 月 17 日 (木)	山形テルサ A 会場 (3 階アプローチ)	
	○開会 (13:30~13:45)	
	開会のあいさつ	山形県環境科学研究センター所長 奥山 卓郎
	主催者あいさつ	環境省環境研究技術室長 太田志津子 全国環境研協議会会長 藤井 幸雄 山形県環境エネルギー部長 大森 康宏
	○特別講演 (13:50~15:00) 演題：地域における気候変動影響への適応のアプローチ 講師：肘岡 靖明 (国立研究開発法人国立環境研究所 社会環境システム研究センター 地域環境影響評価研究室長) 座長：藤井 幸雄 (全国環境研協議会会長) (奈良県景観・環境総合センター所長)	
○研究発表		
	A 会場 (3 階アプローチ)	B 会場 (2 階リハーサル室)
	○大気Ⅰ (15:10~16:18)	○水質Ⅰ (15:10~16:18)
	○大気Ⅱ (16:28~17:19)	○水質Ⅱ (16:28~17:19)
平成 28 年 11 月 18 日 (金)	○研究発表	
	○大気Ⅲ (9:15~10:40)	○化学物質Ⅰ (9:15~10:40)
	○生物 (10:50~11:58)	○水質Ⅲ (10:50~11:58)
	昼食休憩	昼食休憩
	○廃棄物 (13:00~14:25)	○化学物質Ⅱ (13:00~14:25)
	○大気Ⅳ (14:35~15:43)	○水質Ⅳ (14:35~15:43)
○閉会 A 会場		
閉会のあいさつ	環境省環境研究技術室長 太田志津子	
次期開催県のあいさつ	長崎県環境保健研究センター所長 矢野 博巳	
開催県閉会のあいさつ	山形県環境科学研究センター所長 奥山 卓郎	

2. 主催者あいさつ

○環境省のあいさつ

ただいま御紹介にあずかりました環境省環境研究技術室長の太田でございます。



(環境省総合環境政策局環境研究技術室長 太田 志津子氏)

主催者の環境省を代表いたしまして、環境保全・公害防止研究発表会の開会に当たり、一言御挨拶申し上げます。

ます。

本日は、御多忙の中、全国各地から大勢の皆様方にお集まりいただきまして、誠にありがとうございます。

本研究発表会は、環境研究・技術開発の成果等の共有及び普及を図るため、環境省の前身でございます環境庁が発足して間もない昭和49年から毎年開催され、今年で43回目を迎えました。この長きにわたる歴史もひとえに、本日お集まりいただきました皆様や関係者の皆様方の長年の御尽力の賜物と考えております。重ねて御礼申し上げます。

本日は、先程奥山所長様から御紹介がございましたように、まず、特別講演といたしまして、統合評価モデルを用いて総合的な気候変動影響評価に取り組んでおられます国立環境研究所の肘岡室長より、「地域における気候変動影響への適応のアプローチ」と題しまして、「パリ協定」と地方環境研究所の取り組みの方向性について御講演いただきます。「パリ協定」につきましては、皆様も御存知のとおり、今月4日に異例の早さで発効し、

現在モロッコで開催されておりますCOP22でも「適応策」についての関心が高いと伺っているところでございます。今後、地方公共団体におきましては、気候変動の影響の評価や適応計画の策定をしていただくことになるかと思っておりますが、こうした最新の情報を共有できたらと考えております。

続きまして、A,Bの2会場におきまして、大気、水質から化学物質、廃棄物、生物にわたる幅広い分野における研究成果について、2日間に分けて御発表いただく予定でございます。今回の研究発表会では、これまで皆様方が長年取り組んでこられました研究から、災害環境研究などホットな事案に対応した研究など、様々な発表がいただけるものと承知しております。お互いに情報交換をさせていただきまして、それぞれに有益な知見が得られたらと考えております。

さて、環境省では、皆様方の研究を支援させていただくツールとして、いわゆる公募型の研究資金、「環境研究総合推進費」を運営しております。

特に近年は、国の厳しい財政状況に鑑み、研究の成果が厳しく問われるようになってきておりまして、環境省としましては、特に行政ニーズに合致した研究課題を優先的に採択しております。廃棄物、大気、水質、自然保護といった地環研の皆様方が日々取り組まれておられる研究課題は、行政ニーズに即応するものでございまして、推進費事業の中でも重みを増してきていると考えまして、平成29年度新規公募に当たりまして、地方自治体からの提案を募ってまいりました。今回は、15の道府県さんより昨年の約4倍の35件の御提案をいただき、この内9件を採択しまして、同様の提案をまとめて、行政ニーズとして新規公募を実施させていただきました。積極的な御提案をしていただきまして、誠にありがとうございます。

また、今年4月に法改正を行い、10月より新規課題の公募・審査・配分・契約といった推進費の業務の一部を独立行政法人環境再生保全機構に移管し、研究費の繰り越しや年度をまたがる物品等の調達を可能にするなど、研究者の皆様方にとって使いやすい制度にすべく取り組んでいるところでございます。引き続き、積極的な行政ニーズへの提案並びに新規研究課題への応募をよろしくお願いいたします。

環境省といたしましては、こうした下支えをさせていただきながら、地域における環境行政を支える科学的・技術的な中核組織でございます地方環境研究所を引き続き支援して参りたいと考えております。

最後になりますが、本研究発表会の開催に当たりまして、本日までの御丁寧な事前の開催準備を始め、このような立派な発表会場を準備していただくなど多大なる御

尽力を賜りました山形県、山形県環境科学研究センター及び全国環境研協議会の皆様方にお礼を申し上げたいと思います。また、先程、所長からも御案内ございましたけれども、本日の研究発表会終了後には情報交換会も準備していただいているということでございますので、皆様方におかれましては、研究発表会、情報交換会を通しまして、情報交換、意見交換そして親睦を深めていただければと考えております。

この2日間が皆様方にとって実り多きものとなることを祈念いたしまして、私からの挨拶とさせていただきます。どうぞよろしくお願い申し上げます。

### ○全国環境研協議会のあいさつ

ただいま御紹介いただきました、今年度より、全国環境研協議会の会長を務めさせていただいております奈良県景観・環境総合センターの藤井と申します。どうぞよろしくお願いいたします。第43回環境保全・公害防止研究発表会の開会に当たり、主催者として、一言御挨拶申し上げます。



(会長 奈良県景観・環境総合センター所長 藤井 幸雄氏)

本日は、全国から多数の方々に御参加いただき誠にありがとうございます。

また、本研究発表会の開催に当たり、環境省、国立環境研究所並びに今回本研究発表会の開催準備に御尽力いただきました山形県環境エネルギー部、山形県環境科学研究センターの皆様方に厚く御礼申し上げます。

さて、我々地方の環境研究所では、複雑化、多様化する現代の環境問題を解決するため、地方における環境施策への対応力や各地域の個別に発生する危機管理事象への対応力など、それぞれを充実させることが重要だと考えています。

しかし、厳しい地方財政状況のもと、個々の試験研究機関では対応が難しい調査研究を国立環境研究所さんと共同で実施や当研究発表会を始めとする各関係機関での情報交換・情報共有で対応しているところです。

今日明日の両日の研究発表会では、近年世間で注目されているPM<sub>2.5</sub>関係での大気分野のテーマを始め、水質、生物、廃棄物、化学物質分野の合計50テーマでの研究発表がなされる予定をしております。各研究者の個々の専門分野だけではなく、異なる幅広い研究分野での研究取り組みについても関心を持っていただければよいのではないかと思います。

また、この後すぐ、国立環境研究所社会環境システム研究センター地域環境評価研究室長の肱岡先生による、「地域における気候変動影響へのアプローチ」と題する特別講演がありますが、先程太田室長さんから話がありましたパリ協定も先週日本も批准したところです。

今後、様々な地球環境等に与える地球温暖化に対して、我々を含めた地方自治体、事業者、個人がどのように対応していけばよいのか、非常にタイムリーなところのお話がいただけると思っています。

最後になりますが、本日の発表会が同じ目的・目標に、環境省・国立環境研究所・地方環境研究所の研究者が日頃の取組・成果を発表し、情報交換を行うことにより、さらに協力・共同を進め、皆様の研究がより発展することこの研究発表会が成功することを祈念いたしまして、私の挨拶とさせていただきます。どうもありがとうございました。

## ○山形県のあいさつ

皆さんこんにちは、ようこそ山形においでいただきました。ただいま御紹介いただきました山形県環境エネルギー部長の大森でございます。第43回環境保全・公害防止研究発表会の開催に当たりまして、ホスト県として一言御挨拶を申し上げます。



(山形県環境エネルギー部長 大森 康宏氏)

本日は、環境省の太田室長様や、全国の環境研究機関の皆様など、各地から多数の方々にお越しをいただきました。誠にありがとうございます。

また、この後、国立環境研究所の肱岡先生には、特別

講演をお願いしておりますけれども、お忙しい中、快くお引き受けをいただきまして誠にありがとうございます。本県におきましても、今年度環境計画を見直しているところでございます、大いに参考にさせていただきたいと思っております。

さて、近年の環境問題を見ますと、資源やエネルギーの大量消費による地球温暖化の進行や、PM<sub>2.5</sub>等の大陸からの越境環境汚染など、我が国だけでは解決が難しい、複雑・多様化した諸課題に直面をいたしております。しかし、そうした新たな諸課題についても、これまで公害の時代を乗り越えて各分野で培ってきた技術・知識を駆使して、様々な主体が幅広く連携をして取り組めば必ず解決できるものと確信をいたしております。そういった意味で、この発表会は、関係者が相互に情報交換、交流をしてお互いを高め合うという絶好の機会でありまして、是非、今日明日の2日間積極的に御参加をいただき、今後の連携強化に役立てていただければ幸いです。

また、折角の機会でございますので、この際山形県の状況を若干お話させていただきたいと思っております。本県は、数多くの秀麗な山々、日本百名山が六つございます。また、県内を米沢の南から北の庄内まで縦貫をいたしております最上川、また、全国一の面積を誇っておりますブナの天然林など、美しく大変豊かな自然環境に恵まれております。本県では、このような良好な環境と、暮らしや産業が共に高まり合う「環境先進地山形」の形成を推進いたしております。

また、5年前東日本大震災あるいは原発の事故に際しましては、いち早く避難をされて来られました被災者の方々の受入れをさせていただきました。また、災害廃棄物の処理のお手伝いも真っ先に手を挙げさせていただいたところがございます。その震災の翌年に策定をいたしました「第3次山形県環境計画」においては、エネルギー政策やライフスタイルを見直しまして、環境負荷の少ない持続可能な社会づくりを目指すこととしておりまして、これを踏まえて例えば都道府県レベルで全国初となります地域の新電力会社「やまがた新電力」を昨年設立いたしまして、地域資源を活用した、そして産み出された再生可能エネルギーの導入拡大を図ります等、各般の施策に取り組んでいるところでございます。

このような山形で開催をされます今回の発表会が、皆様の御協力の下で、実り多きものとなりますこと、また全国環境研協議会のますますの御発展と、本日お集まりの皆様方の研究の一層の進展を心よりお祈りを申し上げます。開催県としての挨拶とさせていただきます。2日間どうぞよろしく願いいたします。



### 3. 特別講演

国立研究開発法人国立環境研究所社会環境システム研究センター地域環境影響評価研究室長の肱岡靖明氏により、「地域における気候変動影響への適応のアプローチ」と題して、特別講演が行われました。概要は特集として後に掲載しております。

### 4. 研究発表

50の演題について、A・B会場の2会場で、2日間にわたり研究発表が行われました。以下にその概要を示します。

#### (1) 第1日目

(山形テルサ A会場)

##### ○大気Ⅰ [15:10~16:18]

座長：熊谷 貴美代 (群馬県衛生環境研究所)

1A1-1 沖縄県におけるPM<sub>2.5</sub>成分分析結果について  
(2014年度)

比嘉 良作ほか (沖縄県衛生環境研究所)

1A1-2 島根県における微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) 濃度の  
特徴について

浅野 浩史ほか (島根県保健環境科学研究所)

1A1-3 日本海沿いに配置したPM<sub>2.5</sub>観測網で測定された  
冬季の高濃度事例におけるSulfate/V比とAs/V  
比の二次元プロット法による硫酸塩の発生源解  
析

辻 昭博ほか (京都府保健環境研究所)

1A1-4 兵庫県の多地点におけるPM<sub>2.5</sub>の発生源解析  
中坪 良平ほか ((公財)ひょうご環境創造協会  
兵庫県環境研究センター)

##### ○大気Ⅱ [16:28~17:19]

座長：中坪 良平 ((公財)ひょうご環境創造協会兵  
庫県環境研究センター)

1A2-1 PM<sub>2.5</sub>成分におけるバイオマス燃焼由来レボグル  
コサンのモニタリングと事例解析

浅野 勝佳ほか (奈良県景観・環境総合センタ  
ー)

1A2-2 PM<sub>2.5</sub>年間サンプリングによるPMF高濃度事例解析  
山本 真緒ほか (奈良県景観・環境総合センタ  
ー)

1A2-3 有機マーカーに着目したPM<sub>2.5</sub>の発生源寄与評価  
熊谷 貴美代ほか (群馬県衛生環境研究所)

(山形テルサ B会場)

##### ○水質Ⅰ [15:10~16:18]

座長：菅谷 和寿 (茨城県霞ヶ浦環境科学センター)

1B1-1 琵琶湖における市民協働による水辺空間修復へ  
の取り組み

一瀬 諭ほか (滋賀県琵琶湖環境科学研究センタ  
ー)

1B1-2 志渡沢川の河川汚濁機構解明調査

赤羽 則臣ほか (栃木県保健環境センター)

1B1-3 山形県内における地下水窒素汚染対策の事例に  
ついて

沼澤 聡明ほか (山形県環境科学研究センター)

1B1-4 千葉県における環境放射能調査 (2)

井上 智博ほか (千葉県環境研究センター)

##### ○水質Ⅱ [16:28~17:19]

座長：田中 仁志 (埼玉県環境科学国際センター)

1B2-1 生物応答手法を用いた試験法導入の検討につ  
いて

板倉 直哉ほか (さいたま市健康科学研究セン  
ター)

1B2-2 生物応答を用いた名古屋市内河川の実態調査

長谷川 絵理ほか (名古屋市環境科学調査セン  
ター)

1B2-3 トリクロロエチレンによる広域的地下水汚染の  
改善事例

平塚 達也 (山形県環境科学研究所)

#### (2) 第2日目

(山形テルサ A会場)

##### ○大気Ⅲ [9:15~10:40]

座長：浅野 勝佳 (奈良県景観・環境総合センター)

2A1-1 広島市における大気中揮発性有機化合物 (VOCs)  
の状況

加藤 寛子ほか (広島市衛生研究所)

2A1-2 オゾンスクラバーとしてBPEを用いた環境大気  
中アルデヒド類サンプリングについての検討

岡本 誓志ほか (千葉市環境保健研究所)

2A1-3 兵庫県における大気中PAHsの季節変動とリスク  
評価

吉識 亮介ほか ((公財)ひょうご環境創造協会  
兵庫県環境研究センター)

2A1-4 使用過程車走行時に排出される炭化水素類・ア  
ルデヒド類の調査

秦 寛夫ほか ((公財)東京都環境公社東京都環  
境科学研究所)

2A1-5 熊本震災における環境保全支援活動と今後の課  
題

川寄 幹生ほか (埼玉県環境科学国際センター)

○生物 [10:50~11:58]

座長：後藤 伸幸 (山形県環境科学研究センター)

- 2A2-1 京都府における外来種ミシシippアカミミガメの定着と個体数の劇的な増加について  
多田 哲子ほか (京都府保健環境研究所)
- 2A2-2 樺野川河口干潟における順応的取組について  
恵本 佑 (山口県環境保健センター)
- 2A2-3 森林生態系における生物・環境モニタリング手法の確立  
高橋 善幸ほか (国立研究開発法人国立環境研究所)
- 2A2-4 オープンソースWebGIS技術を用いた情報提供システムの作成  
植田 信夫ほか (新潟県保健環境科学研究センター)

○廃棄物 [13:00~14:25]

座長：佐藤 勉 (山形県環境科学研究センター)

- 2A3-1 橋梁塗膜中PCB及び鉛等有害物質の実態調査  
大塚 英幸ほか (北海道立総合研究機構環境科学研究センター)
- 2A3-2 建設混合廃棄物の拠点化施設設置によるリサイクル向上率の推定  
丹羽 忍ほか (北海道立総合研究機構環境科学研究センター)
- 2A3-3 安定型最終処分場の浸透水における有機物指標の変動と微生物の関係  
平川 周作ほか (福岡県保健環境研究所)
- 2A3-4 産業廃棄物焼却残渣の元素組成調査  
渡辺 洋一ほか (埼玉県環境科学国際センター)
- 2A3-5 管理型最終処分場の廃止に向けたモニタリングの検討  
長森 正尚ほか (埼玉県環境科学国際センター)

○大気IV [14:35~15:43]

座長：川崎 幹生 (埼玉県環境科学国際センター)

- 2A4-1 川崎市における降下ばいじんの60年間の調査結果  
山田 大介ほか (川崎市環境総合研究所)
- 2A4-2 長野県における酸性雨の長期観測 (1989-2014年度)  
小林 利典ほか (長野県環境保全研究所)
- 2A4-3 千葉県における降水成分濃度の近年の状況  
横山 新紀 (千葉県環境研究センター)
- 2A4-4 埼玉県、富山県及び韓国済州島で採取した大気中の細菌群集構造の特徴  
田中 仁志ほか (埼玉県環境科学国際センター)

(山形テルサ B会場)

○化学物質 I [9:15~10:40]

座長：荒堀 康史 (奈良県景観・環境総合センター)

- 2B1-1 LC/MS/MSを用いたゴルフ場農薬多成分同時分析法の開発  
藤沢 弘幸ほか (富山県環境科学センター)
- 2B1-2 公共用水域のLAS分析における固相抽出溶媒について  
吉田 恭司ほか (愛知県環境調査センター)
- 2B1-3 LAS環境基準超過河川における排出源解析  
梅澤 真一ほか (群馬県衛生環境研究所)
- 2B1-4 カエル後期発生における奇形と変態遅延に関するトリアジン系除草剤の比較毒性学的研究  
坂 雅宏ほか (京都府保健環境研究所)
- 2B1-5 国立環境研究所II型共同研究「国内における化審法関連物質の排出源及び動態の解明」の活動成果報告  
西野 貴裕ほか ((公財)東京都環境公社東京都環境科学研究センター)

○水質III [10:50~11:58]

座長：一瀬 諭 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

- 2B2-1 琵琶湖沿岸域における底泥の評価について  
古田 世子ほか (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)
- 2B2-2 裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の化学的な成分に関する調査結果  
渡邊 勇樹 (福島県環境創造センター)
- 2B2-3 猪苗代湖における水生植物の分布状況の把握と北部水域の水質特性  
大沼 沙織ほか (福島県環境創造センター)
- 2B2-4 茨城県における事案の分析例  
菅谷 和寿 (茨城県霞ヶ浦環境科学センター)

○化学物質 II [13:00~14:25]

座長：西野 貴裕 ((公財)東京都環境公社東京都環境科学研究センター)

- 2B3-1 奈良県内河川底質のHBCD濃度調査について  
荒堀 康史ほか (奈良県景観・環境総合センター)
- 2B3-2 福岡市内公共用水域におけるノニルフェノール測定結果  
高村 範亮ほか (福岡市保健環境研究所)
- 2B3-3 土壌中有機汚染物質および重金属類の同時スクリーニング法の開発  
宮脇 崇 (福岡県保健環境研究所)

2B3-4 ダイオキシン類分析で用いる精度管理試料の検討

岩切 良次（環境省 環境調査研修所）

2B3-5 宮城県における公共用水域中のダイオキシン類検出状況について

石川 文子ほか（宮城県保健環境センター）

○水質IV〔14:35～15:43〕

座長：安部 悦子（山形県環境科学研究センター）

2B4-1 武庫川上流域における窒素、りん及びCODの濃度変動

松林 雅之ほか（（公財）ひょうご環境創造協会 兵庫県環境研究センター）

2B4-2 新潟県内河川におけるマンガン調査

大野 峻史ほか（新潟県保健環境科学研究センター）

2B4-3 河川敷における放射性物質の分布状況と除染による効果

鈴木 聡ほか（福島県環境創造センター）

2B4-4 生物応答を用いた排水管理手法による水環境調査のケーススタディ

鏑迫 典久ほか（国立研究開発法人国立環境研究所）

## 5. 閉 会

閉会に当たり、環境省及び山形県から閉会の挨拶が、また、長崎県から次期開催県としての挨拶がありました。

### ○環境省の閉会のあいさつ

第43回環境保全・公害防止研究発表会の閉会に当たって、一言御挨拶申し上げます。2日間にわたる研究発表会、皆様大変お疲れ様でした。この2日間を通して、数多くの調査、研究成果の発表と、活発な御議論が行われた事と思います。これもひとえに、発表者の皆様方の御努力、それから各セッションの座長の皆様の的確な運営、更には、御参加いただいている研究者の皆様方の御協力の賜物と考えております。改めまして敬意を表したいと思います。

環境省といたしましても、財政的にも人間的にも厳しい中であって、御苦勞をされつつも工夫して研究を進めておられる皆様方に対し、引き続き推進費などのツールを使いまして、御支援をさせていただくと共に、皆様方の御意見も踏まえまして、更なる支援方策についても模索して参りたいと考えております。

また、今回のホスト県でございます、山形県、山形県環境科学研究センターの皆様方におかれましては、準備作業や当日の運営に御苦勞もあつたかとは思いますが、円滑かつ的確な運営と、あたたかいおもてなしをしてい

ただきましたことに対し、心より感謝申し上げます。

本研究発表会は、年に一回、全国の地方環境研究所の研究者の皆様方が一堂に会し、調査研究成果を共有すると共に、情報交換を行う貴重な機会でございますので、今後とも継続すると共に、一層充実させて参りたいと考えております。

次回の開催県でございます長崎県さん、及び全国環境研協議会の関係者の皆様方におかれましては、来年の開催に向けて引き続きのお力添えをしていただきますよう、よろしく願い申し上げます。

以上をもちまして、私からの閉会の挨拶とさせていただきます。どうもありがとうございました。

### ○次期開催県のあいさつ

こんにちは、長崎県の矢野でございます。

2日間の研究発表会お疲れ様でした。来年は長崎県という事でございます。沖縄県さんほど遠くございませんが、西のはずれの県でございます。遠うございまして、十分お気を付けていらっしやっていたきたいと思います。



