

ISSN 2424-1083

# 季刊 全国環境研究会誌

JOURNAL OF ENVIRONMENTAL LABORATORIES ASSOCIATION

Vol.41 No.2 2016 (通巻第139号)



## 目 次

## [巻頭言]

「環境先端県」を目指す特色のある調査研究 ..... 浦田裕治/ 1

## [特 集/各学会併設全環研集会・研究発表会]

- 第56回大気環境学会年会併設特別集会の概要 / 2  
日本騒音制御工学会併設全環研協議会騒音振動担当者会議の概要 / 4  
第26回廃棄物資源循環学会併設研究発表会の概要 / 6  
第50回日本水環境学会年会併設研究集会の概要 ..... 秋田県健康環境センター/ 8

## [報 文]

- 汚染農用地土壌における農作物を用いたファイトレメディエーションの評価  
—中国山西省における現地適用試験— ..... 細野繁雄・王 効挙・石山 高  
謝 英荷・程 紅艶・洪 堅平/ 10
- 埼玉県内の大気中ホルムアルデヒド濃度の継続観測結果  
..... 細野繁雄・松本利恵・佐坂公規/ 15
- カルシウム含有廃棄物を原料としたハイドロキシアパタイトの合成及び環境浄化材への応用  
..... 鈴木佳代子・本田雄一・安藤真由美・香西敬子・島田敦之  
横井浩二・高尾仁士・柴田香代子・串田光祥/ 21
- 異常水質（河川水の発泡）時の原因究明事例について  
..... 犬塚加代子・志岐寿子・中島妙見・末次 稔/ 27

## [環境省ニュース]

- 環境研究・環境技術開発の推進戦略について .....環境省総合環境政策局総務課環境研究技術室/ 30

C O N T E N T S

---

Effectivity Evaluation of Phytoremediation Using Farm Crop to Contaminated Farm Soil .....	Shigeo HOSONO, Kokyo Oh, Takashi ISHIYAMA, Yinghe XIE, Hongyan CHENG, Jianping HONG/	10
Continuous Monitoring Result of the Atmospheric Formaldehyde in Saitama .....	Shigeo HOSONO, Rie MATSUMOTO, Koki SASAKA/	15
Synthesis of Hydroxyapatite using Waste Materials contained Ca and Development of Environmental Purification Materials .....	Kayoko SUZUKI, Yuichi HONDA, Mayumi ANDOU, Keiko KOZAI, Atsuyuki SHIMADA, Koji YOKOI, Hitoshi TAKAO, Kayoko SHIBATA, Mitsuyoshi KUSHIDA/	21
Cause Investigation of River Water Foaming ...	Kayoko INUTSUKA, Toshiko SHIKI, Taemi NAKASHIMA, Minoru SUETSUGU/	27

## ◆巻頭言◆

## 「環境先端県」を目指す特色のある調査研究

富山県環境科学センター所長 浦田裕治



昨年4月から全環研協議会東海・近畿・北陸支部の支部長を務めています。常日頃、皆様にはご理解とご協力を賜り、厚くお礼申し上げます。

さて、富山県環境科学センターは、富山県の快適で恵み豊かな環境を保全し、創造するための環境政策を科学的・技術的に支援する試験研究機関として、県の総合計画「新・元気とやま創造計画」が掲げる環日本海地域の「環境先端県」の実現を目指して、環境調査、監視指導、調査研究、環境学習、国際環境協力等の業務を行っています。

このうち、調査研究では、標高3,000m級の立山連峰から水深1,000mを超える富山湾に至る高低差4,000mを直径40kmから50kmの富山平野がつなぐダイナミックな地形を有する本県の特性を踏まえた取組を行っていますので、ご紹介申し上げます。

本県は雪国のイメージがありますが、温暖化による冬季の気温のわずかな上昇が雪を雨に変化させるマージナルな地域であると言われていています。このことから、平成22年度から文部科学省の委託研究により海洋研究開発機構等との連携の下に、本県の2030年代の気候変化を予測しました。その結果、平野部において年間降雪量は大きく減少するものの、一過性の大雪がもたらす降雪量は大きく減少しないなどの知見が得られ、これらの予測結果を昨年4月からウェブページ「富山県近未来気候」で情報提供しています。今後は、他の研究機関との連携も視野に入れ、予測結果が気候変化に適應するための方策の検討に活用してもらえよう予測項目等を充実したいと考えています。

富山湾は、蜃気楼、世界最古の海底林等の珍しい現象が多くみられ、「神秘の海」と言われていますが、夏季に植物プランクトンの増殖によりCODの値が環境基準値を超えることがあります。平成26年10月に富山湾の「世界で最も美しい湾クラブ」への加盟が承認されたことを機会に、今後とも富山湾の水質を良好に守っていくため、河川の影響を受けやすい地先海域において水塊構造を把握するとともに、水深別の栄養塩類、

クロロフィルa等の濃度分布、季節変動等から栄養塩類の挙動を明らかにし、CODの増加のメカニズムを考察する研究を進めています。

本県は降水量が多く、黒部川、常願寺川等による水文地質的に優れた扇状地を有しており、地下水に恵まれています。降雪時には道路消雪用の揚水設備が一斉に稼働することにより、一部の市街地で地下水位の大幅な低下等の地下水障害が懸念されています。このため、節水の更なる促進に向けて揚水設備の稼働を制御する降雪センサーの設定条件の違いによる効果について地下水流動モデルを用いて検討しました。その結果、降雪センサーを間欠運転モードに設定することにより、設備の稼働時間の削減及び地下水位の低下の緩和が図られる可能性が示されました。今後は、降雪センサーの設定条件の見直しによる実際の消雪状況等を確認し、支障がなければ間欠運転モードの導入を呼びかけたいと考えています。

近年、アスベストや化学物質による健康被害及び微小粒子状物質による大気汚染が社会問題化するなど、県民の安全で安心な生活を求めるニーズは一段と高まっています。また、原子力施設の緊急時防護措置を準備する区域の拡大に伴い、環境放射線監視体制の充実が求められています。

このような状況を踏まえ、喫緊の環境問題に適切に対応していくため、業務の効率的かつ効果的な執行に努めることはもとより、放射線測定機器の整備、人材の育成等による監視体制の強化、調査データから新たな知見を得る統計解析、数値解析等の解析能力の向上、そして重大な環境汚染事故、深刻な環境被害等につながる初期の災害、事故等に迅速かつ的確に対応するための危機管理を強化したいと考えています。

G7富山環境大臣会合の開催による県民の皆様の環境意識の高まりをフォローの風として、今後とも環境の保全及び創造の業務を推進してまいりますので、皆様のご理解とご協力を賜りますよう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56回大気環境学会年会併設特別集会の概要

秋田県健康環境センター

第56回大気環境学会年会併設特別集会は、平成27年9月15日に早稲田大学西早稲田キャンパス（東京都）で開催された。今年度は大気環境モニタリング分科会と共催し、「大気環境モニタリングからみた越境大気汚染による国内影響」をテーマとした。国内の大気汚染状況は、高度経済成長期をピークとし改善傾向にあるものの、PM<sub>2.5</sub>やO<sub>3</sub>の環境大気モニタリングでは高濃度事象が散見されており、各地で環境基準値を超過している。この要因としては、成分分析や後方流跡線及び化学輸送モデル等から、東アジア大陸からの移流の影響が大きいと推測されている。東アジア大陸からの移流による越境汚染については、九州をはじめとする西日本を中心に、全国的に研究が進められている。全環研としても多くの機関が取り組んでいる研究課題であり、会員の知識・見識を深めるため、本集会を開催した。本集会は、大気環境モニタリング分科会の米持真一氏（埼玉県環境科学国際センター）のあいさつに始まり、続いて米持氏を座長として4名の講師から各分野の先進的な研究内容等について講演が行われ、地環研や各大学の研究者を中心として61名の参加があった。各発表の概要は、以下の通りである。

### 1. 東アジアにおける越境大気汚染の状況

東京農工大学 畠山史郎

東シナ海上空での航空機観測の結果や、沖縄等での粒径別濃度測定、エアロゾルの日中同時観測データから、移流の影響を中心とした大気汚染物質の濃度推移について御講演いただいた。粒子状物質の粒径別濃度測定では、微小粒径ほど人為起源とされる成分比が高くなる傾向にあり、粗大粒径は主に海塩粒子による自然由来のものであった。一方、人為起源と思われる微小粒径では、酸性度も大きくなる傾向がみられた。次に、冬季に発生する大規模な越境汚染発生時の気象条件について、①移動性高気圧が通過したケース、②低気圧が通過したケースの2種類について報告があった。西高東低の安定した気圧配置が崩れた際、それに伴って東アジア大陸部に滞留して

いる汚染物質が日本国内へと流れるようであった。

また、設置場所を選ばない簡易な粒子捕集法としてカスケード式インパクターによる捕集法も紹介された。分析マニュアルに定められてはいないものの、公定法と遜色ない測定結果が得られる方法であり、その利便性を感じるものであった。

### 2. Pb/Zn比の粒径別高時間分解能観測によるエアロゾルの越境輸送解析

京都府保健環境研究所 辻昭博

鉛や亜鉛を中心とした無機元素成分及びイオン成分の分析結果より、高濃度事象ごとの越境汚染源やその寄与率推定について御講演いただいた。Pb/Zn比は、東アジア大陸を経由した汚染気塊の越境汚染の影響を受けると高い数値を示すことが報告されており、その粒子群の発生源を推定するためには非常に重要な因子となる。中国国内のPb/Zn比は、有鉛ガソリンや石炭燃焼、非鉄金属精錬等によって環境中への鉛の排出が増加することで高くなり、近年では石炭燃焼や非鉄金属精錬によって高い値を示していることが知られている。Pb/Zn比は、日本国内の測定結果ではおおむね0.2～0.3を示すが、北京の測定結果では日本国内に比べて高い0.5前後の数値を示した。日本国内のPb/Zn比は、東アジア大陸から離れるほど低い数値を示しており、この因子は東アジア大陸由来の越境汚染の判別に有用なものであることが改めて感じられた。東アジア大陸で石炭消費が増加する冬季に関しては、北京市の観測結果でPM<sub>2.5</sub>濃度の上昇とともにPb/Zn比の増加も確認されており、日本国内においてもこの影響を受けPM<sub>2.5</sub>濃度とPb/Zn比の上昇が確認された。

### 3. 炭素同位体を用いた炭素質エアロゾル研究

—シベリア森林火災の事例解析—

名古屋市環境科学調査センター 池盛文数

2014年7月に北日本を中心に観測されたシベリア森林火災によるPM<sub>2.5</sub>の高濃度事象について、各地の成分分析

や炭素同位体分析からみた輸送範囲やその寄与率推定について御講演いただいた。2014年7月に発生したシベリア森林火災は、北海道でPM2.5の注意喚起が出される等、日本国内の各地に大きな影響を与えた。注意喚起が発令される前後の北海道でのPM2.5成分の分析を行った結果、有機炭素や無機炭素、放射性炭素同位体 ( $^{14}\text{C}$ ) 濃度等が平常時に比べてかなりの高濃度を示していた。特に $^{14}\text{C}$ 濃度は、通常の年平均値よりもかなり高い数値を示しており、同期中の炭素成分は主として生物起源であることが明らかとなった。また、生物起源の指標となるレボグルコサン濃度もPM2.5濃度に合わせて推移しており、各成分濃度や後方流跡線解析の結果等から、本事例がシベリア森林火災の影響を大きく受けていたことが示唆された。単一の成分や手法のみで事例を解析するのではなく、様々な要因を組み合わせることで解析を行っていく必要性を強く感じた報告であった。

#### 4. PAH類の大気モニタリングからみた福岡市における越境汚染の影響

国立環境研究所 佐藤圭

九州・沖縄地方での多環芳香族炭化水素（以下、「PAH」という。）類の測定結果を用いた越境汚染の寄与率推定や、実際の高濃度事象時のモデルからみた汚染源推定等について御講演いただいた。PAH類の一種であるベンゾ[ $\alpha$ ]ピレン（以下、「BaP」という。）の日本国内における濃度は、WHOが定めた環境基準を満たしているものの、北京等では環境基準を大きく上回っている。一方、沖縄県辺戸岬や長崎県福江島といった大陸に近い地点での測定結果では、越境汚染が原因と推定される高濃度日が散見されており、これら地域への越境汚染による影響は大

きいものと示唆された。また、福岡市内においても越境汚染の影響と思われるBaP濃度の上昇が確認されており、こういった影響は地域の測定を行う上で無視できないレベルであることがわかった。BaPを含むPAH類の他、PAH類が輸送中にエイジングを受けて二次生成された含酸素PAH類の越境汚染も予想されるため、このような物質についても研究を進めていく必要がある。

本集会では、大学や企業、自治体職員等様々な業種から60名をゆうに超える参加があり、各講演ともに活発な意見交換がなされた。大気汚染への世間からの関心はPM2.5のニュース報道等により高まっており、越境大気汚染についてはさらに研究を続け、知識を深めていかなければならない分野と考える。本集会を通して、参加者の方々が越境大気汚染の分野への知識・理解を深めることになっていけば幸いである。

#### ＜プログラム＞

座長：埼玉県環境科学国際センター 米持真一

司会：秋田県健康環境センター 佐藤健

1. 東アジアにおける越境大気汚染の状況  
東京農工大学 畠山史郎
2. Pb/Zn比の粒径別高時間分解能観測によるエアロゾルの越境輸送解析  
京都府保健環境研究所 辻昭博
3. 炭素同位体を用いた炭素質エアロゾル研究  
—シベリア森林火災の事例解析—  
名古屋市環境科学調査センター 池盛文数
4. PAH類の大気モニタリングからみた福岡市における越境汚染の影響

国立環境研究所 佐藤圭

## ＜特集＞各学会併設全環研集会・研究発表会

### 日本騒音制御工学会併設全環研協議会 騒音振動担当者会議の概要

秋田県健康環境センター

日本騒音制御工学会併設全環研協議会騒音振動担当者会議は、東京都環境科学研究所が開催事務局となり平成27年9月9日東京都江戸博物館会議室で開催され、特別講演が2件、一般講演3件及び騒音小委員会中間報告2件が行われた。

特別講演は、最初にリオン株式会社環境事業部計測器営業技術課担当課長の大屋正晴氏が、「騒音計・振動レベル計の計量法特定計量検定検査規則の改正」の講演を行った。講演内容は、新たに制定された「JIS C 1516:2014 騒音計－取引又は証明用」及び「JIS C 1517:2014 振動レベル計－取引又は証明用」の解説であった。これらのJISは、騒音計及び振動レベル計計量法上の検定等に関する技術基準である特定計量器検定検査規則(以下、「検則」という。)に引用されている。特に騒音計については、音響校正器による音響校正のみが認められるようになった点など大幅に改正された点を中心に解説を行った。

続いて、環境省水・大気環境局自動車環境対策課の青木秀和審査官が、「航空機騒音に係る環境基準の適合状況等について」の講演を行った。平成25年4月に施行された「航空機騒音に係る環境基準」で、評価指標が加重等価平均感覚騒音レベル (WECPNL) から時間帯補正等価騒音レベル (Lden) へ変更されたことに伴い、基準値もⅠ類型では57デシベル以下、Ⅱ類型では62デシベル以下に変更された。本講演では、平成25年度における環境基準の適合状況について、前年度の平成24年度とほぼ同様で、80%弱であったことが報告された。併せて、検則改正に伴い改正された騒音測定・評価マニュアルの概要についての紹介があった。

引き続き、3件の一般講演(北海道、沖縄県、神奈川県)が行われた。

最初に、北海道立総合研究機構環境・地質研究本部環境科学センターの濱原和広氏が、「INMを用いたLden予測コンターマップの作成」の講演を行った。INM(Integrated Noise Model)は、アメリカ連邦航空局の開発した航空機騒音シミュレーションソフトウェアで、

航空機騒音の発生・減衰データが豊富であることから、予測コンターの作成に活用されているものである。本講演では、旭川空港を対象として、航空機が発するADS-B信号から得られた実際の航跡データとINMを用いて、簡単に予測コンターを作成する手法を検討し、実測値と比較したところ、シミュレーションにより精度よく推定できたことが報告された。

続いて、沖縄県衛生環境研究所の田崎盛也氏が、「沖縄県における軍用機から発生する低周波音について」の講演を行った。本講演は、普天間飛行場周辺を離発着する軍用機(主にヘリコプター)を対象とし、飛行場周辺での低周波音発生状況の把握及び基礎データの収集・蓄積を目的として2014年度に実施した調査結果についての報告であった。1/3オクターブバンド分析の結果、機種によって周波数分析の結果は異なるものの、低周波音の領域において、卓越周波数の存在を確認できた。具体的には、オスプレイでは20 Hzと40 Hz、AH-1Wでは10 Hz、CH-53では20 Hzと40 Hzであった。また室内での測定結果も併せると、低周波音に対する防音効果は低いことも報告された。

最後に、神奈川県環境科学センターの横島潤紀氏が、「交通振動に対する社会反応の二次分析」の講演を行った。本講演では、時間軸を考慮した評価指標を検討するために、最大値ベースの評価指標Lvmaxとエネルギーベースの評価指標Lveq(等価振動レベル)を取り上げ、交通振動に関する社会調査の二次分析の結果が報告された。道路交通、在来鉄道及び新幹線鉄道それぞれの振動に対する閾値とアノイアンスについて、地盤上の振動レベルと関係を整理したところ、振動源や反応の種別により、対応の良い指標が異なることがわかった。さらに、振動に対するアノイアンスに対して、騒音の暴露量が影響を及ぼすことも報告された。

一般講演に引き続き、騒音小委員会の中間報告が2件あった。山梨県衛生環境研究所の佐々木裕也氏から、「音色の目安調査」に関する報告が行われた。各参加機関が、

地域住民が通常体験している音を対象とし、1/3オクターブバンド等価音圧レベル等の測定を行った。その結果、バスや乗用車の車内ではエンジンに起因すると思われる20 Hz及び25 Hzの帯域のレベルが比較的高かった反面、家屋やホテルの室内では、どの帯域も音圧レベルは低く、外食店内では100～1,000 Hzが比較的高い傾向であった。また、屋外の騒音では、セミの声が最も特徴的な傾向を示しており、5,000 Hz及び16,000 Hzの帯域にピークを示していた。

引き続き、新潟県保健環境科学研究所の藤原衛氏から、「航空機騒音」に関する報告が行われた。LdenとWECPNLとの差について、19飛行場、152地点（通年調査72地点、短期調査80地点）、延べ27,432日分のデータを用いて解析を行った。その結果、両指標の差は6.2～18.8 dBの範囲に分布していた。また、通年調査と短期調査との比較では指標差に顕著な差はないものの、飛行場種別で比較するとタイプ2（軍用飛行場）の指標差が大きい傾向を示していた。

騒音小委員会が行っている調査については、平成25年度から27年度のまでの3年計画で実施されており、今後調査結果を取りまとめ、全国環境研会誌に報告を行う予定である。

## ＜プログラム＞

1. 主催者挨拶  
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
2. 講演
  - (1) 特別講演  
騒音計・振動レベル計の計量法特定計量器検定検査規則の改正  
リオン株式会社 大屋正晴  
航空機騒音に係る環境基準の適合状況等について  
環境省 水・大気環境局自動車環境対策課 青木秀和
  - (2) 一般講演  
INMを用いたLden予測コンターマップの作成  
北海道立総合研究機構環境・地質研究本部 環境科学センター 濱原和広  
沖縄県における軍用機から発生する低周波音について  
沖縄県衛生環境研究所 田崎盛也  
交通振動に対する社会反応の二次分析  
神奈川県環境科学センター 横島潤紀
  - (3) 騒音小委員会中間報告  
音色の目安調査  
山梨県衛生環境研究所 佐々木裕也  
航空機騒音  
新潟県保健環境科学研究所 藤原衛
3. 閉会



