

## 7.2 自主研究概要

- (1) 温暖化および大気環境変化が埼玉県に及ぼす影響予測 …………… 増富祐司、三輪誠、米倉哲志、嶋田知英、金澤光、竹内庸夫、門野博史
- (2) 自然環境データベースのGISによる構築・運用 ―自然環境変遷の把握とその影響― …… 嶋田知英、三輪誠、増富祐司
- (3) 工場内で利用可能なVOC局所対策手法の開発…………… 米持真一、梅沢夏実、佐坂公規、立川和宏、信太省吾、名古屋俊士、吉野正洋、曾根倫成、土屋徳子
- (4) 微小有機成分粒子の一次排出および二次生成の寄与割合推定に関する基礎的研究…………… 長谷川就一、米持真一、梅沢夏実、松本利恵、佐坂公規
- (5) 微小エアロゾルの通年観測試料を活用した各種大気イベントの解析…………… 米持真一、梅沢夏実、長谷川就一、松本利恵
- (6) 埼玉県における回遊魚の遡上および陸封に関する実態把握…………… 金澤光、三輪誠、王効拳、米倉哲志
- (7) 光化学オキシダントによる植物被害の軽減手法に関する検討…………… 三輪誠、王効拳、米倉哲志、金澤光
- (8) 降水によって水環境に移行する燃焼由来ダイオキシン類に関する研究…………… 養毛康太郎、大塚宜寿、野尻喜好、松本利恵
- (9) 県内の河川におけるネオニコチノイド系殺虫剤の汚染実態の把握…………… 大塚宜寿、茂木守、野尻喜好、養毛康太郎、堀井勇一
- (10) 環状シロキサンの分析法開発と環境汚染実態解明…………… 堀井勇一、茂木守、大塚宜寿、養毛康太郎、野尻喜好
- (11) 水環境における大型二枚貝の多元的活用に関する基礎的研究 ―二枚貝の安定供給化の検討― …………… 田中仁志、木持謙、田中大祐、高橋透陽、西尾正輝、伊藤一雄、藤林恵、中村省吾、西村修
- (12) 県内河川における内部生産現象の実態解明と水質汚濁影響評価…………… 高橋基之、池田和弘、柿本貴志、見島伊織、渡邊圭司
- (13) 下水処理プロセスにおけるN<sub>2</sub>O生成ポテンシャルの評価…………… 見島伊織
- (14) 微動探査法における深度方向指向性に関する研究 …………… 白石英孝
- (15) 埼玉県における地下水質特性の総合評価とその応用に関する研究…………… 八戸昭一、石山高、濱元栄起、白石英孝
- (16) 海成堆積物の風化メカニズムと土壤汚染リスク管理に向けた検討…石山高、八戸昭一、濱元栄起、白石英孝、細野繁雄
- (17) 土壌中における有害重金属の存在形態と植物への移行状況の解析…………… 石山高、八戸昭一、濱元栄起、白石英孝、細野繁雄
- (18) 地中熱利用システムのための地下熱環境評価手法と熱応答試験装置の開発…………… 濱元栄起、八戸昭一、白石英孝、石山高、佐竹健太

[自主研究]

## 温暖化および大気環境変化が埼玉県の植物に及ぼす影響予測

増富祐司 三輪誠 米倉哲志 嶋田知英 金澤光 竹内庸夫 門野博史\*

### 1 目的

地球温暖化が農作物に及ぼす影響についてはこれまで数多くの研究がなされ、甚大な被害をもたらすことがわかっている。しかしながら、これらの研究では作物収量への影響を評価したものがほとんどであり、品質への影響を評価した研究はほとんどない。実際には、日本では九州を中心に高温の影響により品質の低下が報告されており、また埼玉県でも2010年の夏の高温により、多くの白未熟粒が発生した。一方、高温による収量の低下が報告された例はこれまでのところ非常に少なく、その影響も小さい。このように近未来への影響を考えた場合、地球温暖化は収量よりも品質に与える影響のほうが懸念される。そこで最終年度である本年度は、地球温暖化が水稻の品質、特に近年問題になっている白未熟粒の発生率に及ぼす影響の評価を試みた。

### 2 方法

温暖化が水稻の白未熟粒発生率に及ぼす影響は、本研究で開発した「白未熟粒発生率推計モデル」に、現在の気温および現在の気温から1~4度まで1度ずつ上昇させた気温を入力し、気温が上昇するにつれて白未熟粒発生率がどのように変化するかを評価することにより行った。本研究で開発した「白未熟粒発生率推計モデル」は、2つの計算モジュールから構成される。それらは、「出穂日計算モジュール」と「白未熟粒発生率計算モジュール」である。「出穂日計算モジュール」は対象地の緯度・日平均気温・移植日を入力とし、出穂日を計算する。一方、「出穂日計算モジュール」は、日平均気温と「出穂日計算モジュール」の出力である出穂日を入力とし、白未熟粒の発生率を計算する。「出穂日計算モジュール」は、Horie *et al.* (1995)をベースに埼玉県水田農業研究所(以後、水田研)から頂いた移植日・出穂日のデータによりパラメータフィッティングを行い構築した。「白未熟粒発生率計算モジュール」は水田研での圃場実験より得られた計算式を用いた。モデル全体の入力は、対象地の緯度・日平均気温・移植日であり、出力は白未熟粒発生率である。本研究では、埼玉県で育種され、コシヒカリにつぐ作付面積を持つ「彩のかがやき」を対象品種とし、対象地を水田研(北緯36.17度)とした。日平均気温は熊谷気象官署の2000年から2012年のデータを利用し、それぞれの年について、0度か

ら4度まで気温を上昇させたデータを作成し、これをモデルに入力した。また移植日は1月1日から数えて140日目とした。これは「彩のかがやき」の平均的な移植日である。

### 3 結果

図に2000-2012年の各年の白未熟粒発生率を気温上昇別に示す。この図より、年々の変動はあるものの、気温が上昇するにつれ、白未熟粒の発生率がかなり高まることが分かった。因みに現在の気温でも白未熟粒発生率が高い2010年は、実際に白未熟粒が多く発生した年である。2000-2012年までの13年間の白未熟粒発生率を、気温上昇別に平均すると、それらは18.2% (+0度)、32.9% (+1度)、50.2% (+2度)、68.5% (+3度)、85.9% (+4度)であった。このように2度気温が上昇すると約半分、4度上昇すると8割以上の白未熟粒が発生することがわかった。また平均すると白未熟粒の発生率は1度上昇すると16.9%増加することがわかった。以上の結果より、温暖化は水稻の品質(白未熟粒発生率)に甚大な影響を及ぼすことがわかった。