（長崎県環境保健研究センター所長 矢野 博巳氏）

長崎県は、北海道に続きまして全国で二番目の水産県でございます。美味しいお魚が待っております。あと、ちゃんぽん、皿うどん、カステラも待っておりますので、是非ですね、長崎を楽しみに、また一年間研究を積み重ねていただいて、是非多くの方に来ていただきますようお願いいたします。長崎県からの御挨拶に代えさせていただきます。どうもお疲れ様でした。

### ○開催県閉会のあいさつ

皆様、2日間にわたり、大変熱心な御討議、誠に御疲れ様でした。皆様の御協力をおもひまして、盛会のうちに発表会の全日程を終了することができました。

環境省の太田室長様、全環研の藤井会長様、そして特別講演の脇岡先生には、大変お忙しい中御出席を賜りまして、貴重な御提言・御助言をいただきましたことに心

から感謝を申し上げます。

また、各セッションの座長と発表を務めていただいた皆様、聴講者の皆様には、円滑な進行に御協力いただくとともに、最後まで熱心に御討議いただきまして、中身の濃い発表会にさせていただきました。本当にありがとうございました。

今回発表いただきました研究成果や情報交換で得られ

た知見、そして交流を通して築かれたそれぞれのネットワークを、今後の皆様の研究や環境行政の推進に是非役立てていただければ開催県として幸いに存じます。

最後に、次回開催の長崎県の発表会がさらに盛況に開催されますことを御祈念申し上げまして、閉会の挨拶とさせていただきます。

皆様、大変お疲れ様でした。ありがとうございました。

## <特集>第43回環境保全・公害防止研究発表会

特別講演：座長 藤井 幸雄

(全国環境研協議会会長：奈良県景観・環境総合センター所長)

### 地域における気候変動影響への適応のアプローチ

肱岡 靖明

(国立研究開発法人国立環境研究所 社会環境システム研究センター  
地域環境影響評価研究室長)



#### 1. はじめに

気候変動によって、すべての大陸や海洋における自然や人間社会が影響を受けつつあり、将来、気候変動による様々なリスクが懸念されている<sup>1)</sup>。日本においても、気候変動による影響は既に顕在化しており、将来温室効果ガスの大幅な削減が達成されない場合には、気象災害、熱ストレスなどの健康影響、水資源、農業への影響、生態系の変化などを通じて、①国民の健康や安全・安心、②国民の生活質と経済活動、③生態系分野など、広い分野に影響が生じることが懸念されている<sup>2)</sup>。

#### 2. 気候変動適応とは

気候変動の進行を食い止めるために温室効果ガスの削減(緩和)を実施することが、最も重要な対策であるが、緩和を推進しても気候変動の影響が避けられない場合、その影響に対して損害を和らげ、回避し、または有益な機会を活かすために、自然や人間社会のあり方を調整していくことが「適応」である。

気候変動影響のリスクは、人間・社会及び自然システムにおいて、①影響への感受性や受けやすさ、②リスクに曝されるかどうか、③損害・損失をもたらす影響、の相互作用によって望ましくない結果が生じる可能性があることである。このようなリスクは、程度は地域や分野によって様々であるため、地域に応じた法制度や社会システムの整備が重要となる。また、気候変動リスクの負の側面のみにとらわれず、その変化を積極的に生かすという考え方も必要となる。

国際的には、気候変動への適応が、社会における認知と普及の段階から、計画・戦略・法規制及びプロジェクトの構築と実施段階へと移行しつつある。日本においても、適応について総合的かつ計画的に取組を進めるため、関係府省庁が連携し、政府の「気候変動の影響への適応計画」が、平成27年11月27日に閣議決定された<sup>3)</sup>。これに

より、自治体において適応策の検討が促進されていくことが期待されている。

#### 3. 効果的な適応策を行うために

不十分な計画や短期的に過度な成果を求める計画、不十分な将来影響評価に基づく計画など、十分な検討がなされない適応は、将来の気候変動リスクを増大させる懸念がある。そこで、効果的な適応策を実施するためには、以下について理解しておく必要がある。

- ① 各地域の場所や状況など特徴に合わせた実施が重要である。
- ② 計画とその実施は、個人から政府まで、あらゆる層が取り組むことが必要である。
- ③ まず取り組むべきことは、現存する気候変動の脆弱性や曝露の低減である。
- ④ 計画の策定と実施は、価値観や目的、リスク認識に左右される。
- ⑤ 意思決定支援は、意思決定に至る過程や主体者が多岐にわたる場合に、最も効果を発揮する。
- ⑥ 経済的なインセンティブなどにより、適応を促進することが可能である。
- ⑦ 計画や実施には様々な制約が存在する。
- ⑧ 不十分な予測や計画、短期的成果の過度な追求が適応の失敗をもたらす可能性がある。
- ⑨ 世界全体で必要とされる適応と、実際に適応に利用可能な資金にはギャップが存在する。
- ⑩ 適応や緩和には、コベネフィットや相乗効果、トレードオフが存在する。

#### 4. 気候変動適応情報プラットフォーム

地方公共団体、事業者、個人において、気候変動への対策(適応策)を検討する事を支援するために、必要な科学的知見(観測データ、気候予測、影響予測)や関連

情報を収集・整備して、できる限り容易に利用できる形で配信し利用者同士が情報交換をする事を目的として、関係府省庁と連携して促進する「気候変動適応情報プラットフォーム」が、平成28年8月に国立環境研究所に設立された。これにともない開設されたポータルサイト<sup>4)</sup>では、気候変動の影響への適応に関する情報を一元的に発信している。

主なコンテンツとして、①気候変動影響への適応についての解説、②国及び地方公共団体の適応計画、③我が国の分野別影響とその適応策の紹介、④観測された気候データや将来の気候予測、複数の気候モデルによる将来影響予測データ（閲覧・ダウンロード機能付）、⑤地方公共団体の適応計画策定の参考となる「気候変動適応計画策定ガイドライン」、⑥個人の方が身近な影響に適応するための対策の紹介、⑦気候変動影響に関する文献情

報の提供、などがある。このうち④の将来影響予測では、基準期間（1981年～2000年）、2031年～2050年、2081年～2100年の3期間における、国及び都道府県別・影響分野別（農業、水環境、自然生態系、自然災害、健康）影響予測結果のデータを表示・配信している。このようなデータを提供することにより、自治体が長期的な適応策を検討する際の指針となることを目指している。また、⑥の個人のための適応策では、気温の上昇による熱中症の予防策や集中豪雨などの異常気象がもたらす災害への備えなど、気候変動による身近な影響と適応に関する情報を提供している。

今後は、国・自治体・事業者・個人において適応計画や適応策を推進していくために、さらなる科学的知見の創出や集積、発信・配信が求められている。



図1 気候変動適応情報プラットフォームのポータルサイトイメージ図

—参考文献—

- 1) IPCC AR5 WG2 政策決定者向け要約
- 2) 環境省環境研究総合推進費 S-8 2014 年報告書

- 3) 気候変動の影響への適応計画,  
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/28593.pdf>
- 4) 気候変動適応情報プラットフォーム  
<http://www.adaptation-platform.nies.go.jp>

<特集> 第43回環境保全・公害防止研究発表会

各座長によるセッション報告

大気 I

群馬県衛生環境研究所

熊谷 貴美代

本セッションでは、PM<sub>2.5</sub>に関する調査研究について4題の発表があった。

「沖縄県におけるPM<sub>2.5</sub>成分分析結果について（2014年度）」（沖縄県衛生環境研究所）では、PM<sub>2.5</sub>の成分分析データを用いてPMF解析を行った結果について報告があった。PM<sub>2.5</sub>は環境基準よりも低い濃度レベルで、秋冬に濃度が高くなる測定結果が示された。PMF解析の結果では、夏以外の3季節で二次生成硫酸塩を示す因子の割合が最も高く、夏に海塩と解釈される因子の寄与率が高いと報告された。沖縄県は海に囲まれており、アジア大陸からの越境汚染も含め外部からの移流の影響を受けやすい環境であるとのことであった。また夏に海塩の寄与が大きかったことについて、気象的な要因が関係している可能性があり、今後データを蓄積して詳しく解析していくとのことであった。

「島根県における微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）濃度の特徴について」（島根県保健環境科学研究所）では、H25～27年度のPM<sub>2.5</sub>モニタリングデータと成分の通年観測結果から得られたPM<sub>2.5</sub>汚染の特徴について報告された。島根県では、25、26年度に比べて27年度は年平均値が低下し環境基準の達成率が高かった。成分測定の結果から、最も多い成分はSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>で、PM<sub>2.5</sub>濃度が低下した27年度は、前年に比べてSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の減少幅が大きかった。高層気象データの解析で北西系の風向頻度が減少していたことが確認され、中国からの汚染気塊の移流が減少したことによりPM<sub>2.5</sub>濃度が低下したと考察された。

「日本海沿いに配置したPM<sub>2.5</sub>観測網で測定された冬季の高濃度事例におけるSulfate/V比とAs/V比の二次元プロット法による硫酸塩の発生源解析」（京都府保健環境研究所）では、2014年2月に発生した大規模なPM<sub>2.5</sub>高濃度イベントの観測結果を利用し、新たな解析法が提案された。観測は、複数の研究機関において、PM<sub>2.5</sub>自動測定機のテープロ紙を利用して、6時間ごとにPM<sub>2.5</sub>成分（イオン成分・金属成分）を測定するという方法で実施された。

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は石炭燃焼と重油燃焼から発生するが、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>と指標元素の濃度変動やSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/V比やAs/V比の関係性をみることにより、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の起源（石炭由来か重油由来か）についての解釈を試みた。同一の高濃度イベントでも起源は様ではなく、地点によっては石炭由来のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>に重油由来のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>も加わったことを示唆する結果が得られていた。このような解析を行うためには、高時間分解能測定が必要であるとのことであった。越境大気汚染の解明はPM<sub>2.5</sub>対策の重要課題の一つであるため今後の展開に期待したい。

「兵庫県の多地点におけるPM<sub>2.5</sub>の発生源解析」（兵庫県環境研究センター）では、PM<sub>2.5</sub>の発生源寄与解析でよく用いられるPMF解析について、四季と冬季のみの2種類のデータセットでそれぞれ解析を実施し、その結果について比較検証した。一般的には四季データで解析されることが多いが、冬季データに限定することにより、これまで課題となっていた半揮発性二次粒子（NO<sub>3</sub><sup>-</sup>）を複数の因子に分解することができた。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>の発生源では自動車排ガスの寄与割合が最も大きかったとのことである。同様の手法で硫酸系二次粒子についても切り分けが可能になるのかなど、今後の展開に期待したい。発表でも述べられていたように、PMF解析はどのようなデータセットを使うかでその結果は異なる可能性がある。このことを認識した上で、全てのデータセットを使用するだけでなく、目的に応じてデータセットを限定して解析するという考えは他自治体にとっても参考になるであろう。

以上、本セッションの報告から、PM<sub>2.5</sub>汚染状況は地域によって特徴があることが伺えた。多くの地環研でPM<sub>2.5</sub>調査が行われていることもあり活発な議論がなされた。

大気 II

（公財）ひょうご環境創造協会  
兵庫県環境研究センター

中坪 良平

本セッションでは、PM<sub>2.5</sub>に含まれる有機マーカ成分の測定や発生源解析に関する3題の発表が行われた。

「PM<sub>2.5</sub>成分におけるバイオマス燃焼由来レボグルコサンのモニタリングと事例解析」（奈良県景観・環境総合センター）では、PM<sub>2.5</sub>の有機マーカー成分のうち、地域的な影響が大きいと推測されるバイオマス燃焼由来のレボグルコサンを測定し、奈良県のPM<sub>2.5</sub>に対するバイオマス燃焼の影響を評価した事例について報告された。PM<sub>2.5</sub>中のレボグルコサン濃度は、春季と夏季には低濃度で推移したが、秋季と冬季はPM<sub>2.5</sub>と同様の濃度変化を示した。PM<sub>2.5</sub>に含まれるその他のバイオマス燃焼由来物質（カリウムイオン（K<sup>+</sup>）と有機炭素（OC））との関係を解析したところ、秋季にはレボグルコサンとOCは同様の濃度変化を示したが、K<sup>+</sup>は一致しない場合もみられ、K<sup>+</sup>についてはバイオマス燃焼以外の発生源も考慮する必要があることが示された。また、秋季のPM<sub>2.5</sub>の濃度変化は、レボグルコサンと同期する場合と重油燃焼の指標物質とされるバナジウム（V）及び石炭燃焼の指標物質とされるヒ素（As）と同期する場合があります。バイオマス燃焼に加えて重油燃焼由来や石炭燃焼由来の汚染物質の流入の影響を受けている可能性が示された。PM<sub>2.5</sub>に含まれるレボグルコサンの測定データを用いた解析事例は国内では少なく、更なる測定データの蓄積が期待される。

「PM<sub>2.5</sub>年間サンプリングによるPMF高濃度事例解析」（同上）では、2015年度の1年間に奈良県で毎日PM<sub>2.5</sub>の24時間サンプリングを行い、成分測定データを用いた発生源寄与解析（PMF解析）を行った結果について報告された。PMF解析では8因子が抽出され、全期間の寄与割合では硫酸系二次粒子や石炭燃焼の寄与割合が大きく、その他の因子として道路交通、バイオマス燃焼、重油燃焼などの寄与がみられた。また、高濃度日における各因子の寄与割合は、黄砂観測日には土壌の寄与割合が年間値よりも増加し、夏の高濃度日には硫酸系二次粒子の寄与割合が、秋の高濃度日にはバイオマス燃焼の寄与割合が増加したことなどが報告された。特に秋はバイオマス燃焼の寄与割合が他の季節よりも極端に高くなることから、秋のPM<sub>2.5</sub>濃度の低減にはバイオマス燃焼の対策が重要であることが示された。PM<sub>2.5</sub>の通年サンプリングには大変な労力を要するが、高濃度事例を逃すことなくサンプリング出来るため、その成分データを用いた発生源解析結果は、PM<sub>2.5</sub>の低減対策を考える上で非常に有益な知見である。

「有機マーカーに着目したPM<sub>2.5</sub>の発生源寄与評価」（群馬県衛生環境研究所）では、群馬県と埼玉県でPM<sub>2.5</sub>に含まれる有機マーカーの多成分測定を行い、有機マーカー成分の挙動を解析するとともに、PMF解析によりPM<sub>2.5</sub>の発生源とその寄与濃度を推定した結果について報告された。生物起源二次有機エアロゾル（BSOA）のマーカーであるピノン酸と2-メチルテトラオールは季節変動傾向が異

なり、この違いと前駆ガス（α-ピネン及びイソプレン）の濃度レベルとの間に関連がみられることが示された。また、PMF解析では12因子が抽出され、生物起源一次有機エアロゾル（BPOA）を表す因子やBSOAを表す因子、調理を表す因子、バイオマス燃焼を表す因子など、有機マーカーを指標とする特徴的な因子が抽出された。有機エアロゾル（OA）に対する各因子の寄与濃度には地域差がみられ、地域特有の発生源の影響を強く受けている可能性が示された。本報告で実施された観測・分析手法は、常時監視として実施されているPM<sub>2.5</sub>成分測定の一環として実施可能であり、本報告を参考にして全国の地環研でも同様の研究が実施され、より多くの知見が集積されることが望まれる。

本セッションの報告は、3題とも我が国で喫緊の課題となっているPM<sub>2.5</sub>の低減対策にとって重要な知見を示すものであり、今後の展開に期待したい。

## 大気Ⅲ

### 奈良県景観・環境総合センター

浅野 勝佳

本セッションでは、有害大気汚染物質のモニタリングや分析法検討、有害大気汚染物質のリスク評価、自動車排出ガスの調査、及び震災時の環境保全支援活動に関する合計5題の発表が行われた。地方環境研究所が直面する多様な課題であり、有意義な発表であった。

「広島市における大気中揮発性有機化合物（VOCs）の状況」（広島市衛生研究所）では、平成25年度から平成27年度の4地点におけるVOCsモニタリング結果から、VOCsを3グループに分け、主成分分析を用いグループ間の特徴を、月別変動とPRTR排出量から測定場所ごとに解析された。

「オゾンスクラバーとしてBPEを用いた環境大気中アルデヒド類サンプリングについての検討」（千葉県環境保健研究所）では、BPE-DNPHカートリッジを用いてアルデヒド類分析法の検討を行った。また、有害大気汚染物質測定法マニュアルに準じた測定法等の比較を行いBPE-DNPHカートリッジを用いた場合の問題点や課題を示すとともに、今後の発展性についても言及した。

「兵庫県における大気中PAHsの季節変動とリスク評価」（兵庫県環境研究センター）では、PM<sub>2.5</sub>成分分析のコア期間にあわせて、粒子状とガス状、それぞれにおけるPAHs27成分のモニタリングを行った。その結果、粒子状



とガス状に分配されるPAHsの特徴を示し、PAHs間の濃度比を用いて発生源の推定を試みた。また、PAHsのTEF（毒性等価係数）からTDI（耐容1日摂取量）を用いてリスク評価を行った。

「使用過程車走行時に排出される炭化水素類・アルデヒド類の調査」（東京都環境科学研究所）では、近年、車両から排出される窒素酸化物は減少傾向にあるが、光化学オキシダントの生成に寄与する未規制VOC（炭化水素類・アルデヒド類）に関して、小型直噴ガソリン車両と小型ディーゼル車両の調査を行った。各車両のコールドスタート時や加速度の違いによるVOC排出量の傾向が示された。また、使用する燃料組成の相違によるVOC排出量の変化にも言及された。

「熊本震災における環境保全支援活動と今後の課題」（埼玉県環境科学国際センター）では、熊本震災時に環境省のD.Waste-Net災害廃棄物処理支援の一環として、現地で石綿大気モニタリングを実施した貴重な経験を報告された。また、罹災した廃棄物の仮置き場での課題や、震災廃棄物に関する問題も提起された。地方環境研究所では、緊急時環境調査機関ネットワークへの参加も含め、震災等の自然災害に対応できる体制作りが期待されている。

以上、本セッションは発表内容が多岐にわたったが、そのすべてが大気環境行政に直結していることもあり、非常に活発な意見交換がなされた。

## 大気Ⅳ

### 埼玉県環境科学国際センター

#### 川崎 幹生

本セッションでは、降下ばいじん、降雨成分、大気中の細菌群集といった、大気に関わる様々な調査について4件の発表があった。

「川崎市における降下ばいじんの60年間の調査結果」（川崎市環境総合研究所）では、1956年から60年間続いている降下ばいじんの調査結果を行政の降下ばいじん対策と合わせて解析することによる、対策効果の検証などが報告された。降下ばいじん量の顕著な減少は、1962～1964年及び1969年以降の2期間に見られた。前期間は、1962年に国が制定したばい煙の排出規制等に関する法律の対策として、大規模ばいじん排出施設での集じん機の設置等による効果が報告された。一方、後期間である1969年以降は1967年の公害対策基本法、神奈川県による公害

の防止に関する条例、及び1968年の大気汚染防止法の制定により、各事業者がこれら法令に対応したこと、及びその後のオイルショックを契機とした省エネ対策が、降下ばいじん量の減少につながったと報告された。現在、降下ばいじん量は低いレベルで推移しているため、今後は、PM<sub>2.5</sub>の詳細な分析などの大気汚染調査を充実し、より効果的な調査体制を整備するとの報告があった。

「長野県における酸性雨の長期観測(1989-2014年度)」（長野県環境保全研究所）では、長野県内の5地点における降雨水の、イオン類、pH、EC等の調査結果について報告された。各地点のpHは、経年的に若干の上昇傾向があること、及び、白馬村を除く地点で、2000年から2001年度に、特異的な低下が観察されたことが報告された。また、非海塩性硫酸イオン濃度の変化を見ると、2000年度から数年間、三宅島の火山ガスの影響による上昇が観察されたことが報告された。さらに、硝酸イオンと非海塩性硫酸イオンの濃度比の経年変化を示し、増加傾向であることを報告した。長野県は県内や周辺に山が多く、また、火山等もあるため、地形、風向き、三宅島以外の火山の影響等を考慮し、解析を加えることにより、一歩進んだ行政への貢献につながるのではないかと考えられる。

「千葉県における降水成分濃度の近年の状況」（千葉県環境研究センター）では、千葉県が1973年度から実施している酸性雨調査における近年の降水成分濃度及びその推移について報告があった。工業地域である市原や東京に隣接する市川でpHが低く、かつ、高い非海塩性硫酸イオン濃度であり、一方、房総半島の太平洋側に位置している清澄、勝浦、一宮、銚子では、海塩に由来する成分が高い。また、畜産地域の旭では、アンモニアイオンやpHが高い値を示していることが報告された。さらに、フィルターパック法による測定結果、及び過去の事例から、2012年頃の降水中の非海塩性硫酸イオン濃度の低下は三宅島の火山活動由来であると推察している。

「埼玉県、富山県及び韓国济州島で採取した大気中の細菌群集構造の特徴」（埼玉県環境科学国際センター）では、細菌、菌類、花粉などのバイオエアロゾルに着目し、埼玉県、富山県、济州島（韓国）で採取されたバイオエアロゾルから抽出されたDNA試料を用いたDGGE解析による比較が報告された。採取したすべての試料でDGGEバンドパターンが検出できたこと、及び、各採取場所で特徴的なバンドが検出されたこと等から、試料採取からパターン検出までに障害はなく、日韓におけるバイオエアロゾルの比較と特徴の把握が可能であるとの報告があった。また、細菌群の地域特性から、越境輸送の可能性も示唆しており、非常に興味深い研究報告であった。

## 水質 I

### 茨城県霞ヶ浦環境科学センター

菅谷 和寿

本セッションでは、「琵琶湖における市民協働による水辺空間修復への取り組み」、「志渡淵川の河川汚濁機構解明調査」、「山形県内における地下水窒素汚染対策の事例について」、「千葉県における環境放射能調査(2)」と、多岐にわたる分野の発表が行われた。

「琵琶湖における市民協働による水辺空間修復への取り組み」(滋賀県琵琶湖環境科学センター)では、これまでの沿岸帯機能評価の研究成果を踏まえ、湖岸を緩傾斜化し砂浜を整備することで、底層の溶存酸素濃度の上昇とそのことによる藍藻類の発生抑制等の水質改善が図れることを示し、琵琶湖固有種であるセタシジミの復活を掲げた市民協働による水辺空間の修復に取り組む計画の説明がされた。良好な環境が損なわれた河川、湖沼を抱える地域では、自然再生推進法に基づく自然再生協議会を設置し、自然環境の保全・再生等を試みている。今回の琵琶湖の事例では、そのような自然再生協議会を設置せずに、NPO法人等市民の協力を得ながら水辺空間の修復を試みるもので、永続的な意識の維持や活動資金の調達に課題があるが、演者らはセタシジミのブランド力を活用した仕組みを用意しているようである。来年度からの成果に大いに期待したい。