## ＜特集＞各学会併設全環研集会・研究発表会

# 第26回廃棄物資源循環学会併設研究発表会の概要

秋田県健康環境センター

平成27年9月3日に九州大学伊都キャンパスにおいて、全国環境研協議会企画部会（事務局：秋田県健康環境センター）と廃棄物資源循環学会試験・検査法研究部会との共催で、第26回廃棄物資源循環学会併設研究発表会が開催された。本発表会の概要は、以下の通りである。

### 第1部 廃棄物研究発表会

（座長：福岡県保健環境研究所 平川周作）

#### 1. 「超音波抽出による廃棄物の迅速溶出試験法の検討」

（鳥取県生活環境部衛生環境研究所 門木幸幸）

産業廃棄物の溶出試験は、環告13号法に規定される。この方法は、6時間の振とう作業等の操作を含み、結果を得るまでに2日以上時間を要する。このため、一般廃棄物焼却灰を対象として、超音波抽出による迅速溶出試験法の有効性について、環告13号法及び10分間溶出試験と比較検討した。この結果、鉛については迅速溶出試験法が10分間溶出試験と比較し環告13号法との溶出濃度の相関が高く、廃棄物のスクリーニング試験として有望であると考えられた。一方、クロムについては、10分間溶出試験の方が環告13号法との溶出濃度の相関が良好であった。このように、項目によって溶出特性が異なり、廃棄物の種類によっても異なることが想定される。超音波抽出法を適用する場合は、目的の廃棄物の溶出特性を把握し、その有用性を確認することが重要であると考えられる。

#### 2. バイオメタノールを活用したBDF製造技術の検討

（長崎県環境保健研究センター 富永勇太）

近年、二酸化炭素排出量の削減を目的として、バイオディーゼル燃料（BDF）が注目を集めている。BDFの製造過程には、アルカリ触媒下でメタノールを作用させるエステル交換反応が主流である。この反応には、一般的に工業用メタノールが使用されるが、二酸化炭素排出量の少ないBDFのためには化石燃料由来の工業用メタノールではなく、バイオマス由来のバイオメタノールを使用することが有効である。しかしながら、バイオメタノールの純度は工業用メタノールに比較し低く、高品質のBDF

を製造するのは難しいと考えられる。このため良質なBDF製造を目的とし、ピーカーレベルでバイオメタノールを使用したBDF製造試験を実施した。ここでは、脂肪酸メチルエステル（FEME）の含有量が90%を超えるものを良質なBDFとして評価した。この試験の結果、バイオメタノール量及び水酸化カリウム量を増やすことで、良好な品質のBDFが製造できると示唆された。

#### 3. 「もみ殻炭によるリン除去効果の検証」

（長崎県環境保健研究センター 玉屋千晶）

諫早湾干拓事業に伴い、諫早湾干拓調整池が創出された。調整池には水質保全目標が設定され、達成のために様々な対策が展開されている。水質汚濁負荷削減に向けた適用手法の一環として、秋田県開発のもみ殻炭のリン回収材のリン除去効果について、平成25年度及び平成26年度に検証試験を行った。土壌浸透浄化方式施設を設置し、試験区は、土壌のみ、もみ殻炭のみ、もみ殻炭＋土壌の3区とし、各リン除去効果を比較検討した。両年度の結果より、T-P除去率、PO<sub>4</sub>-P除去率から、リン除去効果が最も高いのはもみ殻炭のみの試験区であり、土壌のみの区画でも一定のリン除去効果があることがわかった。もみ殻炭のみの試験区では、区内をかくはんすることで、一度低下したリン除去率が再び上昇することが明らかになった。植物の生育によるリン吸収効果は、土壌のみの試験区で15%見られた。土壌ともみ殻炭の試験区では、19%の差が生じたが、これは、もみ殻炭と植物によるリン除去効果と考えられた。

#### 4. 「江蘇省土壤汚染対策技術支援事業」について

（石川県保健環境センター 宮川茂樹）

石川県と中国江蘇省は、1976年から両者の交流が始まり、1995年には「石川県と江蘇省の友好交流に関する合意書」が締結された。環境分野での具体的な友好交流は1996年から始まり、「江蘇省土壤汚染対策技術支援事業」は2013年から3年間のプロジェクトとして進められている。本事業の目標は、「江蘇省が、省内の土壤汚染の実態把握調査を行うために必要な、土壤汚染の調査技術を

習得すること」であり、そのため、①6名の専門家を育成すること、②「土壤汚染調査マニュアル」が作成されることを目指すこと、の主に2点について取り組んでいる。①については、3年間で6名の研修員を受け入れ、日本の法体系の講義、土壤分析実習、土壤修復に関する企業の見学を行うとともに、石川県職員が江蘇省に赴き現地調査や助言を行っている。②については、江蘇省側が現地で使いやすいものを作成することとしており、石川県はその助言を行うこととしている。

## 第2部 情報交換会

(司会：秋田健康環境センター 佐藤清隆)

### 1. 分析マニュアルの概要説明

(愛媛大学 貴田晶子)

廃棄物資源循環学会では、平成27年に「廃棄物関連試料の分析マニュアル」を出版している。この前身には平成8年に出版された「産業廃棄物分析マニュアル」があるが、この間およそ20年が経過し、実情にそぐわない点も散見されている。策定したマニュアルは、環告13号溶出試験の改訂やICP-MSによる分析法が追加されたほか、平成8年度以降に制定・改正された法律・分析法に対応させたものとなっている。

### 2. 環告13号試験の精度管理調査の結果概要

(愛媛大学 貴田晶子)

平成26年度に環境省の事業として、環告13号試験の精度管理調査が行われ、100機関の参加があった。化学分析、溶出操作及び機器調整のいずれに問題があるのかを把握するために、試料は、廃棄物試料、標準液及び溶出液の3種類の試料を配布した。廃棄物試料の溶出操作について、改定された環告13号試験の方法とは違う方法で行った機関があった。各元素の測定値の外れ値棄却後の平均値では、①標準液はおおむね設定値であり、変動係数は10%程度以内、②溶出液はおおむね添加濃度、変動係数は10～30%、③廃棄物試料の変動係数は20～45%であった。また、棄却された測定値には、希釈及び単位等のケアレスミスがあった。

### 3. 廃棄物等の溶出試験と特性評価

(明星大学 宮脇健太郎)

溶出試験を行う目的には、廃棄物処理法や土壤汚染対策法等の関連する法律に基づいた判定を行うことと、廃棄物の環境負荷定量化や再生製品の環境安全性確認等の特性評価がある。溶出試験には、バッチ溶出試験があり、その中には公定法の他にもpH依存性試験やアペイラビリティ試験がある。また、バッチ溶出試験以外にも、タンクリーチング試験、カラム試験等の溶出試験方法及び乾湿繰り返し試験と各種の溶出試験を組み合わせる試験

方法がある。この他、研究事例として、再生製品を使用した場所から六価クロムが検出されたことから、乾湿繰り返し試験及び溶出試験を組み合わせる検証を行った事例、不燃破碎残渣の資源化の検討のため、環告46号に準拠した溶出試験及びpH依存性試験を用いた特性評価を行った事例についての紹介を行った。

### 4. 地方環境研究所の廃棄物担当で求められる分析

—埼玉県の場合—

(埼玉県環境科学国際センター 渡辺洋一)

地方環境研究所の廃棄物分析の需要には、最終処分場の浸出水や対策が終了した不法投棄現場の継続モニタリング等の定例的な検査の他に、不法投棄や不適切な処理に対応する緊急対応や不定期の調査がある。こういった緊急対応及び不定期調査の中で、含有量試験及びガス分析を行った次の2つの事例について紹介した。1つ目は、フレコンバックに入った粉末及び塊状物が、蛍光X線による簡易定量分析の結果アルミニウム残灰が疑われ、過去の事例から水と反応するとアンモニアガスを発生することから、保管法の指導を行った事例を紹介した。2つ目は、長期間放置されていたトレーラーの周辺において夏期に落葉が確認されたことについて、被害植物の症状、枯れ葉の溶出試験結果及び周辺のガス測定結果から、トレーラー内に硫酸ピッチが放置されていたことが明らかとなった事例を紹介した。

## ＜プログラム＞

### 第1部 廃棄物研究発表会

座長：福岡県保健環境研究所 平川周作

- 超音波抽出による廃棄物の迅速溶出試験法の検討  
鳥取県生活環境部衛生環境研究所 門木秀幸
- バイオメタノールを活用したBDF製造技術の検討  
長崎県環境保健研究センター 富永勇太
- 「もみ殻炭によるリン除去効果の検証」  
長崎県環境保健研究センター 玉屋千晶
- 「江蘇省土壤汚染対策技術支援事業」について  
石川県保健環境センター 宮川茂樹

### 第2部 情報交換会

司会：秋田健康環境センター 佐藤清隆

- 分析マニュアルの概要説明  
愛媛大学 貴田晶子
- 環告13号試験の精度管理調査の結果概要  
愛媛大学 貴田晶子
- 廃棄物等の溶出試験と特性評価  
明星大学 宮脇健太郎
- 地方環境研究所の廃棄物担当で求められる分析  
—埼玉県の場合—  
埼玉県環境科学国際センター 渡辺洋一

## ＜特集＞各学会併設全環研集会・研究発表会

# 第50回日本水環境学会年会併設研究集会の概要

秋田県健康環境センター

第50回日本水環境学会年会併設研究集会は、平成28年3月18日にアスティとくしま（徳島県徳島市）にて開催された。今年度の集会は、メインテーマを「各地方環境研究所における水域の様々な調査事例や調査手法について」として5題、水環境に関わるフリーテーマとして2題の研究発表が行われ、当日は72名の参加があった。座長は、徳島県立保健製薬環境センター所長の山崎邦明氏にお願いした。各発表の概要は、以下の通りである。

### 第1部 フリーテーマ

#### 1. 北海道で起きた突発、緊急的な水・土壌汚染に関する事件や事故について

（（地独）北海道立総合研究機構

環境科学研究センター 石川靖

地方環境研究所の業務目的は、その地域における安心・安全で快適な環境の確保に向け、試験研究をすることにある。その中で水質系の職員の業務には、魚のへい死を代表とする突発・緊急的に起きる事件・事故への対応がある。このような事故対応では、初動時対応の重要性、関係機関への情報提供、関係者・機関との連携の重要性、日常における準備、分析法等の知見・ノウハウや体制の整備が挙げられる。加えて事件・事故が発生した場合、発生から終息まで流れの中では、「時間」、「初動」、「経験と知見」、「予算とマンパワー」の4つの壁がある。一方で、近年、技術伝承の劣化や人員・予算減による多忙化もあり、多大な負荷となる事件・事故に対して現場職員が余裕を持って対応にあたれているかが課題と考えられる。このため、対応マニュアルのブラッシュアップを進めることや、全国的な事例の閲覧システムの構築が必要であると考えられる。

#### 2. 熊本県内河川の水生生物の変遷

（熊本県保健環境科学研究所 谷口智則）

熊本県保健環境科学研究所では、平成2年度から環境基準点を含む県内河川35地点を対象として、水生生物

調査を継続してきた。本報告では、平成2年度から平成26年度に得られたデータを解析し、水生生物の変遷についてまとめた。熊本県内河川の平成2年から平成26年に行った水生生物の調査について、生物評価値はおおむね横ばい、もしくは大きく改善された地点が多く、原因はBOD等の水質の改善によるものと考えられた。また、多様性指数については、一部の地点で減少していたが、大幅に上昇した河川も見受けられた。

### 第2部 各地方環境研究所における水域の様々な調査事例や調査手法について

#### 1. 鳥取県湖沼の生物多様性の現状と土壌シードバンクからの水生植物の再生

（鳥取県衛生環境研究所 森明寛）

地方公共団体環境研究機関等と国立環境研究所が行ったⅡ型共同研究「湖沼の生物多様性・生態系評価のための情報ネットワーク構築(H24～H26)」では、統一的な生物モニタリングの評価手法を共有する人的ネットワークを構築し、純淡水魚と水生植物を指標生物とした全国湖沼の生物モニタリングの実現と生物多様性の広域評価を目指してきた。鳥取県の湖沼では、純淡水魚の多様性は高く維持されていたものの、水生植物の多様性は大きく減少しており、いずれも外来種の定着が明らかとなった。その一方で、土壌シードバンクの発芽試験では在来種の再生に成功し、多様性回復の可能性が残されていることが確かめられた。全国各地の湖沼でも、多様性の減少や外来種の侵入などの共通の課題を抱えている。今後も長期的な生物モニタリングの継続が重要であり、地域の湖沼の状況を熟知している地方環境研究所等の役割は大きいと考える。

#### 2. 児島湖における各種調査について

（岡山県環境保健センター 藤田和男）

岡山県にある児島湖の近年の水質は、COD、全窒素につ

いては改善傾向が見られるものの、全リンの値は横ばいで推移している。この児島湖の水質汚濁メカニズムの解明に向けて、底泥からの無機態リンの溶出や、陸上部からのリン流入に関する調査が行われている。リンに関する調査の結果、底泥からの溶出負荷量は全体の約1割であり、また陸上部からの負荷量の大きい地区が明らかとなった。また児島湖では、ユスリカについて、生息環境の調査が行われている。この調査結果では、ユスリカの個体数は底泥のシルト割合が大きいほど個体数が多い傾向にあることが明らかとなった。

### 3. 千葉県が行っている東京湾調査について

(千葉県環境研究センター 飯村晃)

千葉県では、東京湾において水質調査船を活用し、公共用水域水質測定のために環境研究センターが赤潮・青潮調査として水質鉛直プロファイル測定とプランクトンの観測等を継続して行っており、赤潮の観測や青潮現象の解明に役立っている。夏季に栄養塩の枯渇がみられるようになり、植物プランクトンの発生状況も水質状況の変化との連動が見えることから、水質改善のさざしとも考えられる。しかし、これまではみられなかった有害、有毒なプランクトンの出現など、新たな懸念も出てきており、今後も水質、生物、気象などの幅広い視点からのモニタリング調査の継続が重要であると考えられる。

### 4. 浅場・干潟に形成される生態系の自然浄化能力に関する調査および評価方法について

((公財) 東京都環境公社

東京都環境科学研究所 橋本旬也)

東京湾では、汚濁流入負荷量は減少しているが、依然として赤潮や貧酸素水塊の発生など水質悪化の連鎖に陥っている。かつて、東京湾奥部の海岸線を占めた浅場・干潟には、水質浄化機能があるとされていたことから、新たな浅場・干潟の創出が水質悪化の対策として有効であると考えられる。この基礎データとして、生態系の浄化能力を定量的に明らかにすることを目的として調査を行った。この調査では、採取された生物の大部分を占めるのが、ヤマトシジミであった。1個体の1日当たりのろ過水量と本調査の個体数密度から、多摩川河口の干潟1 m<sup>2</sup>当たり2.6 m<sup>3</sup>の水がヤマトシジミによりろ過されていると算出された。また、ヤマトシジミの生息には底質のシルト・粘土含有量が大きく関与していることが明らかとなった。今後は、ヤマトシジミ以外の生物を含めた現存する生物の水質浄化能力の推計や、干潟の浄化能力の評価を進めていく。

### 5. 草津温泉湯畑での総硫黄濃度低減効果の実証

(群馬県衛生環境研究所 高坂真一郎)

草津町にある湯畑源泉は、湯樋等の施設を通じて各旅館に引湯しており、その過程で総硫黄濃度が低減されているとの報告が過去にある。各旅館での浴用利用の段階で、総硫黄濃度が低減していれば、換気扇の設置などの構造基準は不要であると考えられた。今回は、湯樋等の低減効果について、その化学的な検討がなされた近年の報告例が少ないことから調査を実施した。この調査の結果、湯樋等を経由することで、源泉の総硫黄濃度の約95%が滝下までいくと除去されていることが判明し、各旅館で利用される温泉水中の総硫黄濃度は年間を通じて十分に低減されていることが裏付けられた。

本集会を開催するにあたり、第50回日本水環境学会実行委員の方々、徳島県立保健製薬環境センター職員の方々および発表者の方々に格別の御協力を頂いた。この場をお借りして心からのお礼を申しあげる。

### ＜プログラム＞

座長：山崎邦明（徳島県立保健製薬環境センター）

司会：生魚利治（秋田県健康環境センター）

第1部 フリーテーマ（9:05～9:45）

1-1. 北海道で起きた突発、緊急的な水・土壌汚染に関する事件や事故について

(地独) 北海道立総合研究機構

環境科学研究センター 石川靖

1-2. 熊本県内河川の水生生物の変遷

熊本県保健環境科学研究所 谷口智則

第2部 各地方環境研究所における水域の様々な調査事例や調査手法について（9:45～11:35）

2-1. 鳥取県湖沼の生物多様性の現状と土壌シードバンクからの水生植物の再生

鳥取県衛生環境研究所 森明寛

2-2. 児島湖における各種調査について

岡山県環境保健センター 藤田和男

2-3. 千葉県が行っている東京湾調査について

千葉県環境研究センター 飯村晃

2-4. 浅場・干潟に形成される生態系の自然浄化能力に関する調査および評価方法について

(公財) 東京都環境公社

東京都環境科学研究所 橋本旬也

2-5. 草津温泉湯畑での総硫黄濃度低減効果の実証

群馬県衛生環境研究所 高坂真一郎

第3部 情報交換（11:35～11:45）

## <報 文>

# 汚染農用地土壌における農作物を用いたファイトレメディエーションの評価\*

—中国山西省における現地適用試験—

細野繁雄\*\*・王 効挙\*\*・石山 高\*\*・謝 英荷\*\*\*・程 紅艷\*\*\*・洪 堅平\*\*\*

キーワード ①土壌汚染 ②農用地 ③重金属 ④ファイトレメディエーション ⑤農作物

## 要 旨

クロム及び銅によって低濃度に汚染された中国山西省の農用地を試験圃場に、農作物を用いたファイトレメディエーションの適用による修復効果を評価した。栽培植物は、現地での栽培実績を考慮して、トウモロコシ、ヒマワリ及び大豆を選択した。植物の主な部位の重金属濃度は植物及び金属の種類によって、また、クロムと銅の濃度比も植物種によって異なり、吸収機構の違いによる影響が推定された。修復効果は、バイオマス量の大きいヒマワリ、トウモロコシが有利であったが、銅の濃度が基準値を20%ほど超過する土壌を基準値まで修復するのに要する期間は30年以上と推定され、収穫した実や大量に発生するバイオマスを資源利用するなど、継続的に収益を確保する方策の検討が必要と判断された。

## 1. はじめに

植物を利用した土壌浄化技術（ファイトレメディエーション：Phytoremediation）は、光合成の電子伝達、光合成色素の合成、硝酸還元などに深く係わる鉄を吸収する際に、カドミウムや鉛のような重金属も同時に吸収することを利用し、土壌から重金属を抽出除去する浄化技術である<sup>1)</sup>。植物を栽培するだけであることから、土壌そのものの機能を損なうことはなく、経費が比較的安い、特別な技術を必要としない、広範囲で低濃度の汚染に向いている、原位置処理のため二次汚染のリスクが低い、景観を損なわないなどの利点がある。一方で、修復に長期間を要する、重金属を完全には除去できない、高濃度汚染や深部の汚染には不向きであるなどの欠点もある。中でも修復に長期間を要することが最大の課題であり、重金属を高濃度に蓄積する植物（高蓄積性植物）の探索が精力的に行われ、多数の植物が報告されている<sup>2,3)</sup>。ただし、浄化に用いた植物体の後処理は、依然、課題として残されている。最終廃棄の方法について、焼却、直接廃棄、灰化及び溶液抽出を比較し、焼却処理が最も実効性が高く、経済的に許容可能な環境保全型の処理方法であると報告されている<sup>4)</sup>。