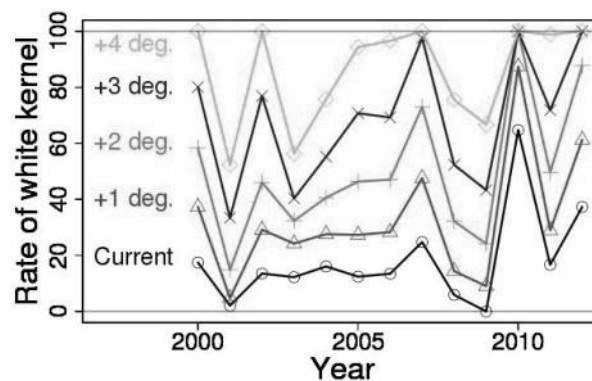


図 気温上昇時の白未熟粒発生率[%]

### 4 今後の研究方向

白未熟粒の発生を抑える一つの適応策としては、移植日を移動させる(遅らせる)方法が考えられる。しかしながら、移植日の移動は収量の変化を伴うため、一概に移植日を移動させればよいとは言えない。したがって品質と収量を同時の考慮し、最適な移植日を推計する必要がある。今後はこれを推計できるツールを開発していきたい。

[自主研究]

# 自然環境データベースのGISによる構築・運用

## — 自然環境変遷の把握とその影響 —

嶋田知英 三輪誠 増富祐司

### 1 目的

近年、地理情報システム(GIS)の機能は急速に進歩するとともに、比較的低いコストで利用できる環境も整いつつある。環境分野におけるGISの利用は、河川流域の負荷推計や野生生物の広域的な生息環境の評価、森林土壌の二酸化炭素貯留量の推定など幅広い場面で利用されている。また、GISを利用することにより、環境情報を分かりやすく可視化した地図として提供できるため、市民の環境問題に関する理解を助け、環境保全活動を支援する機能も有している。

当センターでは自然環境分野を中心にGISデータの収集・作成に取り組んできたが、近年、自然環境分野だけではなく、様々な環境研究の基盤としてGISデータベースの重要性は増している。そこで、本研究ではGISデータベースの一層の充実を図るとともに、市民による環境保全活動を支援するための情報提供を行う。また、整備したGISデータベースの活用事例として、同一箇所を対象とした多時期データを利用し、埼玉県の土地利用や自然環境の変遷などの把握・解析を行う。

### 2 環境地図情報提供WEBサイトの構築と公開

環境科学国際センターでは、埼玉県温暖化対策課と共同で、「地理環境情報システム整備事業」としてWEB GISサーバ(ArcGIS Server2003)を導入し、2008年10月より「e〜コバトン環境マップ」として、県自然環境保全地域、環境影響評価箇所、河川流域界、鳥獣保護区など64種の地図情報の一般公開を行っている(図1)。また、2009年度からは、当センター土地地下水・地盤担当が整備・運用している「埼玉県地質

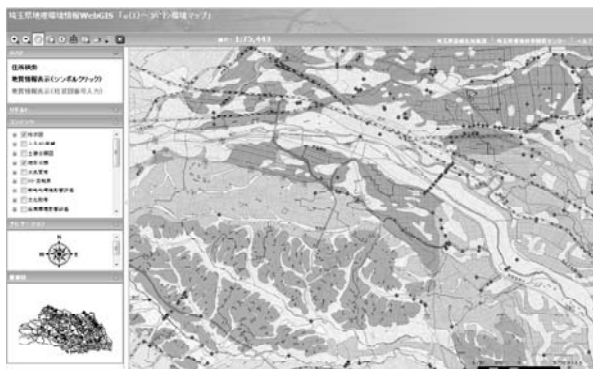


図1 WEB公開を行っている「e〜コバトン環境マップ」

地盤インフォメーションシステム」のボーリング柱状図データの公開も開始した。サーバーへのアクセスログを解析したところ、年々アクセス数は増加し、2008年10月から2013年3月末までの来訪者数は約27万を超えページビューは約541万となった。

しかし、「e〜コバトン環境マップ」で提供している情報は、地図データとその属性に関する情報のみであり、公開している地図データの解釈方法や、地図を見ることで分かる埼玉県の環境変遷などに関する解説は行っていない。そこで、本研究では、現在運用しているWEB GISとは別に、埼玉県の環境に関連する様々な情報を地図として可視化し、解説を加えて示すWEBサイト(サイト名:地図で見る埼玉の環境 Atlas Eco Saitama)を構築・公開した(図2)。なお、当WEBサイトでは、埼玉に関する基図(行政界、河川図、標高図、社会基盤図など)や自然環境に関する基礎的な地図(自然保護区、鳥獣保護区など)に加え、本研究で行った、多時期データによる自然環境変遷の把握結果についても解説を加え掲載した。

### 3 今後の方向

公開を開始したWEBサイトコンテンツの充実を図る。



図2 環境地図情報提供WEサイト (地図で見る埼玉の環境 Atlas Eco Saitama)

[自主研究]

## 工場内で利用可能なVOC局所対策手法の開発

米持真一 梅沢夏実 佐坂公規 立川和宏\* 信太省吾\* 名古屋俊士\*  
吉野正洋\*\* 曾根倫成\*\* 土屋徳子\*\*

### 1 目的

埼玉県は全国でも光化学大気汚染が特に深刻な地域である。現在、国や県で揮発性有機化合物(VOC)排出対策が進められているが、排出抑制には、法による排出規制のほか、規制対象外の中小施設では自主的取組による排出抑制が求められる。近年では、印刷工場などで有機塩素系溶剤による人体への深刻な影響も報告されるなど、作業環境面でも現場におけるVOC排出抑制は重要性が高まっている。

我々は、県大気環境課の事業である中小企業の自主的取組支援を目的としたVOC排出抑制サポート事業の一環で、中小企業の印刷、塗装現場でVOC測定を行ってきた。その中で、作業の工夫と安価な処理装置でVOCの濃度低減が可能な部位があることが分かってきた。この一つに使用済みウエス入れがある。これは、蓋の有無など様々な構造のものがあるが、内部のVOCは数百ppmCを超える高い濃度となっており、蓋の開け閉めやウエス投入時にVOCが外に漏洩する。

昨年度は、使用済みウエス投入時に、外部にVOCを漏洩しない構造を検討したが、今年度は酸化チタン光触媒を利用したウエス入れ内部のVOC低減について検討を行った。

### 2 方法

酸化チタンを利用したVOC分解処理を行うためには、VOCと接触面積を大きくする必要がある。少ない容積で大きな表面積を得るため、我々は、これまで磁場と複合めっき法を利用した立体格子状構造を有する担体を開発した。この表面に酸化チタンを担持した材料を円筒状に加工し、VOC処理カラムとして、図2に示す分解装置を作製した。分解対象ガスは溶剤として多用されているトルエンおよび塩素系溶剤であるジクロロメタンとし、実験用ウエス入れ(寸法 40×40×

100cm、図2参照)底部よりVOCを吸引して、上部に戻した。また、吸引流量は1L/minとした。なお、VOCの測定はGC/FIDで行い、分解時間は最大8時間とした。