「志渡淵川の河川汚濁機構解明調査」(栃木県保健環境センター)では、大谷川の支流の一つである志渡淵川の環境基準類型当てはめを現在のB類型からA類型に変更するための基礎的調査の結果が報告された。調査は、河川長約2kmに4地点の水質調査と、河川流域を5ブロックに分けた汚濁負荷量調査に大別される。まず、水質調査では、流下に伴う水質の改善効果をStreeter-Phelps式を用いて解析し、河川自浄係数を求め、次に、統計資料や将来計画を基に平成32年度の発生汚濁負荷量を見積もり、最後にこれらの値を用いて河川水質を推定し、将来においても良好な水質が維持されることを示した。この結果を基に栃木県では、平成28年度に志渡淵川の環境基準の当てはめをA類型に変更した。質疑応答では、調査回数も限られており、丁寧な調査が必要であったのではないかと指摘があった。志渡淵川は、日本を代表する観光地の一つである日光市を流下する河川で、より良好な河川水質を達成し、観光を後押ししようとする栃木県の意識の高さがうかがえる発表であった。

「山形県内における地下水窒素汚染対策の事例について」(山形県環境科学研究センター)では、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素による地下水汚染を改善した事例が発表された。汚染原因は、主に生活排水と施肥によるものと考えられ、窒素負荷量の寄与率は、この二つで約80%を占める。汚染対策は、「硝酸性窒素対策連絡調整会議」を設置し、各種対策が実施されている。この中で注目すべきは、農家自身が施肥量を削減する取り組みを行ったことである。県園芸試験場が施肥を減じても収量、品質に悪影響が出ない栽培法を開発し、JA等の農業団体がその栽培法を普及させ、農家が実行する、というように農業関係者の意識が地下水質の改善に向け一つになったことが成功の鍵と考えられる。日本全国で硝酸性窒素による地下水汚染が発生していることを鑑みると、本発表を手本に各自治体の取り組みが進展することを期待したい。

「千葉県における環境放射能調査(2)」(千葉県環境研究センター)では、手賀沼上流域の調整池及びその周辺における、水、土壌、底泥及び降下物中の放射性セシウムの動態を調査した。既往の研究では、土壌や底泥中の放射性セシウムは小径の土壌等の粒子に吸着され易いと報告されているが、今回の調査ではそのような関係は認められず、原因として関東ロームの土質による影響と推察した。このような調査は、住民の安心・安全につながるもので、地方環境研究所の使命と考えられる。

本セッションにおいては、地方環境研究所が対応している様々な課題の研究成果に触れることができた。今後の研究推進と積極的な情報発信を期待したい。

## 水質 II

### 埼玉県環境科学国際センター

田中 仁志

本セッションでは、現在、国が導入を検討している生物応答を用いた排水試験に関連する発表が2題、トリクロロエチレンによる地下水汚染に関する発表が1題、計3題の発表が行われた。概要は次のとおりである。

「生物応答手法を用いた試験法導入の検討について」(さいたま市健康科学研究センター)は、生物応答試験に用いる水生生物の飼育方法に関する検討を行ったものである。本発表では、活性炭処理した水道水と市販ナチュラルミネラルウォーター「コントレックス」を混ぜた飼育水で、ニセネコゼミジンコの繁殖が一年を通じて安定

したこと、塩化ナトリウムを用いた精度管理の結果は、実施回数は2回と少なかったものの、基準 $IC_{25}$  1~1.3ppmに適合するなど安定していたことなど、基礎的ではあるが有用な知見が報告された。一方、質疑応答では、「環境水を対象とする際には硬度の違いが問題になる可能性がある。実験条件の硬度は非常に高いが、日本の河川水は低いので、河川水ではどのように対応するのか」という質問に対して、「(調査対象である)さいたま市内の河川水硬度は比較的高く、硬度100を超える場所もあるので、硬度に関しては安定するのではないかと考えている」との答弁があった。さらに、「河川では水質事故時など緊急対策のためのスクリーニングや安全確認には使えないか」との提案など、今後検討すべき課題や活用方法として、示唆に富んだ議論が行われた。ニセネコゼミジッコを用いた試験に取り組んでいる複数の研究者から、なかなか安定して飼育ができず苦労しているとお話を伺うが、本報告は参考にすべき事例であろう。

「生物応答を用いた名古屋市内河川の実態調査」(名古屋市環境科学調査センター)は、名古屋市内の河川を対象にした生物応答を用いた調査結果が報告された。その内容は、調査したほとんどの地点において生物応答による影響は見られなかった。一方、一部の河川の地点は感潮域に当たり、海水の影響を受けTU値が高くなったが、淡水棲生物を使用する試験であるためにやむをえない現象と考えられる。天白川では、甲殻類のNOECが1.56%になった地点があり、Niが原因として疑われる、などであった。質疑応答では、「甲殻類が大きいTU値を示す原因として塩分濃度以外にも殺虫剤の影響が考えられるか」という質問については、「今年度農薬の調査を予定している。また、Niの由来については、いつも高いのか、一度のものだったのか確認する必要があると考えている。発生源と考えられる地点は、市外なので調査が難しい面がある」との答弁であった。さらに、参加者からのコメントとして、「試験データは安定しており、スクリーニングに使えらると思う。農薬は春先の農業排水、水田では7、8月にも殺虫剤を散布する、また、果樹園でも使うので注意したらよい」とのことなので、参考にして欲しい。本研究は、地環研の行う取組として先進的であり、河川を対象にした生物応答試験の一般化に必要な知見の蓄積が見込まれるため、引き続きの調査をお願いしたい。

「トリクロロエチレンによる広域的地下水汚染の改善事例」(山形県環境科学センター)は、山形県が実施した平成3年度の地下水概況調査で見つかった、有機塩素化合物による広域地下水汚染の浄化対策とその効果に関する発表であった。地下水汚染の対策には非常に時間がかかることを改めて認識させられる一方、時間は要す

るものの適切な対策によって、環境基準を達成するまで地下水浄化に成功した貴重な事例であった。本発表では、原因者と考えられたX社は、酸アルカリ表面処理事業場であり、使用していたトリクロロエチレンが漏洩したものと考えられた。トリクロロエチレンの浄化対策中、濃度が急激に下がるという興味深い現象に対して、県では、汚染対策の効果なのか、震災の影響なのか、再調査を行った。その結果として、深層へは移動していない、地下水の流れには変化がない、分解生成物は検出されないなどの特徴があった。さらに、同時に測定しているクロロホルムには濃度変化がないことから、浄化効果と結論した、などが報告された。一方、参加者とは次のような活発な討議があった。「急激にトリクロロエチレン濃度が下がったのは、バリア井戸の設置前か後か」については、「バリア井戸設置前である」。また、「一般に有機塩素化合物汚染では分解生成物も同時に検出されるが、今回の事例はどうか」については、「塩ビモノマーなどは検出されなかった」。また、「水が安全かどうか調べる方法として、生態影響試験は重要ではないか、そうした取組はあるか」については、「現在は環境基準に注目しており、生物試験は実施していないが、安全性確認は重要であるので、今後検討したい」とのことであった。今後はモニタリングの継続のみならず、本事例を活用した汚染防止の啓発方法についても他自治体の参考となるように、積極的な情報発信をお願いしたい。

最後に、本セッションにおいても有意義かつ活発な質疑応答が行われた。御協力いただいた発表者、参加者及び会場運営者の各位に対して、ここに記して深謝する。

### 水質Ⅲ

#### 滋賀県琵琶湖環境科学センター

##### 一瀬 諭

本セッションでは、「琵琶湖沿岸域における底泥の評価について」、「裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の化学的な成分に関する調査結果」、「猪苗代湖における水生植物の分布状況の把握と北部水域の水質特性」、「茨城県における事案の分析例」の計4題の研究発表があった。いずれも地方環境研究所が取り組むべき課題であり、とても有意義な発表であった。

まず、「琵琶湖沿岸域における底泥の評価について」(滋賀県琵琶湖環境科学センター)では、底泥表層部を厚さ1mmごとにDOの微細な鉛直分布を調べたとこ

ろ、人工的湖岸帯では酸化還元境界層が薄くなり、微細な藍藻が多く分布していることが明らかとなった。今後は、底泥中における藍藻の現存量やその発生機構などを明らかにして、アオコの発生予測などにも活用されることを期待したい。

次に「裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の化学的な成分に関する調査結果」（福島県環境創造センター）では、五色沼湖水の化学的成分の中で、近年はpHが上昇し中性化の傾向にあり、大腸菌群数も増加傾向にあることなどが発表された。その原因としては磐梯山からの硫黄化合物供給量が減少してきている影響が大きいことが指摘された。今後は磐梯山の火山活動低下によると思われるpHの上昇や大腸菌群数の増加だけでなく、人為的な畜産等の汚染源の調査や他の水源からの水質影響についても本研究を拡大して取り組まれることを期待したい。

「猪苗代湖における水生植物の分布状況の把握と北部水域の水質特性」（同上）では、繁殖力が強いヒシが沿岸帯において分布域を拡大し、他の浮葉植物の生育を阻害していることや、天神浜の10月においては大量のヒメホタルイやセキショウモ、ヒシなどの水生植物が吹き寄せにより漂着しているとのことであったが、この漂着した水生植物の除去方法やその有効活用方法についても検討を進め、さらに、湖水中のTOC濃度の季節変動と水生植物の繁茂状況や漂着物量との関係についても、今後、明らかにされることを期待したい。

最後に、「茨城県における事案の分析例」（茨城県霞ヶ浦環境科学センター）では、水質、騒音、振動、土壌、廃棄物など平成24年以降、年間40件を超える分析依頼があり、中でもボラやアユなどの魚類斃死による原因物質特定事例については、河川水からのフェニトロチオン（MEP）が原因物質であることが明らかとなり、地下水の変色原因の特定事例については、食品添加物の青色1号が着色原因物質であったことなどが発表された。そして、このように行政側からの依頼により対応しなければならない事案は、迅速に対応しなければならないため、全国の地方環境研究所が対応した事案をデータベース化し、随時、各地方環境研究所が参照できるようにすることが有効であることなども発表された。

今後、このような緊急時対応については、早期に安全確認のできるバイオアッセイを用いた簡易急性毒性試験法などの導入についても検討したらどうかとの意見も出された。

以上、本セッションは発表内容が、湖沼水質や緊急水質事案などの水環境行政に直結していることもあり、すべての発表において質疑を制限時間のために打ち切る必要があるくらい活発な意見交換がなされた。地方環境研

究所としてもたいへん有益な発表であったと考える。

## 水質Ⅳ

### 山形県環境科学研究センター

安部 悦子

本セッションでは、りんの状態別分析を含む貯水池流入河川の水質調査、マンガン含有河川の流域における発生源調査、震災後の福島県内河川敷における放射性物質除染の効果、生物応答手法による水環境汚染の評価方法についての計4題の発表が行われた。

「武庫川上流域における窒素、りん及びCODの濃度変動」（兵庫県環境研究センター）では、季節ごとの流量、水質の変動や貯水池への流入負荷量について支川ごとの解析を行った結果、全窒素は生活排水の影響によることが推測された。また、全りんは農業活動による面源負荷が推定され、季節的な負荷量の変動も大きく、降雨等により粒状態で湖内に流入し底泥に蓄積されている可能性が示唆された。

環境改善策として、地域のコミュニティーを主体とした排水改善対策や施肥対策を推進する農林サイドとの協力等、関係機関との連携の重要性が確認された。

「新潟県内河川におけるマンガン調査」（新潟県保健環境科学研究所）では、県内に全マンガン（T-Mn）が指針値を超過する河川が多く、そのなかでも比較的高い値が検出される大通川流域を対象としてMnの起源に関する調査結果が報告された。

河川水、地下水、底質及び土壌のT-Mn濃度を一部嫌気性条件も含め分析した他、河川流量から負荷量を算出し、下流への蓄積が流域全体からのものであると結論づけた。さらにPRTR届出施設からのMn負荷量は指針値超過の主因ではないと推定した。それらの結果から大通川流域における超過の原因は自然由来と判断した。今後、地質調査資料の入手などにより、この推定結果の確認や今後のMn濃度変動予測等の成果が期待される。

「河川敷における放射性物質の分布状況と除染による効果」（福島県環境創造センター）では、放射性セシウムの移動が水を介することを踏まえ、河川における鉛直分布の調査結果をもとに除染を実施、その効果を検証した。

洪水等に伴う高水敷の土砂浸食・堆積量はリング法を用い、除染前には深度20cmまで高濃度で放射性セシウムが保持されている地点が存在したことから、剥ぎ取り深

度を5cmと固定せず地点ごとの除染を行った。その後の大洪水による浸食・堆積では砂礫の放射性セシウム濃度が低いことから空間線量率は上昇しなかった。しかし、小規模洪水の場合、放射性セシウムがシルト・粘土の内部に入り込んだ形態で存在し流速の遅い地点に堆積しやすいため、その地点の空間線量率が高くなったと考えられる。これらは、河川敷の除染技術に有用な知見であり、今後の詳細な調査についても注視していく必要がある。

「生物応答を用いた排水管理手法による水環境調査のケーススタディ」（国立環境研究所）では、これまでの化学物質個別管理手法では網羅できない膨大な量の化学物質を管理するための新たな手法、「生物応答手法」の実河川水等を用いた調査結果が報告された。

本研究はI型研究を発展させ、複数の研究機関による技術協力及び試料提供により化学物質による複合的汚染の実態把握及び水環境保全の推進をめざしている。

現在、米国、欧州及び韓国などで事業所排水を対象として生物応答手法が用いられているが、日本においても「生物応答を用いた排水試験検討案」が作成された。本研究は事業場排水の他、環境水にも適用する方向で検討しており、今回1か所の事業場排水において3種類の生物で影響が確認された。また、河川水は全ての地点で無影響であった。今後は詳細なサンプリング条件の検討を行いながら、参加協力機関の拡大及び技術協力を推進することから、本手法による成果が期待される。

本セッションは、様々な地域における詳細な調査を通し、水環境保全対策の方向性を明確化するという地環研共通の課題発表であり、本研究手法が各地域の水環境改善に活用されることが望まれる。

## 化学物質 I

### 奈良県景観・環境総合センター

#### 荒堀 康史

本セッションでは、化学物質の分析方法・環境調査・毒性に関する研究報告として、5題の発表が行われた。

「LC/MS/MSを用いたゴルフ場農薬多成分同時分析法の開発」（富山県環境科学センター）では、排水中の農薬濃度について、指針値が示される物質が大きく増加したことから、効率的な分析法が必要となったため本手法を開発された。本方法は、前処理の固相抽出を省略し、試料を直接LC/MS/MSで測定する方法で、最大限省力化されている。一部の物質についてはマトリックス効果が見ら

れたが、実用面ではかなりの省力化が期待出来る。

続いて昨年度も本発表会で複数の講演があったように、地方環境研究所での関心も高いLASについての報告が2題続いた。「公共用水域のLAS分析における固相抽出溶媒について」（愛知県環境調査センター）では、LASの前処理について公定法では固相からの溶出にメタノールを用いるが、この溶出溶媒にアセトニトリル・水混液を用いることで、前処理の手数及び溶媒使用量の削減を狙ったものである。検討結果はLAS回収率では公定法とほぼ同等と言える結果で、LAS-C14については若干低いものの、家庭用洗剤製品中にはほとんど含まれない成分であり、実際上の問題は少ないと思われる。本方法では公定法と比較しても、ブランクの増加は見られず、実試料の定量値を比較しても良好な相関があったため、こちらも実用面で有用な方法と思われる。

「LAS環境基準超過河川における排出源解析」（群馬県衛生環境研究所）では、LASの環境基準値を超過している休泊川について、本流及び流入河川を調査することにより発生源の寄与を解析し、環境改善方法へのアプローチを試みるものである。本調査では、LAS、流量以外に生活排水が原因と考えられる項目や重金属類を測定し、対象とした4つの支流のうち、特定の支流からの負荷が大きいたことが示された。質疑では流達時間に関する内容もあり、分解しやすい物質については物質収支だけでなく河川の自然浄化による減少の可能性についても指摘される等、活発な討議がなされた。

「カエル後期発生における奇形と変態遅延に関するトリアジン系除草剤の比較毒性学的研究」（京都府保健環境研究所）では、半数致死濃度より1~3桁低い濃度で、トリアジン系除草剤がオタマジャクシの変態（後肢及び前肢の形成）に与える影響試験をされていた。結果は対照群と暴露群の比較が写真で示され、わかりやすい解説であった。これらの農薬の急性毒性は弱いが、成長・発生阻害作用は半数致死濃度の1/10~1/1000の濃度でも観察された。この濃度レベルは通常の河川水等の濃度レベルよりかなり高いとのことであるが、水生生物への影響評価として、このような急性毒性以外の毒性評価も必要であり、多くのデータを集積されることを期待する。

「国立環境研究所II型共同研究「国内における化審法関連物質の排出源及び動態の解明」の活動成果報告」（東京都環境科学研究所）では、共同研究の3年間の実施内容・成果について報告された。本研究での主な対象物質は、化学物質審査規制法の第一種特定化学物質であるヘキサプロモシクロドデカン（HBCD）及び、同法監視化学物質に指定されている物質（UV327）を中心としたベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤である。本共同研究は参加

機関も最大29機関と多く、各機関が試料送付や分析を担当した。HBCDでは排水試料の濃度範囲・各異性体の比率・水生生物への影響評価について報告された。ベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤については、道路粉じん調査を中心に報告され、道路交通量との相関があることが示された。これら広域の調査により化学物質の排出源や挙動について明らかにされつつあり、次期の活動にも大いに期待したい。

本セッションでは、省力化を目的とした分析法開発、基準値超過の事例報告、奇形・変態に関する毒性評価、共同研究による広域的な化学物質の動態解明と化学物質に関する幅広い報告がなされ、地方環境研究所の業務に関する有益な報告・討議がなされた。

## 化学物質Ⅱ

### 東京都環境科学研究所

#### 西野 貴裕

本セッションでは、化学物質に関する5題の調査・研究発表が行われた。

「奈良県内河川底質のHBCD濃度調査について」（奈良県景観・環境総合センター）では、奈良県内の河川を対象に底質中の臭素系難燃剤のヘキサブROMシクロデカン（HBCD）の濃度実態を調査している。環境中に存在するHBCDには主に $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 体の三種類の異性体があるが、調査地点によってその比率にバラつきがあることを報告している。また、底質試料は試料自体の不均一性に基づく測定値のバラつきにも言及し、その課題について提言している。これらの課題の検討を通じ、分析技術のさらなる向上に期待していきたい。

「福岡市内公共用水域におけるノニルフェノール測定結果」（福岡市保健環境研究所）では、平成25～27年度にかけて実施した福岡市内の河川及び博多湾における水質試料、底質試料のノニルフェノール調査のデータをまとめて報告している。現時点でノニルフェノールは水質試料から検出されてはいるものの、水生生物保全に係る水質環境基準値（生物特A）未満であった。全体的に濃度自体は減少傾向にあると思われるため、今後も監視の継続を期待したい。

「土壌中有機汚染物質および重金属類の同時スクリーニング法の開発」（福岡県保健環境研究所）では、事故や災害等に伴う化学物質漏えいをはじめとした緊急時への迅速対応の実現を目的として、マイクロ波抽出

法による土壌中の有機汚染物質及び重金属類の同時抽出法を開発し、その内容を報告している。今回の報告では、抽出溶媒の酸濃度や抽出温度及び時間に関する検討を行い、実際の現場試料（ガレキ集積場土壌試料）の調査も行っている。抽出効率について課題の残る物質も一部あるものの、実際の土壌汚染現場での試料分析にも有用であることが確認された。今後、抽出方法の更なる改善を通じ、緊急時対応の有用なスキームとして普及していくことに期待したい。

「ダイオキシン類分析で用いる精度管理試料の検討」（環境省環境調査研修所）では、精度管理用の試料として保管や配布に課題の残る水媒体について、水溶性の樹脂フィルムに梱包した土壌の既知濃度試料を精製水（ヘキサン洗浄水）に混合する方法を用いて、その有用性を検討している。分析データや回収率に多少の課題は残るものの、簡便な精度管理用水試料の調製方法として有用な方法と考えられる。今後、回収率等の課題の克服を通じて、実用化へと進んでいくことを期待したい。

「宮城県における公共用水域中のダイオキシン類検出状況について」（宮城県保健環境センター）では、宮城県内の公共用水域におけるダイオキシン類について、これまで実施してきたダイオキシン類の調査データについて報告している。平成27年度のデータに着目すると、水試料については12地点中2地点で環境基準値を超過していたものの、底質は全ての地点で基準値を満たしていた。また、県内のデータを解析したところ、過去に使用されてきた農薬の影響が現在も残っていることが示唆された。今後も、モニタリングを継続し、推移を監視するとともに情報の集積に期待したい。

## 生物

### 山形県環境科学センター

#### 後藤 伸幸

「京都府における外来種ミシシippアカミミガメの定着と個体数の劇的な増加について」（京都府保健環境研究所）では、府南部のため池において、侵略的外来種ワースト100にリストアップされているミシシippアカミミガメ（以下アカミミガメ）と日本固有種であるニホンイシガメなどの個体数の変化について調査した。1999年に京都大学で実施した捕獲調査では、ほとんどが、ニホンイシガメやクサガメの在来淡水ガメで占められ、アカミミガメは総個体数の1%程度であったが、2015年の調査で

総個体数の50%を超え、劇的な個体数の増加が確認された。さらに、年齢構成をみると若い個体が多いことから定着の初期段階であると考えられ、今後さらに増加することが危惧される。これらのことから、積極的な排除など、有効な対策が早期に措置されることが望まれる。一方、ニホンイシガメの個体数は著しく減少していることが判明し、様々な要因が考えられたが、ニホンイシガメの前後肢の欠損の状況などから、アライグマの攻撃や卵の捕食によるものと示唆された。また、周辺の開発などによる影響も考えられるなど、ニホンイシガメの環境に対する感受性の高さがうかがわれた。

「榎野川河口干潟における順応的取組について」（山口県環境保健センター）では、山口湾における有用水産物のアサリは1990年代に、個体数の減少により捕獲できなくなった。そのような中、榎野川河口干潟では、地域の流域住民による自然再生協議会を立ち上げ、森・川・里・海の連携、産・学・官・公の協働による、アサリを自然再生の象徴とした里海づくりに取り組んでいる。山口湾においては、捕食圧が高いと考えられていることから被覆網を設置し、1年間の生存試験を行っている。網の目合いに違いはあるが、15mmの場合生存率は40%であり、網無しの生存率0%に対し保護効果が高いことが示された。また、通水性の確保など、生息環境の改善を図るため、干潟の耕耘を行っているが、そこで造成された“うね”には干潟の表面温度を低下させる効果が確認されており、被覆網の設置と組み合わせるとアサリ稚貝の着底量が多いことも示唆されている。一方、上流では竹林面積の増加に悩まされているが、この竹を利用したアサリ育成についても検討されており、その中で、アサリ幼生や着底直後のアサリの保護・育成に一定の効果が得られている。このような、川上から川下までの連携による資源の有効活用は極めて重要であり今後も活用方法の検討を進めていただきたい。