急速な経済発展の進む中国では、汚染水を灌漑に利用したこと等により、全国総耕地面積の10%以上<sup>5)</sup>が、さらに、2005年から2013年に実施した全国土壌汚染状況調査

の成果が、2014年4月に公報<sup>6)</sup>として公表され、耕地の19.4%が汚染されているとされた。また、農林水産省の報告書<sup>7)</sup>によれば、中国国内では、毎年、重金属汚染によって減産した食糧が1,000トン以上、重金属に汚染された食糧が1,200万トンに昇っており、食の安全と併せ、汚染土壌の修復が喫緊の課題となっている。

ここでは、重金属による農用地の汚染に限定し、汚染の修復に農作物を利用するファイトレメディエーションについて、2009年に中国の実圃場を対象に実施した適用試験の結果を報告する。

## 2. 調査方法

### 2.1 試験圃場

試験圃場のある中国山西省（図1）は、北京の西、黄土高原の東端に位置し、北側は半乾燥温暖気候、南側は暖温帯気候に属している。年間降水量が400-700mmと少なく、水不足が深刻な地域である。

この試験のために確保した試験圃場は、汚染した灌漑水の利用により汚染された畑地である。試験圃場を、1区画4m四方に区分し、灌漑水の取り入れ口から順に区画1から区画12とした。

### 2.2 栽培植物

試験に用いる植物は、現地での栽培実績の多い農作物

\*Effectivity Evaluation of Phytoremediation Using Farm Crop to Contaminated Farmsoil

\*\*Shigeo HOSONO, Kokyo Oh, Takashi ISHIYAMA (埼玉県環境科学国際センター)

\*\*\*Yinghe XIE, Hongyan CHENG, Jianping HONG (山西農業大学資源環境学院)



図1 中国山西省の位置

を利用することとし、トウモロコシ（イネ科）、ヒマワリ（キク科）及び大豆（マメ科）とした。農作物の利用は、修復対象が荒廃地ではなく農用地、種子の入手が容易で安価、栽培方法が明らかであることから有利である。トウモロコシを6区画、ヒマワリ及び大豆をそれぞれ3区画で栽培し、評価した。

### 2.3 重金属濃度の測定

土壌は、栽培前及び栽培後に、栽培植物が根を張る一般的な深さ（作土層）を考慮し、各区画の表面から20 cm まで（0-20 cm）の深さから5点混合法により採取してそれぞれを風乾し、100メッシュ（目開き0.15 mm）のふるいを通して試料とした。土壌試料は、「中国土壌全量重金属測定方法（ICP測定法）」に準拠し、塩酸、硝酸、ふっ化水素酸及び過塩素酸による分解を行って調製した。

植物は、収穫後に部位別に区分し、それぞれ乾燥後に粉砕して試料とした。区分した部位は、根、茎、葉及び実の他、トウモロコシでは軸、ヒマワリでは花軸及び殻、大豆ではさやとした。植物試料は、「中国農産品重金属測定方法（硝酸・過塩素酸煮沸-ICP法）」に準拠し、硝酸及び過塩素酸による分解を行って調製した。

いずれの試料も、ICP-MS（Perkin-Elmer ELAN）により、重金属濃度を測定した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 土壌のクロム及び銅の濃度

栽培前後の土壌中のクロム及び銅の濃度を、区画ごとに栽培植物と共に表1に示す。重金属は、クロム及び銅の他に、ニッケル、亜鉛、鉛、カドミウムなども測定したが、これらの重金属濃度は、全ての区画で中国の土壌環境質量標準（GB 15618-1995）<sup>8)</sup>の二級基準（人体を健康に維持する土壌限界値）及び三級基準（植物が正常に生育する臨界値）を超過することはなかった。

表1 試験区土壌中のクロム及び銅濃度

区画	栽培植物	Cr (mg/kg)		Cu (mg/kg)	
		栽培前	栽培後	栽培前	栽培後
No.1	トウモロコシ	310 **	320 **	520 **	440 **
No.2	トウモロコシ	270 *	210	410 **	370 *
No.3	ヒマワリ	87	170	120 *	170 *
No.4	トウモロコシ	140	170	200 *	220 *
No.5	トウモロコシ	170	150	200 *	210 *
No.6	大豆	120	100	150 *	130 *
No.7	ヒマワリ	150	140	130 *	150 *
No.8	大豆	150	110	140 *	140 *
No.9	トウモロコシ	140	120	150 *	130 *
No.10	トウモロコシ	140	92	120 *	110 *
No.11	ヒマワリ	130	88	130 *	100
No.12	大豆	110	87	99	89

\*中国土壌環境質量標準(GB 15618-1995)の二級基準値を超過  
\*\*同三級基準値を超過

クロム及び銅の土壌中濃度は、灌漑水の取り入れ口に近い区画ほど高濃度となっており、栽培前のクロム濃度は、区画No.1で畑地の三級基準<sup>9)</sup>（300 mg/kg）を超過し、区画No.2で畑地の二級基準（250 mg/kg）を超過した。一方、銅も、区画No.1及びNo.2で畑地の三級基準（400 mg/kg）を超過し、区画No.12を除く9区画で畑地の二級基準（100 mg/kg）を超過していた。

栽培後の重金属濃度は、栽培前に比べ一部の区画で増減が見られるものの、総じて差が見られず、1回の栽培で土壌中の濃度に変化を生じさせるほどの修復効果は見られていない。

### 3.2 植物体中のクロム及び銅濃度の特徴

試験圃場で栽培した植物の生育はいずれも順調であり、区画による違いは見られなかった。

植物中の濃度は、栽培前の各区画の土壌中の濃度によって変化することから、植物の部位別の濃度を栽培前の土壌中の濃度で除した比により評価した。算出した濃度比の平均値及び標準偏差を図2に示す。ただし、区画No.4で栽培したトウモロコシについては、一部の部位について重金属濃度の測定が欠落していたため、集計から除いた。イネ科のトウモロコシでは、クロム、銅ともに根の濃度比が圧倒的に高く、これに次ぐ葉に比べて4倍ほど高い値であった。キク科のヒマワリでもクロムの濃度比は根で高いが、銅の濃度比は根よりも実、葉で高い値であった。さらに、マメ科の大豆では、クロムの濃度は葉、次に茎で高く、根の濃度はこれらの1/4-1/5にとどまった。また、銅の濃度は部位による違いが小さい傾向があり、

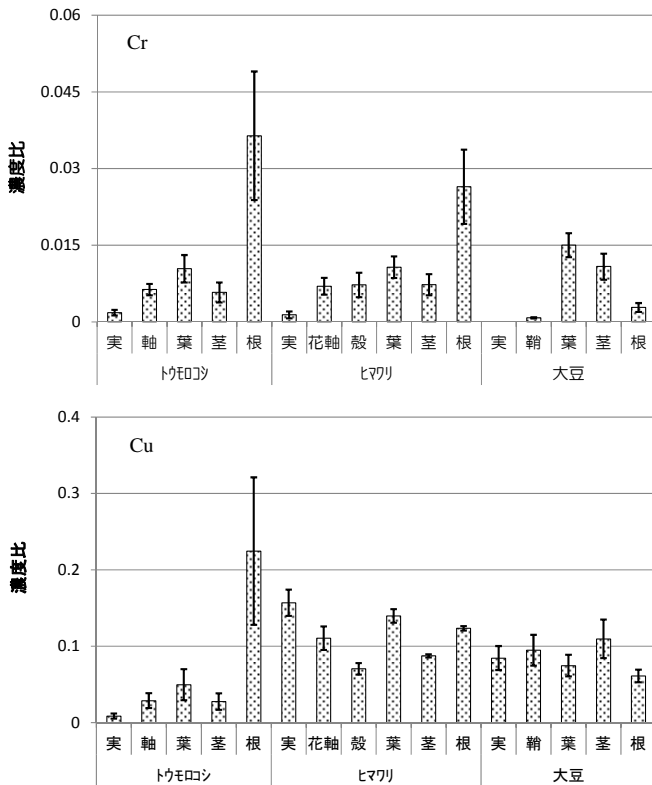


図2 クロム及び銅の植物体部位別の濃度比

図中の棒グラフは、植物体部位別濃度の土壌中濃度に対する比の平均値を、植物の種類ごとに集計して示しており、誤差表示は標準偏差を示す。ただし、区画No. 4で栽培したトウモロコシについては、一部の部位で重金属濃度の測定が欠落していたため、集計から除いた。

植物体中の重金属は、植物種、金属種により異なる分布を示す結果となった。

また、植物体中のクロム濃度に対する銅濃度の比（銅/クロム）を、栽培区画の土壌中の比とともに表2に示す。土壌中の濃度比は、灌漑水の取り入れ口に当たる区画No. 1では1.7であったが、取り入れ口から遠ざかるにしたがい0.9まで減少した。圃場の脇を流れ、同圃場の灌漑水として利用していた水路水の測定結果（未発表）によれば、銅/クロム濃度比は2.8（クロム及び銅の濃度は、それぞれ1.5 mg/L及び4.2 mg/L）と高く、灌漑水の取り入れ口に近い区画ほど灌漑水の影響が強く現れた結果と推定される。植物体中の濃度比は、地上部、根を含む植物全体ともに、いずれの植物でも栽培区画の土壌よりも大きく、銅はクロムよりも植物中に移行しやすいことを示している。ただし、濃度比は、ヒマワリ、大豆、トウモロコシの順に減少し、植物種によって明確に異なる値を示した。

植物は、クロロフィルの生合成経路に必要な鉄を吸収する機構を持っており、その際に他の重金属も同時に吸収する。鉄吸収機構は、双子葉植物及びイネ科以外の単

表2 土壌及び植物中のクロムと銅の濃度比(Cu/Cr)

栽培植物	区画	濃度比		
		土壌 (0-20 cm)	植物体 (地上部)	植物体 (植物全体)
トウモロコシ	No.1	1.7	4.9	6.9
	No.2	1.5	5.1	6.8
	No.5	1.2	6.0	7.4
	No.9	1.1	5.9	7.5
	No.10	0.9	10	8.9
ヒマワリ	No.3	1.4	40	37
	No.7	0.8	46	43
	No.11	1.0	56	52
大豆	No.6	1.2	15	16
	No.8	0.9	15	15
	No.12	0.9	13	14

区画No. 4で栽培したトウモロコシについては、図2の脚注と同様に、集計から除いた。

子葉植物が持つStrategy Iと、イネ科植物が持つStrategy IIに分けられる<sup>9,10</sup>。Strategy Iは、根からプロトン、フェノール系化合物やクエン酸などの有機酸を分泌して三価鉄を可溶化し、根の細胞膜上の還元酵素により二価鉄に還元して吸収する。一方Strategy IIでは、根からムギネ酸を分泌して三価鉄をキレート化し、錯体のまま吸収する<sup>9,10</sup>。栽培植物として選択したトウモロコシはイネ科に属し、ヒマワリ及び大豆はそれぞれキク科及びマメ科に属することから、鉄吸収機構が異なると考えられる。さらにマメ科植物の大豆では、土壌微生物の根粒菌による作用<sup>11</sup>も鉄の吸収に影響していると考えられる。試験に供した植物は、いずれも鉄吸収機構が異なると予想され、このことが、植物種及び金属種による植物体中濃度の分布や、植物種による植物体中のクロムと銅の濃度比の違いに関連している可能性が推察された。

また、トウモロコシの根の濃度に見られる比較的大きな偏差は、栽培区画の土壌濃度の偏差が大きく、また、トウモロコシが単子葉植物に特徴的なひげ根型根系を形成することから、土壌からのひげ根の回収、あるいはひげ根に付着した土壌粒子の除去の程度による影響が大きく表れたためと推定される。

### 3.3 修復効果の評価

区画No. 12を除く全ての区画が、土壌環境質量標準の畑地における二級基準を超過する銅について、部位別の重金属濃度に部位別の乾燥重量（バイオマス量）を乗じて地上部及び植物全体について合計し、地上部及び植物全体による重金属の蓄積量、即ち土壌からの収奪量を区画

表3 栽培植物による銅の収奪量及び土壌修復効果

栽培植物	区画	収奪量(mg/区画)		必要除去量 (g/区画)
		(地上部)	(植物全体)	
トウモロコシ	No.1	1,000	3,300	1,300
	No.2	920	3,000	990
	No.5	650	2,200	320
	No.9	610	2,200	160
	No.10	780	2,700	72
ヒマワリ	No.3	2,200	2,200	64
	No.7	2,400	2,400	80
	No.11	2,300	2,300	96
大豆	No.6	23	27	140
	No.8	22	25	130
	No.12	24	27	0

収奪量：部位別の銅濃度に部位別の乾燥重量を乗じ、地上部及び植物全体について、4 m四方に区分した区画ごとに合計した量  
必要除去量：土壌の仮比重を1とし、農業生産に適した耕地の二級基準(100 mg/kg)までの浄化に必要な区画ごとの銅の除去量

ごとに算出した。また、圃場の土壌中の銅濃度を農業生産に適した二級基準まで修復するのに必要な除去量を、黄土の仮比重(容積比重)を1と仮定し、区画ごとに算出して表3に示した。

植物の地上部による銅の収奪量は、ヒマワリ、次いでトウモロコシの順であり、地上部のみを圃場から回収する場合にはヒマワリが有利であると判断された。一方、根を含む植物全体による銅の収奪量は、トウモロコシの根における銅濃度及びバイオマス量がともに大きいことから、トウモロコシとヒマワリが同等であった。また大豆では、地上部の植物体中の銅濃度はヒマワリと大差はないが、バイオマス量が小さいことから、地上部、植物全体のいずれも、収奪量が最も小さかった。

ただし、いずれの植物の収奪量も、試験圃場の土壌中の銅濃度を農業生産に適した二級基準(100 mg/kg)まで修復するのに必要な除去量に比べて非常に小さく、修復に長期間を要することは必至である。例えば、繰り返し栽培における毎回の収奪量が変わらないと仮定し、基準値を20%ほど超過する区画No. 3に毎年1回ヒマワリを栽培した場合、地上部、あるいは植物全体のいずれを回収しても、修復期間は約30年と計算される(実際には、土壌中の濃度の低下に伴って収奪量が減少すると予想されることから、修復期間はさらに長期に及ぶと予想される)。同様に、基準値を50%ほど超過する区画No. 9に毎年1回トウモロコシを栽培した場合には、植物全体を回収するとしても70年以上と計算され、長期に及ぶ修復期間の収益の確保、あるいは支出の大幅な削減が、本手法適用の可

否を決定づけると考えられる。

### 3.4 収穫物の資源利用の可能性

本調査で栽培した植物の実は、いずれもバイオ燃料の原料、すなわち、トウモロコシはバイオエタノール、ヒマワリ及び大豆はバイオディーゼルの原料として利用可能である<sup>12)</sup>。この点で、汚染農用地に栽培する農作物種やその品種は、食用としての価値よりもバイオ燃料の生産効率(転換率)の高い作物種や収獲量を優先した品種の選択が必要になると考えられる。さらに、長期間にわたり大量に発生する低濃度に汚染されたバイオマス(実以外の植物体)を、バイオマス燃料やセルロース系バイオ燃料(セルロース系エタノール)の原料として利用するなど、資源として有効活用するための新たな方策の検討が必要となる。

今回の試験で検出された植物体(地上部)のクロム及び銅の濃度は、通常の濃度範囲<sup>13)</sup>(クロム:0.2-1 ppm, 銅:4-15 ppm)の上限値に対し、最大でもそれぞれ2.7倍(トウモロコシの葉)及び1.4倍(ヒマワリの実)であり、また、根について同様に比較した場合でも、それぞれ7.0倍及び3.9倍(いずれもトウモロコシ)が最大であり、桁違いの高濃度とはなっていない。従って、実をバイオ燃料の原料として、また実以外の植物体をバイオマス燃料あるいはセルロース系エタノール原料として利用することに支障はないと予想される。ただし、バイオマス燃料として焼却した灰や、バイオ燃料の製造過程で発生する“搾り滓”については、重金属の濃縮が想定されることから、汚染物として適切に処理する必要がある。

### 4. まとめ

汚染灌漑水の利用により、クロム及び銅に低濃度に汚染された中国山西省の農用地を試験圃場とし、農作物を対象としたファイトレメディエーションによる修復効果を評価した。栽培植物は、現地での栽培のしやすさを考慮し、栽培実績の多いトウモロコシ、ヒマワリ及び大豆を選択し、試験圃場を区分して栽培した。

クロム及び銅の土壌中濃度は、灌漑水の取り入れ口に近い区画で高く、12区画中クロムは1区画で、銅は2区画で、植物が正常に生育する臨界値(三級基準)を超過していた。ただし、栽培植物の生育はいずれの区画も順調で、土壌中の重金属濃度による影響は見られなかった。

植物の主な部位の重金属濃度は植物及び金属の種類によって異なり、また、植物体中のクロムと銅の濃度比も植物の種類によって違いが見られた。試験に供した植物は、その種類によって鉄吸収機構が異なると予想され、このことが分布や濃度比の違いに関連している可能性が推察された。



修復効果は、バイオマス量の大きいヒマワリ、トウモロコシが有利であったが、銅の濃度が二級基準値（農業生産に適した耕地の基準）を20%超過する土壌を、基準値まで修復するのに30年以上の長期間を要すると推定された。

修復が長期に及ぶことから、収穫した実や修復期間に大量に発生するバイオマスを資源として有効利用するなど、継続的に収益を確保する方策の検討が必要で、この修復技術の適用を判断する不可欠の条件であると考えられる。

## 5. 引用文献

- 1) 早川孝彦, 栗原宏幸: 重金属環境汚染に対するファイトレメディエーション技術の実用化に向けて. *Journal of Environmental Biotechnology*, **2**, 103-115, 2002
- 2) Chaudhry, T. M., Hayes, W. J., Khan, A. G., KHoo, C. S.: Phytoremediation - Focusing on accumulator plants that remediate metal-contaminated soils. *Australasian Journal of Ecotoxicology*, **3**, 37-51, 1998
- 3) 長谷川功: 植物による重金属汚染土壌の浄化—ファイトレメディエーション—. *農林水産技術研究ジャーナル*, **25**, 5-12, 2002
- 4) Sas-Nowosielska, A., Kucharski, R., Malkowski, E., Pogrzeba, M., Kuperberg, M., Krynski, K.: Phytoextraction crop disposal—an unsolved problem. *Environmental Pollution*, **128**, 373-379, 2004
- 5) 環境省: 中国における環境汚染等の現状. <https://www.env.go.jp/air/tech/ine/asia/china/files/pollution/pollution.pdf>
- 6) 一般社団法人海外環境協力センター: 環境保護部 国土資源部「中国全国土壌汚染状況調査公報(2014年4月17日)」(仮訳). [http://www.oecc.or.jp/pdf/china/china2014\\_bulletin.pdf](http://www.oecc.or.jp/pdf/china/china2014_bulletin.pdf)
- 7) 農林水産省: 海外農業情報調査分析(アジア) 報告書 第2章 中国の農業の生産余力. [http://www.maff.go.jp/j/kokusai/kokusei/kaigai\\_nogyo/k\\_syokuryo/h21/pdf/h21\\_asia2.pdf](http://www.maff.go.jp/j/kokusai/kokusei/kaigai_nogyo/k_syokuryo/h21/pdf/h21_asia2.pdf)
- 8) 中国環境保護部: 土壌環境質基準(GB 5618-1995). [http://www.mep.gov.cn/tech/hjbz/bzwb/trhj/trhjzlbz/199603/t19960301\\_82028.htm](http://www.mep.gov.cn/tech/hjbz/bzwb/trhj/trhjzlbz/199603/t19960301_82028.htm)
- 9) 森敏: 鉄欠乏ストレスに対する植物の適応戦略. *日本農薬学会誌*, **17**, S207-S212, 1992
- 10) 樋口恭子. 植物における鉄代謝機構の解明に向けて. *日本土壌肥料学会誌*, **74**, 237242, 2003
- 11) Slatni, T., Salah, I. B., Kouas, S., Abdelly, C.: The role of nodules in the tolerance of common bean to iron deficiency. *Journal of Plant Research*, **127**, 455-465, 2014
- 12) 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構: バイオマスエネルギー導入ガイドブック(第4版). <http://www.nedo.go.jp/content/100759785.pdf>
- 13) 農林水産技術会議事務局: 植物の金属元素含量に関するデータ集録. <http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/hvymetal/>