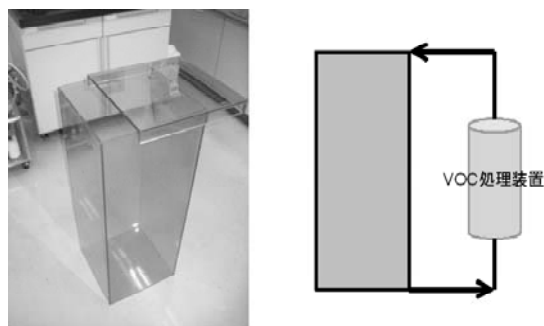


図2 実験用ウエス入れ(左)と分解処理方法(右)

### 3 結果

トルエンおよびジクロロメタンを用いた際の、初期濃度に対する分解率の推移を図3に示す。トルエンの初期濃度は300ppm(2100ppmC)、ジクロロメタンは230ppm(230ppmC)である。8時間後の分解率はトルエンが93%、ジクロロメタンが83%となった。なお、トルエンと比べてジクロロメタンでは、容器の上部と底部とで濃度差が大きく、比重の差が濃度分布に顕著に表れていた。

これまで、短時間の分解処理では、本手法は十分な分解性能を発揮できなかったが、例えば、現場作業終了後に分解処理を開始し、翌朝まで放置するなどの方法をとれば、内部のVOC濃度を十分に低減できることが示された。

なお、本研究成果の一部は、既に特許出願を行っている(特願2013-085290)。

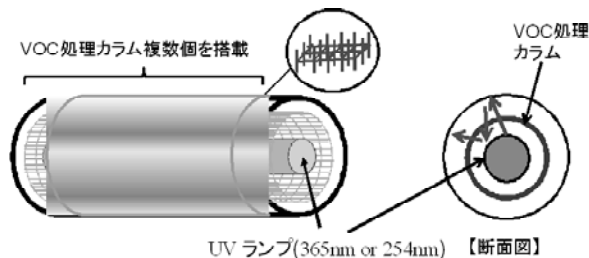


図1 独自に開発したVOC処理カラムと分解装置  
(実験では365nmの紫外線を照射)

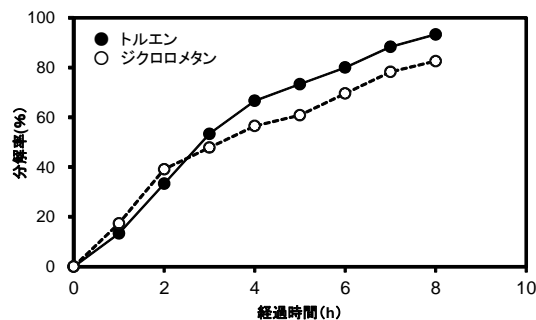


図3 VOC分解処理性能の評価

[自主研究]

# 微小有機成分粒子の一次排出および二次生成の寄与割合推定に関する基礎的研究

長谷川就一 米持真一 梅沢夏実 松本利恵 佐坂公規

## 1 背景と目的

微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)の濃度は年々低下してきているものの、現状では環境基準を達成できていない。PM<sub>2.5</sub>を構成する主な成分のうち、元素状炭素(EC)は燃焼起源だが、有機炭素(OC)は発生源が多種多様であり、野焼き等のバイオマス燃焼起源に関する動態解明や寄与の把握、また、二次生成の寄与の把握が遅れている。そこで、本研究では、バイオマス燃焼起源及び二次生成の指標となるレボグルコサン及び水溶性有機炭素(WSOC)を測定し、微小有機成分粒子の発生源を適切に推定するための手法検討やデータ収集などの基礎的な研究を行う。

## 2 方法と結果

秋季(2011年10~12月)と夏季(2012年7~9月)に、騎西において日単位でサンプリングを行い、熱分離・光学補正法(IMPROVEプロトコル)によって、ECとOC、および抽出水を含浸・乾燥させた試料によりWSOCを分析した。図に期間平均の濃度を示す。この期間にPM<sub>2.5</sub>が短期基準(日平均35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )を超過した日数は秋季に9日あった(夏季は0日)。PM<sub>2.5</sub>濃度(期間平均)は、秋季19.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、夏季11.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と秋季の方が高かった。ECとOCはいずれも秋季の方が2倍近く高く、秋季と夏季のPM<sub>2.5</sub>濃度差の半分程度はECとOCによるものだった。ECをバイオマス燃焼の寄与が大きいとされるchar-ECと化石燃料燃焼の寄与が大きいとされるsoot-ECに分けて見ると、soot-ECは秋季と夏季とで同程度だが、char-ECは夏季よりも秋季の方が4倍程度高かった。このため、秋季はバイオマス燃焼の寄与増大によってPM<sub>2.5</sub>の濃度が高くなることが示唆された。

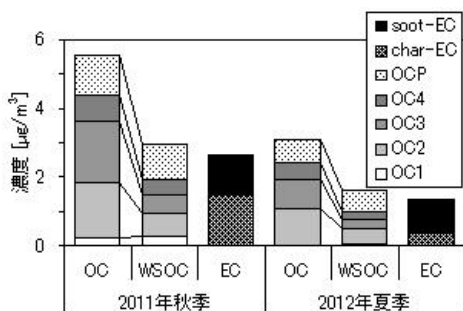


図 各期間のEC、OC、WSOCの平均濃度

一方、WSOCも夏季より秋季の方が2倍近く高かったが、WSOC/OC比は同程度(約5割)だった。OCとWSOCはいずれも、揮発温度を4つに分け(OC1~OC4)、さらに熱分解による炭化分(OCP)も求めている。これらのフラクション別にOCとWSOCを比較すると、OCPの8割以上、OC4(550℃)の4割(夏季)から5割(秋季)程度、OC2(250℃)とOC3(450℃)の3~4割をWSOCで占めており、夏季と秋季とで特徴は大きく異ならなかった。しかし、WSOC濃度は夏季より秋季の方が明らかに高いことから、WSOCがバイオマス燃焼から発生している可能性が考えられる。

PM<sub>2.5</sub>が特に高濃度となった11月3日および5~6日(日平均値50~70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )について考察すると、このときは弱風で大気が安定または中立であった。また、char-ECが3~5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (秋季の期間平均の2~3倍)、OCが9~19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と非常に高く、WSOCも高かった。K<sup>+</sup>なども高かったことから、大気が滞留しやすい気象的要因に加え、バイオマス燃焼の寄与が大きかったと推測される。

一方、農作物残渣(大麦・小麦・稲のわら)の焼却実験によるPM<sub>2.5</sub>試料を採取し、ECとOCを分析したところ、OCの方が数倍から数十倍高かった。char-ECは、大麦わら・稲わらでECの8割以上を占めていたが、小麦わらでは検出されず、soot-ECのみで構成されていた。このように、char-ECは種類によって異なっていた。一方、OCフラクション割合は種類に関わらずほぼ一定しており、揮発温度が低いOC1とOC2で約7割を占めていた。