「森林生態系における生物・環境モニタリング手法の確立」（国立環境研究所）では、森林生態系の衰退/健全度を的確に評価し、その劣化兆候を早急に把握し、迅速に対処するため、森林生態系の衰退度調査と想定される衰退要因（オゾン、乾燥化、シカ被害等）について、生態学的及び環境科学的視点から、総合的に判断するための長期継続モニタリング手法について検討を行っている。この研究では、全国各地で衰退減少が報告されているブナやダケカンバについて、樹木全体、枝、葉の3項目を目視で調査し衰退度について総合判定を行う目視衰退度調査と大気汚染物質の調査などを行っている。目視衰退度調査については、担当者による調査基準のずれや、調査木の選定の難しさなどの課題があり、客観的指標に

ついて検討されている。また、大気汚染物質の調査については、パッシブサンプラーを使用した調査手法について、技術的知見を集積している。今後研究がさらに進み、継続モニタリング手法が確立され、全国各地において同一の手法でモニタリング調査が行われることを期待したい。

「オープンソースWebGIS技術を用いた情報提供システムの作成」（新潟県保健環境科学研究所）では、オープンソースのWebGIS技術を用いた情報システムを検討している。行政側からの要望に合わせクマの出没を題材に実際に出没情報システムを作成した。これまでのシステムでは、PDF画像を使用しているため、出没件数が増えると拡大しても画像が重なり見づらい、所在地など詳細な情報が表示できない、更新作業に時間を要する等の問題があった。そこで、地点情報を伴う情報を提供するのに有効なWebGIS技術を用いたシステムを作成し、情報を見やすく、また、更新作業の時間の軽減を図っている。また、基図を無償で利用できる国土地理院提供の地理院タイル標準地図を使う等、低コストで作成されている。このシステムは、住所を持つ他の情報に容易に応用できるとのことなので、今後、様々な分野で情報発信に利用していただきたい。

## 廃棄物

### 山形県環境科学研究所

#### 佐藤 勉

本セッションでは、産業廃棄物の有害物質や重金属の調査結果、建設混合廃棄物のリサイクル及び最終処分場の管理等に関する5題の発表があり、会場から各地の実情等を踏まえた掘り下げた討論や活発な意見交換が行われた。

「橋梁塗膜中PCB及び鉛等有害物質の実態調査」（北海道立総合研究機構環境科学研究所）では、1968～2000年に塗装された橋梁塗膜10検体を採取して、PCB、Pb、全Crの含有濃度を測定した。PCBは5検体から検出（0.032～2800mg/kg）され、カネクロール500又は600のほか、ナフトールAS顔料やアゾ系顔料に由来するものがあつた。Pbは主に錆止めとして下塗り層に含まれ、すべての検体から検出され、うち7試料は10,000mg/kg以上であつたが、溶出試験では特別管理産業廃棄物にあたる検体は2検体のみであつた。Crはすべての検体から40～5000mg/kgの範囲で検出されたが、溶出基準を超える検体はな

かった。

「建設混合廃棄物の拠点化施設設置によるリサイクル向上率の推定」（同上）では、北海道内で年間83千トン発生する建設混合廃棄物の減量化のために、全道において高度に処理できる中間処理施設（「拠点施設」）の設置のあり方を廃棄物の搬送モデルを用いて検討した。シミュレーションの結果、道内の札幌石狩、道北、道南、道東及び胆振の5圏域に拠点施設を設置すると、最終処分量（率）は42,936トン（79%）から23,554トン（43%）に減少し、リサイクル率は21%から57%に増加する結果となった。

「安定型最終処分場の浸透水における有機物指標の変動と微生物の関係」（福岡県保健環境研究所）では、県内の安定型最終処分場において硝化反応に由来する酸素消費（N-BOD）が高い割合になっている浸透水が確認されたため、浸透水及び浸透水を処理施設でばっ気したものを対象として、2011年9月から2016年2月までBOD等の有機物指標とN-BODほか関係項目を測定して継続的な変化を調査した。ばっ気処理した浸透水ではN-BODの割合が高く、硝化反応の影響が大きいことが示唆され、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合が高い時期ほどN-BODは高値を示した。また、降水の影

響を受け、硝化反応が十分進行していない場合は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合が高く、N-BODの上昇に寄与すると推察された。

「産業廃棄物焼却残渣の元素組成調査」（埼玉県環境科学国際センター）では、産業廃棄物焼却施設から採取した焼却残渣の元素組成を蛍光X線分析装置により分析し、主要元素の含有量の分布や、燃えがらとばいじんの違い等について調査した。元素含有量の結果は、PRTR制度における金属類の焼却処理に伴う排出量推計のためにも有用と思われる。燃えがらと集塵灰について検出率の高かった元素を比較すると、B, F, Zn, Pbは集塵灰の濃度が高く、Cuは燃えがらの濃度が高い傾向があった。

「管理型最終処分場の廃止に向けたモニタリングの検討」（同上）では、埋立期間中の管理型最終処分場（焼却灰や不燃物を埋立てた、埋立総量約41.5万トン、埋立深度約17.5mの7層の処分場）において、第3層と第5層にガス調査管（直径10cmのPVC）を設置して、層内温度、浸出水質及びガス組成を7年にわたり調査した実測データに基づいた報告があった。このような継続したモニタリング調査結果は、処分場の安定化や廃止基準等について考察する上で有用と思われる。



<報文>

## 千葉県の工業地帯とバックグラウンドにおける放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) を用いたPM<sub>2.5</sub>中炭素成分の化石燃料起源と非化石燃料起源の寄与解析\*

市川有二郎\*\* 大橋英明\*\*\* 堀本泰秀\*\* 石井克巳\*\* 内藤季和\*\*

Key Words ①PM<sub>2.5</sub> ②Radiocarbon ③ $^{14}\text{C}$  ④non-fossil-derived carbon ⑤fossil-derived carbon

### Abstract

Radiocarbon ( $^{14}\text{C}$ ) in ambient aerosol was measured to estimate the contributions of fossil and non-fossil sources to the carbonaceous components (OC and EC) of fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>). Samples were collected seasonally (winter, spring, summer, fall) in 2015 in Ichihara (industrial site) and Katsuura (remote site) of Chiba Prefecture, Japan. In terms of OC, fossil sources tended to contribute less than non-fossil sources at both sites, with the exception of the summer campaign of Ichihara. The contribution of non-fossil OC to total OC ranged between ca. 60-70% for Ichihara and ca. 70-90% for Katsuura, respectively, indicating the importance of non-fossil sources to PM<sub>2.5</sub>. The high ratio of non-fossil derived OC to total OC was obtained in the fall (Ichihara=73.5%, Katsuura=91.0%), which could be attributed to the impact of biomass burning that is often practiced on farmlands in fall and winter after the harvest period. In terms of EC, with the exception of the summer campaign of Ichihara, the contributions of fossil and non-fossil sources were approximately the same (ca. 50%) for both sites. Unlike the other results, fossil sources contributed more to both OC and EC during the summer campaign of Ichihara. This could be attributed to the influence of secondary organic carbon derived from anthropogenic pollution, such as from industry and automobile exhaust.

### 1. はじめに

微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) の構成物質の一つである炭素成分は、基本的に元素状炭素 (EC) と有機炭素 (OC) の2種類に分類され、それぞれの発生源情報を把握することは、今後のPM<sub>2.5</sub>低減化対策を進めていく上で意義がある。ECとOCの発生源寄与を化石燃料起源炭素 (fossil-derived carbon) と非化石燃料起源炭素 (non-fossil-derived carbon) の2つに区別する手法として放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) を用いた解析アプローチが注目されている。Fig. 1に示したように、大気圏上層で宇宙線によって生じる熱中性子と $^{14}\text{N}$ との生成核種である $^{14}\text{C}$ は、 $^{14}\text{CO}_2$ として大気圏を拡散し、光合成を通して植物体内に固定され、食物連鎖により動物に取り込まれる。現生生物から放出される花粉、孢子、生物起源揮発性有機化合物、植物残渣のバイオマス燃焼などに由来する $^{14}\text{C}$ 濃度は、現在の大气中 $\text{CO}_2$ の $^{14}\text{C}$ 濃度と等値に扱える。一方、化石燃料については原料である動植物が生体活動を停止すると

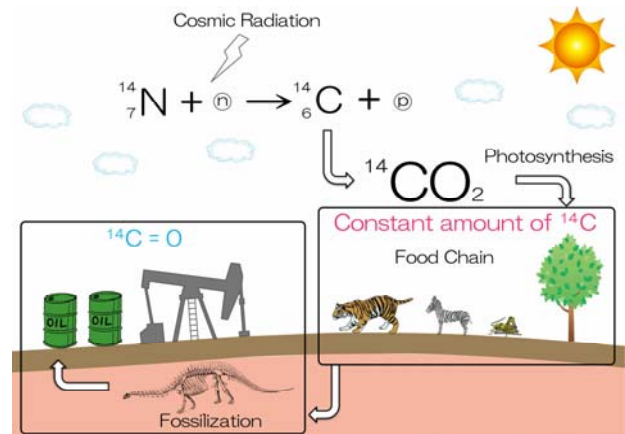


Fig.1 Schematic of radiocarbon ( $^{14}\text{C}$ ) generation, uptake by the biosphere (via photosynthesis and the food chain) and decay in the environment. (n:neutron, p:proton)

\*Analyzing contributions of fossil and non-fossil sources to carbonaceous components in PM<sub>2.5</sub> using radiocarbon ( $^{14}\text{C}$ ) measurements in industrial and remote sites of Chiba Prefecture

\*\*Yujiro ICHIKAWA, Yasuhide HORIMOTO, Katsumi ISHII, Suekazu NAITO (千葉県環境研究センター) Chiba Prefectural Environmental Research Center

\*\*\*Hideaki Oohashi (千葉県環境生活部大気保全課) Chiba Prefectural Environmental and Community Affairs Department Air Quality Division

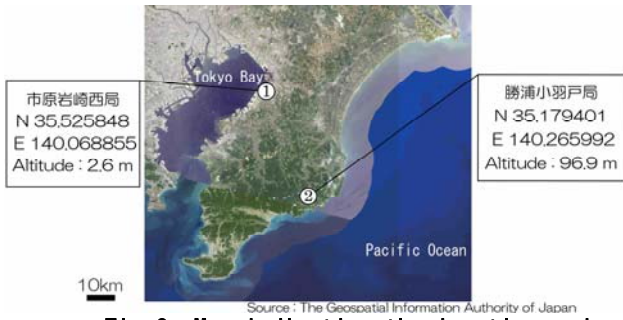


Fig. 2 Map indicating the location and altitudes of sampling sites.

共に外界から新たな $^{14}\text{C}$ の供給が無くなり、体内に残存する $^{14}\text{C}$ は半減期（5730年）に従って減衰し、化石燃料の形成時には長大な時間が経過しているため、化石燃料中の $^{14}\text{C}$ 濃度はほとんど存在しないと見なせる。このように化石燃料と非化石燃料が含有する $^{14}\text{C}$ 濃度の違いから、PM<sub>2.5</sub>中のECやOCに含まれる $^{14}\text{C}$ 濃度を定量分析することで、化石燃料起源炭素と非化石燃料起源炭素それぞれの寄与割合を推定することができる。

本研究では、2015年の4季節に千葉県内の2ヶ所（市原市岩崎西：工業地帯，勝浦市小羽戸：バックグラウンド）にて $^{14}\text{C}$ 分析用試料の分析を行い、PM<sub>2.5</sub>中のECとOCの発生源について解析を行った。本内容はPM<sub>2.5</sub>中炭素成分の削減の対策検討に資することを目的とする。

## 2. 実験方法

### 2.1 サンプリング

Fig. 2に示した東京湾沿岸の京葉工業地帯と国道16号の近隣に位置する市原岩崎西大気環境測定局 (Fig. 2で①地点，以下「市原」とする) と，山林や田畑で囲まれた

Table 1 Sampling period of individual seasonal campaign.

Sampling Site	Winter	Spring	Summer	Fall
Ichihara	2015/1/21-22	2015/5/13-14	2015/7/23-24	2015/10/26-27
Katsura				

勝浦小羽戸大気環境測定局 (Fig. 2で②地点，以下「勝浦」とする) をサンプリング地点とした。勝浦については、測定局近傍の千葉県道82号を走行する自動車を除く化石燃料由来の人為発生源の影響は少ない。

$^{14}\text{C}$ 分析で分析精度を担保するためには、500  $\mu\text{g}$ 以上のサンプル量が必要となるためPM<sub>2.5</sub>分級器<sup>1)</sup> (東京ダイレック株式会社, HVI<sub>2.5</sub>) をハイボリューム・エアサンプラー (紀本電子工業株式会社, 120B) に装着させ、石英繊維フィルター (日本ポール株式会社, 2500QAT-UP, 8×10inch) で捕集した。石英繊維フィルターは、有機ガスを吸収しブランク値が増加することが知られているため、ブランク値を下げる目的で使用前に350°C, 1時間で加熱処理した<sup>2)</sup>。サンプリング時間は午前10時から24時間を1サイクルとし、設定流量は740L/min (1065.6m<sup>3</sup>/d) とした。サンプル捕集後の石英繊維フィルターは、アルミホイルに包んで遮光した後、チャック付き袋に入れ-30°Cで冷凍保存した。

サンプリング日は、Table 1の通り2015年の4季節（冬，春，夏，秋の順）とした。各季節に、両サンプリング地点で複数のサンプルを捕集し、サンプリング日の中で全炭素量 (TC) の値が最も高かった試料を一つ選定し、 $^{14}\text{C}$ 分析用サンプルとした。各季節のサンプリング日は1日間であることから、本結果から季節代表性について検証す

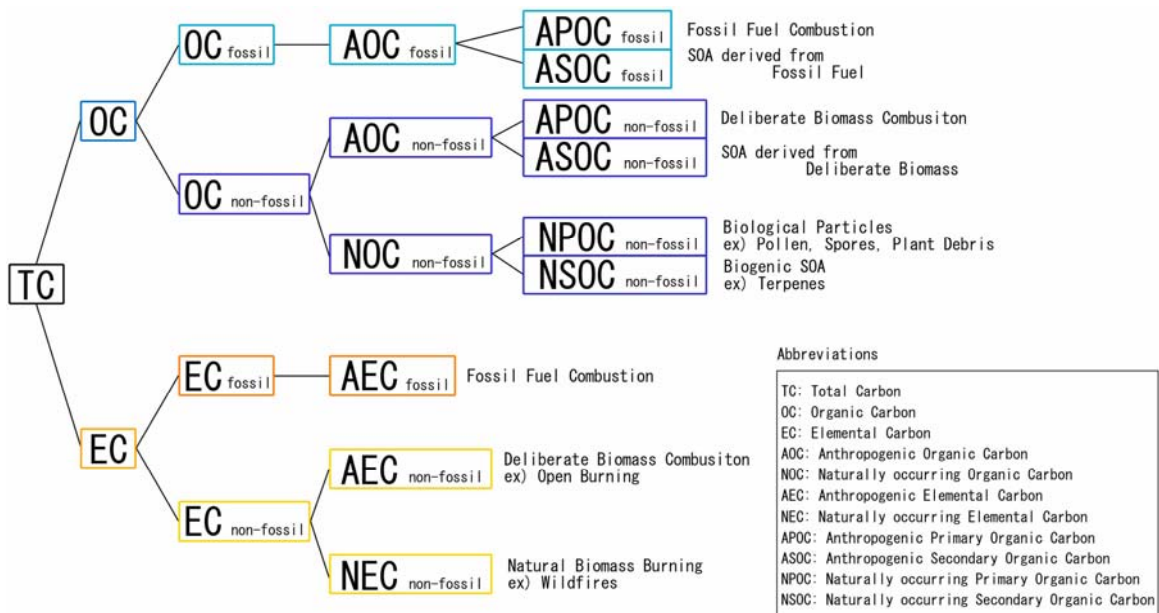


Fig. 3 Classification map of the carbonaceous components.

ることは困難であるが、市原と勝浦での地点間差の検証や先行研究との比較検証の結果から、有益な情報が得られると考えられる。本報では説明の便宜上、1/21~1/22を冬季調査、5/13~5/14を春季調査、7/23~7/24を夏季調査、10/26~10/27を秋季調査と定義する。

## 2.2 炭素分析

試料中の炭素成分 (OCとEC) の分析については、カーボンアナライザー (Sunset Laboratory Inc., Lab OC-EC Aerosol Analyzer) を使用した。分析条件は環境省の成分分析マニュアル<sup>3)</sup>に準拠し、IMPROVEプロトコルによる昇温条件と分析雰囲気下で行い、OCを4つのフラクション (揮発性が高い順に展開: OC1, OC2, OC3, OC4) とECを3つのフラクション (揮発性が高い順に展開: EC1, EC2, EC3) にそれぞれを分離した。また、OCの炭化補正には反射光を用いた熱分離光学補正法によって得られる炭化補正量 (PyC) を考慮し、OCはOC1+OC2+OC3+OC4+PyC, ECはEC1+EC2+EC3-PyCとして算出した。なお、全炭素量TCはOC+ECである。

## 2.3 TCサンプルとECサンプルの試料調整

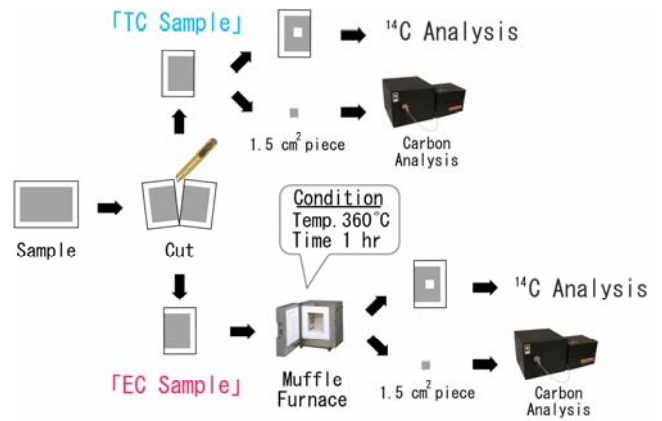
Heal<sup>4)</sup>の解説を参考に作成した炭素成分の分類図をFig. 3に示した。OCとECで類似している発生源もあるが異なるものも多いことから、それぞれの $^{14}\text{C}$ 濃度を定量・解析することが望ましい。

しかし、サンプル中のOCとECの分離法は研究段階にあり<sup>5), 6)</sup>、一般的な手法の確立には至っていない。本報におけるOCとECの分画は不完全ではあるが、当研究室が所有する設備の範囲内でOCとECの分離を試み、それぞれの $^{14}\text{C}$ 濃度を求める手法を考案した。

Fig. 4のフローに示したように、石英繊維フィルターを2等分し、TCサンプルとECサンプルに分離した。TCサンプルについては、そのうちの1.5cm<sup>2</sup>片を専用工具で切り抜き、2.2節で説明したカーボンアナライザーを用いてOCとECを定量し、残りは $^{14}\text{C}$ 分析用に供した。

**Table 2 Results of preliminary examination to select the optimal conditions of the muffle furnace for the preparation of EC samples.**

Preset Temp. (°C)	Set Time (h)	OC	EC	Replication
300	2	17% remain	5% loss	1
325	2	19.5% remain	5.5% loss	1
340	2	15.1% remain	1.9% loss	3
350	0.5	18.5% remain	3.7% loss	2
350	1	16.4% remain	no loss	2
350	1.5	11.9% remain	13.3% loss	3
<b>360</b>	<b>1</b>	<b>13.9% remain</b>	<b>no loss</b>	<b>2</b>
370	1	11.2% remain	6.5% loss	2
400	0.5	9.9% remain	17% loss	1
400	1	9.9% remain	24% loss	1



**Fig. 4 Flow diagram showing preparation procedures of TC and EC samples for radiocarbon analysis.**

一方、ECサンプルは、タイマー機能付き汎用型マッフル炉 (ヤマト科学株式会社, FP42) に導入し360°C, 1時間で加熱処理 (空気雰囲気下) し、OCを除去した。本手法では、OCの完全除去はできず、さらにOC炭化やEC消失の可能性もある。そこで、実サンプルを加熱処理する前の予備実験として、マッフル炉の加熱条件 (温度と時間) をTable 2の通り検証した。検証した範囲内でOC残存率、EC消失率を総合的に判断した結果、太字で示した360°C, 1時間の加熱条件を採用した。加熱処理後のECサンプルのうちの1.5cm<sup>2</sup>片はカーボンアナライザーでOC (以下「OC<sub>Treat</sub>」とする) とEC (以下「EC<sub>Treat</sub>」とする) を定量し、残りは $^{14}\text{C}$ 分析用とした。 $^{14}\text{C}$ 分析のサンプル数は「2地点×4季節×2枚 (ECサンプルとTCサンプル)」で計16である。なお、ブランク試料については炭素量が少量であることから、 $^{14}\text{C}$ 分析に供していない。

## 2.4 $^{14}\text{C}$ 分析と濃度計算

$^{14}\text{C}$ 分析に供するTCサンプルとECサンプルは加速器質量分析計 (National Electrostatics Corp., 1.5SDH, Accelerator Mass Spectrometry, AMS) で測定した。AMSで検出された $^{12}\text{C}$ 電流値、 $^{13}\text{C}$ 電流値と $^{14}\text{C}$ カウント数から $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ と $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ を得る。一般的に $^{14}\text{C}$ 濃度は(1)式の通り、試料中の $(^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{sample}}$ を1950年の大気中の $^{14}\text{C}$ 初期濃度 $(^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{AD1950}}$ で除した $f_M$  (fraction of modern carbon) や $f_M$ を100倍したpMC (percent modern carbon) で表される<sup>7)</sup>。

$$f_M = \frac{\left(\frac{^{14}\text{C}}{^{12}\text{C}}\right)_{\text{Sample}}}{\left(\frac{^{14}\text{C}}{^{12}\text{C}}\right)_{\text{AD1950}}} = \frac{\left(\frac{^{14}\text{C}}{^{12}\text{C}}\right)_{\text{Sample}}}{0.7459 \times \left(\frac{^{14}\text{C}}{^{12}\text{C}}\right)_{\text{HOxII-25}}} \dots (1)$$