## 謝辞

本研究の実施を補助いただきました、山西農業大学資源環境学院の多くの研究生に感謝します。

<報文>

## 埼玉県内の大気中ホルムアルデヒド濃度の継続観測結果\*

細野繁雄\*\*・松本利恵\*\*・佐坂公規\*\*

キーワード ①ホルムアルデヒド ②年間及び経年変化 ③オゾン生成能 ④イソプレン ⑤前駆物質

### 要 旨

埼玉県では、光化学反応の状況把握と詳細解析を目的に、「炭化水素類組成調査」を行っている。そこで、同一条件の調査が行われた2009～2013年度のデータを基に、光化学オキシダントへの影響が大きいとされるホルムアルデヒド濃度の年間及び経年変化の特徴を、ホルムアルデヒドと同様に二次生成の寄与が大きいとされるアセトアルデヒド、ホルムアルデヒドの二次生成における前駆物質とされるイソプレンと併せて解析した。対象とした期間のホルムアルデヒドは、夏季日中の濃度に増加の傾向が見られた。ホルムアルデヒドとイソプレンの濃度には有意な正の相関が見られたが、イソプレンから二次生成するホルムアルデヒドと二次生成しないアセトアルデヒドの濃度比は、全地点で類似しており、イソプレンの影響は限定的であると推定された。

### 1. はじめに

ホルムアルデヒドは、合成樹脂の合成原料、界面活性剤、農薬、防腐剤などに広く使用されている化学物質である<sup>1)</sup>。しかし毒性が強く、国際ガン研究機関(IARC)による発ガン性評価において、2004年にグループ2A(おそらく発ガン性がある)からグループ1(発ガン性がある)に変更されている<sup>2)</sup>。

大気中のホルムアルデヒドは、単一成分としての濃度が高く、オゾン生成能の指標であるMIRも大きいことから、光化学反応に関与する重要な物質となっている<sup>3)</sup>。その主要な発生源は、事業所及び移動体から直接排出される一次排出と大気中の反応による二次生成があり、一次排出量の95%が移動体に起因するとされている<sup>4)</sup>。一方で、二次生成について、AIST-ADMERを用いた試算では、PRTRによる一次排出量より約一桁大きい生成量が示唆されている<sup>4)</sup>。また、COを一次排出の説明変数、O<sub>3</sub>を二次生成の説明変数とした重回帰分析により、CO及びO<sub>3</sub>の係数の比から推定した一次排出に対する二次生成の比率からも、夏季の都市部では0.6程度であるものの、郊外部では11程度と報告されており、排出抑制対策だけでなく、二次生成対策の必要性が指摘されている<sup>5)</sup>。同様に、アセトアルデヒドにおいても、AIST-ADMERを用いた試算では、二次生成による寄与が約80%を占めると報告されている<sup>6)</sup>。

埼玉県は、光化学スモッグ注意報の発令日数が、毎年、

全国1位を争うほど、夏季のオキシダント濃度が高くなりやすい地域にある<sup>7)</sup>。そこで、光化学オキシダントの原因物質の一つである炭化水素について、物質ごとに光反応性が異なることを考慮し、大気中に存在する約100物質を対象に、年度により調査地点、調査日、試料採取時間に変更を加えながら、2005年度より継続して大気中炭化水素類の組成調査を実施している<sup>8)</sup>。この内、2008～2012年度は昼夜別に毎月1回、途中、調査地点1局を追加して4局となったものの3局は共通して、継続調査している。そこで、5年間にわたり同一条件で調査された3局のデータを基に、光化学オキシダントへの影響が大きいとされるホルムアルデヒド濃度の年間及び経年変化の特徴を、ホルムアルデヒドと同様に二次生成の寄与が大きいとされるアセトアルデヒド、ホルムアルデヒドの二次生成における前駆物質とされるイソプレンとあわせて解析した。

### 2. 調査方法

大気常時監視局が設置された3カ所(Fig. 1)、埼玉県南東部の戸田局、中央部の鴻巣局及び北西部の寄居局における測定結果を使用した。戸田局(以下、「戸田」という。)のある戸田市は、荒川を挟んで東京に隣接しており、印刷関連、食品、物流加工業などの工場と、東京のベッドタウンとして増加する住宅が混在している。鴻巣局(以下、「鴻巣」という。)のある鴻巣市は、花卉、

\*Continuous Monitoring Result of the Atmospheric Formaldehyde in Saitama

\*\*Shigeo HOSONO, Rie MATSUMOTO, Koki SASAKA (埼玉県環境科学国際センター) Center for Environmental Science in Saitama

果樹などの栽培も多いが、首都50 km圏内に位置することから東京のベッドタウンとなっている。寄居局（以下、「寄居」という。）のある寄居町は、荒川が中央を東流しており、山地、丘陵、台地、低地の多様な地形から成り自然が豊かな地域にある。



Fig. 1 Location of the sampling sites

調査は、2009～2013年度までの5カ年間、毎月1回、昼（6:00-18:00）、夜（18:00-6:00）に区分して実施した。ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの測定は、有害大気汚染物質測定方法マニュアル<sup>9)</sup>に準拠し、固相捕集-高速液体クロマトグラフ(HPLC)法により測定した。市販のDNPH含浸カートリッジ(Sep-Pak XPoSure Aldehyde Sampler)の前段にオゾンスクラバー(Waters ヨウ化カリウム 1.4 g 入り)を接続し、約0.1 L/minの流量で12時間吸引して捕集した。また、採取の間は、水分の凝縮を防止するため、加温装置(GASTEC GTH-1)により外気温より10-15℃高くなるよう加温した。捕集後には、DNPH含浸カートリッジを強カチオン交換樹脂カートリッジ(TOSO TOYOPAC® IC-SP M)と接続し、約8mLのアセトニトリルで溶出した。溶出液を窒素気流下で濃縮して3 mLに定容し、溶出液の一部(20 µL)をHPLC(Waters 2690)に注入して、パルス式電気化学検出器

(PAD)でホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドのDNPH誘導体を測定した。

イソプレンの測定も同マニュアル<sup>9)</sup>に準拠し、容器採取-ガスクロマトグラフ質量分析(GC/MS)法により測定した。6 Lのステンレス容器(GL Science S-Can)にパッシブキャニスターサンプラー(GL Science PCS363)を装着し、採取流量3.3 mL/minで12時間減圧採取した。採取後は、VOCフリー規格の清浄空気でキャニスターの内圧を約160 kPaに加圧し、キャニスターGC/MSシステム(GL Science AERO Tower System ACS-2100/Shimadzu QP-2010 Plus)によりイソプレンを測定した。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 昼夜別の濃度

戸田、鴻巣及び寄居の昼夜別のホルムアルデヒド濃度を、アセトアルデヒドと共に年平均値にしてTable 1に示す。

ホルムアルデヒドの昼夜別の年平均値は、鴻巣の日中、2013年度に4.6 µg/m<sup>3</sup>と過年度に比べて明らかな増加が見られる以外、年度による多少の増減があるものの、全地点でおおむね横ばいの状況にある。日中の濃度は全地点で夜間よりも高いが、昼/夜比は戸田(1.4)、鴻巣(1.2)に比べ寄居(1.9)で大きく、光化学反応による二次生成の寄与がうかがわれた。

同時に示したアセトアルデヒドは、ホルムアルデヒドの65%（寄居の夜間のみ80%）ほどの濃度にあるが、経年変化はホルムアルデヒドと同様、横ばいの状況にある。また、昼/夜比は、戸田、鴻巣ではホルムアルデヒドと同じであり、寄居ではホルムアルデヒドよりも小さく、調査地点による違いはほとんど見られない（昼/夜比は、それぞれ1.4、1.2及び1.5）。

#### 3.2 季節別の濃度

ホルムアルデヒドの5年間にわたる日中の濃度を、月別に、アセトアルデヒド及びイソプレンとともにFig. 2に示す。ホルムアルデヒド濃度は、毎年、夏季に上昇し冬

Table 1 Annual average concentration according to the day and night

Monitoring site	Aldehyde (µg/m <sup>3</sup> )	Annual average concentration (day / night)				
		FY2009	FY2010	FY2011	FY2012	FY2013
Toda	Formaldehyde	3.3 / 2.6	3.5 / 2.5	3.2 / 2.3	3.2 / 2.3	3.2 / 1.9
	Acetaldehyde	2.9 / 2.1	2.2 / 1.4	1.9 / 1.3	2.0 / 1.5	2.4 / 1.5
Konosu	Formaldehyde	3.2 / 2.5	3.2 / 2.3	2.8 / 2.1	2.9 / 2.3	4.6 / 2.5
	Acetaldehyde	2.5 / 2.1	2.0 / 1.4	1.6 / 1.3	1.7 / 1.6	2.4 / 2.1
Yorii	Formaldehyde	2.7 / 1.3	3.1 / 1.5	2.5 / 1.5	2.4 / 1.6	2.8 / 1.2
	Acetaldehyde	2.1 / 1.3	2.0 / 1.2	1.4 / 1.0	1.6 / 1.3	1.8 / 1.2

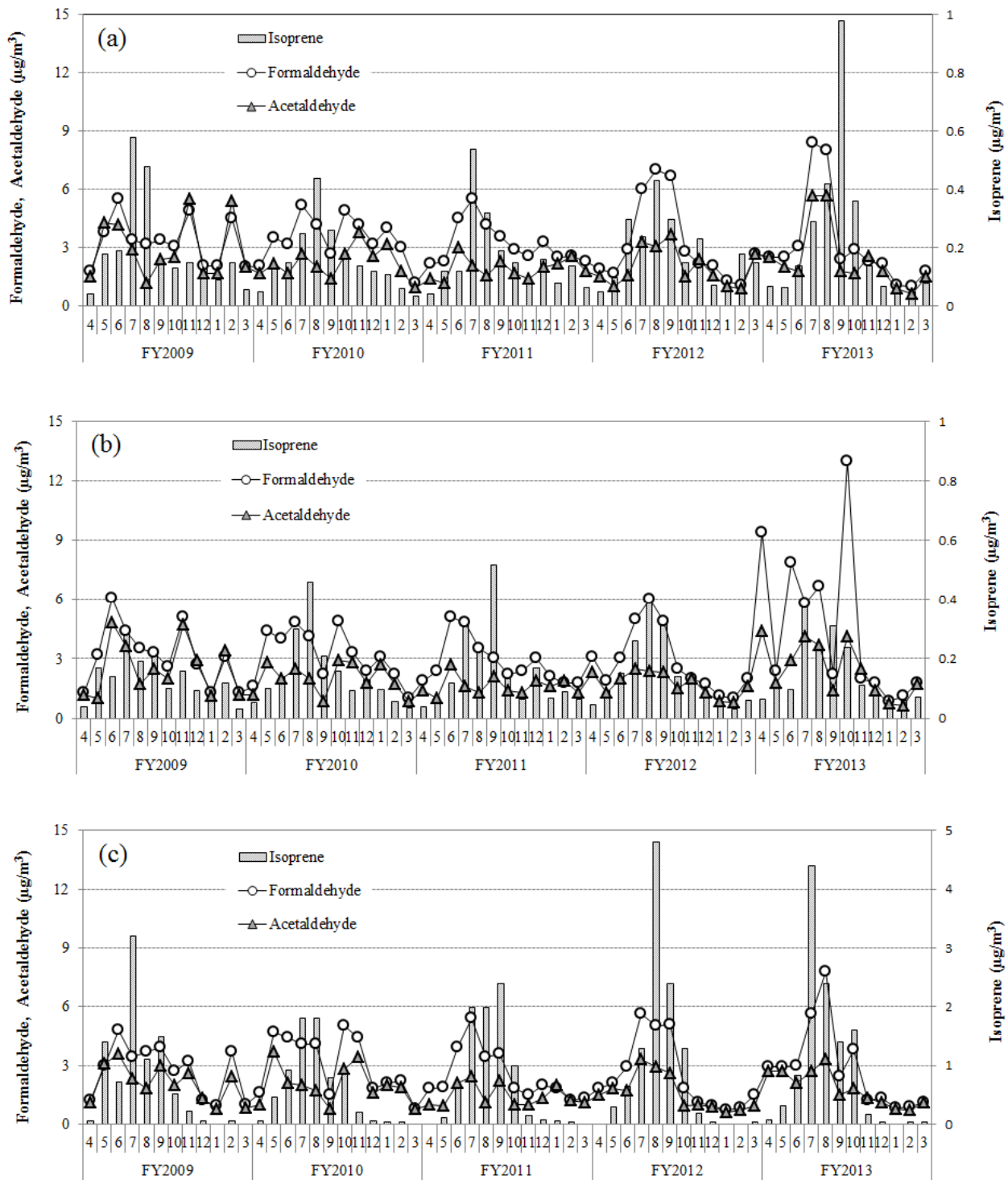


Fig. 2 Monthly variations of formaldehyde, acetaldehyde and isoprene concentrations in the daytime  
(a):Toda, (b):Konosu, (c):Yorii

季に低下する変化を繰り返しており、また、夏季の濃度には増加傾向が見られる。そこで、夏季に測定されたホルムアルデヒド濃度にMIR(9.46)<sup>10)</sup>を乗じ、オゾン生成能を算出してFig. 3に示す。オゾン生成能は、ホルムアルデヒド濃度に従って上昇傾向にあるものの、最大でも2013年7月の戸田の79  $\mu\text{g}\text{-O}_3/\text{m}^3$  (37 ppb相当)に止まった。

ただし、この値は昼12時間の平均である。2010–2013年の東京都江東区における測定結果では、ホルムアルデヒドの日平均値と日最高1時間値の間には高い相関があり、日最高1時間値は日平均値の2.35倍に相当すると報告<sup>11)</sup>されている。そこで、昼・夜の観測値から日平均値を求め、2.35倍して日最高1時間値とし、オゾン生成能を求めたと

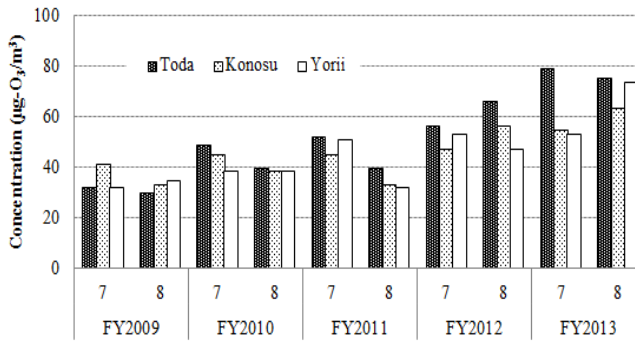


Fig. 3 Ozone production potential derived from formaldehyde

ころ、上記の数値は155  $\mu\text{g-O}_3/\text{m}^3$  (72 ppb相当) となり、ホルムアルデヒドのみで環境基準を超過するオゾン濃度に達する可能性が確認された。ホルムアルデヒドと同時に示したアセトアルデヒド及びイソプレンの濃度も、夏季に上昇し冬季に低下する変化を繰り返しているが、夏季の濃度にはホルムアルデヒドのような増加傾向は見られない。また、イソプレンの濃度は、戸田及び鴻巣に比べて寄居で高く、特に夏季の日中には戸田及び鴻巣の10倍程に達することもあった。

ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド及びイソプレン

Table 2 The correlation coefficient between formaldehyde, acetaldehyde and isoprene

Monitoring site	Formaldehyde/ Acetaldehyde	Formaldehyde/ Isoprene	Acetaldehyde/ Isoprene
Toda	0.79 **	0.42 **	0.19
Konosu	0.77 **	0.42 **	0.30 *
Yorii	0.85 **	0.69 **	0.45 **

\*\* $p < 1\%$  \* $p < 5\%$

は、いずれも月別の日中濃度の変化が類似していることから、相互の相関係数を計算してTable 2に示す。ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドには、全地点で高い正の相関が認められた。一方、ホルムアルデヒドとイソプレンにも、寄居では高い正の相関が、戸田及び鴻巣でも中程度の正の相関が認められた。イソプレンは、植物から人為起源を上回る量が放出され<sup>12)</sup>、その放出量は葉温と日射量に依存する<sup>13)</sup>ことから、夏季に高濃度となる。また、イソプレンは、二次生成によるホルムアルデヒドの主要な前駆物質<sup>14)</sup>であり、樹木率<sup>15)</sup>の高い寄居(樹木率は30~50%)で相関が高く、寄居に比べて低い戸田及び鴻巣(樹木率はそれぞれ5~10%及び5%未満)での相関が低下したことは、妥当な結果と考えられる。アセトアルデヒドとイソプレンにも、寄居で中程度の、鴻巣でも低い正の相関が見られる。イソプレンからアセトアルデヒドは生成しないが、植物から放出される $\alpha$ -ピネンやテルペン類から二次生成する<sup>14)</sup>ことから、相関が見られたものと考えられる。

### 3.3 ホルムアルデヒド/アセトアルデヒド濃度比

日中のホルムアルデヒドのアセトアルデヒドに対する濃度比を算出し、Fig. 4に示す。濃度比は、いずれの地点も夏季に高く冬季に低くなる変化を示し、またその値も類似しており、調査地点による差はほとんど見られない。

ホルムアルデヒドの一次排出は、95%が移動体に由来し、その75%が自動車に由来すると推定されている<sup>4)</sup>。一方、アセトアルデヒドについては、一次排出の約半分(49%)が移動体に由来すると推定されている<sup>6)</sup>。さらに、自動車排出ガスの測定結果<sup>15)</sup>によれば、ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの一次排出は、ほとんどがディーゼル車(平均(n=11)でそれぞれ34.0 mg/km及び15.1 mg/km)によっており、ガソリン車からの排出は僅