また、レボグルコサンの前処理条件を検討した。抽出溶媒について、アセトンでジクロロメタン/ヘキサン混合と同等の抽出効率を得られたことから、溶媒の有害性の面からアセトンを選択することにした。また、内標準添加による測定値の再現性に及ぼす詳細な手順などの影響を検討し、最適化を進めた。

## 3 今後の予定や課題

騎西等における大気試料および発生源試料のレボグルコサン・WSOCの分析を進め、季節変動、地域分布を把握する。これらを基に発生源寄与率計算の準備・試行を行う。

[自主研究]

# 微小エアロゾルの通年観測試料を活用した各種大気イベントの解析

米持真一 梅沢夏実 長谷川就一 松本利恵

## 1 目的

微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)は、2009年に環境基準値が告示され、現在、常時監視体制の整備が進められている。当センターでは、2009年4月より、標準測定法によるPM<sub>2.5</sub>の日単位測定を開始し、現在も継続しているが、日単位のPM<sub>2.5</sub>試料を通年で得ている事例は非常に少ない。この間に2010年夏季の猛暑、2011年3月の東日本大震災や夏季の大規模節電など、社会の激変が生じた。更に、2013年冬季は、中国で深刻な大気汚染の発生を受け、越境大気汚染に大きな関心が集まった。

これまでの週単位のPM<sub>2.5</sub>試料で長期トレンドを把握するとともに、日単位の試料は、各種大気イベントの解析に直接的または間接的な形で活用されてきた。また、2005年から実施しているサブミクロン粒子(PM<sub>1</sub>)の通年測定は、国内でも例の無いPM<sub>1</sub>に関する基本的な特徴を明らかにしてきた。

一方、これら微小粒子の低減には、発生源対策が不可欠である。微量金属元素は、質量濃度への寄与は僅かであるが、発生源に関する情報が多く含まれている。

本研究では、微小粒子の通年測定を継続しつつ、試料を活用して、各種大気イベントおよび各種対策や節電等の社会変化を微小粒子の観点から、評価する。

## 2 方法

環境科学国際センター(加須)の敷地内に2台のPM<sub>2.5</sub>採取装置(FRM2025)およびPM<sub>1</sub>採取装置を配置し、粒子試料の捕集を行った。

週単位で採取したPM<sub>2.5</sub>、PM<sub>1</sub>は石英ろ紙を用い、相対湿度50%で、日単位で採取したPM<sub>2.5</sub>はPTFEろ紙を用い、標準測定法に準じて相対湿度35%で秤量を行った後、全ての試料について水溶性イオンを測定した。また、必要に応じて、金属元素成分を分析した。

## 3 結果

### 3.1 2012年度のPM<sub>2.5</sub>の状況

2012年度は、年間得た346試料を得た。年平均値は13.4 μg/m<sup>3</sup>、98%値は37 μg/m<sup>3</sup>であり、PM<sub>2.5</sub>の環境基準値と比較すると、年平均値は基準達成、98%値は僅かに非達成であった。日単位を行ってきた過去3年間の編平均値は、2009年度

は19.0 μg/m<sup>3</sup>(328日)、2010年度は16.8 μg/m<sup>3</sup>(360日)、2011年度は16.3 μg/m<sup>3</sup>(301日)であり、2012年度にやや濃度低下が見られた。

98%値についても、2009年度に49 μg/m<sup>3</sup>であったが、2012年度は10 μg/m<sup>3</sup>以上の低下が見られ、国内対策や景気低迷の影響によって、PM<sub>2.5</sub>の濃度レベルが低下してきたことが分かる。35 μg/m<sup>3</sup>以上の高濃度出現は11月～3月に7日、4月～5月で3日であり、従来通り、秋季から冬季にかけて高濃度の出現頻度が多く、PM<sub>2.5</sub>の環境基準の安定的達成には、この季節の濃度低減が不可欠である。

### 3.2 越境大気汚染の影響

2013年1月に中国の広範囲で発生した深刻な大気汚染は世界的に報道されたことを受け、国内においても越境大気汚染への懸念が高まった。

本研究で得られた日単位のPM<sub>2.5</sub>試料の水溶性イオン成分分析を行い、石炭中に多く含有されている硫黄から生成する、硫酸エアロゾル(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>として分析)の濃度推移を図1に示す。比較として2011年、2012年の1月～3月のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>も示した。越境大気汚染の日本への飛来により社会的に大きく報道された2月初旬のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>にはやや濃度増加が見られるものの、例年と比べて大きな濃度上昇は見られず、本地域への越境大気汚染の影響は少なかったものと推察された。

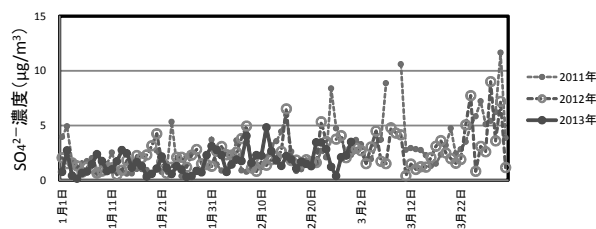


図1 冬季のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の推移

### 4 今後の研究方向

中国における大気汚染は今後も同時期に深刻化すると考える。本研究の試料を活用して、関東地域への影響を詳しく調べるとともに、他の汚染イベントについても、様々な形で解析をしていく。

[自主研究]

## 埼玉県における回遊魚の遡上および陸封に関する実態把握

金澤光 三輪誠 王効拳 米倉哲志

### 1 目的

東京湾から荒川に遡上した天然アユの全盛期は1955年頃までで、荒川水系の入間川、越辺川、高麗川、都幾川、槻川や新河岸川流域、荒川本川では秩父市(旧大滝村)まで遡上していた。その後は、高度経済成長期の水質汚濁の影響で、遡上数は大幅に減った。小鹿野町の赤平川支流小森川では1955年以前にアユ漁が行われていた。1909年には嵐山町(旧菅谷村)で50貫(187.5kg:1尾の大きさ15cm、体重30gとして換算すると約6000尾)の採捕記録が残る。荒川では1961年に二瀬ダム(1952年着手)、1964年に玉淀ダム(1962年着工)、同秋ヶ瀬取水堰が設置されている。

1975年頃には、東京湾から再び天然アユの遡上が見られるようになり、近年は、東京湾を含む下流域の水質改善により2008年には荒川へ約100万尾の稚アユが遡上して、また、2010年には隣接する多摩川へ約200万尾の稚アユが遡上している。さらに、1960年代に消失したクルマサヨリが荒川河口で確認されるようになり、本県でも遡上が確認されている。

そこで、本研究では、このように回遊魚等の遡上が多く見られることから遡上する生物種(魚類・円口類・甲殻類)や時期等の生態特性の実態を把握するものである。

### 2 方法

遡上生物のうち魚類は両側回遊魚(ハゼ科、キュウリウオ科、アユ科)および遡河魚類(サケ科、コイ科、サヨリ科)、円口類はヤツメウナギ科、甲殻類を対象として、遡上生態(時期・サイズ)、遡上範囲、淡水域の定着状況及び降下する生物の現状を把握する。また、陸封された生物については、その生物の淡水域での生活史を究明する。