ここで、 $(^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{sample}}$ は本サンプルの $^{14}\text{C}$ 濃度の実測値、 $(^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{HOxII-25}}$ は同位体分別効果の補正 ( $\delta^{13}\text{C}$ 値を-25

‰に規格化)を行ったシュウ酸標準試料 (NIST, SRM4990C, HOxII) の $^{14}\text{C}$ 濃度を示す。定数0.7459は、1950年の $^{14}\text{C}$ 濃度 (以下「 $^{14}\text{C}$ 初期濃度」とする) に換算するための補正值である。

1950から1960年代の大気圏内核実験の影響により環境中の $^{14}\text{C}$ 濃度は増加し、1960年代中頃には $^{14}\text{C}$ 初期濃度の約2倍に達したと考えられている。大気圏内核実験の禁止以降、 $^{14}\text{C}$ 濃度は減少しているが、現在も1950年以前の水準には戻っておらず、超過分を補正する必要がある。2010年頃に名古屋市内で採取した植物葉片中の $^{14}\text{C}$ 濃度1.015を補正係数として採用した<sup>8)</sup>。補正後の $f_M$ を $f_C$  (fraction of contemporary carbon,  $f_M/1.015$ ) とする。

## 2.5 化石燃料起源炭素 ( $\text{OC}_f$ , $\text{EC}_f$ ) と非化石燃料起源炭素 ( $\text{OC}_{nf}$ , $\text{EC}_{nf}$ ) の計算方法

OCとECの $f_M$ 値を $f_M$  (OC),  $f_M$  (EC) として以下に示した(2)式と(3)式の2元1次連立方程式の解として算出した。(2)式はTCサンプル、(3)式はECサンプルの関係式である。

$$\begin{aligned} \text{OC} \times f_C(\text{OC}) + \text{EC} \times f_C(\text{EC}) &= (\text{OC} + \text{EC}) \times f_C(\text{TC}) \cdots (2) \\ (\text{OC}_{\text{Treat}} + \text{PC}) \times f_C(\text{OC}) + (\text{EC}_{\text{Treat}} - \text{PC}) \times f_C(\text{EC}) &= (\text{OC}_{\text{Treat}} + \text{EC}_{\text{Treat}}) \times f_C'(\text{TC}) \cdots (3) \end{aligned}$$

ここで、OCとECはTCサンプルのカーボンアナライザーの実測値、 $\text{OC}_{\text{Treat}}$ と $\text{EC}_{\text{Treat}}$ はECサンプルのカーボンアナライザーでの実測値、 $f_C$  (TC) はTCサンプルから求められる $f_C$ で、 $f_C'$  (TC) はECサンプルから得られる $f_C$ である。

また、空気雰囲気下で加熱処理しているためOCの一部が熱分解により炭化することが考えられる。OC炭化分はPCとし、Table 2の検証結果から加熱処理によるECの消失がないという仮定のもとECと $\text{EC}_{\text{Treat}}$ から見積もった。化石燃料起源炭素 ( $\text{OC}_f$ ,  $\text{EC}_f$ ) と非化石燃料起源炭素 ( $\text{OC}_{nf}$ ,  $\text{EC}_{nf}$ ) は以下の式から算出した。

$$\text{OC}_f = \text{OC} \times [1 - f_C(\text{OC})] \cdots (4)$$

$$\text{OC}_{nf} = \text{OC} \times f_C(\text{OC}) \cdots (5)$$

$$\text{EC}_f = \text{EC} \times [1 - f_C(\text{EC})] \cdots (6)$$

$$\text{EC}_{nf} = \text{EC} \times f_C(\text{EC}) \cdots (7)$$

## 3. 結果と考察

### 3.1 化石燃料起源炭素と非化石燃料起源炭素のPM<sub>2.5</sub>中炭素成分に対する寄与について

TCサンプルとECサンプルの炭素成分測定結果、OC炭化分(PC)、AMS分析結果から計算した $f_M$ 値と $f_C$ 値をTable 3にまとめ、化石燃料起源炭素 ( $\text{OC}_f$ ,  $\text{EC}_f$ ) と非化石燃料起源炭素 ( $\text{OC}_{nf}$ ,  $\text{EC}_{nf}$ ) を(4)～(7)式から算出した。各調査地点の化石燃料起源炭素と非化石燃料起源炭素の

調査期間別ならびに全体平均 (年間平均) をFig. 5に示した。

市原の $\text{OC}_f$ と $\text{OC}_{nf}$ のOCに占める割合の範囲 (平均) は26.6～51.1% (36.2%), 48.9～73.4% (63.8%) で、勝浦では9.0～27.8% (20.7%), 72.2～91.0% (79.3%) であった。OCは市原の夏季調査を除くすべての調査期間で $\text{OC}_{nf}$ の寄与率が $\text{OC}_f$ よりも大きかった。勝浦では化石燃料を用いた発生源が限定的に特定される (基本的に自動車) ことから、 $\text{OC}_{nf}$ の影響の方が $\text{OC}_f$ よりも大きいことは予測できるが、大規模の製油所や化学工場が立ち並ぶ京葉工業地域に属する市原においても $\text{OC}_{nf}$ の寄与が平均値ベースで $\text{OC}_f$ よりも約30%大きいことは注目に値する。

Fig. 3の分類図の通り、 $\text{OC}_{nf}$ は自然起源として花粉、孢子、植物片などの一次粒子 ( $\text{NPOC}_{nf}$ )、生物起源揮発性有機化合物 (BVOC) が光化学的酸化反応を経て生成する二次粒子 ( $\text{NSOC}_{nf}$ )、人為起源として植物残渣などのバイオマス燃焼により発生する一次粒子 ( $\text{APOC}_{nf}$ )、近年多くの先行研究<sup>9)~11)</sup>からその重要性が主張されているバイオマス燃焼に由来するVOCの二次生成粒子 ( $\text{ASOC}_{nf}$ ) の4種を $\text{OC}_{nf}$ の発生源として分類できる。花粉、孢子、植物片などの $\text{NPOC}_{nf}$ はPM<sub>2.5</sub>よりも粗大粒子であるためPM<sub>2.5</sub>に対する寄与は小さく、ほぼ無視できると考えられる<sup>8), 10), 12)</sup>。例えば、Guoら<sup>13)</sup>が北京市内で実施した研究報告によると植物片のPM<sub>2.5</sub>への寄与率は1%以下であった。したがって $\text{OC}_{nf}$ は、地域や時期によって各種から受ける影響の度合いは異なるが $\text{NSOC}_{nf}$ 、 $\text{APOC}_{nf}$ と $\text{ASOC}_{nf}$ の3種の発生源によって評価できると考えられる。 $\text{NSOC}_{nf}$ を低減することは困難であるため、PM<sub>2.5</sub>対策としては、 $\text{APOC}_{nf}$ や $\text{ASOC}_{nf}$ の低減化を図ることが現実的である。

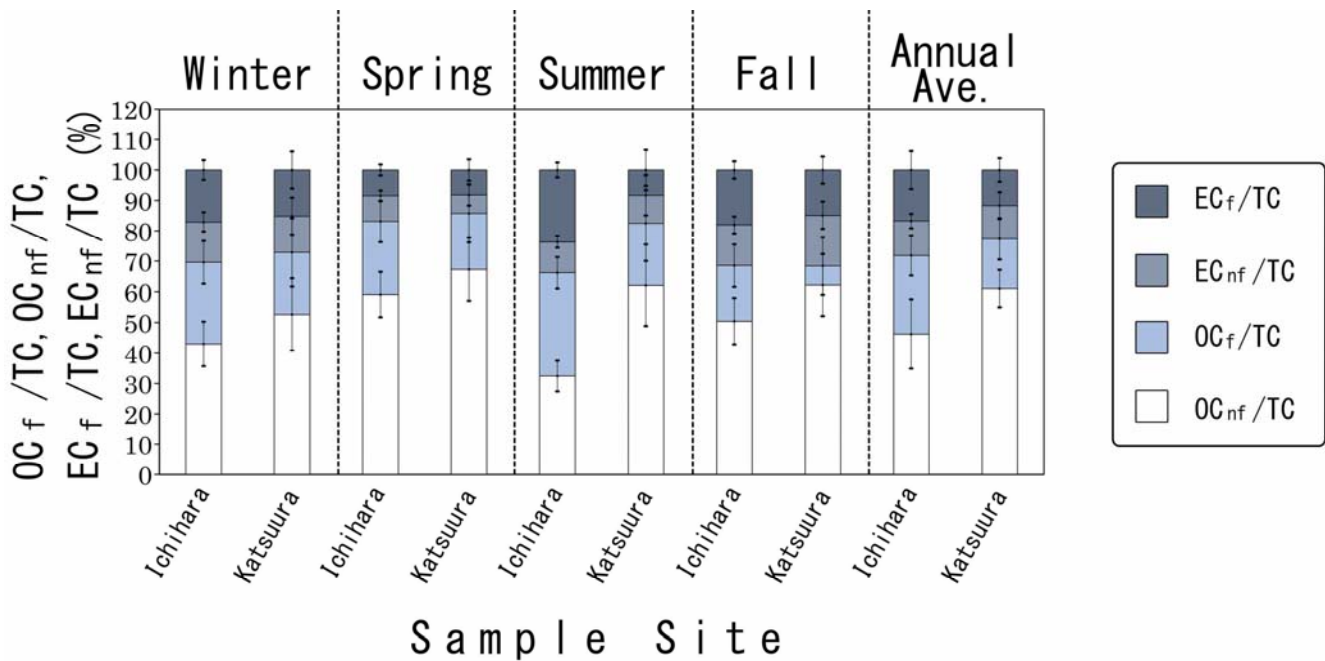
勝浦では、秋季調査に $\text{OC}_{nf}$ のOCに対する寄与率が $91.0 \pm 14.7\%$ と顕著に高い値を示したが、これは同時期に周辺田畑で散見される植物残渣のバイオマス燃焼による影響を受けている可能性が高い。同時期におけるSOCの生成割合は夏季に比べ相対的に低いことを勘案すると、 $\text{OC}_{nf}$ の大部分が $\text{APOC}_{nf}$ に由来することが推察される。また、市原においても、秋季調査の $\text{OC}_{nf}$ のOCに対する寄与率が4季節の中で最も高い $73.4 \pm 10.8\%$ であった。同地点で2013年の秋季にバイオマス燃焼の指標物質であるレボグルコサン<sup>14)</sup>が高濃度に観測された実績があり、 $\text{APOC}_{nf}$ の寄与が示唆される<sup>15)</sup>。当該期間の市原では、南東～南南東 (内陸側) の風向が卓越していたことから、東京湾側の事業場での影響だけでなく、内陸側に広がる田畑からの影響も受けた可能性がある。

$\text{OC}_f$ については、Fig. 3のとおり工場、自動車、船舶などで化石燃料の人為燃焼に由来する一次粒子 ( $\text{APOC}_f$ ) と二次粒子 ( $\text{ASOC}_f$ ) の2種に分離される。市原と勝浦では、人為発生源の多い市原の方がOCに対する $\text{OC}_f$ の寄与率が

**Table 3 Summary of carbon analytical results, estimated pyrolysis OC values (PC), and fraction of modern carbon (f<sub>M</sub>) and fraction of contemporary carbon (f<sub>C</sub>) values calculated from AMS analytical results of TC and EC samples.**

Sampling Site	Season	TC Sample (μg/m <sup>3</sup> ) <sup>*</sup>				EC Sample (μg/m <sup>3</sup> ) <sup>*</sup>				f <sub>M</sub> (TC) <sup>**</sup>	f <sub>M</sub> (EC) <sup>**</sup>	f <sub>M</sub> (OC) <sup>**</sup>	f <sub>M</sub> (EC) <sup>**</sup>	f <sub>C</sub> (OC)	f <sub>C</sub> (EC)
		OC	EC	TC	PC	OC <sub>Treat</sub>	EC <sub>Treat</sub>	PC	TC <sub>Treat</sub>						
Ichihara	Winter	3.65 ± 0.22	1.59 ± 0.12	5.24 ± 0.34	0.00	0.68 ± 0.07	1.57 ± 0.12	0.00	2.26 ± 0.19	0.57 ± 0.00	0.50 ± 0.00	0.63 ± 0.09	0.44 ± 0.10	0.62 ± 0.09	0.44 ± 0.10
	Spring	9.98 ± 0.54	2.04 ± 0.14	12.01 ± 0.68	0.00	0.56 ± 0.07	2.51 ± 0.16	0.48	3.07 ± 0.23	0.69 ± 0.00	0.58 ± 0.00	0.72 ± 0.07	0.51 ± 0.10	0.71 ± 0.07	0.50 ± 0.09
	Summer	2.52 ± 0.16	1.29 ± 0.10	3.81 ± 0.26	0.00	0.04 ± 0.04	1.18 ± 0.10	0.00	1.23 ± 0.14	0.43 ± 0.00	0.31 ± 0.00	0.50 ± 0.06	0.30 ± 0.05	0.49 ± 0.06	0.30 ± 0.05
	Fall	4.46 ± 0.25	2.05 ± 0.14	6.51 ± 0.41	0.00	0.45 ± 0.06	1.64 ± 0.12	0.00	2.09 ± 0.18	0.65 ± 0.00	0.50 ± 0.00	0.75 ± 0.09	0.43 ± 0.08	0.73 ± 0.09	0.42 ± 0.08
	Range	2.52 ~ 9.98	1.29 ~ 2.05	3.81 ~ 12.01						0.43 ~ 0.69		0.50 ~ 0.75	0.30 ~ 0.51	0.49 ~ 0.73	0.30 ~ 0.50
Mean ± S.D.	5.15 ± 3.31	1.74 ± 0.37	6.89 ± 3.59						0.58 ± 0.11		0.65 ± 0.11	0.42 ± 0.08	0.64 ± 0.11	0.41 ± 0.08	
Katsuura	Winter	2.12 ± 0.14	0.79 ± 0.08	2.90 ± 0.23	0.00	0.42 ± 0.06	1.04 ± 0.09	0.25	1.46 ± 0.15	0.65 ± 0.00	0.58 ± 0.00	0.73 ± 0.15	0.44 ± 0.22	0.72 ± 0.14	0.44 ± 0.22
	Spring	4.50 ± 0.26	0.75 ± 0.08	5.25 ± 0.34	0.00	0.71 ± 0.07	1.01 ± 0.09	0.26	1.72 ± 0.16	0.75 ± 0.00	0.64 ± 0.00	0.80 ± 0.10	0.43 ± 0.24	0.79 ± 0.10	0.42 ± 0.24
	Summer	1.42 ± 0.11	0.30 ± 0.05	1.73 ± 0.15	0.00	0.15 ± 0.05	0.23 ± 0.05	0.00	0.38 ± 0.09	0.72 ± 0.00	0.62 ± 0.00	0.77 ± 0.14	0.53 ± 0.37	0.75 ± 0.14	0.52 ± 0.36
	Fall	4.42 ± 0.26	2.04 ± 0.14	6.46 ± 0.41	0.00	0.42 ± 0.06	1.13 ± 0.09	0.00	1.55 ± 0.15	0.80 ± 0.00	0.64 ± 0.00	0.92 ± 0.13	0.53 ± 0.14	0.91 ± 0.13	0.53 ± 0.13
	Range	1.42 ~ 4.50	0.30 ~ 2.04	1.73 ~ 6.46						0.65 ~ 0.80		0.73 ~ 0.92	0.43 ~ 0.53	0.72 ~ 0.91	0.42 ~ 0.53
Mean ± S.D.	3.11 ± 1.58	0.97 ± 0.75	4.08 ± 2.16						0.73 ± 0.06		0.80 ± 0.08	0.49 ± 0.06	0.79 ± 0.08	0.48 ± 0.05	

\* Uncertainty values were calculated from the attendant error of carbon analysis results.  
 \*\* Uncertainty values were calculated based on the propagations of statistical errors of instrumental measurements.



**Fig. 5 Fossil and non-fossil source apportionments to PM<sub>2.5</sub> carbonaceous components in Ichihara and Katsuura.**

高かった。また、市原の夏季調査にOC<sub>f</sub>の寄与率が他の調査時期と比較して特異的に上昇している点が特徴的である。SOCの生成は夏季に盛んになると考えられており、2013年から2014年に市原で実施した観測においても夏季にSOCの影響を示唆する解析結果が得られている<sup>16)</sup>。このことから、夏季調査における市原のOC<sub>nf</sub>の寄与率の上昇は、ASOC<sub>f</sub>の影響と考えられる。ASOC<sub>f</sub>の対策によるPM<sub>2.5</sub>の低減化が期待できるが、その大気動態や生成メカニズムなどについては不明点が多く、今後の研究が望まれる。

一方、ECはOCと異なり大気環境中で変質し二次的に生成することはない。Fig. 3の通り発生源として工場や自動車などでの化石燃料の燃焼に由来する一次粒子 (AEC<sub>f</sub>)と植物残渣やバイオディーゼルなどのバイオマス燃焼起源の一次粒子 (AEC<sub>nf</sub>)、そして日本国内では稀だが山火事など自然発生的なバイオマス燃焼に由来する一次粒子 (NEC<sub>nf</sub>) が考えられる。NEC<sub>nf</sub>は、特殊なケースであることから本報ではその影響を割愛すると、基本的にEC<sub>f</sub>=AEC<sub>f</sub>、EC<sub>nf</sub>=AEC<sub>nf</sub>と一義的になる。

**Table 4 Summary of studies conducted in Japan reporting the fraction of modern carbon ( $f_M$ ) values in particulate matter 2.5  $\mu\text{m}$  or less published since 2000. Results obtained in this study were included in this table to compare with the previous reports.**

Studied Site		Studied Period	Season *1	Particle Size	$f_M(\text{TC})$		$f_M(\text{OC})$	$f_M(\text{EC})$	Reference
Prefectures	Municipality				Range	Mean	Mean	Mean	
Tokyo	Minato ward	Apr. 9~16, 2002	Spring	1.1 ~ 2.0 $\mu\text{m}$ < PM <sub>1.1</sub>	—	ca. 0.45 <sup>*2</sup>	—	—	Endo et al. (2004)
Tokyo	Minato ward	Apr., 2002	Spring	1.1 ~ 2.0 $\mu\text{m}$ < PM <sub>1.1</sub>	—	0.31 <sup>*3</sup>	—	—	Yamamoto et al. (2007)
		Jun., 2002	Summer	1.1 ~ 2.0 $\mu\text{m}$ < PM <sub>1.1</sub>	—	0.31 <sup>*3</sup>	—	—	
					—	0.34 <sup>*3</sup>	—	—	
Tokyo	Chiyoda ward	Aug., 2004~Jan., 2005	Annual	PM <sub>2.5</sub>	0.31~0.54	0.43	—	—	Takahashi et al. (2007)
Tokyo	Minato ward	Apr., 2002~Feb., 2003	Annual	1.3 ~ 2.2 $\mu\text{m}$ < PM <sub>1.3</sub>	—	0.43	—	—	Shibata et al. (2004)
Aichi	Nagoya city	Apr., 2003~Mar., 2004	Annual	PM <sub>2.5</sub>	0.28~0.42 <sup>*4</sup>	0.34 <sup>*4</sup>	—	—	Ikemori et al. (2015)
Saitama	Kazo city	Jul.~Aug., 2007	Summer	PM <sub>2.0</sub>	—	0.37	—	—	Fushimi et al. (2011)
Gunma	Maebashi city			PM <sub>2.0</sub>	—	0.37	—	—	
Chiba	Urayasu city	Jul.~Aug., 2008	Summer		—	0.37	—	—	
		Nov.~Dec., 2009	Winter		—	0.47	0.54	0.35	
Tokyo	Chiyoda ward (Kudan)	Jul.~Aug., 2008	Summer		—	0.29	—	—	
		Nov.~Dec., 2009	Winter		—	0.48	0.55	0.35	
Saitama	Saitama city	Jul.~Aug., 2008	Summer		—	0.35	—	—	
		Nov.~Dec., 2009	Winter		—	0.49	0.55	0.38	
Saitama	Kazo city	Jul.~Aug., 2008	Summer	PM <sub>2.5</sub>	—	0.39	—	—	Minoura et al. (2012)
		Nov.~Dec., 2009	Winter		—	0.59	0.67	0.46	
Ibaraki	Tsukuba city	Jul.~Aug., 2008	Summer		—	0.47	—	—	
Tokyo	Hachioji city	Jul.~Aug., 2008	Summer		—	0.41	—	—	
Tokyo	Shibuya-ward (Yoyogi)	Jul.~Aug., 2008	Summer		—	0.41	—	—	
Chiba	Ichihara city	Jan. 21~22, 2015	Winter		—	0.57	0.63	0.44	This study
		May 13~14, 2015	Spring		—	0.69	0.72	0.51	
		Jul. 23~24, 2015	Summer		—	0.43	0.50	0.30	
		Oct. 26~27, 2015	Fall		—	0.65	0.75	0.43	
			Annual		PM <sub>2.5</sub>	0.43~0.69	0.59	0.65	
Chiba	Katsuura city	Jan. 21~22, 2015	Winter		—	0.65	0.73	0.44	
		May 13~14, 2015	Spring		—	0.75	0.80	0.43	
		Jul. 23~24, 2015	Summer		—	0.72	0.77	0.53	
		Oct. 26~27, 2015	Fall		—	0.80	0.92	0.53	
			Annual			0.65~0.80	0.73	0.81	

—: Not determined

\*1: Based on definition used by the Japanese Meteorological Agency, the four seasons were assigned as follows; March to May for spring, June to August for summer, September to November for fall and December to February for winter.

\*2: Estimated value from Figure 2 of Endo et al. (2004).

\*3: AMS results of HCl treated samples were cited in the table.

\*4: Results caused by the Siberian forest fire were excluded due to the specific case.