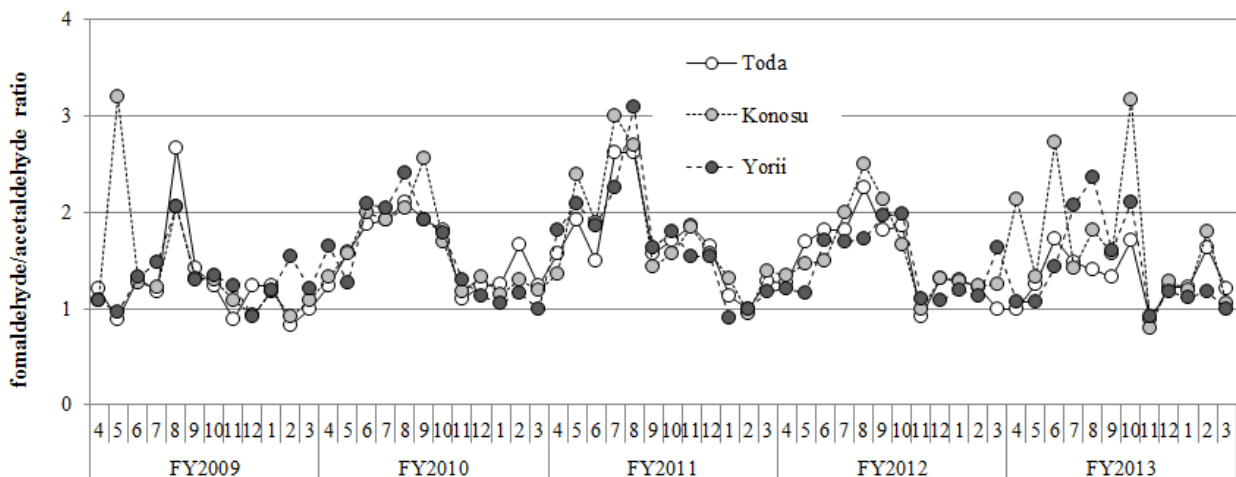


Fig. 4 Formaldehyde/acetaldehyde concentration ratio in day time

か（平均(n=8)でいずれも0.1 mg/km）である。そこで、ホルムアルデヒドの一次排出は全てディーゼル車、アセトアルデヒドの一次排出はディーゼル車が1/2を占め、残り1/2を事業所等の排出が占めると仮定すると、一次排出によるホルムアルデヒド/アセトアルデヒド濃度比は、 $34.0/(15.1 \times 2)$ から約1と計算され、この値はFig. 4において光化学反応の活性が低い冬季に見られる濃度比とおおむね一致している。一方、夏季に見られる濃度比の上昇は、一次排出によるものではなく、光化学反応による二次生成によると推定される。ただし、光化学反応によってイソプレンから生成するホルムアルデヒドの影響は、樹木率が高くイソプレン濃度の高い寄居を含め、濃度比がいずれの地点も類似していることから、限定的であると推定される。

#### 4. まとめ

2008～2012年度の5年間にわたり、同一条件で調査したホルムアルデヒド濃度の経年変化や季節変化について、同時に調査したアセトアルデヒド及びイソプレンとの関係から解析した。

対象とした期間のホルムアルデヒド濃度の年平均値は、全地点がおおむね横ばいで推移していた。ただし、夏季の日中の濃度には上昇傾向が見られ、継続的な監視の必要性が確認された。

ホルムアルデヒドの日中の濃度は、夏季に上昇し冬季に低下する季節変化を毎年繰り返しており、アセトアルデヒド及びイソプレンも類似の変化を示し、ホルムアルデヒドとアセトアルデヒド、ホルムアルデヒドとイソプレンの間には、高い正の相関が認められた。ただし、ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドの濃度比は、いずれの地点も類似の値を示し、夏季に高く冬季に低くなる季節変化が見られた。一次排出による濃度比は約1と推定され、光化学反応の活性が低い冬季の濃度比とおおむね一致した。従って、夏季に見られる濃度比の増加は二次生成によると推定されるが、イソプレンが高濃度の地点を含め、濃度比に違いが見られないことから、光化学反応により生成するホルムアルデヒドの影響は限定的であると予想された。

#### 5. 引用文献

- 1) 環境省：物質に関する基本事項 [37] ホルムアルデヒド, <https://www.env.go.jp/chemi/report/h14-05/chap01/03/37.pdf>
- 2) International Agency for Research on Cancer, IARC : Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 88, Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol,

- 2004, <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol88/mono88.pdf>
- 3) 環境省：光化学オキシダント調査検討会 報告書-今後の対策を見ずえた調査研究のあり方について-, 2012, [https://www.env.go.jp/air/osen/pc\\_oxidant/conf/chosa/rep201203/02.pdf](https://www.env.go.jp/air/osen/pc_oxidant/conf/chosa/rep201203/02.pdf)
- 4) 新エネルギー・産業技術総合開発機構：化学物質の初期リスク評価書, Ver. 1.0, No. 71 ホルムアルデヒド, 2006, [http://www.safe.nite.go.jp/japan/sougou/data/pdf/risk/pdf\\_hyoukasyo/310riskdoc.pdf](http://www.safe.nite.go.jp/japan/sougou/data/pdf/risk/pdf_hyoukasyo/310riskdoc.pdf)
- 5) 石井康一郎, 上野広行, 藤田進, 梶井克純, 加藤俊吾, 中島吉弘：大気中ホルムアルデヒドの生成排出比率の推定. 東京都環境研究所年報, 141-143, 2010
- 6) 新エネルギー・産業技術総合開発機構：化学物質の初期リスク評価書, Ver. 1.0No. 61 アセトアルデヒド, 2005, [http://www.safe.nite.go.jp/japan/sougou/data/pdf/risk/pdf\\_hyoukasyo/011riskdoc.pdf](http://www.safe.nite.go.jp/japan/sougou/data/pdf/risk/pdf_hyoukasyo/011riskdoc.pdf)
- 7) 例えば, 環境省：平成26年光化学大気汚染の概要 - 注意報等発令状況, 被害届出状況. 2015, <http://www.env.go.jp/press/files/jp/26037.pdf>
- 8) 埼玉県：大気環境調査事業報告書, <http://www.pref.saitama.lg.jp/a0504/taikihoukokusyo.html>
- 9) 環境省水・大気環境局大気環境課：有害大気汚染物質測定方法マニュアル（平成20年10月）環境省水・大気環境局 大気環境課
- 10) William, P. L. C. : SAPRC Atmospheric Chemical Mechanisms and VOC Reactivity Scales (scales07.xls), 2011, <http://www.cert.ucr.edu/~carter/SAPRC/>
- 11) 石井康一郎, 松本幸雄, 伊藤政志, 上野広行, 内田悠太, 斎藤伸治, 星純也, 中島吉弘, 加藤俊吾, 梶井克純：東京都心地域におけるホルムアルデヒドの高濃度ピーク現象の原因. 大気環境学会誌, **49**, (6), 252-265, 2014
- 12) IPCC: Atmospheric chemistry and green house gases, In IPCC third assessment - climate change: The Scientific Basis, 238-287, IPCC, Geneva, 2011
- 13) Guenther, A., Zimmerman, P.R., Harley, P.C. : Isoprene and monoterpene emission rate variability: method evaluation and sensitivity analysis. J. Geophys. Rev., **98**, (D7), 12609-12617, 1993
- 14) Luecken, D.J., Hutzell, W.T., Strum, M. and Pouliot, G. : Regional sources of atmospheric



formaldehyde and acetaldehyde, and implications for atmospheric modeling. [http://www.google.co.jp/url?url=http://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_file\\_download.cfm%3Fp\\_download\\_id%3D503890&rc=t=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ved=0ahUKEwj24Y-9DJAhWi2aYKHaimCyIQFggZMAA&usg=AFQjCNHtu2d3qkptnQL0vseBLdSd3Sbszg29DJAhWi2aYKHaimCyIQFggZMAA&usg=](http://www.google.co.jp/url?url=http://cfpub.epa.gov/si/si_public_file_download.cfm%3Fp_download_id%3D503890&rc=t=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ved=0ahUKEwj24Y-9DJAhWi2aYKHaimCyIQFggZMAA&usg=AFQjCNHtu2d3qkptnQL0vseBLdSd3Sbszg29DJAhWi2aYKHaimCyIQFggZMAA&usg=)

AFQjCNHtu2d3qkptnQL0vseBLdSd3Sbszg

- 15) 埼玉県：埼玉県みどりの環境税制を検討する委員会報告書～県民みんなでみどりを守り育てるために～，2005
- 16) 村上雅彦，横田久司：自動車排出ガス中の揮発性有機化合物(VOC)の排出実態．東京都環境科学研究所年報，49-56，2004

<報 文>

## カルシウム含有廃棄物を原料としたハイドロキシアパタイトの合成及び環境浄化材への応用\*

鈴木 佳代子\*\*・本田 雄一\*\*・安藤 真由美\*\*・香西 敬子\*\*・島田 敦之\*\*  
横井 浩二\*\*・高尾 仁士\*\*・柴田 香代子\*\*・串田 光祥\*\*

キーワード ①鶏糞焼却灰 ②ハイドロキシアパタイト ③環境浄化材 ④バイオマス資源

### 要 旨

バイオマス資源の有効利用を目的として、カルシウム含有率が高い鶏糞焼却灰からハイドロキシアパタイトを合成し、畜産系の臭気や汚水処理水等の浄化性能について評価した。その結果、畜産試験場で検出された臭気成分のひとつである低級脂肪酸を吸着し、汚水処理施設の処理水中のリンや着色成分を吸着する能力も有することから、合成したハイドロキシアパタイトは畜産系の臭気の低減化や汚水等の浄化材として有用であることがわかった。

### 1. はじめに

消費型社会から持続可能な循環型社会への転換が求められている現在、廃棄物の再生利用やバイオマス資源の有効利用は重要な課題のひとつである。

養鶏は香川県の主要な基幹産業のひとつであり、県内の畜産物総産出額の約64%を占めている<sup>1)</sup>が、それに伴い大量の家畜排泄物が発生しており、水質汚濁、悪臭等の問題が危惧されている。家畜排泄物を焼却処理することで、減容化と熱回収の利用が検討されているが、焼却灰の処理が新たな課題となっている。

家畜排泄物の中でも鶏糞焼却灰は酸化カルシウムの含有率が高く、リン酸と反応させてハイドロキシアパタイトに転化できることが報告されている<sup>2)</sup>。

リン酸カルシウム的一种であるハイドロキシアパタイト ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , 以下, 「HAP」という。) は、歯や骨の主成分であり、優れた生体親和性と組織適合性があることから医療分野では人工の骨や歯等の治療用材料として研究開発が進められている。また、物質の吸着性にも優れており、重金属・細菌・ウイルスなどの吸着材として多方面での応用が期待されている多孔質素材である。

前報<sup>3) 4)</sup>では、鶏糞焼却灰を原料としてHAPをリン酸水溶液滴下法で合成する方法について検討した。また、鶏糞焼却灰を重金属不溶化材として利用した場合の性能についても評価した。

そこで本報では、鶏糞焼却灰からHAPを量産する方法について検討し、畜産系の臭気の高減化や汚水等の浄化材としての性能を評価したので報告する。

なお、本研究は平成24～26年度に実施した香川県産業技術センター及び香川県畜産試験場との共同研究である。

### 2. 方法

#### 2.1 原料

鶏糞焼却灰は、香川県畜産試験場から提供されたもので、合成前に800℃または900℃で4時間焼成したものをを用いた。

#### 2.2 HAPの合成

中原ら<sup>2)</sup>及び三好ら<sup>3)</sup>の合成方法に準じて、HAPの化学量論組成 ( $\text{Ca}/\text{P}=1.67$ ) となるために必要な量の1mol/Lリン酸水溶液を、60℃の水浴中でかくはんしながら鶏糞焼却灰の水懸濁液に滴下してHAPを合成した。

また、量産する方法を検討するために、1mol/Lリン酸水溶液、0.2mol/Lリン酸二水素アンモニウム溶液 (アンモニア水でpHを8に調整) の必要量を各々一度に添加して60℃または80℃の水浴中でかくはんし、得られた反応生成物を蛍光X線分析装置 (XRF) による化学組成分析及びX線回折装置 (XRD) による結晶構造解析により評価した。

\*Synthesis of Hydroxyapatite using Waste Materials contained Ca and Development of Environmental Purification Materials

\*\*Kayoko SUZUKI, Yuichi HONDA, Mayumi ANDOU, Keiko KOZAI, Atsuyuki SHIMADA, Koji YOKOI, Hitoshi TAKAO, Kayoko SHIBATA, Mitsuyoshi KUSHIDA (香川県環境保健研究センター) Kagawa Prefectural Research Institute for Environmental Sciences and Public Health



## 2.3 HAPの形状付与

合成したHAPを環境浄化材として利用する場合、浄化後の回収を考慮し取扱いを容易にするために、香川県産業技術センターで粒状の成形品を作成した<sup>5)</sup>。

有機バインダーとして2%メトロゾ水溶液を添加し、粘土状に練り、シート状に伸ばして5mm角に切断し乾燥させた後、500℃で焼成して作成した粒状の成形品について、環境浄化材としての性能を評価した。

## 2.4 畜産系臭気の吸着性能評価

合成HAPの畜産系臭気に対する吸着性能について評価するために、畜産試験場畜舎等の臭気を測定し、そこで検出された臭気成分について、標準物質を用いて吸着性能評価試験を実施した。

### 2.4.1 畜産試験場畜舎等の臭気測定

畜産試験場の鶏舎・牛舎・豚舎・堆肥舎において、臭気成分であるアンモニア・硫黄化合物・低級脂肪酸の測定を「環境省 特定悪臭物質の測定の方法」に準拠して行った。

### 2.4.2 畜産系臭気の吸着性能評価

畜産試験場の畜舎等で臭気成分として検出された低級脂肪酸について、標準液を用いた吸着試験を行った。

図1に示したように、ガラスウールに添加した標準液を気化させてHAPに通し、出てきた気体を捕集管に捕集してGC-FIDで測定した。

### 2.4.3 破過試験

図2に示したように、低級脂肪酸標準液を積算値で5~200μgまで順次添加し、これ以上HAPに吸着しなくなる量(破過量)を調べた。

## 2.5 畜産系汚水の浄化性能評価

### 2.5.1 リン吸着試験

畜産系汚水には、リンやアンモニアなどが比較的多く含まれていることから、リンとアンモニアの吸着試験を行った。

リン標準液(50mg/L)にHAPを0~10%の割合で添加し、かくはん後、2時間室温で静置したときと、12日間室温で静置したときのT-P濃度を測定した。

### 2.5.2 アンモニア吸着試験

アンモニア性窒素標準液(50mg/L)にHAPを0~10%の割合で添加し、添加直後と、20分かしくは後、5分静置したときのアンモニア性窒素濃度を測定した。

### 2.5.3 リン及び着色成分の吸着能力試験

畜産試験場汚水処理施設の処理水を使用して、畜産試験場では、リンと着色成分(色度として測定)の吸着能力試験を実施し、環境保健研究センターでは同時に着色成分の吸着能力試験を実施した。

図3に示したように、処理水400mLを入れたポリ容器を準備し、そのうちの1つには、網袋に入れたHAP(20g)を入れ、もう1つには何も入れないで20℃で24時間静置後、HAP入り網袋をポリ容器から取り出して、各々の処理水中のT-P濃度と色度を測定した。

ポリ容器から取り出したHAP入り網袋は、次の処理水の入ったポリ容器に入れ、また24時間浸漬した後、T-P濃度と色度を測定するという操作を繰り返した。

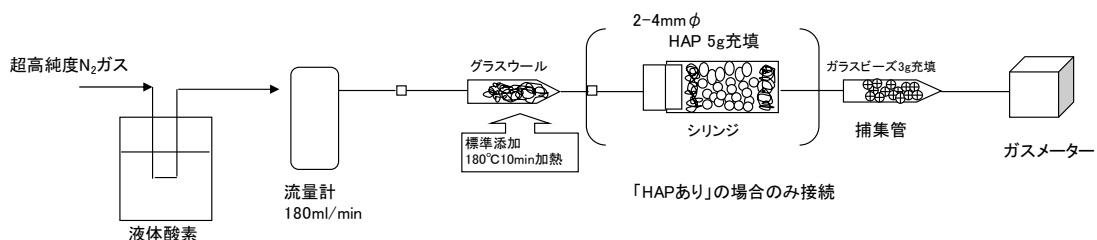


図1 低級脂肪酸の標準液を用いた吸着試験方法

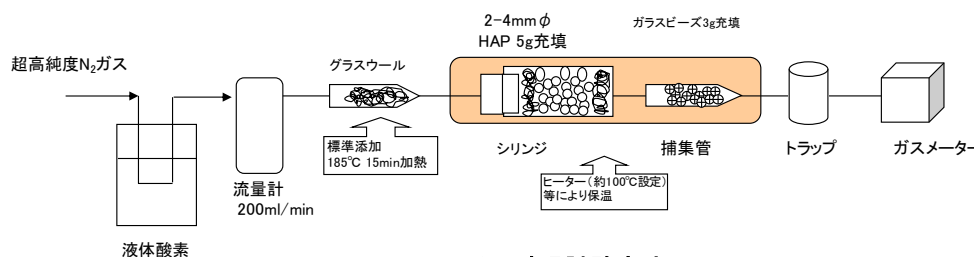


図2 破過試験方法

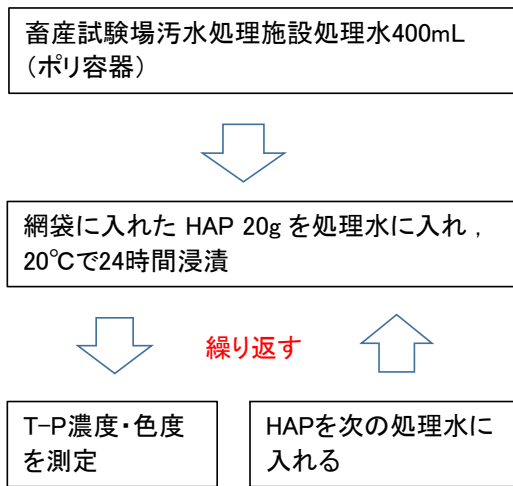


図3 リン及び着色成分の吸着能力試験方法

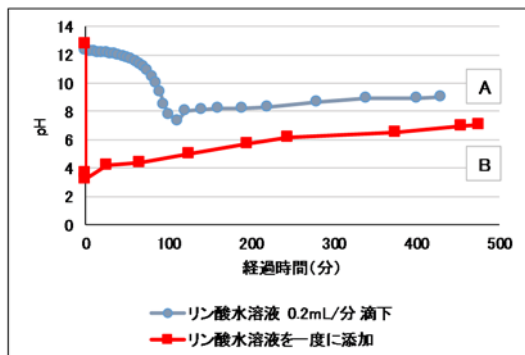
### 3. 結果及び考察

#### 3.1 HAP合成品の化学組成分析及び結晶構造解析による評価

リン酸水溶液を0.2mL/分で滴下したときと、リン酸水溶液を一度に添加したときのpHの変化を図4に示す。

リン酸水溶液を0.2mL/分で滴下した場合は、pHの下がり方が緩やかであることから、pHが高い状態で反応が起こり、HAPが生成したと考えられる。リン酸水溶液を一度に添加した場合は、リン酸水溶液を添加した直後にpHが3付近まで下がり、その後徐々にpHは上昇した。

電子顕微鏡写真やX線回折による結晶構造解析の結果、反応生成物はHAPとは異なる結晶構造のリン酸塩であった。



合成したHAPのSEM写真 2000倍

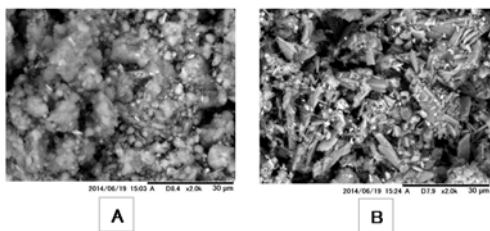


図4 リン酸水溶液を一度に添加したときのpH変化とSEM写真

この結果は、HAPの合成には反応液のpHを中性～アルカリ性に保つ必要があるという報告<sup>6) 7)</sup>と一致していた。

リン酸二水素アンモニウム溶液を一度に添加したときのX線回折パターンと化学組成分析結果を図5に示す。

リン酸アンモニウム添加法で合成したHAPはCa/Pモル比が1.96で、リン酸水溶液を滴下して合成したHAPと比較するとカルシウムが過剰型のHAPであった。リン酸アンモニウム添加法は、反応時にpHが下がることもなく、短時間でHAPを量産できる方法であることがわかった。