遡上範囲は、河川横断物等の遡上阻害物を明確にして、実態を把握する。調査期間は回遊魚類の遡上時期が3月中旬から始まることから平成24年3月から平成25年2月までとした。

### 3 結果

遡上状況は、荒川に遡上したキュウリウオ科ワカサギ(3月18日から4月2日)258個体について魚体測定と性別判定、生殖腺重量を計測した結果、全長と体重組成から全長10cm以下の0年魚(平均全長、最大、最小)と全長10cm以上の1年魚(平均全長、最大、最小)の異なる系群が確認された。東京湾から産卵のために本県荒川に遡上するワカサギの知

見はなく、これまで1年魚が遡上しているものと考えられていたが、今回の調査から、生殖腺重量比(1個体の体重あたりに占める生殖腺の割合)は0年魚(♀平均23.4%、最大36.6%、♂平均3.3%、最大30.1%)及び1年魚(♀平均29.9%、最大43.8%、♂平均3.5%、最大30.1%)であり、成熟した個体が遡上し、産卵することで荒川の再生産に寄与しているものと思われた(図)。

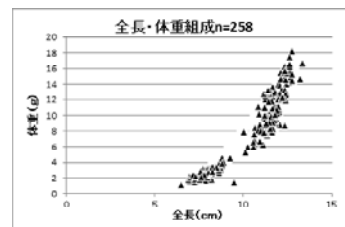


図 全長・体重組成

コイ科マルタウグイは、柳瀬川では3月12日に遡上を確認し、3月26～29日には数千尾の群れとなり、瀬で産卵している状況が観察され、礫の付着卵も確認された。河川水の減水後には下流に下って4月8日まで産卵していたが、その後4月28日には周辺から確認できなくなった。黒目川は3月31日に遡上を確認された。また、不老川にもマルタウグイが遡上したが産卵の有無は確認できなかった。

その他の遡上魚では、サヨリ科クルマサヨリが荒川の秋ヶ瀬取水堰下流で4月9日1尾、同12日1尾、同25日2尾(平均全長18cm)がそれぞれ確認された。また、カワアナゴ科カワアナゴは8月に荒川の戸田市で6個体確認され、成熟した個体であり、雄1個体は婚姻色を呈し、雌5個体は抱卵していた。魚体測定では雌(TL22cm、BW110g)、雄(平均TL23.4cm、平均BW153g)であった。これまで、本種は利根川で採捕記録はあるが、荒川の生息記録は初記載である。国内外来種か現在種か明らかではないが、過去の生息記録から記載されていないことから国内外来種として扱う。

陸封について、魚類は調査を実施したが実態は把握できなかった。甲殻類では、幼生期を海で過ごす両側回遊を行うヌマエビ科トゲナシヌマエビとヒメヌマエビが県北の利根川水系支流の都市近郊河川に生息していることを確認した。利根川の河口から200km以上離れた水域であり、稚エビが河口から遡上することは困難であり、陸封されたものと考えられた。これら2種は国内外来種である。

陸封については、魚類は調査を実施したが実態は把握できなかった。甲殻類では、幼生期を海で過ごす両側回遊を行うヌマエビ科トゲナシヌマエビとヒメヌマエビが県北の利根川水系支流の都市近郊河川に生息していることを確認した。利根川の河口から200km以上離れた水域であり、稚エビが河口から遡上することは困難であり、陸封されたものと考えられた。これら2種は国内外来種である。

### 4 今後の研究方向等

今後も、モニタリング調査を継続することにより、データの蓄積を図る。

[自主研究]

# 光化学オキシダントによる植物被害の軽減手法に関する検討

三輪誠 王効挙 米倉哲志 金澤光

## 1 目的

埼玉県では、夏季の光化学オキシダント濃度が著しく高く、その主成分であるオゾンによる植物被害が顕在化している。本県の主要農作物のひとつであるコマツナでは、大気中のオゾン濃度が比較的高くなると、葉に可視被害が発現する事例が報告されている。コマツナなどの葉物野菜では、オゾンの被害が直接葉に現れるため、可視被害の発現程度によっては、農業者にとって、経済的に深刻な問題となるおそれがある。そのため、埼玉県では、オゾンによるこれらの作物被害を軽減するための手法を検討し、早急に提案することが求められている。

平成24年度は、昨年度のホウレンソウに引き続き、コマツナにオゾンを実験的に暴露し、可視被害の発現程度に基づいて、品種間におけるオゾン感受性の差異を評価するとともに、その成因を検討した。なお、本研究は、農林総合研究センター園芸研究所露地野菜担当と共同で実施した。

## 2 方法

植物材料として、黒ボク土を詰めたプランターで育成したコマツナ(24品種:さおり、あゆみ、はるみ、みなみ、みすぎ、はづき、わかみ、きよすみ、浜美2号、なかまち、楽天、夏楽天、笑天、新晩生小松菜、江戸の小町、江戸の祭、浜ちゃん、安藤早生、ぱぱさん、緑富美、河北、青一郎、八丁、よかつた菜G)を用いた。プランター当たり6品種が入るように品種毎に播種し、各品種6個体を自然光型温室内で育成した。本葉が8枚程度になった段階で、温室から人工光型環境制御ガス暴露チャンパー内にプランターを移設し、チャンパー内の環境に数日間順応させた後、オゾン暴露を実施した。

オゾン暴露は、人工光型環境制御ガス暴露チャンパー内のライト点灯時に、120ppbに調整したオゾンを、1日あたり5時間、3日間にわたって実施した。なお、対照区として、オゾンを暴露しない処理区を設定した。オゾン暴露が終了した翌々日に、各品種の個体毎に、全葉数と可視被害が発現した葉の数を調査するとともに、これらのデータに基づいて被害度を算出した<sup>1)</sup>。

また、各品種の対照区の個体から葉齢が同程度の葉を5枚選抜し、1mm<sup>2</sup>内の気孔の数(気孔密度)を測定した。

## 3 結果

本研究では、コマツナを育成する時期をかえて、4回の繰り返し試験を実施した。これらの4回の試験から得た被害度の平均値より、安藤早生、河北、なかまち、江戸の祭といった品種はオゾンに対して感受性が強く、みすぎ、よかつた菜G、青一郎、八丁といった品種はオゾンに対して感受性が弱いことがわかった(図1)。また、各品種における被害度と気孔密度との相関関係を調べた結果、高い正の相関が認められた(図2)。このことから、品種によって葉の気孔密度が異なり、気孔密度の高い品種ほど、オゾンに対する感受性が強く、葉に被害が発現されやすいと考えられた。