市原のEC<sub>f</sub>とEC<sub>nf</sub>のECに占める割合の範囲(平均)は50.0~70.0% (58.6%), 30.0~50.0% (41.4%)で、勝浦では47.3~57.6% (52.2%), 42.5~52.7% (47.8%)であった。市原と勝浦の両地点のEC<sub>f</sub>とEC<sub>nf</sub>のECに対する寄与率が50%前後で近似しており、EC<sub>f</sub>がEC<sub>nf</sub>よりも若干高く、調査時期による変動はOCより少ないという特徴があった。ただし、市原の夏季調査についてはEC<sub>f</sub>が他の調査よりも約15%高かったことから人為起源の影響が大きかったと考えられ、上記の通り同地点同時期のOC<sub>f</sub>が高かった結果を支持する。また、秋季調査ではEC<sub>nf</sub>の割合が他の調査よりも相対的に高く、上記のとおり植物残渣のバイオマス燃焼の影響を受けている可能性がある。

市原のTCに対してOC<sub>f</sub>+EC<sub>f</sub>とOC<sub>nf</sub>+EC<sub>nf</sub>が占める割合の範囲(平均)は32.4~57.5% (42.5%)と42.5~67.6% (57.5%)で、勝浦では21.1~35.5% (28.0%)と64.5~78.9% (72.0%)であった。市原と勝浦の両地点で、非化石燃料起源炭素>化石燃料起源炭素であり、NSOC<sub>nf</sub>、ASOC<sub>nf</sub>とAPOC<sub>nf</sub>の合計値がTCの半分以上を占めている結果となった。

### 3.2 先行研究との比較

国内で2000年以降に<sup>14</sup>C分析を実施した先行研究(査読付き研究論文)についてはTSP<sup>17)</sup>、PM<sub>10</sub><sup>18), 19)</sup>、アンダーセンサンプラーで分級した粒径別の粒子状物質<sup>12), 20)-23)</sup>、そしてPM<sub>2.5</sub><sup>8), 24)</sup>について知られている。PM<sub>2.5</sub>より粗大側の

粒子については花粉などNPOC<sub>nf</sub>の影響を多大に受けている可能性が考えられることから、以下の説明ではTable 4に示したように粒径がPM<sub>2.5</sub>以下の粒子状物質から得られた報告値と本研究結果を比較する。なお、Table 4に示した引用先では $f_M$ で解析が行われていることから、 $f_M$ での比較を行った。

春季調査における本調査結果は先行研究での結果と比べて $f_M$  (TC) が高い値であった。Ichikawaら<sup>10)</sup>の観測結果では、市原における春季のOCとECの平均値が $3.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $1.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、本調査期間中で観測された同地点のOCとECは $9.98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $2.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平均的なレベルよりも高濃度であったが、以下に示すように、主に非化石燃料に由来する特異的な影響を受けていたと推察される。Liuら<sup>10)</sup>が中国の北京市と広州市で実施した $^{14}\text{C}$ 分析から、春季(3月と4月)においても非化石燃料の影響が大きいことが確かめられている。調査地点の高度1000mを起点として、三次元法により5月14日10時(JST)から72時間前までの気塊の動きをアメリカ合衆国海洋大気庁(NOAA)が公開している後方流跡線解析(HYSPLITモデル)で解析したところ、中国北部を経由した気塊が千葉県内に流入している結果となっており、この中国由来の気塊中に非化石燃料起源の炭素成分が多く含まれていた可能性がある。

先行研究では夏季と冬季に実施した観測事例が比較的多く、それぞれの $f_M$  (TC) の範囲(平均)は0.29~0.47(0.37)、0.48~0.59(0.51)である。調査場所は都市部や郊外部に集中しており、本調査結果では市原が地域特性として類似している。市原の夏季調査と冬季調査の $f_M$  (TC) は限られたサンプル数での観測結果であったが、先行研究で報告されている国内の都市部や郊外部における夏季、冬季の観測値の範囲内であった。また、都市部や郊外部では、夏季よりも冬季に $f_M$  (TC) が高い傾向を示す特徴がみられ、その点についても市原の調査結果と整合する。

秋季調査で得られた観測結果については、Ikemoriら<sup>8)</sup>が2003年に名古屋市で観測した事例があり、当該期間の $f_M$  (TC) はおおむね0.3~0.4の範囲内であった。本研究では、市原で0.50、勝浦で0.64が観測され名古屋市の観測結果よりも高い傾向であった。当該日は前出のとおりバイオマス燃焼の影響を受けていた可能性がある。全国の常時監視観測結果から、秋季から冬季の期間にPM<sub>2.5</sub>の高濃度日が確認され、田園地帯で収穫期以降に頻繁に見られるバイオマス燃焼の影響が要因の一つとして疑われており、その実態の解明が待たれる。

一方、周囲が山林や田畑で囲まれたバックグラウンドである勝浦のような地域特性での観測結果は国内の先行研究では確認できなかったが、都市部や郊外部よりも非化石燃料による影響が10~20%高い結果であった。米国のバックグラウンド7地点で夏季と冬季に観測されたPM<sub>2.5</sub>の $f_C$  (TC) の範囲(平均)が0.82~1.0(0.92)で、都市部や郊外部よりも高いという報告<sup>25)</sup>があり、本研究と同様の傾向であったことから、バックグラウンドでは非化石燃料の影響が大きな割合を占めることが確かめられた。我々が知る限りPM<sub>2.5</sub>を対象とした国内の研究論文は2例しかなく、しかも本研究のようにOCとECについて $f_M$ 値を算出しているのはMinouraら<sup>24)</sup>が都市部と郊外部で観測した冬季の結果しかない。Minouraら<sup>24)</sup>の観測値と市原での結果は近似しており、OCでは約55~70%が、ECでは約35~45%が非化石燃料由来であった。

$^{14}\text{C}$ 分析を用いたPM<sub>2.5</sub>中炭素成分の発生源寄与を解析した調査場所や調査時期は限定的であるが、本研究と先行研究との比較検証から、化石燃料由来の発生源が比較的多いと考えられる都市部や郊外部においても、非化石燃料の寄与がTCベースで約30~60%(Table 3)となっており、非化石燃料に由来する発生源の重要性が確認された。

#### 4. 結言

本研究では、2015年の4季節に市原市岩崎西(工業地帯)と勝浦市小羽戸(バックグラウンド)にて $^{14}\text{C}$ 分析を行い、PM<sub>2.5</sub>中の炭素成分(OCとEC)の発生源とその寄与を推定した。観測結果の傾向としてOCは、市原と勝浦の両地点で非化石燃料起源OC(OC<sub>nf</sub>)の影響の方が化石燃料起源OC(OC<sub>f</sub>)よりも大きく、市原の夏季調査を除いて、OC<sub>nf</sub>がOCに対して占める割合が市原では60~70%程度、勝浦で70~90%程度あり、非化石燃料に由来する発生源の重要性が確認された。大規模の製油所や化学工場が立ち並ぶ千葉工業地域に属する市原においてもOC<sub>nf</sub>の寄与が平均値ベースでOC<sub>f</sub>よりも約30%大きいことは注目に値する。また、秋季調査に市原ではOC<sub>nf</sub>の寄与率が73.4%、勝浦では91.0%と顕著に高い値を示し、田園地帯で収穫期以降に頻繁に見られる植物残渣のバイオマス燃焼の影響が要因の一つとして疑われた。ECについては、市原の夏季調査を除いて、市原と勝浦の両観測結果で非化石燃料起源EC(EC<sub>nf</sub>)と化石燃料起源EC(EC<sub>f</sub>)のECに対する割合は同程度で50%前後であった。市原の夏季調査は、化石燃料に由来する二次粒子(ASOC<sub>f</sub>)の影響を大きく受けている可能性が考えられた。 $^{14}\text{C}$ 分析を用いたPM<sub>2.5</sub>中炭素成分の発生源寄与を解析した調査場所や調査時期は限定的であるが、本研究と先行研究との比較検証結果からも、非化石燃料に由来する発生源の重要性が確認された。

#### 5. 引用文献

- 1) 兼保直樹：ハイボリューム・エアサンプラー用PM<sub>2.5</sub>インパクター(HVI<sub>2.5</sub>)の開発。大気環境学会誌, 45,

- 171-174, 1998
- 2) 環境省: 大気中微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) 成分測定マニュアル捕集法. 2012
- 3) 環境省: 大気中微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) 成分測定マニュアル 炭素成分測定方法 (サーマルオプテカル・リフレクタンス法) (第2版). 2012
- 4) Heal M. R.: The application of carbon-14 analyses to the source apportionment of atmospheric carbonaceous particulate matter: a review. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, **406**, 81-98, 2014
- 5) Zhang Y. I., Perron N., Ciobanu V. G., Zotter P., Minguillon M. C., Wacker L., Prevot S. H., Baltensperger U., Szidat S.: On the isolation of OC and EC and the optimal strategy of radiocarbon-based source apportionment of carbonaceous aerosols. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **12**, 10841-10856, 2012
- 6) Dusek U., Monaco M., Prokopiou M., Gongriep F., Hittenberger R., Meijer H. A. J., Rockmann T.: Evaluation of a two-step thermal method for separating organic and elemental carbon for radiocarbon analysis. *Atmospheric Measurement Techniques*, **7**, 1943-1955, 2014
- 7) 池盛文数: 大気エアロゾル中の炭素フラクションと $^{14}\text{C}$ 分析. エアロゾル研究, **31**, 23-31, 2016
- 8) Ikemori F., Honjyo K., Yamagami M., Nakamura T.: Influence of contemporary carbon originating from the 2003 Siberian forest fire on organic carbon in PM<sub>2.5</sub> in Nagoya, Japan. *Science of the Total Environment*, **530-531**, 403-410, 2015
- 9) Zotter P., Ciobanu V. G., Zhang Y. L., El-Haddad I., Macchia M., Daellenbach K. R., Salazar G. A., Huang R.-J., Wacker L., Hueglin C., Piazzalunga A., Fermo P., Schwikowski M., Baltensperger U., Szidat S., Prevot A. S. H.: Radiocarbon analysis of elemental and organic carbon in Switzerland during winter-smog episodes from 2008 to 2012 - Part 1: Source apportionment and spatial variability. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **14**, 13551-13570, 2014
- 10) Liu J., Li J., Liu D., Ding P., Shen C., Mo Y., Wang X., Luo C., Cheng Z., Szidat S., Zhang Y., Chen Y., Zhang G.: Source apportionment and dynamic changes of carbonaceous aerosols during the haze bloom-decay process in China based on radiocarbon and organic molecular tracers. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **16**, 2985-2996, 2016
- 11) Zhang Y. L., Huang R. J., El Haddad I., Ho K. F., Cao J. J., Han Y., Zotter P., Bozzetti C., Daellenbach K. R., Canonaco F., Slowik J. G., Salazar G., Schwikowski M., Schnelle-Kreis J., Abbazade G., Zimmermann R., Baltensperger U., Prevot A. S. H., Szidat S.: Fossil vs. non-fossil sources of fine carbonaceous aerosols in four Chinese cities during the extreme winter haze episode of 2013. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **15**, 1299-1312, 2015
- 12) Shibata K., Endo M., Yamamoto N., Yoshinaga J., Yanagisawa Y., Endo O., Goto S., Yoneda M., Shibata Y., Morita M.: Temporal variation of radiocarbon concentration in airborne particulate matter in Tokyo. *Radiocarbon*, **46**, 485-490, 2004
- 13) Guo S., Hu M., Guo Q., Zhang X., Zheng M., Zheng J., Chang C. C., Schauer J. J., Zhang R.: Primary sources and secondary formation of organic aerosols in Beijing, China. *Environmental Science and Technology*, **46**, 9846-9853, 2012
- 14) Simoneit B. R. T., Schauer J. J., Nolte C. G., Oros D. R., Elias V. O., Fraser M. P., Rogge W. F., Cass G. R.: Levoglucosan, a tracer for cellulose in biomass burning and atmospheric particles. *Atmospheric Environment*, **33**, 173-182, 1999
- 15) 市川有二郎, 井上智博, 大橋英明, 渡邊剛久, 石井克巳, 内藤季和: 2013年11月4日に東日本として初めて注意喚起が実施された千葉県のPM<sub>2.5</sub>高濃度エピソードの要因推定. 大気環境学会誌, **50**, 152-165, 2015
- 16) Ichikawa Y., Naito S., Ishii K., Oohashi H.: Seasonal variation of PM<sub>2.5</sub> components observed in an industrial area of Chiba Prefecture, Japan. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, **9**, 66-77, 2015
- 17) 池盛文数, 本庄浩司, 浅川大地, 山神真紀子, 中村俊夫: 放射性炭素 $^{14}\text{C}$ を用いた名古屋都市大気における炭素生エアロゾルの季節変動と発生源解析. エアロゾル研究, **31**, 47-58, 2016
- 18) Uchida M., Kumata H., Koike Y., Tsuzuki M., Uchida T., Fujiwara K., Shibata Y.: Radiocarbon-based source apportionment of black carbon (BC) in PM<sub>10</sub> aerosols from residential area of suburban Tokyo. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, **268**, 1120-1124, 2010
- 19) Handa D., Nakajima H., Arakaki T., Kumata H., Shibata Y., Uchida M.: Radiocarbon analysis of BC



- and OC in PM<sub>10</sub> aerosols at Cape Hedo, Okinawa, Japan, during long-range transport events from East Asian countries. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, **268**, 1125–1128, 2010
- 20) Endo M., Yamamoto N., Yoshinaga J., Yanagisawa Y., Endo O., Goto S., Yoneda M., Shibata Y., Morita M.:  $^{14}\text{C}$  measurement for size-fractionated airborne particulate matters. *Atmospheric Environment*, **38**, 6263–6267, 2004
- 21) Fushimi A., Wagai R., Uchida M., Hasegawa S., Takahashi K., Kondo M., Hirabayashi M., Morino Y., Shibata Y., Ohara T., Kobayashi S., Tanabe K.: Radiocarbon ( $^{14}\text{C}$ ) diurnal variations in fine particles at sites downwind from Tokyo, Japan in summer. *Environmental Science and Technology*, **45**, 6784–6792, 2011
- 22) Yamamoto N., Muramoto A., Yoshinaga J., Shibata K., Endo M., Endo O., Hirabayashi M., Tanabe K., Goto S., Yoneda M., Shibata Y.: Comparison of carbonaceous aerosols in Tokyo before and after implementation of diesel exhaust restrictions. *Environmental Science and Technology*, **41**, 6357–6362, 2007
- 23) Takahashi K., Hirabayashi M., Tanabe K., Shibata Y., Nishikawa M., Sakamoto K.: Radiocarbon content in urban atmospheric aerosols. *Water, Air, & Soil Pollution*, **185**, 305–310, 2007
- 24) Minoura H., Morikawa T., Mizohata A., Sakamoto K.: Carbonaceous aerosol and its characteristics observed in Tokyo and south Kanto region. *Atmospheric Environment*, **61**, 605–613, 2012
- 25) Schichtel B. A., Malm W. C., Bench G., Fallon S., McDade C. E., Chow J. C., Watson J. G.: Fossil and contemporary fine particulate carbon fractions at 12 rural and urban sites in the United States. *Journal of Geophysical Research*, **113**, D023111, 2008

### 謝辞

HVI<sub>2.5</sub>は、一般財団法人日本環境衛生センターの御好意により借用した。この場を借りて、厚く御礼申し上げる。

<報 文>

## 富山県における温暖化の影響に関する調査研究\*

—過去から近未来までの気候変化の把握とその活用について—

初鹿宏壮\*\*

キーワード ①温暖化影響 ②気候変化 ③近未来予測 ④環境教育

### 要 旨

県民や事業者に温暖化についての認識を深めていただき、温室効果ガス排出削減への自主的な活動や温暖化への適応策の推進につなげるため、本県を対象とする過去から将来における気候変化及びそれがもたらす様々な影響について調査研究を実施している。過去からの観測資料を用いて気温等の変化を解析したところ、既に自然環境や県民生活に影響が表れていることが分かった。また、気候モデルを用いた将来予測を実施したところ、今後さらに気温の上昇が見込まれ、それに伴い降積雪量の更なる減少、熱中症リスクの増加等を予測した。これらの結果は、県の各分野での活用を図っており、また、環境教育に役立つように可視化してウェブページで公開している。

### 1. はじめに

地球温暖化を防止するためには、地域レベルにおいても温室効果ガスの排出を抑制する必要がある。本県においても県民一人ひとりが自らの問題として認識することが重要である。また、2030年代などの近い将来（近未来）の県民生活を安全・安心なものにするためには、気候の変化を理解し、あらかじめ対応する準備（適応策）を進めておく必要がある。しかしながら世界や国レベルで作成された将来気候の予測情報は空間解像度が粗く、本県における環境教育や適応策の検討に活用するには不十分であった。

これらのことから、富山県環境科学センターでは、平成18年度から「富山県における温暖化の影響に関する調査研究」を実施している。研究の方向性は大きく二つに分けられ、一つ目は、過去から現在までの既存資料を解析することにより、本県における気温や降水量等の気候の変化を把握すること、二つ目は、シミュレーションモデルを用いて、本県域の気温、降雪量等の将来気候について温暖化による変化を予測することである。引き続き、過去から近未来までの気候変化とその影響に関する基礎資料を得ることを目指し、研究を進めているところであり、本報ではこれまでの成果を紹介する。

### 2. 過去から現在までの温暖化の解析

現在までの温暖化を把握するため、富山地方気象台の気温や生物季節等の観測資料、県内で過去から蓄積されてきた降積雪資料等を整理し、その中から現在までに既に表れている変化傾向を解析した。また、その際、統計学的な有意性の検定には、月平均気温のようにトレンド成分を除去した変動成分が正規分布とみなせるものについては線形回帰による t 検定、日降水量、生物季節等のように変動成分が正規分布とみなせないものについてはノンパラメトリックなMann-Kendallの順位検定等を用いた。

#### 2.1 気温、生物季節等の変化

まず、富山地方気象台の気温、生物季節観測資料から、真夏日の増加、イロハカエデの紅葉時期の遅延、ソメイヨシノの開花時期の早期化（図1）が既に本県においても表れていることを確認した<sup>1)</sup>。

さらに、月ごとや季節ごとの変化傾向について統計的に有意か検定したところ、2月の最高気温、12月と3月の降水量のそれぞれが増加していること、また県内各地で真冬日の減少、真夏日の増加等が明らかになった<sup>2)</sup>。

\*Study of Influence to Regional Climate in Toyama Prefecture due to Global Warming

\*\*Hiroaki HATSUSHIKA（富山県環境科学センター）Toyama Prefectural Environmental Science Research Center

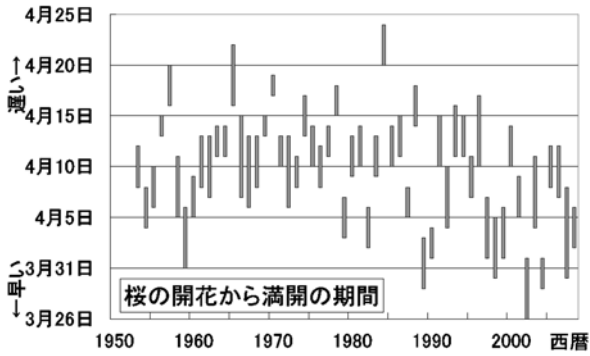


図1 桜（ソメイヨシノ）の開花から満開の期間

### 2.2 身近な生活に係る温度指標の変化

温暖化に係る身近な情報を提供するため、気温や湿度の観測データを経験式等に当てはめた解析を実施した。

冷暖房使用によるエネルギー消費量の推定には、外気温のデータについて、基準温度以上や以下の温度の積算値を求める手段（デGREEデー）が活用できることから、県内各地における冷房及び暖房デGREEデーを求め、その変化を解析した<sup>3)</sup>。これにより、本県では夏期と比較して冬期に必要なエネルギー量が大きいものの、春先に暖房デGREEデーが有意に減少していること（図2）が分かった。

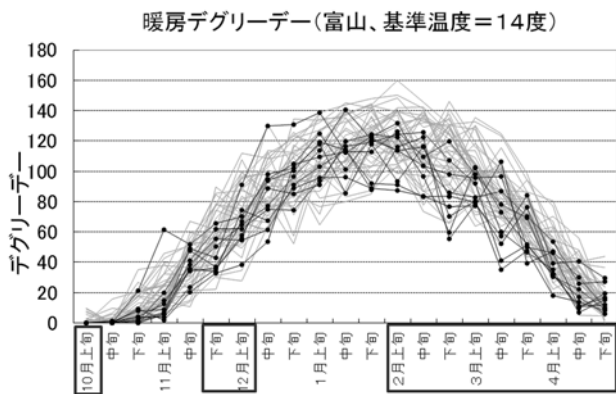


図2 富山における10月から4月の暖房デGREEデー（1961年～2010年）

※2001年以降は太線と黒丸で表し、有意な減少のみられた時期を四角で囲った。

また、気温と湿度のデータを用いて、6月～9月の4時刻（3, 9, 15, 21時）における不快指数を計算した<sup>4)</sup>。その結果、半分以上の人々が不快と感じるとされている不快指数75%以上となる日数（不快日数）について、各時刻で増加傾向が確認できた。特に深夜3時の増加傾向が大きく、寝苦しい夜が、1960年代～1970年代の10日程度から、近年は30日程度に増加していた（図3）。

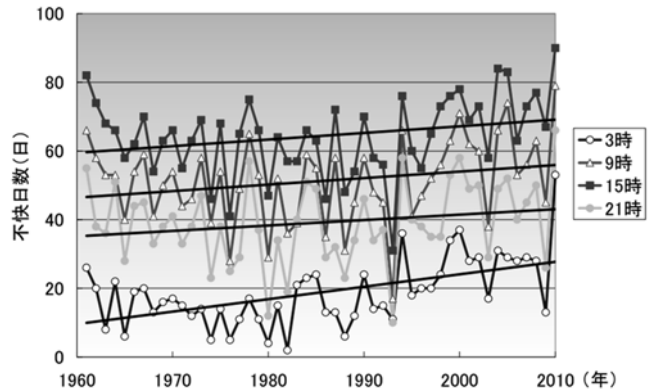


図3 6～9月の各時刻における不快日数

また、特に6月の梅雨明け前と9月の残暑時期に不快日数の増加傾向が大きかった。このことから、近年は夏期に室温調節なしに体調管理することが難しくなっていることが推測できる。

### 2.3 降雪の変化

積雪が県民生活に与える影響は大きく、温暖化に伴う降積雪量の変化は県民の関心が高い。そこで、県が取りまとめた降積雪量に関する調査資料<sup>5, 6, 7)</sup>をデジタル化して、延べ100地点以上の観測地点の中から30年以上の観測資料が得られた県内27地点について、一冬で積算した降雪量、降雪日数等を解析した<sup>8)</sup>。その結果、平野部において冬期の降雪量は10年につき30～60cm、降雪日数は10年につき2～6日程度、有意な減少傾向があることが分かった（図4）。平野部におけるこれらの減少は、富山平野において、わずかな気温上昇により降雪が降雨に変わりやすいことを示しており、温暖化の影響を受けやすい地域であることを示唆する結果となった。