### 3.2 畜産系臭気の吸着性能評価試験

#### 3.2.1 臭気測定結果

畜産試験場の鶏、豚、牛舎及び堆肥舎において、悪臭の成分である硫黄化合物4種類、低級脂肪酸4種類及びアンモニアの濃度を測定した結果を図6に示す。

全体的に臭気濃度は低かったが、豚舎はメチルメルカプタン、低級脂肪酸、アンモニアの濃度が高かった。

牛舎ではアンモニアの濃度が比較的高く、臭気強度2.5～3の「何のにおいであるかがわかる弱いにおい(認知閾値濃度)」から、「らくに感知できるにおい」に相当する濃度であった。

#### 3.2.2 低級脂肪酸標準液を用いた吸着試験

畜産試験場で検出された臭気成分のひとつである低級脂肪酸は閾値が低く、微量でも臭気を感じるため、低級脂肪酸を吸着できれば臭気は低減化できると考えられることから、低級脂肪酸標準液を用いた吸着試験を行った。その結果を図7に示す。

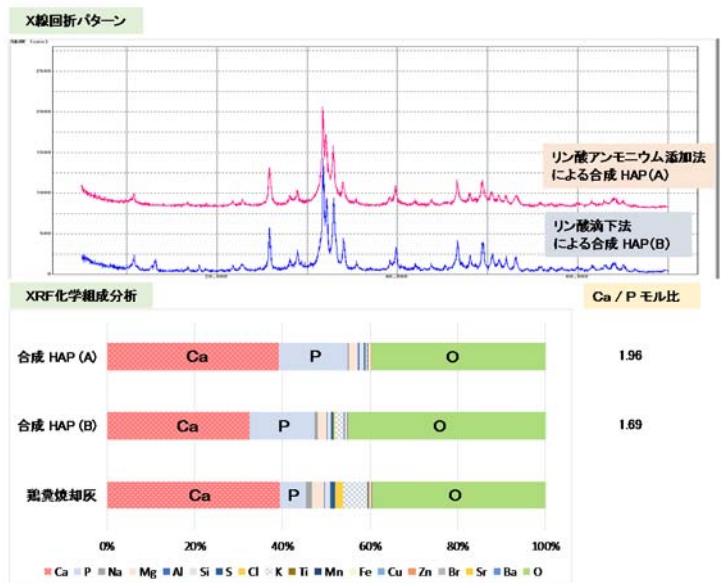


図5 合成HAPのX線回折パターン及び化学組成分析結果

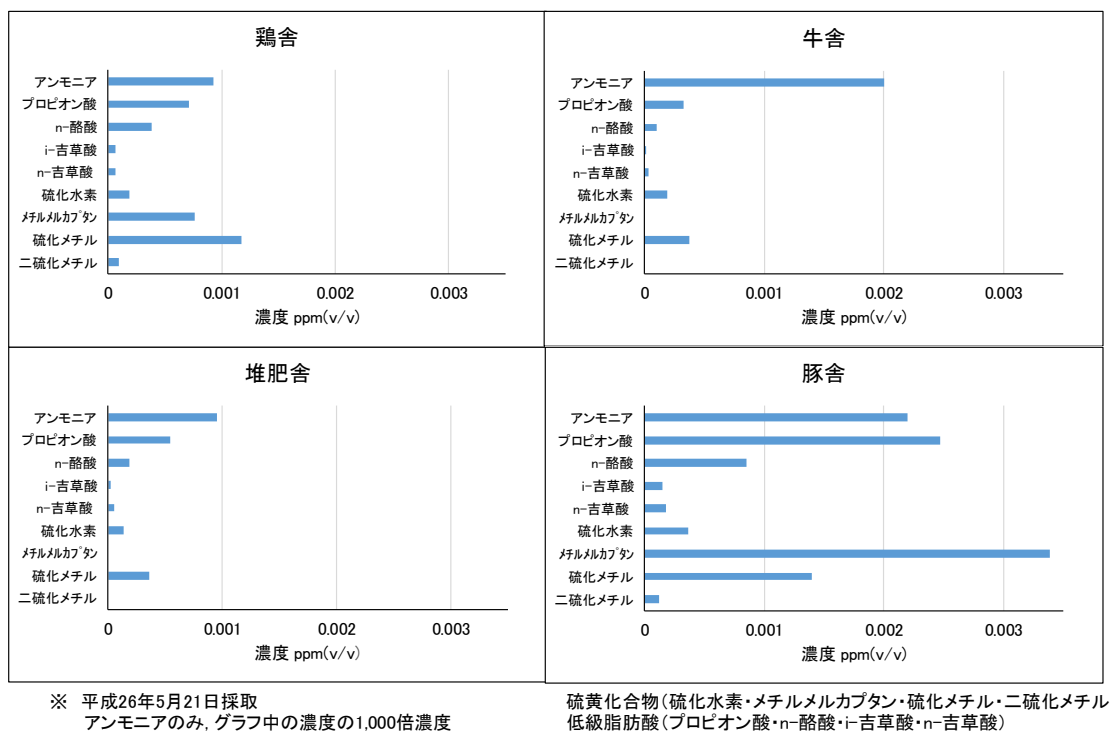


図6 臭気測定結果

はじめに、装置の経路での低級脂肪酸の吸着がないことを確認するために、シリンジにHAPを充填しない状態で低級脂肪酸標準液を添加した。図7に示したように、添加した標準のほとんどは装置を通過し、接続した捕集管に回収された。回収率は90%程度であり、装置の経路での吸着はほとんどなかった。

次に、シリンジにHAP5gを充填し、標準物質0.1~0.8μg (プロピオン酸の標準液は10倍濃度であるため、添加量もこの10倍量となる)を添加したところ、おおむね90%以上がHAPに吸着された。

標準液を0.8μg添加し、窒素ガス(流量180mL/min)を流しながら10分間加熱したとき、HAPに通したガス1,800mL中には各成分が0.8μg含まれている。このガス状の低級脂肪酸がHAPに吸着したことから、これを濃度に換算すると、プロピオン酸は約1.3ppm(v/v)、n-酪酸・i-吉草酸・n-吉草酸は各々約0.1ppm(v/v)となる。これは、畜産試験場の豚舎の濃度の約130~670倍、悪臭防止法のC区域(臭気強度3.5)の規制基準値の約6~20倍であることから、HAPは高濃度の低級脂肪酸を吸着する能力を持っていることがわかった。

### 3.2.3 破過試験

吸着試験に続いてシリンジに標準液を順次添加し、HAPの破過量を調べた。図8に示したように、添加標準液の積算量が100μgまでは、後ろに接続した捕集管から低級

脂肪酸はほとんど検出されず、ほぼ全量がHAPに吸着されていた。150μg以降はプロピオン酸が急激に検出され始めたことから、100~150μgの間でHAPの吸着能力の限界を超え、破過したものと考えられる。

この結果より、HAP5gで低級脂肪酸標準液を100μg (プロピオン酸のみ1,000μg)まで吸着できたことになる。HAPの低級脂肪酸に対する吸着能力が4成分とも同じであると仮定すると、4成分の合計16.6μmolがHAP5gに吸着できることになる。図6の臭気測定結果より、低級脂肪酸の濃度が最も高かった豚舎の低級脂肪酸濃度は、4成分を合計すると約0.16μmol/m<sup>3</sup>となることから、HAP5gで豚舎104m<sup>3</sup>中の低級脂肪酸を吸着できると考えられる。

## 3.3 畜産系汚水の浄化性能評価試験

### 3.3.1 リン吸着試験

リン吸着試験の結果を図9に示す。

HAPをリン標準液に添加かくはん後、2時間室温で静置した場合、リンの吸着率はHAPの添加量に比例しており、HAPを10%の割合で添加したときのリン吸着率は44%であった。HAP添加後12日間室温で静置した場合は、HAPの添加量が2%以上で96%以上のリンが吸着された。水にHAPを2%添加して、HAPからのリンの溶出がないか調べた結果、2時間室温静置・12日間室温静置のいずれの場合でもHAPからのリンの溶出は認められなかった。

この結果から、リンを吸着させるためには、HAPとの接触時間がある程度必要であることがわかった。

### 3.3.2 アンモニア吸着試験

HAPをアンモニア性窒素標準液に添加直後と、添加後20分かくはん5分静置後のアンモニアの濃度を測定した。

図10に示したように、HAPを10%添加しても添加前の濃度と変わらず、アンモニアは吸着されなかった。

水にHAPを5%添加してHAPからのアンモニアの溶出がないか調べた結果、いずれの条件でもアンモニアの溶出は認められなかった。

### 3.3.3 リン及び着色成分の吸着能力試験

リン及び着色成分の吸着能力を調べるために、処理水にHAPを浸漬し24時間後に取り出したHAPを次の処理水に浸漬するという操作を繰り返した結果を図11に示す。

リン吸着率は、処理回数30回目までは、平均約39%であったが、それ以降徐々に吸着能力は低下し、54回目では約16%になった。処理水に浸漬したHAP20gが吸着したリンの量は、54回分の合計で173.5mg (HAPに対する重量比で0.87%)であった。

着色成分(色度)の吸着率も、処理回数30回目までは平均約20%であったが、それ以降徐々に低下し、56回目では約10%になった。

また、HAP浸漬日数と色度との関係を調べたところ、図12に示したように相関関係が認められ、浸漬時間が長いほど色度の吸着率は高く、7日間浸漬したときの吸着率は59%であった。この結果から、着色成分もリンと同様にHAPとの接触時間がある程度必要であることがわかった。

これらのことから、合成したHAPはリンや着色成分を吸着する能力を持っており、畜産系の汚水処理水の浄化に有用であると考えられる。

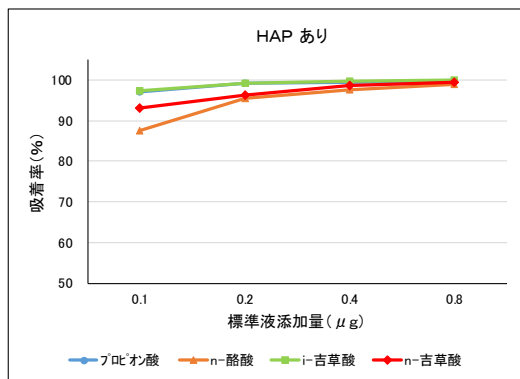
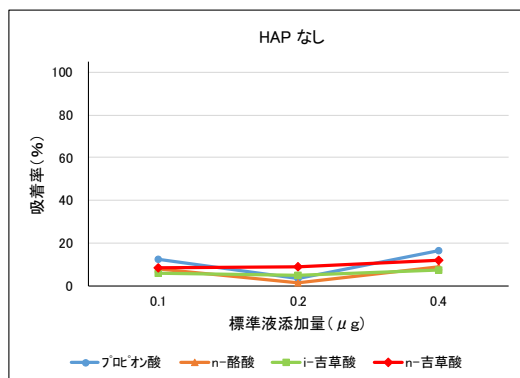
HAPは特有の結晶構造を持っており、このためイオン交換能、イオン吸着能など多くの機能を持つ多機能材料であることが知られている。HAPの結晶中には二つの異なるカルシウムイオンサイトがあり、その構造から他の陽イオンと容易に置換できるカルシウムイオンサイトと、負の電荷を持つ物質に対して吸着特性のあるカルシウムイオンサイトが存在している。また、水酸化物イオンも他の陰イオンと置換可能であり、正の電荷を持つ物質に対する吸着特性も持っていることが報告されている<sup>8) 9)</sup>。

HAPはこのような特有の機能を持っていることから、合成したHAPも処理水中のリンや着色成分だけではなく、様々な物質を吸着できる可能性がある。

HAPは畜産系の環境浄化材としての利用が期待されるだけでなく、畜産系以外の分野での応用についても期待できると考えられる。

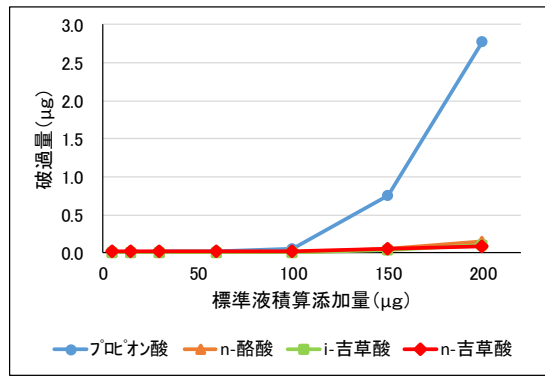
## 4. まとめ

- (1) 鶏糞焼却灰とリン酸二水素アンモニウム溶液を混合し、かくはんするという方法で、HAPを短時間に実験室レベルで量産することができた。
- (2) 合成したHAPを環境浄化材として利用する場合、浄化後の回収を考慮し取扱いを容易にするために粒状のHAPを作成した。
- (3) HAPは、畜産試験場で検出された臭気成分のひとつである低級脂肪酸を吸着できることがわかった。



※標準液はプロピオン酸のみ10倍濃度であるため、添加量も10倍量となる。

図7 低級脂肪酸標準液による吸着試験結果



※標準液はプロピオン酸のみ10倍濃度であるため、添加量も10倍量となる。

図8 破過試験結果



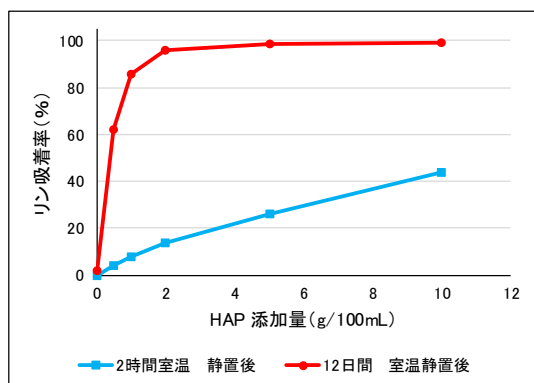


図9 リン吸着試験結果

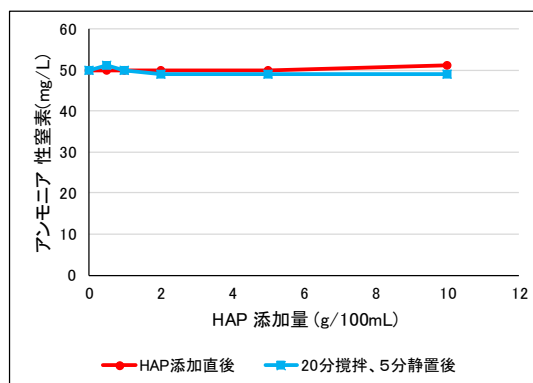


図10 アンモニア吸着試験結果

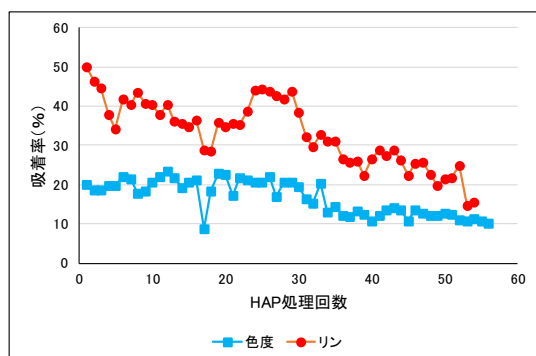


図11 リン及び着色成分(色度)の吸着率

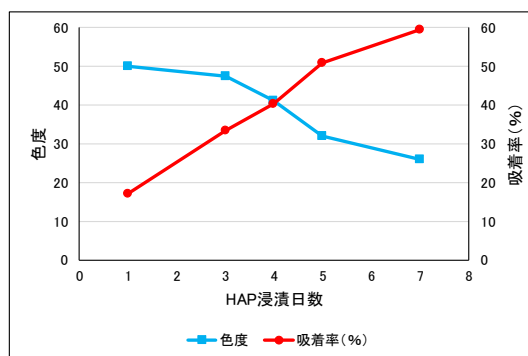


図12 HAP浸漬日数と色度

HAPの低級脂肪酸に対する吸着能力は、悪臭防止法C区域の規制基準値の約6~20倍に相当する濃度の低級脂肪酸を吸着できるものであった。

- (4) リン吸着試験の結果から、HAPはリンを吸着する能力を持っており、リンを吸着させるためにはHAPとの接触時間がある程度必要であることがわかった。
- (5) 畜産系汚水では処理水中の着色成分が問題となっている。HAPは着色成分に対する吸着能力を持っているが、リンと同様にHAPとの接触時間がある程度必要であることがわかった。
- (6) リン及び着色成分の吸着能力試験の結果、リンや着色成分の吸着能力は、HAP処理回数とともに低下するが、長期間にわたって持続することがわかった。

以上のことから、鶏糞焼却灰から合成したHAPは、畜産系の臭気の低減化や汚水等の浄化材として有用であると考えられ、環境浄化材として多方面での利用が期待できることがわかった。

## 5. 引用文献

- 1) 中四国農政局：平成24~25年 香川農林水産年報
- 2) 中原理栄，柴田香代子：バイオマス(生物資源)の有効利用—鶏糞焼却灰を利用したハイドロキシアパタイトの合成—。香川県産業技術センター研究報告 No. 7, 17-19, 2006
- 3) 三好益美 他：鶏糞焼却灰を利用したハイドロキシアパタイトの合成に関する基礎的研究について。香川県環境保健研究センター所報, 10, 51-55, 2011
- 4) 三好益美 他：鶏糞焼却灰による重金属不溶化特性について。香川県環境保健研究センター所報, 11, 52-58, 2012
- 5) 中原理栄，藤沢茜：鶏糞焼却灰から合成したハイドロキシアパタイトの形状付与性に関する検討。香川県産業技術センター研究報告, 15, 56-58, 2014
- 6) 藤野治，田村浩之，合田四朗：水溶液からのハイドロキシアパタイトの合成に関する基礎的研究。理工学総合研究所研究報告, 15, 39-46, 2003-02-28
- 7) 古田祥知子：石膏廃材を利用した新規多孔質素材の開発。平成11年度佐賀県窯業技術センター業務報告書, 70, 2000
- 8) 田中智，町長治：ヒドロキシアパタイトとその前駆体結晶の構造類似性。日本大学生産工学部研究報告 A, 38 (2), 35-39, 2005
- 9) S. Suzuki, T. Fuzita, T. Maruyama, M. Takahashi, and Y. Hikichi: Cation-Exchange Characteristics of Sintered Hydroxyapatite in the Strongly Acidic Region. *J. Am. Ceram. Soc.*, 76(6), 1638-40, 1993

<報文>

## 異常水質（河川水の発泡）時の原因究明事例について\*

犬塚 加代子\*\*・志岐 寿子\*\*・中島 妙見\*\*・末次 稔\*\*

キーワード ①界面活性剤 ②エチルバイオレット法 ③鶏卵 ④レシチン ⑤公共用水域

### 要 旨

佐賀県内で川の水が頻繁に泡立つという苦情が保健福祉事務所に寄せられ、周辺調査を行ったところ、河川上流にある事業場の排水口付近が特に泡立っていた。事業場の排水及び周辺の河川水について水質検査を行ったところ、事業場の排水から界面活性剤が検出された。しかしながら、事業場での洗剤使用は確認できなかったことから、他の原因について検討を行った。事業場は洗卵施設であり、排水中に含まれる卵の成分が界面活性剤と同様の性質を持つことから測定値に影響している可能性がある。そこで、卵を使った模擬試験を行ったところ、事業場の排水と同様の結果が得られたことから、卵を含む事業場の排水が河川水の発泡の原因となっていると考えられた。

### 1. はじめに

平成27年2月に佐賀県内のA町で「川の水が頻繁に泡立っている」と付近住民からA町を管轄する保健福祉事務所に苦情が寄せられたため、保健福祉事務所職員が原因調査を行った。当該河川の周囲は農業地域であり、数軒の一般家庭がある他、上流には鶏卵を洗う洗卵施設（B事業場）がある。泡立ちの発生場所がB事業場の下流であること、泡立ちが頻繁に発生するようになった時期とB事業場が操業を始めた時期がおおむね一致することから、B事業場からの排水が疑われた。