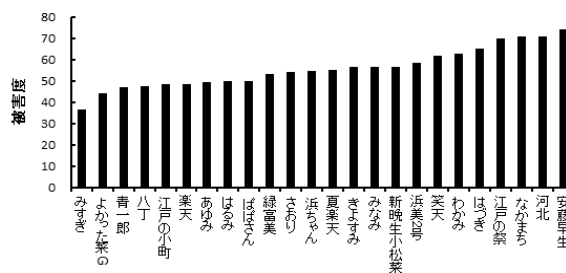


図1 4回の試験から得た被害度の平均値

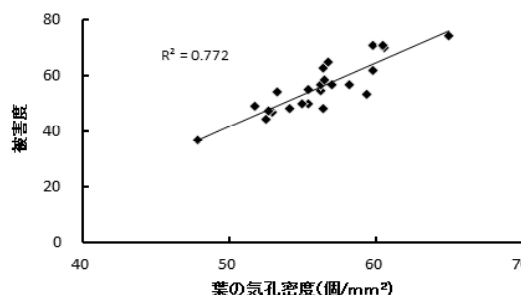


図2 4回の試験から得た被害度の平均値と気孔密度の平均値との関係

## 4 今後の研究方向

ホウレンソウやコマツナのオゾン被害を軽減するための施肥法として、施肥量調整等の有効性を検討する。

## 文献

- 1) 葉効・葉害試験研究の手引き(日本植物防疫協会、平成23年2月)。



[自主研究]

# 降水によって水環境に移行しうる燃烧由来ダイオキシン類に関する研究

荻毛康太郎 大塚宜寿 野尻喜好 松本利恵

## 1 目的

大気中ダイオキシン類濃度は全国のモニタリング地点で環境基準を満たしているが、河川水に関しては、例えば埼玉県の綾瀬川や新方川などで水質環境基準(1pg-TEQ/L)を超過する濃度が継続的に観測されている。綾瀬川の水質中ダイオキシン類は過去に使用された除草剤の影響が大きい<sup>1)</sup>が、燃烧の寄与分だけで水質環境基準を超過している例もある<sup>2)</sup>。これらの燃烧由来ダイオキシン類は、廃棄物焼却炉等の排出ガスを起源とし、大気降下物として河川に移行したと想定される。本研究では、現在排出されている燃烧由来のダイオキシン類の、水環境へ移行実態を明らかにすることを目的とする。

## 2 方法

大気から河川へのダイオキシン類の移行経路としては、乾性降下物として地表面へ降下し、降雨時に湿性降下物とともに雨水として流入することが想定される。降下物の河川への流達は、地表面の質や形状、降水量など様々な要因に影響される。そこで降雨イベント終了時から次の降雨イベント終了までの乾・湿両降下物を水試料として採取し、この水試料を潜在的に河川に流入しうる総量と見なした。乾・湿両降下物を含んだ水試料は、ステンレス製のポットを当センター内に設置して採取した。

## 3 結果

2012年2月8日から2013年2月7日の1年間に61回試料を採取した。ダイオキシン類濃度は0.35~35pg-TEQ/Lで、54試料は水質の環境基準を超過し、そのうちの11試料は排水

基準の濃度を超過した(図1)。また、雨量を加味した年間の平均濃度は2.9pg-TEQ/Lで、水質環境基準を超過する濃度であった。

国内におけるダイオキシン類の環境への排出量は、ほとんどが廃棄物焼却により大気中へ放出されるものである。そこで、水試料に対して指標異性体による汚染源解析<sup>3)</sup>を行ったところ、年平均濃度のおよそ80%(2.3pg-TEQ/L)が燃烧に由来するものと推算された。このことから、乾・湿両降下物を含んだ水試料中ダイオキシン類のほとんどは、廃棄物焼却炉から排出されたものであると示された。

また、大気中に放出されたダイオキシン類がすべて雨水として地表面に移行すると仮定して、県の排出インベントリー、土地面積、降水量から雨水中ダイオキシン類濃度を試算すると、2007~2011年度の平均で2.0pg-TEQ/Lと推算され、本研究で推算された燃烧由来ダイオキシン類濃度(2.3pg-TEQ/L)とほぼ一致した。このことから、焼却炉から大気中に放出されたダイオキシン類は、ほぼすべて地表面に移行していることが示唆された。これらのダイオキシン類は、雨水排水路から河川に流入しうるものと考えられる。

以上から、雨水排水路水のような乾・湿両降下物を含んだ雨水を多く引き込む河川の場合、燃烧由来のダイオキシン類が、河川水の濃度に大きく影響を与えることが予想された。

## 文献

- 1) Minomo *et al.*, (2011) *Chemosphere* 85, 188-194.
- 2) Minomo *et al.*, (2010) *Chemosphere* 81, 985-991.

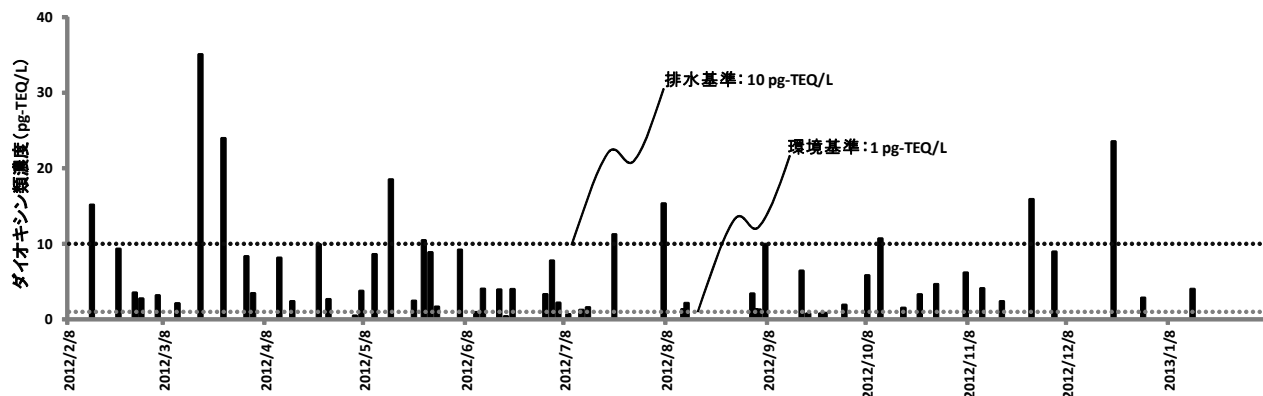


図1 降雨イベント毎に採取した乾・湿両降下物を含む水試料中のダイオキシン類濃度

Potential combustion-origin dioxins transferring to water environment by rainfall runoff

[自主研究]

# 県内の河川におけるネオニコチノイド系殺虫剤の汚染実態の把握

大塚宜寿 茂木守 野尻喜好 蓑毛康太郎 堀井勇一

## 1 目的

ネオニコチノイド系殺虫剤は、ニチアジンという殺虫剤から派生した殺虫剤の総称であり、1990年代から使用量が増加してきている。日本国内で販売されているネオニコチノイド系殺虫剤は、7種類(ジノテフラン、ニテンピラム、チアメトキサム、クロチアニジン、イミダクロプリド、アセタミプリド、チアクロプリド)が使用されている。これらの殺虫剤は、ニコチン性アセチルコリン受容体に結合し、神経伝達を阻害することで殺虫活性を発現する。また、即効性・残効性、植物体への浸透移行性が高く、適用害虫の範囲が広いという特徴がある。このため、ネオニコチノイド系殺虫剤は、一般家庭のガーデニング用から農業用、シロアリ・ゴキブリ・アリ・ハエの駆除、ペットのシラミ・ノミ取り、スプレー殺虫剤、建材など広範囲に使用されている。