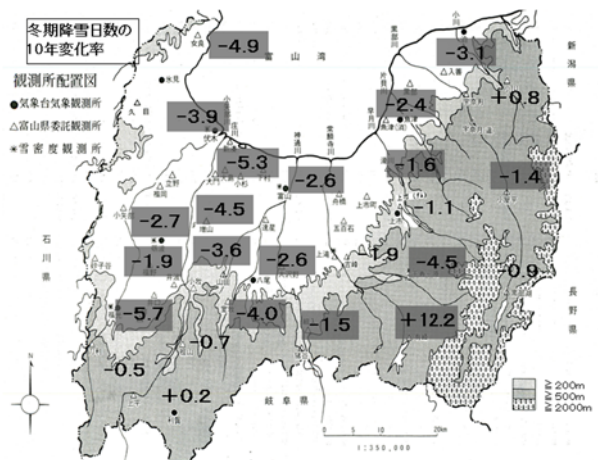


図4 冬期降積雪日数の10年変化率（日/10年）

※有意な変化を陰影付きの数字で表す。なお、地図上の陰影は山岳部を示す。

## 2.4 山岳における融雪時期の変化

山岳部において夏にかけて徐々に融ける雪は、本県の水資源に大きな影響を与えている。また、貴重な自然環境である高山植物やライチョウに対する温暖化の影響が懸念されている<sup>9)</sup>。現在までのところ、図4に示すように、山岳部では降雪量や降雪日数の変化が有意でない地点が多いが、そもそも温暖化の影響を把握できる地点は限られている。

このようなことから、富山大学及び立山カルデラ砂防博物館との連携のもと、平成20年度から立山室堂平（標高2,450m）の周辺において、雪解け時期の調査を実施しており、雪解け時期が微地形や植生分布と密接に関わることを確認している<sup>10)</sup>。

図5は室堂山（標高2,668m）の雪渓から立山室堂平へ流れ込む流水の水温と水圧の変化を通年で測定したものである。水温は積雪時期には0℃で安定しており、周辺の雪が消えてくるとともに上昇しているのに対して、水圧は2月頃にも一時的な上昇がみられる。このことは、厳冬期に水の流れがあったことを示す。これを確認するために、この地域の気象をシミュレーションモデルにより再現したところ、発達した低気圧の通過による暖気の流入が異常な高温と降雨をもたらしたことが確認できた。このような温暖化と雪解けとの関係を解明し、山岳部における自然環境の保全等に資するため、今後も観測を継続していく。

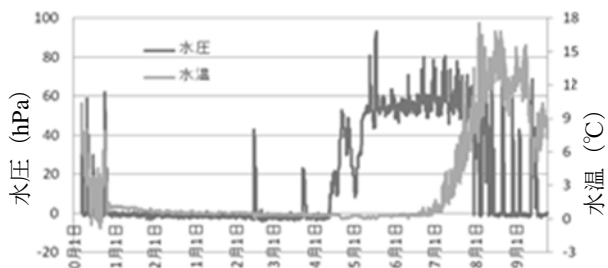


図5 室堂山からの流水の水温と水圧の変化（2008年10月-2009年9月）

## 3. 近未来の温暖化予測

平成22年度から平成26年度には、文部科学省の委託研究<sup>11)</sup>により、海洋研究開発機構などとの連携のもとに、これまで地球全体あるいは日本全体の規模で行われていた温暖化による気候変化予測を県域の範囲で実施した。

元来の温暖化の予測計算は、国連のWCRP（世界気候計画）の作業部会が策定したCMIP5<sup>12)</sup>の仕様に従って世界中の公的気象機関や大学・研究所等により実施されている。しかしながら、得られる気温等の予測情報は、地球全体の影響を網羅する必要があり、計算機資源の制約から、全球モデルにより得られる予測情報の空間解像度（地球

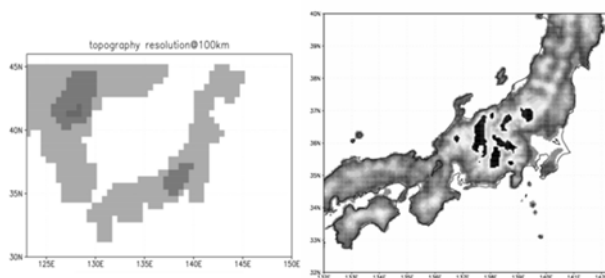


図6 世界の温暖化予測計算（左、100km格子）と県域の温暖化予測計算（右、4.5km格子）に用いる地形

表面を等間隔な格子点で覆いつくした際の格子点間隔）は低く、最も空間解像度が高いものでも格子点の間隔は約60km（60kmメッシュ）で、平均では100km程度である（図6左）。このため、本県域の周辺を見た場合、2～3の格子点の内側に県内全域が収まってしまい、また地形などの状況も反映されておらず、温暖化により本県の将来の降雪量等がどのように変化するかを理解するためには不十分であった。

こうしたことから、全球モデルの予測計算で得られた気温等の現在からの変化量と現在の実際の気象の変動から温暖化時の気象の変動を疑似的に作成し、さらに本県及びその周辺域の地形の特徴などを反映した高解像度のシミュレーションを行うことで、4.5kmメッシュ

（図6右）の細かさで近未来（2030年代）における気温、降雨量、降雪量等を予測した。その結果をさらに解析することにより得られた知見のうち主なものを以下で紹介する。

### 3.1 WBGT指数の変化

既に現状でも不快日数が過去と比較して増加しており、盛夏期に熱中症の搬送患者数も多く報告されている<sup>13)</sup>。このことから、熱中症の指標の一つである湿球黒球温度（WBGT）指数について、県内の現在から近未来への変化を予測した<sup>14)</sup>。図7では、日常生活でも嚴重警戒が必要なWBGT指数が28℃以上となる日数について、現在の状況

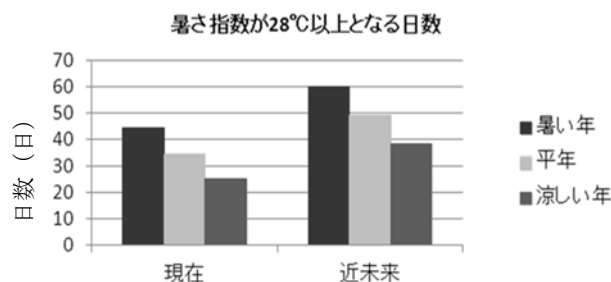


図7 現在（左）と近未来（右）における熱中症に嚴重警戒が必要な日数（WBGT指数が28℃以上となる日数）

と近未来の変化を求めた。その結果、現在の暑い年でも40日以上、警戒が必要な日があるが、近未来にはさらに増加し、平年でも50日に迫ることが分かった。また、時間帯別にみると盛夏期に厳重警戒のレベル（WBGT指数で28℃）を超過する時間帯が広がり、夜間も含めて注意が必要となる可能性が示唆された。

### 3.2 積算時間別の最大降雪量の変化

2章の3では過去から現在までの気温の変化に伴い降雪日数等が平野部で減少していることを示したが、図8では、県内平野部における年間総降雪量並びに6時間、1日及び1週間で積算した年最大降雪量について、現在から近未来の増減（変化率）を求めた<sup>15)</sup>。

年間総降雪量は、日々の降雪量を積算したもので、平野部の平均で、現在は3m程度であるが、近未来には現在の60%程度まで減少する。一方で、積算時間が短くなるほど、年最大降雪量の比は小さくならず、短時間の降雪については現在の80%程度にとどまり、年間総降雪量ほどは減少しない。このことから、冬期を通しての降積雪量は減少するかもしれないが、今後も豪雪災害への備えが必要と考えられる。

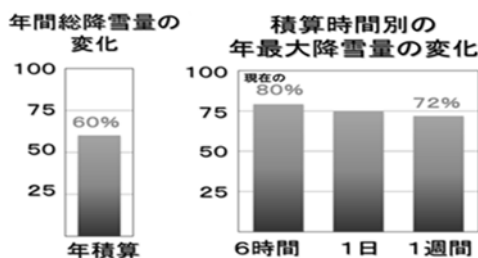


図8 富山県域の標高100m以下の平地における年間総降雪量及び積算時間別の年最大降雪量の現在から近未来への変化率 (%)

## 4. 研究成果の情報提供

当センターでは、富山県環境科学センター年報、研究成果発表会、各団体からの依頼による講演会、マスコミ報道等を活用して、研究成果の発信に努めている。さらに本研究では、県民や事業者による温暖化防止活動を効果的に推進し、適応策の検討を進めるための情報発信として、県行政計画等での活用や特設ウェブページによる成果の発信を行っている。

### 4.1 行政計画等への成果の活用

県が実施する温暖化対策を定める「とやま温暖化ストップ計画<sup>16)</sup>」において、適応策検討の基礎資料として活用された（図9）。さらに健康や防災に関して、影響が懸念される事例として、熱中症に厳重警戒が必要な日数の

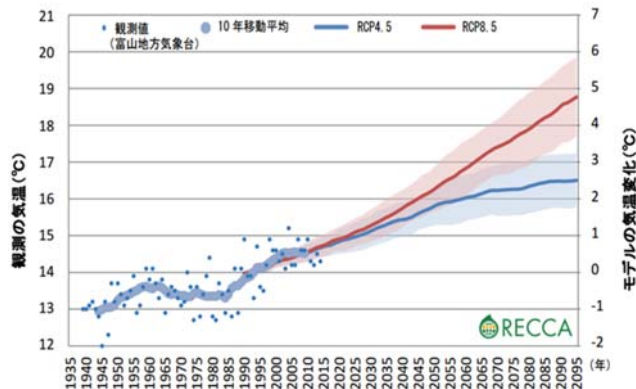


図9 富山県における年平均気温の観測結果と将来予測 ※点とその10年移動平均の太線は富山地方気象台の年平均気温（左軸）、2000年以降の太実線は予測による本県付近の将来シナリオ別（RCP4.5, RCP8.5）の気温変化量（右軸）。各シナリオにおけるモデルの不確実性を陰影で表す。（とやま温暖化ストップ計画に掲載）

ほか、過去から現在までの1時間降水量が30mm以上の日数の変化が掲載された。また、同計画の資料編では季節ごとの変化（桜の開花日の変化、真夏日の日数の変化、イロハカエデの紅葉日の変化、積雪量の変化）についての将来予測が県民に分かりやすく紹介されている。

また、小学生を対象とする環境教育を地球温暖化防止活動推進員が実施する際に利用する副読本「地球温暖化を止めるため家族みんなでチャレンジ<sup>17)</sup>」に研究成果が活用され、上述の季節ごとの変化について、図10に示すとおり小学4年生が理解できるよう、分かりやすく表している。

## 4.2 ウェブページによる情報発信

環境教育、情報収集等で県民に幅広く活用していただくため、当センターのウェブページに本研究の成果を紹介する特設のウェブページを開設している。

### 4.2.1 現在までに表れている温暖化傾向

現在までに表れている温暖化傾向<sup>18)</sup>について、2章で述べた知見を中心に、図の解釈等の簡単な説明を加えて掲載している。なお、一部はパネル化して、とやま環境財団等を通じて貸し出しており、県、市町村等が開催するイベント等で活用されている。

### 4.2.2 富山県近未来気候

富山県近未来気候<sup>19)</sup>については、3章で述べた近未来の温暖化予測情報を取りまとめて公開しており、例えば白馬岳上空や県民になじみの深い呉羽山展望台から見た立



図10 季節ごとの変化 (副読本「地球温暖化を止めるため家族みんなでチャレンジ」に掲載)

山連峰の景観 (雪の消長) が現在と近未来で変わる様子をアニメーションで表示できる (図11)。多雪年として、平成18年豪雪相当を設定し、近未来に同じ状況が再現された場合の雪景色と比較できるように工夫している。また、翌平成19年を想定した少雪年についても、同様に表示できる。そのほか、現在と比較して降水量、気温等の変化をGoogle マップの地図上に表示でき、利用者が縮

尺の変更や見たい地点の変更をマウス操作で容易に行うことが可能である (図12)。さらに、県内の主要河川の河川流量の現在と近未来の違いを折れ線グラフで表示する等、グラフや地図を利用して、多様なデータを視覚的に表示する機能を持たせた。このウェブページについては、地球温暖化防止活動推進員の養成講座等で説明しており、環境教育の現場での活用を図っている。

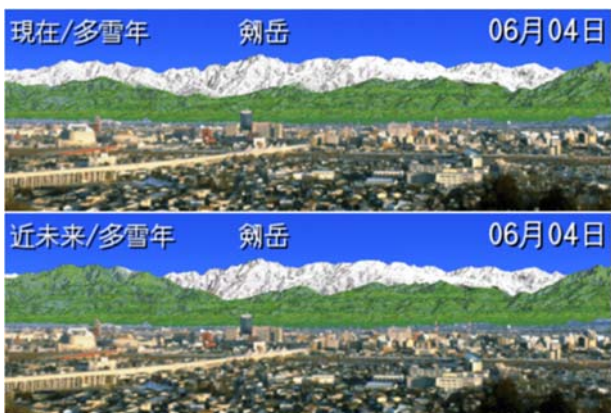


図11 呉羽山展望台から見た立山連峰と富山平野の雪の消長についてのアニメーション (富山県近未来気候より)



図12 Google マップ上に表示した6月降水量の将来変化 (富山県近未来気候より)

## 5. 今後の展開

既に一部の分野では、夏期の高温対策等について検討が進みつつあるが、今後は積雪期間等も含め、気候変化を全体的に捉えて、地球温暖化への適応策を各分野で検討していく必要がある。このため、本研究で取りまとめた温暖化影響に関する資料や予測情報の提供を行っていくことにしており、平成27年度には、県の各試験研究機関の温暖化に関する調査研究の状況と予測情報のニーズについてのアンケート調査<sup>20)</sup>を実施し、予測情報の提供を行った。今後も連携について協議していく予定である。

また、温暖化により、豪雨が増大するとの報告<sup>21)</sup>もあることから、いわゆる極端気象現象の発生確率等と温暖化の関係について、知見の収集を進めていく。

## 6. 引用文献

- 1) 初鹿宏壮, 橋本淳一, 折谷禎一, 山崎敬久, 溝口俊明, 土原義弘, 木戸瑞佳, 中村篤博: 富山県における地球温暖化に関する調査研究(概要). 富山県環境科学センター年報, 76-77, 2007
- 2) Hatsushika, H., R. Kawamura, K. Kawasaki, M. Kido, T. Kondo, T. Mizoguchi, T. Nakamura, T. Oritani, Y. Tsuchihara and T. Yamazaki: Changes in surface air temperature, humidity, and precipitation over Toyama Prefecture due to Global Warming. *Journal of Eco-technology Research*, **14**, 189-194, 2009
- 3) 初鹿宏壮, 川崎清人, 近藤隆之, 林豊治, 万尾和恵, 木戸瑞佳, 土原義弘: 富山県における地球温暖化に関する調査研究—富山県内における冷暖房使用量の変化—. 富山県環境科学センター年報, 81-88, 2009
- 4) 源将, 初鹿宏壮, 相部美佐緒, 近藤隆之: 富山県における地球温暖化に関する調査研究—富山県内における不快指数の変化—. 富山県環境科学センター年報, 67-71, 2012
- 5) 富山県: 富山県積雪調査資料, 富山県, 1973
- 6) 日本気象協会富山支部編: 富山県降積雪及び気温観測調査報告書(昭和49年), 1975
- 7) 富山県・日本気象協会編: 富山県降積雪及び気温観測調査報告書(II~), 1976~
- 8) 初鹿宏壮, 川崎清人, 折谷禎一, 近藤隆之, 溝口俊明, 土原義弘, 木戸瑞佳, 中村篤博: 富山県における地球温暖化に関する調査研究—県内の降雪に関する調査—. 富山県環境科学センター年報, 75-80, 2008
- 9) 水沼登志恵: 絶滅危惧種ライチョウの衣食住から考える—温暖化が高山生態系に与える影響. 地球環境研究センターニュース, **26**, 9-12, 2015
- 10) 初鹿宏壮, 源将, 相部美佐緒, 近藤隆之, 鈴木智博, 和田直也, 川田邦夫, 飯田肇: 立山室堂周辺における融雪調査(概要)—室堂山(北側斜面)における消雪時期と植生との関係—. 富山県環境科学センター年報, 73-75, 2013
- 11) 文部科学省: 気候変動適応研究推進プログラム, [https://www.restec.or.jp/recca/\(2017.1.1\)](https://www.restec.or.jp/recca/(2017.1.1))
- 12) Taylor, K. E., R. J. Stouffer and G. A. Meehl: An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bulletin of American Meteorological Society*, **93**, 485-493, 2012
- 13) 富山県: 富山県内の熱中症による救急搬送状況, [http://www.pref.toyama.jp/cms\\_sec/1007/kj00016883.html](http://www.pref.toyama.jp/cms_sec/1007/kj00016883.html) (2017.1.1)
- 14) 初鹿宏壮, 源将, 相部美佐緒, 近藤隆之, 川瀬宏明, 木村富士男: 富山県におけるWBGT指数の将来予測. 富山県環境科学センター年報, 76-82, 2013
- 15) 初鹿宏壮, 相部美佐緒, 笹島武司, 馬燮鈔, 川瀬宏明, 吉兼隆生, 宇野史陸, 鈴木智恵子, 石崎紀子, 木村富士男: 富山県における温暖化に関する調査研究(Ⅲ)—富山県の気候の近未来予測—. 富山県環境科学センター年報, 74-79, 2015
- 16) 富山県: とやま温暖化ストップ計画, [http://www.pref.toyama.jp/cms\\_pfile/00000856/00783391.pdf](http://www.pref.toyama.jp/cms_pfile/00000856/00783391.pdf) (2017.1.1)
- 17) 富山県, とやま環境財団, 富山県トラック協会: 地球温暖化を止めるため家族みんなでチャレンジ. [http://www.pref.toyama.jp/cms\\_pfile/00003460/00927140.pdf](http://www.pref.toyama.jp/cms_pfile/00003460/00927140.pdf) (2017.1.1)
- 18) 富山県環境科学センター: 温暖化に関連している可能性がある事象, <http://www.eco.pref.toyama.jp/ondanka/ondanka.html> (2017.1.1)
- 19) 富山県環境科学センター: 富山県近未来気候, <http://www.eco.pref.toyama.jp/kinmirai/> (2017.1.1)
- 20) 初鹿宏壮, 相部美佐緒, 小林史明, 九澤和英: 富山県における地球温暖化の影響に関する調査研究—近未来の気候変化予測結果の提供—. 富山県環境科学センター年報, 74-77, 2016
- 21) 文部科学省, 気象庁, 環境省: 日本の気候変動とその影響. 気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2012年度版, [https://www.env.go.jp/earth/ondanka/rep130412/pamph\\_full.pdf](https://www.env.go.jp/earth/ondanka/rep130412/pamph_full.pdf) (2017.1.1)

<資 料>

# オープンソースWebGIS技術を用いた情報提供システムの開発\*

植田信夫\*\*・岩城文太\*\*・吉崎大理\*\*・石山 豊\*\*\*

キーワード ①WebGIS ②オープンソース ③地理院マップシート ④地理院タイル ⑤クマ

## 要 旨

オープンソースソフトウェア及び地理院タイルを用いて、実用可能かつ低コストのWebGISシステムによる情報提供システムを構築した。まず、クマ出没マップ作成について適用したが、同様な手法で様々な分野に適用が可能であり、WebGIS導入拡大の端緒となることが期待される。

### 1. はじめに

新潟県では、新たなICT技術の普及状況を踏まえて、県民に必要な環境に関する情報を提供することを、行政情報化の目標の一つに位置付けている<sup>1)</sup>。

地理情報システム(Geographical Information System: GIS)のうち、Webブラウザを用いて閲覧可能なWebGISは、地点情報を伴う情報を県民等へ提供するのにも有効であるが、有償技術を用いたシステムでは、構築や運用に係る費用が導入の障害となる場合もあると考えられる。

一方、WebGISの構築に無償で使用できるオープンソースソフトウェア及び地理院タイルなどを用いて開発を行うと導入及び運用費用を抑えることができる。

本報では、オープンソースのWebGIS技術などを用い、低コストのクマ出没情報提供システムを構築したので報告する。

### 2. 作成の方法

#### 2.1 開発に当たっての考え方

検討開始(2015.11)時点での、当県のクマ出没情報の提供における問題点と解決策を表1のように整理した。各

問題点は、WebGISの基礎的な機能により解決が可能であり、更新作業も簡素化が可能であると考えた。

ソフトウェアはオープンソースを用い、地図も無償で利用できるものを利用することとし、導入及び運用費用をできる限り低減化することを目指した。

#### 2.2 WebGISソフトウェア

WebGISソフトウェアについては、オープンソースであり代表的マッピングエンジンであるMapServerを使用している。MapServerは、Linux用の他、Windows用のパッケージMS4W (MapServer for windows) が配布されている<sup>2)3)</sup>。

#### 2.3 JavaScriptプログラム

WebGISは閲覧者の操作に応じて表示内容を変化させるが、その動作はプログラミング言語の1つであるJavaScriptで記述されている。JavaScriptは、HTML中に記述することも可能であるが、本システムでは、JavaScript記述部分をjsファイルとして別記している。

JavaScript記述には、地図表示用の代表的なオープンライブラリのうちOpenlayersを使用した。Openlayersは、

表1 問題点と解決策

問題点	解決策
マップ画像(PDF)は、出没が密な地点では重なり合い見づらい。	WebGISの拡大・縮小・移動機能により見やすくする。
出没時の状況など詳細な情報が表示できない。	WebGISの属性表示(ポップアップ)機能により情報を表示させる。
マップ画像作成、PDF化及び更新掲載作業に時間がかかる。	更新のための作業を極力簡素化する。

\* Development of an Information Providing System Using the Open Source WebGIS Technology

\*\* Nobuo UEDA, Bunta IWAKI, Tairi YOSHIKAZI (新潟県保健環境科学研究所) Niigata Prefectural Institute of Public Health and Environmental Sciences

\*\*\* Yutaka ISHIYAMA (新潟県廃棄物対策課) Waste Management Division, Niigata Prefectural Government



順次バージョンアップされており、検討開始時点（2015.11）の最新バージョンはOpenlayers3であったが、開発に際し参考になる事例が多いことから、Openlayers2を使用した<sup>4)5)</sup>。

jsファイルの基本的な記述は、国土地理院の「地理院タイルを用いたサイト構築サンプル集 OpenLayers 2.13.1」を基にした<sup>6)</sup>。本システム開発に際しては、記述を大幅に追加及び変更している。

## 2.4 GISデータファイル

GISデータファイルはkml形式を使用した。kml形式は地理情報のオープンソース化を目指す団体であるOGC(Open Geospatial Consortium, Inc)でも採用されている規格であり、テキストファイルである。

検討開始時点においてクマ出没情報は、MS-Excelファイルにより出没住所を含む一覧表として集約されていた。

一方、国土地理院では、地理院マップシートというMS-Excelエクセルツールを提供しており、マクロ機能により、住所から緯度経度を算出し、kmlファイルを出力できる。本システムでは、クマ出没情報のMS-Excelファイルから地理院マップシートに貼り付け、kmlファイルを出力する。