保健福祉事務所は、事業者に対する指導根拠を明確にする必要があることから、当センターでB事業場の排水及び周辺の河川水の界面活性剤等について水質検査を行うこととした。

ここでは、この事例をとおして得られた、異常水質発生時の原因究明に際しての問題点や今後の課題について報告する。

### 2. 原因究明調査 ①

#### 2.1 調査地点

調査地点は図1のとおり。

地点①は、B事業場の排水の流入のない上流で、一般家庭の排水が流入する地点。地点②は、B事業場の排水口。地点③は、発泡苦情地点より上流でB事業場の流入のない支流。地点④は、B事業場の排水口下流の地点である。

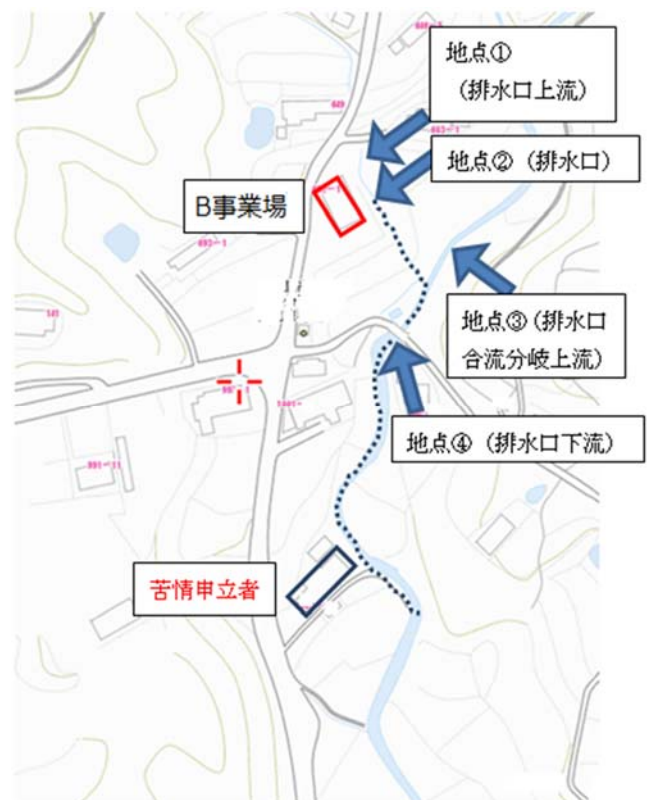


図1 調査地点

\*Cause investigation of river water foaming

\*\*Kayoko Inutsuka, Toshiko Shiki, Taemi Nakashima, Minoru Suetsugu (佐賀県環境センター) Environmental Research Center of Saga Prefecture

## 2.2 水質測定項目

水質測定項目及び測定方法は、表1のとおり。

泡立ちの原因と考えられる陰イオン界面活性剤及び非イオン界面活性剤、並びにB事業場より上流にある一般家庭の排水の影響を考慮するため総窒素及び各態窒素（アンモニア性窒素に0.4を乗じたもの、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素の合計量）について分析を行った。

表1 水質測定項目及び測定方法

項目	測定方法
陰イオン界面活性剤	JIS 工場排水試験方法 JIS K0102 30.1.2 に準拠
非イオン界面活性剤	水道法水質基準に関する省令により、厚労大臣が定める方法（厚労省告示第261号44別表第28に定める方法）
総窒素	JIS 工場排水試験方法 JIS K0102 45.6 に準拠
各態窒素	JIS 工場排水試験方法 JIS K0102 42.6, 43.1.3, 43.2.6 に準拠

## 2.3 水質測定結果

各調査地点の水質測定結果は表2のとおり。

表2 水質測定結果 (単位 mg/L)

地点 項目	地点①	地点②	地点③	地点④
陰イオン界面活性剤	0.02	9.2	0.04	0.03
非イオン界面活性剤	0.02	2.2	0.03	0.02
窒素含有量	0.91	38	0.65	0.83
各態窒素	0.49	2.0	0.37	0.38

水質測定の結果、B事業場の排水（地点②）からは、すべての項目で、他の地点より高い値が検出され、事業場の排水が河川の泡立ちの原因であることが示唆された。

特に陰イオン界面活性剤の測定結果は、他の地点に比べて、200倍以上の濃度で検出されているため、事業場の排水に含まれる界面活性剤が河川の泡立ちの原因と考えられた。

## 3. 事業場立入調査

前章の調査結果を受け、保健福祉事務所はB事業所の立入調査を行った。B事業所は、鶏卵を洗浄し出荷している事業場であり、洗卵施設は水質汚濁防止法に基づく特定施設に該当しない。

B事業場では、1日当たり約13万個の鶏卵を洗浄しており、排水量は1日当たり約2.7m<sup>3</sup>である。卵の洗浄時に、消毒の目的で12%次亜塩素酸ナトリウム製品を1日当たり30kg使用しており、洗浄後の汚水はチオ硫酸ナトリウムで中和している。洗浄時に1日当たり20～30個の卵が割れ、汚水とともに流出するため、網籠で固形物を除去したのち河川へ排出している。

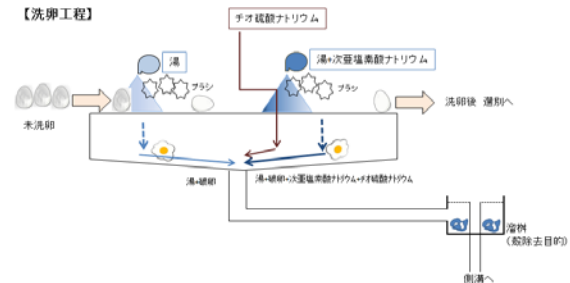


図2 洗卵工程

立入調査の結果、B事業場では、発泡を引き起こす界面活性剤を含む洗剤の使用は確認できなかった。事業場には、生物処理による污水处理施設がないため、割れた卵が排水とともに河川へ流出したために河川の泡立ちが発生したものと考えられた。

## 4. 原因究明調査 ②

事業場への立入調査の結果、河川の泡立ちの原因は界面活性剤ではなく、卵が排水とともに河川へ流出したためと考えられたことから、卵を用いて模擬排水を調製し、JIS K0102 30.1.2（エチルバイオレット吸光光度法）による陰イオン界面活性剤の測定に対する影響及び泡の持続性について試験を行った。

### 4.1 模擬排水（試験溶液）の調整

- ① 全卵1個を卵黄、卵白及び殻に分け、卵黄及び卵白はそれぞれビーカーに入れ、ガラス棒で均一になるようにかき混ぜた。殻は乳鉢で粉碎した。
- ② 卵黄及び卵白は、それぞれ10mlを分取し水90mlと混合し10倍希釈液とした。さらに水で希釈し100倍希釈液、1,000倍希釈液及び10,000倍希釈液を調製し、試験溶液とした。
- ③ 粉碎した殻は10倍量の水に懸濁させ10倍希釈液とし、さらに水で希釈し100倍希釈液及び1,000倍希釈液を調製し、試験溶液とした。

### 4.2 エチルバイオレット吸光光度法による測定

試験溶液をJIS K0102 30.1.2（エチルバイオレット吸光光度法）により測定しB事業場の排水の測定結果と比較した。

結果は表3のとおり。

**表3 測定結果**

試験溶液		陰イオン界面活性剤相当量
卵黄	100倍希釈液	高濃度のため測定不可
	1,000倍希釈液	2.9 mg/L
	10,000倍希釈液	0.33 mg/L
卵白	100倍希釈液	乳化し分離困難なため測定不可
	1,000倍希釈液	検出せず (0.02 mg/L未満)
	10,000倍希釈液	
殻	10倍希釈液	測定不可
	100倍希釈液	検出せず (0.02 mg/L未満)
B事業場排水		9.2 mg/L

### 4.3 泡の持続性試験

試験溶液を共栓付三角フラスコに入れ、15秒間振り混ぜた後、直後、1分後及び5分後の発泡状態について観察し、B事業場の排水の泡の持続性と比較した。

結果は表4のとおり。

**表4 泡の持続性試験結果**

		直後	1分後	5分後
卵黄希釈液 (10~10,000倍希釈液)		発泡	泡は持続	大きな泡は減少 微細な泡が残る
卵白	10~100倍希釈液	発泡	泡は持続	1分後に同じ
	1,000倍希釈液	発泡	大きな泡は消失 微細な泡が残る	
	10,000倍希釈液	発泡	泡は消失	
殻	10倍希釈液	発泡	泡は持続	大きな泡は消失 微細な泡が残る
	100~1,000倍希釈液	泡立ちなし		
B事業場排水		発泡	大きな泡は減少 微細な泡が残る	大きな泡は消失 微細な泡が残る

### 5. 考察

卵を用いた模擬排水の測定結果から、溶液中の卵黄は、エチルバイオレット吸光光度法による陰イオン界面活性剤の測定値に正の誤差を与えることがわかった。B事業場の排水の測定結果と比較すると、排水は卵黄の100~1,000倍希釈液に相当していた。

また、泡の持続性試験から、発泡作用は卵黄と卵白の

両方にみられるが、持続性について差が見られた。B事業場の排水の結果と比較すると、排水は卵白の1,000倍希釈液に相当していた。

B事業場は1日当たりの排水量が2.7m<sup>3</sup>であり、20~30個の卵が排水中に流出しているため、1個70gの卵30個が排水中に流出していたと仮定すると、排水は卵の約1,300倍希釈液に相当し、模擬試験の結果とおおむね一致した。

以上のことから、A町の河川の泡立ちの原因は、界面活性剤によるものではなく、B事業場の卵を含む排水によるものであることが推察された。

### 6. 問題点と今後の課題

河川の泡立ちという異常水質の事例で、界面活性剤の測定を行ったところ、事業場の排水から周辺河川水より高濃度で検出されたために、事業場の立入調査・指導を行ったが、実際には、界面活性剤は使用されておらず、排水中に混入した卵が原因であることがわかった。

検査結果を基に、保健福祉事務所が事業者に対して排水の改善を指導しており、事業者側は努力する姿勢を示しているとのことである。このように、分析機関の測定結果は、行政処分や指導の基となるため、精度の高い結果が求められる。

特に、今回の様な吸光光度法による測定は、他の成分により妨害されることがあるため、他の方法による測定でチェックする必要があること、また、泡立ちは卵黄中のレシチンが原因と推定されたことから、レシチンの測定を行うべきであったが、当所ではレシチンの測定ができないために、排水中のレシチンの確認は行っていない。原因究明調査の結果をより確実なものとするためには、他の分析機関に依頼するなどしてレシチンの測定を行うべきであったと感じた。

今回の事例から、原因調査においては測定値だけではなく、周辺環境や施設の稼働状況など現地調査とセットで幅広い視点で取り組んでいく必要性を感じた。

### 7. 参考文献

- 1) 西村和彦, 千田千代子: 川崎市の地下水及び公共用水域における界面活性剤の実態調査. 川崎市公害研究所年報, **33**, 51-56, 2006
- 2) 小島節子, 山守英明: 発泡苦情に対する分析事例. 名古屋市環境科学研究所報, **39**, 58-62, 2009



## ＜環境省ニュース＞

# 環境研究・環境技術開発の推進戦略について

環境省総合環境政策局総務課環境研究技術室

### 1. はじめに

中央環境審議会では、科学技術基本計画や環境基本計画等の策定状況等を踏まえた環境大臣からの諮問を受けて約5年おきに環境分野の研究・技術開発の方向性を「環境研究・環境技術開発の推進戦略について」として答申している。前回答申（平成22年）以降、放射性物質の汚染への対応など環境問題やそれに関連した政策動向、社会情勢などは大きく変化し、環境分野の研究・技術開発が果たすべき役割も変化してきた。

本戦略は、前回答申から5年が経過した現下の環境分野の政策動向や社会の状況等を踏まえつつ、長期（2050年頃）・中期（2025～2030年頃）の目指すべき社会像を想定した上で、環境分野において今後5年間で重点的に取り組むべき研究・技術開発の課題を設定するとともに、それらの研究・技術開発の効果的な実施に向けた推進方策を提示するものであり、平成26年11月18日に環境大臣より中央環境審議会に対して諮問し、平成27年8月20日に中央環境審議会より答申されたものである。

### 2. 環境を巡る政策動向や社会の現況

前回答申以降、国内外における環境政策の動向は大きく変化している。

環境行政全般については、平成24年4月に第四次環境基本計画が閣議決定された。この中では、2050年における温室効果ガス排出量を80%削減する方針を示すとともに、持続可能な社会を、人の健康や生態系に対するリスクが十分に低減され、「安全」が確保されることを前提として、「低炭素」・「循環」・「自然共生」の各分野が統合的に達成され、健全で恵み豊かな環境が地球規模から身近な地域にわたって保全される社会と定義し、それに向けた政策展開の方向性を示している。

地球温暖化の関連では、平成25年から26年にかけて気候変動に関する政府間パネルの第5次評価報告書が公表され、最新の科学的知見が取りまとめられた他、我が国においては、2020年以降の温室効果ガス削減に向けた約束草案が平成27年7月に決定され、2015年末のCOP21で京都議定書に代わる温室効果ガス削減のため新たな国際枠

組みであるパリ協定が採択された。

資源循環の関連では、平成23年3月の東日本大震災に伴って発生した災害廃棄物、津波堆積物の処理及び再生利用が進められてきた。また、平成25年5月に第三次循環型社会形成推進基本計画が閣議決定された。

自然共生の関連では、平成22年10月に生物多様性条約第10回締約国会議（COP10）及びバイオセーフティに関するカルタヘナ議定書第5回締約国会議（COP-MOP5）が開催され、「生物多様性戦略計画2011-2020（愛知目標）」及び「遺伝資源の取得の機会及びその利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分に関する名古屋議定書」、「責任と救済に関する名古屋・クアラルンプール補足議定書」が採択された。

安全確保の関連では、東日本大震災とそれに伴う東京電力福島第一原子力発電所の事故を受けて、放射性物質による環境の汚染からの回復や、放射性物質の一般環境中における動態解明等の取組が進められている。また、平成25年10月には先進国と途上国が協力して水銀の総合的な対策に取り組むこととする「水銀に関する水俣条約」が採択され、水循環については、平成27年7月に「水循環基本計画」が閣議決定されている。また、化学物質については、SAICM（国際的な化学物質管理のための戦略的アプローチ）国内実施計画が策定された。

また、平成23年3月の東日本大震災では、環境分野の研究者が、関連する分野の研究者と連携しながら、災害と環境に関する研究・技術開発に取り組んでいる。環境分野の研究・技術開発は、このように、時の政策課題に応じて新たな分野を対象を広げてきた経緯があり、今後も、持続可能な社会への転換を物心両面から進めるためにも、環境問題の解決を鍵とした社会への貢献を目指して、人文・社会科学領域との連携も視野に入れた研究の推進が求められるとしている。

国際的には、環境研究に関する新たな動きとして、平成25年にFuture Earthが発足し、その中では、国際機関、各国の中央及び地方政府、研究助成機関、産業界、市民社会、メディア等との協働、すなわち、研究計画の協働企画（Co-design）、研究成果の協働生産（Co-production）

及び協働提供(Co-delivery)が提唱されている。

これらの点を踏まえると、今後の環境分野の研究・技術開発は、環境問題の解決を鍵とした社会への貢献を見据えて、研究の企画、実施、成果の展開等の各フェーズにおいて、公共セクター、民間企業、一般国民など様々な主体と連携を図ることが求められる状況にあるとしている。

### 3. 環境分野の研究・技術開発の戦略的な推進に向けたポイント

#### 3.1 中長期的に目指すべき社会像について

本戦略では、環境分野の研究・技術開発に関する研究課題や展開すべき政策の検討に向けて、現下の政策課題のみに注目するのではなく、「低炭素・資源循環・自然共生政策の統合的アプローチによる社会の構築～環境・生命文明社会の創造～」(平成26年中央環境審議会意見具申)等を踏まえ、長期(2050年頃)及び中期(2025～2030年頃)で目指すべき社会像を整理した。

##### 3.1.1 長期的(2050年頃を想定)に目指すべき社会像

長期的に目指すべき社会像としては、中央環境審議会意見具申における「2. 22世紀に向けたビジョンである、人々が充実した暮らしを享受できる、将来にわたって続いていく真に持続可能な循環共生型の社会(環境・生命文明社会)の具体像」を参照しつつ、環境分野全般に関わる長期的な将来像について整理した。その上で、低炭素・資源循環・自然共生・安全確保の各領域に関連して長期的に直面しうる諸問題のうち、特に研究・技術開発の貢献が求められるものについて領域別に検討、整理し、長期的に目指すべき社会像の内容の具体化・充実を図っている。

##### 3.1.2 中期的(2025～2030年頃を想定)に目指すべき社会像

中期的に目指すべき社会像としては、中央環境審議会意見具申における「3. 基本戦略」を参照しつつ、環境分野全般に関わる中期的な将来像について整理した。その上で、低炭素・資源循環・自然共生・安全確保の各領域に関連した各種の閣議決定・国際的な目標等を参考に、中期的に直面しうる諸問題のうち、特に研究・技術開発の貢献が求められるものについて領域別に検討、整理し、中期的に目指すべき社会像の内容の具体化・充実を図っている。

### 3.2 環境分野の研究・技術開発における国の役割と施策展開の在り方

本戦略では、民間企業のみでの取組には限界のある環境分野の研究・技術開発の特性を確認し、それを踏まえた国の役割を示している。

#### 3.2.1 環境分野の研究・技術開発における国の役割

環境問題の解決や未然防止に資する研究・技術開発の成果は、公共的な便益をもたらすものであることは論を待たないが、企業収益に直結するとは限らない面もある。ただ、政策的な後押しや成果の国際的な普及・展開に官民挙げて取り組むことによって、豊かな環境の保全という公共的な便益だけでなく、企業に収益をもたらす可能性が広がる。このことから、環境分野の研究・技術開発は、国等の公共セクターが果たすべき役割が極めて大きいと考えられるため、引き続き国が主体的に取り組むべきであるとしている。

さらに、研究・技術開発成果の政策への反映や、技術の普及・展開によって社会に実装し、国内だけでなく、地球規模の環境問題の解決につなげるためには、国のみならず、民間企業、地方公共団体、一般国民等との連携が不可欠である。研究・技術開発の企画、実施、成果の展開等の段階において、成果の活用が見込まれる国内外の様々な主体と適切に連携を図るべきであるとしている。

#### 3.2.2 研究・技術開発の重点課題の設定とその解決に向けた施策展開の在り方

本戦略を、我が国全体の環境分野における研究・技術開発の大きな方向性を示すものとして位置づけ、特に、環境の保全を任務とする環境省においては本戦略の内容を率先して実施することを求めるとともに、環境省以外の関係府省、大学、地方公共団体、民間企業等の各主体においても、本戦略の内容を参考にして環境分野の研究・技術開発を推進することが望ましいとしている。

### 4. 今後5年間で重点的に取り組むべき環境分野の研究・技術開発

本戦略では、第四次環境基本計画、中央環境審議会意見具申における領域設定を参考に、個別領域については「低炭素」、「資源循環」、「自然共生」、「安全確保」という名称で設定した。また、「統合領域」を設定し、複数領域に関連する研究・技術開発のみならず、中央環境審議会意見具申で強調されている「低炭素・資源循環・自然共生政策の統合的アプローチ」の実施にも寄与する研究・技術開発の課題を設定した。

各領域において重点的に取り組むべき課題ごとに、研究・技術開発例を挙げることにした。しかしながら、各課題はこの例によってのみ解決されるわけではないこと、この例が広範な趣意を含んでいること等に留意する必要があり、研究者等が個々の研究テーマを設定する際には必要に即して、この例に捕らわれない柔軟性及びこの例からさらに専門化・細分化して考えること等が求められるとしている。