ネオニコチノイド系殺虫剤の人畜毒性は低いと言われているが、許容一日摂取量(ADI)はピレスロイド系殺虫剤エトフェンプロックスの1/2から7倍、有機リン系殺虫剤アセフェートの8から90倍であり、無視することはできない。また、世界的に問題となっているミツバチの大量死の原因物質として疑われている。近年、河川水中から検出されており、環境汚染物質としての社会的関心が高まってきている。しかし、これらの殺虫剤の環境調査例は少なく、分析方法もまだ確立されていない。そこで、本研究では、これらの物質の水環境試料を対象とした分析方法を確立するとともに、県内の河川における分布を明らかにし、ネオニコチノイド系殺虫剤による汚染実態を把握することを目的とする。平成24年度は一斉分析のための測定方法を開発した。

## 2 方法

ネオニコチノイド系殺虫剤7種を測定対象とした。対象媒体は河川水試料とし、LC/MS/MSによる一斉分析法を検討した。検討項目としてLC/MS/MSの測定条件、水試料から対象物質を抽出するための固相カートリッジの選択、クリーンアップ方法の検討、測定手順の確立、添加回収試験での精度の確認などを実施した。

## 3 結果

### 3.1 LC/MS/MSの測定条件

使用したLC/MS/MSは、Waters ACQUITY UPLC H-Class /

Xevo TQDであり、検討した結果、得られた測定条件は以下のとおりである。

(LC) 分析カラム:ACQUITY BEH Phenyl 3mm i.d.×75mm、粒径1.7μm(Waters社製)、移動相:A液 0.1%ギ酸、B液 純水、C液メタノール、グラジエント条件: A:B:C = 5:90:5→0.5分、A:B:C = 5:30:65 →10分、A:B:C = 5:0:95→13.5分、カラム温度:40℃、注入量:5μL

(MS/MS) イオン化条件:ESI(+)、キャピラリー電圧:2kV、ソース温度:120℃、デソルベーションガス温度:550℃、コーンガス流量:N<sub>2</sub>、50L/h、デソルベーションガス流量:800L/h、プレカーサイオン:[M+H]<sup>+</sup>

### 3.2 分析手順

河川水を対象とした分析操作の手順を図に示した。

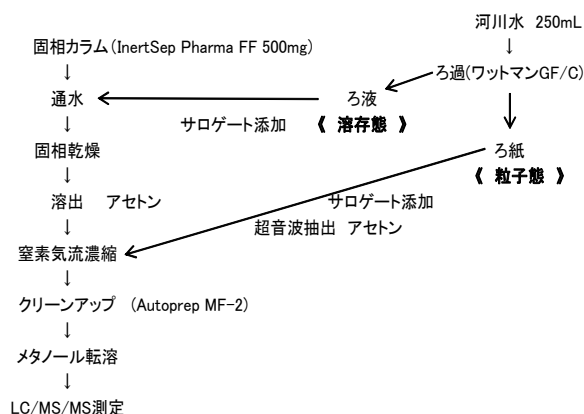


図 河川水分析方法手順

### 3.3 検出下限値と回収率

装置の検出下限値は0.1pgから0.4pgの範囲であった。試料量250mLでの測定方法の検出下限値は0.6ng/Lから1ng/Lであった。標準物質を河川水へ添加した場合の回収率(n=5)は88%から114%(平均100%)であった。測定方法の検出下限は十分低く、回収率も確保できたことから、本研究で開発した分析方法は河川水の汚染実態を把握するための一斉分析に使用可能である。

## 4 今後の研究方向等

埼玉県内で環境基準点を有する河川を対象とする全県調査を行い、県内での水環境中の環境濃度レベルの情報を得る。

[自主研究]

## 環状シロキサンの分析法開発と環境汚染実態解明

堀井勇一 茂木守 大塚宜寿 蓑毛康太郎 野尻喜好

### 1 背景・目的

揮発性メチルシロキサン(VMS)の一部は、環境・生態系へ悪影響を与えると懸念されており、カナダではoctamethylcyclotetrasiloxane (D4)の排出水規制開始が決定された。しかしながら、国際的にも水中VMSの分析例は限られており、今後のVMS規制・管理において、汎用性の高い分析法の整備が課題となっている。本研究では、環状及び鎖状の3～6量体のVMSを対象に(表)、まず、水中VMS分析法について、公定法提案を目指した高精度分析法開発を行う。次に、確立した分析法を用いて発生源データの整備、環境中へのVMS排出状況を把握する。さらに水質、底質、生物の各環境媒体について環境汚染実態を把握し、VMSの環境残留性評価を行う。このうち平成24年度は、水、底質、生物試料中VMSの分析法検討を行った。

### 2 試料と方法

水分析には、ガス洗浄ビンと固相抽出カラム(Sep-pak Plus PS-2)を組み合わせた、パージトラップ(PT)ー溶媒溶出ーGC/MS法(図)を検討した。内標準物質には、<sup>13</sup>C安定同位体標識化のD4、D5、D6(Moravek社製)を用いた。底質、生物の固体試料分析は、まず溶媒振とう抽出を行い、得られた粗抽出液をPTによりクリーンアップする方法を検討した。VMSの定量にはGC/MS EI法を用いた。

### 3 結果と考察

(1) 水中VMS分析法の検討結果： PT法について、パージ時間・流量、超音波アシスト有無、浴槽温度等の諸条件を検討した。河川水、下水放流水、工場排水を様々なPT条件下で分析した結果、パージ時間120分、パージ流速1L/分、超音波アシスト有り(浴槽温度50℃)の条件において、すべての目的物質が効率よく回収できることを見出した。この方法の繰り返し分析から得られた水中VMSの検出下限値は0.6～3ng/Lであり、加熱脱着導入を用いる従来法と比較して、一桁以上の高感度化に成功した。

(2) 固体試料中VMS分析法の検討結果： 粗抽出液のクリーンアップ法としてPTの適用を検討した。粗抽出液をヘキサシロキサン洗浄水の入ったガス洗浄ビンに添加し、粗抽出液の種類、パージ時間・流量、塩析等のPT条件の違いによるVMS回収率の変化を確認することで、PT条件の最適化を行った。その

結果、ヘキサシロキサン抽出液、パージ時間:60分(底質)又は120分(生物)、塩析有り(10%NaCl)の条件において、VMS内標準物質の回収率が80%以上と良好であることを見出した。