なお、ポイントアイコンは、地理院サーバー上のアイコンライブラリを参照し表示させている<sup>7)</sup>。

## 2.5 試作品の作成及び移植

### 2.5.1 仮想サーバー

Webサーバー上での構築の前段階として、パーソナルコンピュータ(PC)に仮想サーバーを構築し、試作品を作成した。仮想サーバーは、原田<sup>2)</sup>を参考にPC（OSはWindows8.1Pro）にMS4W（Ver3.0.6）をインストールすることにより構築した。

MS4Wには、Mapserverの他ApacheやPHPなど動作するのに必要な関連ソフトがパッケージされているので、構築が容易である。

### 2.5.2 作成、表示検証及びデバッグ

仮想サーバーにWebブラウザでアクセスし、表示を確認しながら作成した。html及びjsファイルの記述の作成及び修正には、テキストエディタのTeraPad（Ver1.09）を用いた。

また、表示検証及びデバッグ用のブラウザには、GoogleChrome（Ver51.0）を主に使用し、InternetExplorer（Ver11.0）でも確認を行った。

### 2.5.3 Webサーバーへの移植と検証

試作システムで利用に耐えるものができたと判断し、公開可能なWebサーバーへの移植を行った。

WebサーバーはS社のレンタルサーバーを利用した。

MapServerなどのプログラムのインストールが必要であるため、root（管理者）権限が付与されるVPS(Virtual Private Server)プランを選択した。

サーバーの主要な仕様は、メモリー512MB、容量20GB(SSD)である。サーバーOSは、Linux系のOSであるCentOS 6 x86\_64を用いた。

サーバーの設定及びファイル転送にはRlogin(Ver2.20)を用い、SSH(Secure Shell)により行った。

MapServer(Ver 6.0.4)については、関連の必要プログラムをインストールした後、yumコマンドを用いてパッケージとしてインストールした。

## 3. システムの概要

### 3.1 ファイル構成

ファイル構成を図1に示す。メインファイルであるhtmlファイルは、kuma.htmlである。jsファイル部分は、2つに分かれる。まず、Openlayers.jsは、運営団体

(OSGeo:Open Source Geospatial Foundation)のサイト上のファイル<sup>5)</sup>をインターネット経由で参照している。

また、本システムのマップ表示に係るJavaScript記述部分は、map.jsという名称で外部Scriptファイルとして本システムサーバー内に置いている。

読み込むkmlファイルは、map.jsで記述し、システムサーバー内に置いている。kmlファイルは年度毎に1ファイルとし、運用開始時点で2016年度までの4年度分の4ファイルがある。

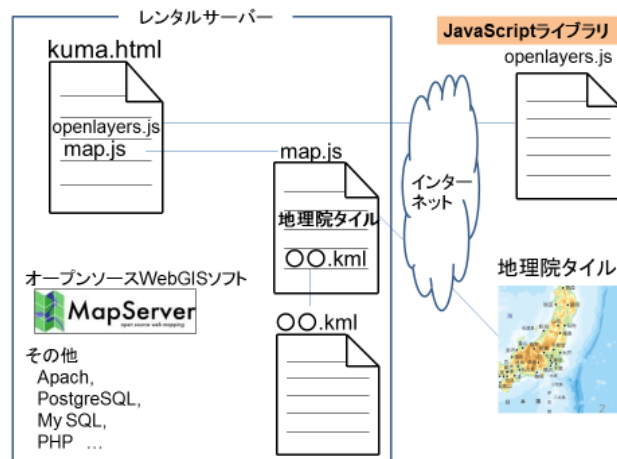


図1 システム構成図

### 3.2 地理院タイル

地図は、地理院タイルのうち標準地図を使用している。map.jsで、地理院タイルをインターネット上の国土地理院のサイト<sup>8)</sup>から読み込むよう記述している。この方式での利用は、測量成果の複製にあたらぬ。

一方、地理院タイルを複製し、本システムサーバー内

に置く方式も考えられたが、複製の承認手続きが必要となる<sup>9)</sup>上に、膨大な数のタイル画像(png形式)によりサーバーのメモリ容量を消費してしまう欠点があり、採用しなかった。

### 3.3 ファイヤーウォール

本システムは、OSに標準でセットされているファイヤーウォールのiptablesを用いて、パケットフィルタリングを設定している。

### 3.4 マップの機能

#### 3.4.1 拡大・縮小

ウインドウ左上の＋ボタンで拡大・縮小ができるほか、マウスホイールによっても拡大・縮小が可能である。初期画面は図2のように県土全体が表示されるよう設定している。これは地図タイルのズーム値では10である。拡大を続けた場合、最大ズーム値14まで表示できる。国土地理院サーバーの地理院タイルは、ズーム値18まで用

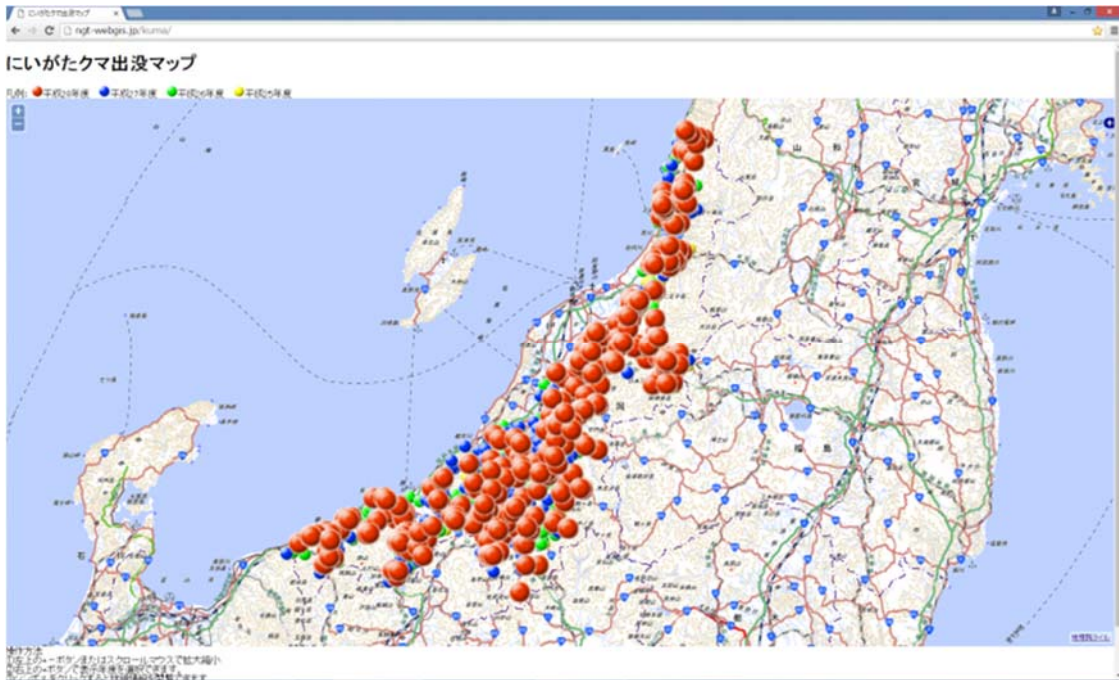


図2 にいがたクマ出没マップ初期画面例

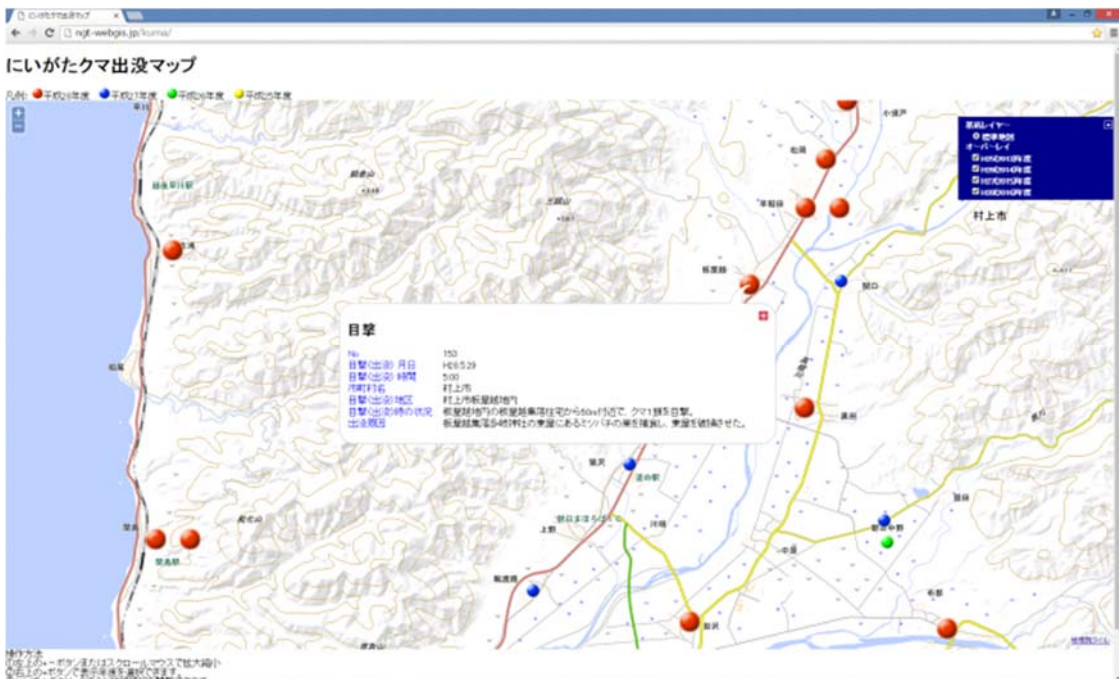


図3 にいがたクマ出没マップ拡大画面例

意されているが、クマ目撃情報の場合、元の見撃情報の精度、クマ自体が移動するものである事及びジオコーディングで得られる緯度・経度値の精度を考慮し、利用者の誤解を避けるためズームの最大値を制限した。

### 3.4.2 表示範囲の移動

マウスドラッグにより表示範囲を移動できる。

### 3.4.3 アイコン

本システムでは、目撃年度ごとに異なる色のアイコンを使用するとともに、現年度は赤色としサイズを大きくすることにより見やすくしている。

### 3.4.4 表示する年度の選択

出没情報は年度ごとにまとめられ、MS-Excelの1シートになっている。年度ごとの情報について、地理院マップシートによりkmlファイルに変換し1レイヤーとしている。OpenlayersのMapSwicherコントロールを使用し、表示する年度=レイヤーを選択できるようにしている(図3右上)。初期画面では、すべての年度を重ね合わせた状態で表示しているが、最も重要な現年度を最上位レイヤーとし見やすくしている。

### 3.4.5 属性情報の表示

クマ出没情報は、目撃(出没)区分、年月日、時刻、住所及び状況の属性情報を持っている。地図上の目撃地点のアイコンをクリックすることにより、属性情報をポップアップ表示させることができる(図3中央)。ポップアップ表示は、マウスによりポップアップ右上の×ボタンを押すか、ポップアップ外の他の場所をクリックすることにより解消される。

## 4. 運用及び今後の展開

### 4.1 情報の更新

kmlファイル1つにつき1レイヤーを構成する。情報の更新は、県PCから現年度のkmlファイルのみをサーバーに転送し、既存ファイルを上書きすることにより行う(図4)。更新の手順は図5のとおりである。

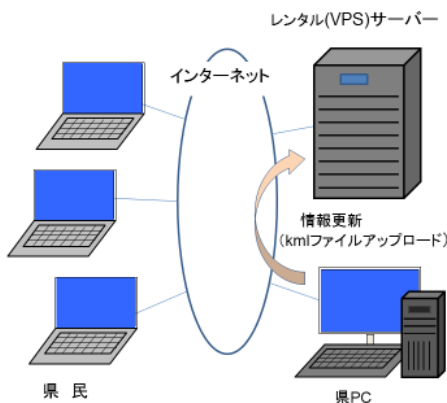


図4 情報の更新と公開

### 4.2 公開前の確認

kmlファイルは、公開前に表示が適正かどうか確認するため、一旦、一般がアクセスできないようIDとパスワードで保護された確認用フォルダに転送する。表示状態及び動作を確認後、公開用フォルダに転送するようにした。

### 4.3 運用開始

本システムは平成28年3月31日から運用を開始し、一般からの閲覧を可能とした。Title及び URLは、次のとおりである。

Title にいがたクマ出没マップ  
URL http://ngt-webgis.jp/kuma/

### 4.4 初期費用及び運用費用

今回の場合、インターネット回線が既に整備されており、システム導入に必要な初期費用は、レンタルサーバー契約費用(初年度)及びドメイン(ngt-webgis.jp)取得費用のみであった。また、運用費用としては、レンタルサーバー費用及びドメイン管理費用のみが必要である。

### 4.5 システムの拡張性

システムに必要なファイルは、MapServerなどのプログラムファイル及びOSなどサーバーシステム等以外は、html、js及びkmlのいずれもテキストファイルである。運

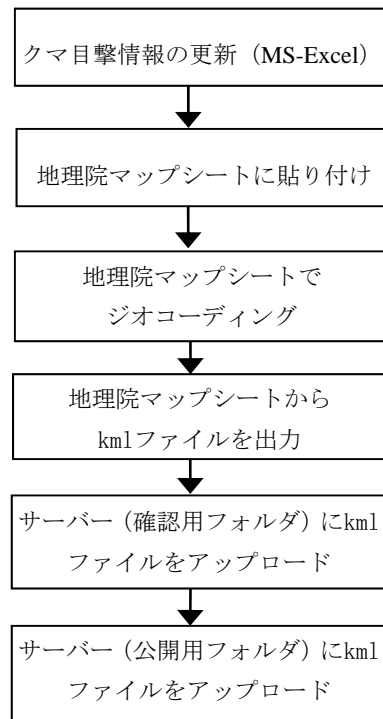


図5 情報更新の手順

用開始時点のテキストファイルサイズは合計で2MB(html:3KB, js:7KB, kml:1.86MB(4年度分))程度と小さい。

クマ出没マップ以外の他の情報に用途を拡大する場合、ソフトウェアは共用でき、これら3種類のファイルを追加するだけで良い。運用開始時点で、レンタルサーバーには15GB以上の空き容量があり、他の様々な情報用途に拡張することが可能である。

#### 4.6 今後の展開

本システムは行政側からの要望があり優先順位の高いクマ出没情報について最初に適用したものである。しかし、この手法は、住所を持つ他の情報に容易に応用できるため、環境・保健分野に限らず、広くWebGISによる情報発信に利用されることを期待する。

#### 5. まとめ

- (1) オープンソースWebGISソフトウェア及び地理院タイルを用いて、環境情報を見やすく提供するWebGISシステムの構築を検討した。
- (2) その結果、導入及び運用費用が非常に低廉で、かつ実用可能なシステムが構築できた。
- (3) システムは、非常にシンプルであり、軽微なシステムの修正のみで、他分野への転用が可能である。
- (4) 本システムが当県の情報発信におけるWebGIS利用拡大の端緒になり、県民等への情報提供に活用されることを期待する。

#### 6. 引用文献

- 1) 新潟県：新潟県情報化プラン(2016～2019), p24, 2016
- 2) 原田英夫, 北海道地図株式会社：Map server入門 - FOSS4G 2012 Hokkaido, <http://www.slideshare.net/hideo0515harada/map-server-foss4g-2012-hokkaido> (2015. 11. 9 アクセス)
- 3) OSGeo財団:MapServer, <http://www.mapserver.org> (2015. 11. 9 アクセス)
- 4) 原田英夫, 北海道地図株式会社：WebGIS初級編 - OpenLayersで簡単作成, <http://www.slideshare.net/hideo0515harada/web-gis-24120312> (2015. 11. 19 アクセス)
- 5) OSGeo財団: OpenLayers-2. 13. 1, <http://dev.openlayers.org/releases/OpenLayers-2.13.1/OpenLayers.js> (2016. 1. 8 アクセス)
- 6) 国土地理院:地理院タイルを用いたサイト構築サンプル集, <http://maps.gsi.go.jp/development/sample.html> (2016. 1. 7 アクセス)
- 7) 国土地理院:「地理院マップシート」ダウンロードサット, [http://renkei2.gsi.go.jp/renkei/130326mapsh\\_gijutu/index.htm](http://renkei2.gsi.go.jp/renkei/130326mapsh_gijutu/index.htm) (2015. 11. 9 アクセス)
- 8) 国土地理院:地理院地図, <http://cyberjapandata.gsi.go.jp> (2016. 1. 8 アクセス)
- 9) 国土地理院:国土地理院の地図の利用手続, <http://www.gsi.go.jp/LAW/2930-index.html#sec2> (2016. 1. 8 アクセス)

## <支部だより>

### 中国・四国支部

平成28年度の中国・四国支部の活動について報告します。  
(支部事務局：香川県環境保健研究センター)

#### 1. 平成28年度支部会議（地方衛生研究所全国協議会支部会議と合同で実施）

（開催機関：島根県保健環境科学研究所）

- (1) 期 日：平成28年5月19日（木），20日（金）
- (2) 会 場：サンラポーむらくも 瑞雲
- (3) 参加者：89名



支部長あいさつ

#### (4) 内 容

##### ○ 1日目

##### ① 支部長表彰

- 信森 達也 氏（岡山県環境保健センター）
- 岡本 在英 氏（徳島県立保健製薬環境センター）
- 野崎 一伸 氏（香川県環境保健研究センター）
- 大森真貴子 氏（高知県環境研究センター）

##### ② 全体会議（支部長報告）

##### ③ 記念講演

- ・危機管理におけるLC-MS/MSの活用について（スペクトルデータベースの構築）

杉村 光永 氏

（広島県立総合技術研究所保健環境センター次長）

- ・愛媛県における環境分野の研究成果について

山内 正信 氏

（愛媛県立衛生環境研究所大気環境科長）

##### ④ 特別講演

- ・水資源環境の持続的利用と生態系の保全

山室 真澄 氏

（東京大学大学院新領域創成科学研究科教授）

##### ○ 2日目

- ・所長・企画部会
- ・水環境部会
- ・大気環境部会

#### 2. 平成28年度（平成27年度結果分）環境測定分析統一精度管理ブロック会議

（開催機関：愛媛県立衛生環境研究所）

- (1) 期 日：平成28年7月26日（火）
- (2) 会 場：愛媛県薬剤師会館
- (3) 参加者：24名（環境省1名，検討委員3名，日本環境衛生センター1名，会員機関19名）
- (4) 議 事

##### ① 環境測定分析統一精度管理調査について

石関 延之 氏

（環境省水・大気環境局総務課環境管理技術室）

##### ② 平成27年度環境測定分析統一精度管理調査結果について

鹿島 勇治 氏

（一般財団法人日本環境衛生センター環境科学部）

##### ③ 環境測定分析における留意点及び精度管理について

中里 哲也 氏

（国立研究開発法人産業技術総合研究所環境管理技術研究部門）

小林 憲弘 氏

（国立医薬品食品衛生研究所生活衛生化学部）

松田 宗明 氏（元愛媛大学農学部）

##### ④ 質疑応答

#### 3. 平成28年度（平成28年度結果分）環境測定分析統一精度管理ブロック会議

（開催機関：香川県環境保健研究センター）

- (1) 期 日：平成29年2月28日（火）
- (2) 会 場：ルポール讃岐
- (3) 参加者：26名（環境省1名，検討委員3名，日本環境衛生センター1名，会員機関21名）
- (4) 議 事

##### ① 環境測定分析統一精度管理調査について

##### ② 平成28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

**編 集 後 記**



この冬は各地で記録的な大雪や低温となりました。広島市でも1月15日に33年ぶりの大雪を記録し、交通機関が乱れ、大学入試センター試験の開始時間も繰り下

げられるなど、大きな混乱を招きました。3月に入ると寒さも和らぎ、ようやく春の気配が感じられるようになり、柔らかい日差しの温もりが増すと共に、新たな年度が始まる期待感も膨らんでいくようです。

広島市ではこの春、JRの廃止路線の一部が全国で初めて復活しました。広島市の中心部と国の特別名勝・三段峡（安芸太田町）を結んでいたJR可部線は、利用者の減少により、平成15年に可部駅から三段峡駅までの非電化区間約46kmが廃止されました。しかし、沿線地域の人口増加や地域住民の方々の強い要望もあり、可部駅から新たに「河戸帆待川（こうどほまちがわ）」と「あき亀山」

（いずれも安佐北区）の2つの駅を新設して1.6kmを電化延伸し、3月4日に開業しました。この「帆待川」は、広島市街地を流れる太田川の支流のひとつで、このあたりの太田川中流域は環境省の全国名水百選にも選ばれています。

折しも今年の2月から「プレミアムフライデー」が実施されました。月末金曜日は少し早めに仕事を終え、いつもは乗らない列車に揺られて沿線の風景やおいしい食べ物を楽しむのも、いいリフレッシュになるのではないのでしょうか。

さて、平成27年度から2年間、広島市衛生研究所が広報部会長を担当してまいりましたが、4月からは広報部会長が三重県保健環境研究所に交代します。これまでは、広報部会長が交代しても、6月発行分の会誌原稿の編集作業は前年度の担当機関が行っていましたが、電子ジャーナル化以降は完全原稿を提出していただくことになり、編集作業が短縮されたため、次号（第42巻第2号、平成29年6月発行予定）分からは、会誌の編集事務を三重県保健環境研究所へと引き継ぐことといたしました。

約2年間で振り返りますと、会誌の電子ジャーナル化という大きな変換点を迎え、その対応は手探り状態からのスタートでしたが、当時の会長機関である大阪府立環境農林水産総合研究所及び電子版掲載先である国立環境研究所の環境情報メディア「環境展望台」ご担当の皆様から多大なご協力を得て、無事に電子ジャーナルへと移行することができました。ありがとうございました。また、原稿を執筆いただいた皆様をはじめ会誌発行に至るまでにさまざまな形でご協力いただいた皆様に感謝申し上げます。

最後になりましたが、巻頭言を執筆していただいた山梨県衛生環境研究所の浅川所長様、特集「第43回環境保全・公害防止研究発表会」の記事を担当していただいた皆様、報文及び資料を投稿していただいた皆様、「支部だより」を執筆いただいた香川県環境保健研究センター様には、お忙しいところご協力いただき、ありがとうございました。

（広島市衛生研究所）

**平成28年度**

**全国環境研協議会 広報部会**

< 部 会 長 > 広島市衛生研究所長  
 < 広報部会担当理事 > 山口県環境保健センター所長

季刊 **全国環境研会誌 Vol.42 No.1(通巻142号)**

**Journal of Environmental Laboratories Association**

2017年3月25日発行

発行 全国環境研協議会

編集 全国環境研会誌 編集委員会