重点課題の具体的な内容については、表のとおりである。

表 重点課題の構成と研究・技術開発の例

領域	重点課題	研究・技術開発例
統合領域	重点課題①：持続可能な社会の実現に向けたビジョン・理念の提示	<ul style="list-style-type: none"> <li>○国際的な環境政策への知的貢献</li> <li>○環境教育・行動変容に関する研究</li> <li>○地域の環境問題解決に資する最適技術の開発</li> <li>○災害・事故に伴う環境問題への対応</li> </ul> <p style="text-align: right;">など</p>
	重点課題②：持続可能な社会の実現に向けた価値観・ライフスタイルの変革	
	重点課題③：環境問題の解決に資する新たな技術シーズの発掘・活用	
	重点課題④：災害・事故に伴う環境問題への対応に貢献する研究・技術開発	
低炭素領域	重点課題⑤：低炭素で気候変動に柔軟に対応する持続可能なシナリオづくり	<ul style="list-style-type: none"> <li>○低炭素化実現のための都市づくりの研究</li> <li>○省エネ・再エネ技術の高度化・低コスト化</li> <li>○観測・予測モデルに基づく適応技術の評価</li> <li>○炭素等の地球規模での循環の解明</li> </ul> <p style="text-align: right;">など</p>
	重点課題⑥：気候変動の緩和策に係る研究・技術開発	
	重点課題⑦：気候変動への適応策に係る研究・技術開発	
	重点課題⑧：地球温暖化現象の解明・予測・対策評価	
資源循環領域	重点課題⑨：3R を推進する技術・社会システムの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>○有用金属資源の再資源化技術の開発</li> <li>○アスベスト・水銀等の有害廃棄物の適正処理</li> <li>○廃棄物処理施設の予防保全・故障予測</li> <li>○地域熱供給など回収エネルギーの利用拡大に向けた社会システム整備</li> </ul> <p style="text-align: right;">など</p>
	重点課題⑩：廃棄物の適正処理と処理施設の長寿命化・機能向上に資する研究・技術開発	
	重点課題⑪：バイオマス等の廃棄物からのエネルギー回収を推進する技術・システムの構築	
自然共生領域	重点課題⑫：生物多様性の保全とそれに資する科学的知見の充実に向けた研究・技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>○生物多様性・遺伝資源に係る情報集積と活用</li> <li>○鳥獣の統合的な保護管理システムの開発</li> <li>○流域単位の生態系サービスの評価・解明と維持に向けた社会システム等の構築</li> <li>○防災等でのグリーンインフラの評価・活用</li> </ul> <p style="text-align: right;">など</p>
	重点課題⑬：森・里・川・海のつながりの保全・再生と生態系サービスの持続的な利用に向けた研究・技術開発	
安全確保領域	重点課題⑭：化学物質等の包括的なリスク評価・管理の推進に係る研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>○多種・新規化学物質の環境動態の把握・管理</li> <li>○水銀・POPs等の全球的な課題への対応</li> <li>○健全な水循環の確保に向けた研究</li> <li>○PM2.5等の大気汚染対策の評価・検証</li> </ul> <p style="text-align: right;">など</p>
	重点課題⑮：大気・水・土壌等の環境管理・改善のための対策技術の高度化及び評価・解明に関する研究	

## 5. 環境分野の研究・技術開発の効果的な推進方策

### 5.1 環境政策に貢献する研究開発の核となる環境研究総合推進費の改善

環境研究総合推進費（以下「推進費」という。）は、

様々な分野における研究者の総力を結集して学際的、国際的な観点から総合的に調査研究及び技術開発を推進し、持続可能な社会構築のため、環境の保全に資することを目的としており、我が国における唯一の、環境政策

への貢献・反映を目的とした行政ニーズ主導の研究資金制度である。今後、重点課題の解決、新たに直面する研究・技術開発の課題への対応を見据え、研究の成果・効果を更に一層高めるため、以下の改善を検討すべきとしている。

#### 5.1.1 領域融合的な課題設定と民間企業との連携

人文・社会科学を含む複数領域にまたがる領域融合的な研究課題や、従来、環境分野として捉えられてきたテーマを超えた政策課題の解決にも貢献するような研究課題の設定等を行うべきであり、特に、環境行政への貢献を目的とした、府省間を横断する研究や他府省の研究を取り入れる仕組みを充実すべきとしている。また、応用研究分野においては、学術研究と実用化研究とを融合させたコンソーシアム型の研究を推進するなど、質の高い研究成果の社会実装に向けた取組を求めている。

#### 5.1.2 運営主体の専門性及び効率性を向上させ研究成果の最大化を図るための運営体制の在り方の検討

これまで、推進費は環境政策への貢献に一定の成果を挙げてきたところであるが、更なる成果のため、次の二点について改善を進める必要があるとしている。

第一に、より専門性の高い運営体制の構築を目指し、研究・技術開発動向や行政の政策ニーズを踏まえた上で各研究者への助言や進捗管理を行うプログラムディレクター (PD) やプログラムオフィサー (PO) の体制を強化し、研究課題の採択段階から、研究成果の政策への反映や実用化に向けた道程を研究者に明確にさせるとともに、研究課題採択後においても、多様な研究・技術開発のテーマに対応した適切な進捗管理や政策検討状況等の情報提供が行えるような運営体制を構築することである。

第二に、研究成果を最大化するための運営体制の効率化を目指し、推進費の運営体制について、他府省の研究資金制度の運営状況も参考にし、手続きの簡素化や予算の弾力的な執行等による研究者にとっての利便性の向上や、審査・評価等の業務の効率化を図られるような体制を構築することである。

これらを受け、平成 28 年通常国会において独立行政法人環境再生保全機構法を改正し、推進費の配分業務等を環境再生保全機構に行わせることで、運営主体の専門性及び効率性を向上させ、研究成果の最大化を図っていくこととしている。

### 5.2 環境研究の中核機関としての国立環境研究所の役割

国立環境研究所は、我が国の環境科学の中核的研究機

関として、地球温暖化、循環型社会、環境リスク、自然共生など、幅広い研究課題を遂行している。

今後も、我が国の環境科学分野において牽引的役割を担い続けるとともに、環境政策の決定において有効な科学的知見を提示し、政策の具体化、実施の場面においても科学的側面からリーダーシップを発揮することが期待されている。このことを踏まえて、国立環境研究所においては、本戦略に掲げられた目指すべき社会像の実現に向け、環境科学の中核的研究機関としての新たな研究テーマの先導、地球温暖化・災害と環境等の社会的な要請の特に強い課題への対応、国立研究開発法人としての環境省との連携強化、研究・技術開発の充実に向けた大学・他の国立研究開発法人・地域の環境研究拠点との連携強化、さらには地球規模での課題への貢献に向けた国際的な連携の推進に取り組むべきとしている。

これらを踏まえ、平成 28 年度から平成 32 年度を目標期間とする第 4 期中長期目標・計画においては、重点的に取り組むべき課題への統合的な研究の推進、環境の保全に関する科学的知見の創出等の推進、国内外機関とのネットワーク・橋渡し拠点としてのハブ機能強化等を重点的に取り組む事項として掲げている。

### 5.3 地域の環境研究拠点の役割強化

地方大学や国立水俣病総合研究センター、地方公共団体環境研究機関（以下「地環研」という。）は、地域の実情を熟知し、地域に根ざした研究・技術開発の重要な担い手であり、地域の環境問題の解決において大きな役割を果たす主体である。国立環境研究所と地環研、及び地環研同士の連携によって、我が国全体に影響を及ぼす問題への対応においても大きな役割を果たすと言える。また、地域最適技術の社会実装という観点からは、地域内外の民間企業との連携も欠かせない。さらに、緊急時の有害物質モニタリングなど、国立環境研究所が核となり、地方公共団体の協力体制を構築しつつ、緊急な課題に取り組むことも必要であるとしている。

環境省においては、競争的資金制度の課題設定・審査等における工夫、国立環境研究所による地環研等との連携強化により取り組むとともに、国・地方公共団体において、研究・技術開発によって得られた知見を適切に政策に反映していくことが求められる。また、地環研においては、地域の環境問題の解決に向けたドライバーとしての役割を果たすとともに、その取組を糸口にして、広く地域の諸問題の解決に貢献するべく、民間企業や地方大学等とも連携し、従来の研究・技術開発にとどまらない取組を主体的に進めることが求められるとしている。

その他、研究・技術開発成果の社会実装の重要性を指摘し、その国際貢献の方向性を意識するなどの取組を行うべきであるとしている。また、研究・技術開発の基盤となる環境分野の様々な情報や、研究・技術開発の成果であり政策立案の重要な根拠となる知見を整備・蓄積して、知的財産のマネジメントに留意しつつ国内外に発信することが重要であることから、「オープンサイエンス」の取組を進めることが求められるとしている。さらに、

研究・技術開発の国民へのアウトリーチ活動については、環境問題や環境分野の研究・技術開発の意義等への理解を深め、研究・技術開発の成果を広く社会に還元していく貴重な機会であることから、引き続き充実を図るべきとしている。最後に、本戦略について、環境面、経済面、社会面での情勢の変化への機動的な対応や、適切なフォローアップの実施について検討を進めることが望まれるとしている。

## ＜支部だより＞

### 北海道・東北支部

平成27年度北海道・東北支部の活動状況について報告します。

(支部事務局:青森県環境保健センター)

#### 1. 平成27年度全国環境研協議会北海道・東北支部総会(担当機関:山形県環境科学研究センター)

- (1) 期日:平成27年6月11日(木)～12日(金)
- (2) 場所:山形国際ホテル(山形市)
- (3) 議事
  - ①平成26年度事業報告及び決算報告について
  - ②平成27年度事業計画(案)及び収支予算(案)について
  - ③役員の改選について
  - ④報告事項:平成27年度全国環境研協議会第1回理事会の概要
  - ⑤提案・情報交換事項について
- (4) 支部長表彰  
調査・研究等の業務の推進に長年功績のあった次の4名の方を表彰しました。
  - ・石川 靖 氏(北海道立総合研究機構環境・地質研究本部環境科学研究センター)
  - ・佐藤 卓 氏(岩手県環境保健研究センター)
  - ・鎌水 いずみ 氏(山形県環境科学研究センター)
  - ・大泉 毅 氏(新潟県環境保健環境科学研究所)

#### 2. 平成27年度環境測定分析統一精度管理ブロック会議(担当機関:岩手県環境保健研究センター)

- (1) 期日:平成27年7月15日(水)
- (2) 場所:ホテルニューカーリーナ(盛岡市)
- (3) 参加者:26名(環境省, 検討員, 日本環境衛生センター, 会員機関)
- (4) 議事
  - ①環境測定分析統一精度管理調査について(環境省)
  - ②平成26年度環境測定分析統一精度管理調査結果について(一般財団法人日本環境衛生センター)
  - ③環境測定分析における留意点及び精度管理について(環境測定分析検討会統一精度管理調査部会検討員)
  - ④ディスカッション

#### 3. 第41回全国環境研協議会北海道・東北支部研究連絡会議(担当機関:秋田県健康環境センター)

- (1) 期日:平成27年10月14日(水)～15日(木)
- (2) 場所:秋田県総合保健センター(秋田市)
- (3) 参加者:11機関22名
- (4) 内容
  - ①共通課題討論会
  - ②一般研究発表会

#### 4. 平成27年度全国環境研協議会北海道・東北支部研修・活動事業「精度管理講習会」(担当機関:青森県環境保健センター)

- (1) 期日:平成27年10月15日(木)
- (2) 場所:秋田県総合保健センター(秋田市)
- (3) 参加者:10機関19名
- (4) 講演  
「環境測定分析における統計処理の基礎及び精度管理」  
桜美林大学 教授 片谷教孝

#### 5. 平成27年度全国環境研協議会北海道・東北支部酸性雨広域大気汚染調査研究専門部会(担当機関:福島県環境創造センター)

- (1) 期日:平成28年2月17日(水)
- (2) 場所:郡山市市民交流プラザ(郡山市)
- (3) 参加者:10機関17名
- (4) 議事
  - ①全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会の活動について
  - ②平成28年度部会活動について
  - ③酸性雨に関する提案・情報交換について
  - ④平成28年度の研修活動費について

#### 6. 酸性雨広域大気汚染調査研究専門部会研修会(担当機関:岩手県環境保健研究センター)

- (1) 期日:平成28年2月17日(水)
- (2) 場所:郡山市市民交流プラザ(郡山市)
- (3) 参加者:10機関17名
- (4) 講演  
「東アジアにおける酸性雨研究について」  
公立大学法人福島県立医科大学 准教授 反町篤行

## 「全国環境研会誌」投稿規定

- 1 本誌は、全国環境研協議会の会員である環境研究機関の連絡を密にし、会員相互の研究成果の発表と交流、業務の情報交換等を図り、もって地域住民の健康の保護と生活環境の保全に寄与することを目的として、発行するものである。  
したがって、その内容は、論説、総説、報文、資料、速報、ニュース、トピック等幅の広いものとする。
- 2 本誌への執筆者は、原則として本協議会会員機関の職員とする。
- 3 編集は、全国環境研会誌編集委員会で行う。編集委員会は事情により、執筆者に改稿を求め、また内容のいかんによっては原稿を受理しないことがある。
- 4 調査研究結果をとりまとめた論文(報文、資料、速報)は原則として、他誌に未発表のものとする。
- 5 報文および資料原稿は、次の要領および別に定める様式に従ってMicrosoft Word (バージョン2010以降)を用いて作成するものとする。
  - ① 本文の文字数は1ページあたり、25文字×46行×2段組みとし、6ページ以内を原則とする。  
ファイルのサイズは2MB以下になるよう、図や表を貼り付ける際にはファイルサイズを縮小する等工夫し、貼り付ける。
  - ② 本文中の文字の書式は明朝文字(9.5pt, 行間15pt, 左揃え)を使用し、章節項については、ゴシック文字(10.5pt, 行間12pt, 段落前6.4pt, 段落後0行)を使用する。本文と次の章の間は1行(15pt)空ける。  
なお、編集委員会への提出は、電子メールまたは光ディスク(CDまたはDVDに限る)によって送付する。また、以下のものを別途ワード形式またはテキスト形式とし、あわせて提出する。
    - ア. 和文題名, 著者名, 所属機関名
    - イ. 英文題名, 著者名, 所属機関名
    - ウ. キーワード(5ワード程度, 英文の場合は英文キーワードとする)
  - ③ 文体は、ひらがな、漢字による口語体とし、現代かな遣いを用いる。
  - ④ 漢字は常用漢字とする。ただし、固有名詞や学会で広く用いられている慣用の術語はこの限りでない。
  - ⑤ 句読点は、カンマ(,)、句点(。)とし、中点(・)との区別を明確にし、全角を用いる。また、  
行のはじめに配置させない。
- ⑥ 英字は半角を用いる。
- ⑦ 数字はアラビア数字を用い、半角とする。
- ⑧ 小数は0.123,  $1.23 \times 10^6$  のように書き、 $\cdot 123$ ,  $1.23 \cdot 10^6$  などは用いない。
- ⑨ 単位は原則としてSI単位系に従って表記する。ただし容量単位はリットル(L)あるいは立方メートル( $m^3$ )を用いることを原則とする。
- ⑩ 単位および数値は2行にまたがらないこと。
- ⑪ 化学式は $C_6H_5OH$ のように表し、 $C6H50H$ としない。
- ⑫ 数式は原則として $\frac{a}{b}$ ,  $\frac{a+b}{c+d}$ ,  $e^{-\frac{E}{KT}}$  と記載するが、文中に出てくるものは、 $a/b$ ,  $(a+b)/(c+d)$ ,  $\exp(-E/KT)$  のように記載する。
- ⑬ 文中の区分けは、ポイント・システムによる記号を用いて、大見出し、中見出し、小見出しなどを明記する。  
〔例〕 1., 2., 3., 1.1, 1.2, 1.1.1, 1.1.2
- ⑭ 図および表は、図の下部に図番号および図題を記載し、表の上部に表番号および表題を記載する。必要に応じてファイルサイズを縮小して、貼り付ける。また、図表および文字・数字は明瞭に記載し、線の太さや字の大きさに留意する。
- ⑮ 図および表の番号と説明は、要旨が英文の場合、原則として説明も英文とし、図表番号および本文中の参照はFig. 1, Table 1のようにする。また、要旨が和文の場合には、図表番号および本文中の参照は図1, 表1のようにする。なお、写真も図として取扱い、番号は図の通し番号に従う。
- ⑯ 引用文献は、下記の凡例に準じ、論文の場合は著者名、論文名、雑誌名、巻、(号)、ページ、発行年の順に、単行本の場合は、著者、書名、引用ページ、発行所、発行所の所在地、発行年の順に記入する。編集者がいる場合には著者名、論文名、編集者名、書名、引用ページ、発行所、発行所の所在地、発行年の順に記入する。ウェブページの場合は、発信者名、題名、ウェブアドレス(最終アクセス日)の順に記入する。  
著者が複数の場合は、間にカンマ(,)を入れる。

## ＜投稿規定＞

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

発行年号は西暦を用い，「年」の字は入れない。

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

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

〔例〕

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

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

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

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

9 投稿原稿の著作権に関する事項については，以下のとおりとする。

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

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

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

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

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

（付則）

この規定は，平成20年7月8日から施行する。

（平成21年5月1日部分改訂）

（平成24年12月21日部分改訂）

（平成26年5月20日部分改訂）

（平成27年11月27日部分改訂）

（平成28年5月26日部分改訂）



## 編集後記

新年度が始まり、人事異動やそれに伴う事務引き継ぎなど、慌ただしい日々を過ごされていることと思います。

本所は、所長、各部長すべてが異動し、本誌編集委員会も新メンバーで担当することになりました。引き続き、皆様のご協力をお願いします。

早いもので、今年度も2カ月余りが経ち、いろいろなことがありました。

熊本県熊本地方においては、4月14日、16日に最大震度7が2回も観測される地震が発生し、地震そのものによる建物等倒壊被害の他、土砂災害による被害が発生しました。

熊本地震により亡くなられた多数の方々に謹んでお悔やみを申し上げますとともに、被害を受けられた皆様及び今なお避難生活を強いられている皆様に心からお見舞いを申し上げます。

また、被災地の一日も早い復旧・復興を心よりお祈り申し上げます。

私ども広島市では、4月にG7外務大臣会合が開催され、5月にはオバマ米国大統領が訪れるという、歴史的な出来事がありました。

本市では、核保有国の為政者をはじめ、より多くの人々に広島に来てもらい、平和への思いを共有してもらうための取組を推進しています。

皆様も、是非、一度は広島に来ていただいて、核兵器の非人道性を訴え、核兵器廃絶と世界恒久平和の実現を訴える「ヒロシマの思い」を体感していただければ幸いです。



「戦争は、最大の環境破壊である。」といわれています。特に、核兵器の使用による影響は計り知れません。核兵器がない、平和な世界が一日も早く来ることを願っていきましょう。

最後になりましたが、巻頭言を執筆していただいた富山県環境科学センター所長の浦田様、特集の「各学会併設全環研集会・研究発表会」を担当していただいた秋田県健康環境センター様、報文4編を投稿していただいた皆様、「環境省ニュース」を執筆していただいた環境省環境研究技術室様、「支部だより」を執筆していただいた青森県環境保健センター様、年度当初のお忙しいところご協力ありがとうございました。

全国環境研協議会会員の機関の皆様においては、今後とも積極的な投稿をお願いするとともに、機関ホームページに本誌のサイトをリンクするなど、会誌を積極的に活用していただくようお願いします。

(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.41 No.2(通巻139号)  
Journal of Environmental Laboratories Association  
2016年6月24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