(3) 分析法の性能評価： 開発した分析法の性能評価として東京湾流入河川から採取した表層水、底質、魚類を分析し、精度管理データを整備するとともに、国内初の水環境中VMS濃度分布を明らかにした。河川水、底質、魚類分析における内標準物質の回収率は、それぞれ90±3%、98±5%、90±7%と、すべての媒体において良好であった。3重測定から得られたVMS濃度のRSDは0.6～39%と、化合物又は地点によって大きな差が確認されたものの、主要な化合物であるD5については、すべての地点で10%以下と良好であった。

### 4 今後の予定

環境試料の分析結果から、VMS発生源の一つとして生活排水の影響が示唆された。平成25年度は県内下水処理施設の調査を行い、VMS排出量推定や周辺環境への影響評価を試みる。

表 分析対象物質の一覧

環状メチルシロキサン	鎖状メチルシロキサン
hexamethylcyclotrisiloxane (D3)	octamethyltrisiloxane (L3)
octamethylcyclotetrasiloxane (D4)	decamethyltetrasiloxane (L4)
decamethylcyclopentasiloxane (D5)	dodecamethylpentasiloxane (L5)
dodecamethylcyclohexasiloxane (D6)	

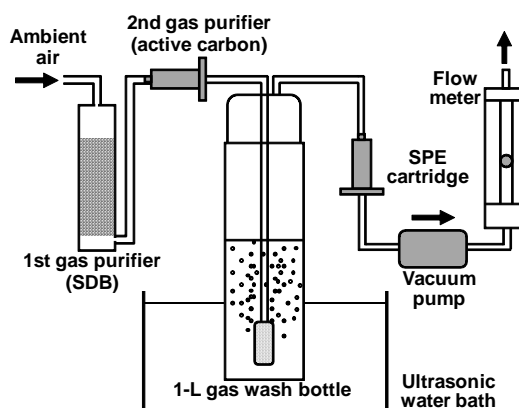


図 パージトラップ抽出の模式図

[自主研究]

## 水環境における大型二枚貝の多元的活用に関する基礎的研究 —二枚貝の安定供給化の検討—

田中仁志 木持謙 田中大祐\* 高橋透陽\* 西尾正輝\*\* 伊藤一雄\*\*\* 藤林恵\*\*\*\* 中村省吾\* 西村修\*\*\*\*

### 1 目的

水圏生態系において極めて重要な機能を有するイシガイ科二枚貝(以下、単に二枚貝と表す)の多元的活用を目的として、安定供給を可能とする餌を明らかにする必要がある。昨年に引き続き、二枚貝が生息する農業用水路または小河川で調査した。本研究では、生息地における水質および細菌分析、ならびに川島町生息地に設置したオンサイト繁殖実験装置の結果について報告する。

### 2 方法

#### 2.1 二枚貝生息地調査地点

調査は、N用水(埼玉県川島町、以下、N用水と表す)およびM川、N川(富山県氷見市、以下HM川、HN川と表す)の2生息地で行った。調査地点数は、N用水3地点、HM川2地点、HN川2地点の計7地点である。

#### 2.2 水質分析

調査は平成24年4月から、HM川およびHN川では9月まで、N用水は平成25年1月まで、1回/月の頻度で行った。採水時には気温、水温などを測定し、実験室において生物化学的酸素要求量(BOD)、化学的酸素要求量(COD)、総窒素(T-N)、総りん(T-P)、及びクロロフィルa(Chl-a)などの化学分析を行った。

#### 2.3 細菌分析

HM川およびHN川は河川水、底質およびイシガイの腸内容物を、N用水は河川水のみを分析した。河川水(1Lを孔径0.2 μmのメンブレンフィルターで減圧濾過した捕集物)および底質(1g)はそれぞれUltraClean Soil DNA Isolation KitでDNAを抽出した。イシガイ腸内容物はフェノール・クロロホルム法により、DNAを抽出した。細菌の16S rDNAをPCRで増幅し、変性剤濃度勾配ゲル電気泳動(DGGE)法を用いて細菌群集構造を解析した。ゲル上のバンドの塩基配列をTAクローニング後に決定し、近縁種を推定した。

### 3 結果と考察

水質分析の結果は、平成22年度～24年度の3年間の結果の一例として、各生息地の調査地点におけるBOD値およびChl-a量を示す。BODの中央値および最大値は、N用水はそれぞれ0.6～1.1mg/L、1.3～4.6mg/Lであり、HM川お

よびHN川はそれぞれ1.2～1.8mg/L、3.8～5.4mg/Lであった。また、Chl-a量の中央値および最大値は、N用水はそれぞれ2.2～2.5 μg/L、6～14 μg/Lであり、HM川およびHN川はそれぞれ2.8～6.1 μg/L、42～89 μg/Lであった。BOD値およびChl-a量はいずれもN用水より、HM川およびHN川の方が大きな値を示した。BOD値から判断すると、HM川およびHN川よりN用水の方が清浄であると考えられた。一方、N用水、HM川およびHN川におけるChl-a量の最大値が5月～8月頃であることは共通していたものの、HM川およびHN川の方が最大値は大きいことに特徴があった。微細藻類は二枚貝の重要な餌源と考えられ、HM川およびHN川では成長期に十分な餌が供給されていると推察された。N用水に比べてHM川およびHN川は高密度で二枚貝が生息していることを確認しており、Chl-a量で示される微細藻類量と最大濃度の時期との関係が重要である可能性が示唆された。

一方、PCR-DGGEの結果、各月におけるHM川とHN川のバンドパターンは毎月少しずつ変化した。これまでに、細菌群集構造は季節的な遷移をするが<sup>1)</sup>、それらは周期的に繰り返していたことが新たに明らかになった。また、河川水およびイシガイ腸内容物から共通する細菌(Cyanobacteriaおよびα-Proteobacteria)の一種を新規に、検出した。河川水中からは年間を通して高頻度に検出されており、バンドの共通して検出された時期にイシガイの餌として利用されていた可能性が示された。検出されたCyanobacteriaとChl-a量に対する割合の量的関係は不明であるが、餌源解明への重要な知見であると考えられる。

### 4 まとめと今後の研究方向

本研究により、二枚貝が高密度で生息する地点においては、二枚貝の成長期にあたる春から夏にかけて大量の微細藻類が供給されていることが明らかになった。また、餌として、バクテリアの利用可能性が示された。今後は、二枚貝の餌源である可能性が高いことが分かった微細藻類など、真核微生物(18S rDNA)を対象にしたDGGE解析および必須脂肪酸解析などの手法により、餌源解明を進めていく。

文 献 1) 田中ら(2012)埼玉県環科国セ報、12、121.

Study on multiple application for water environment by using large bivalves

\*富山大学大学院理工学研究部(理学)、\*\*氷見市教育委員会、\*\*\*城西大学付属川越高等学校・城西川越中学校、\*\*\*\*東北大学大学院

[自主研究]

# 県内河川における内部生産現象の実態解明と水質汚濁影響評価

高橋基之 池田和弘 柿本貴志 見島伊織 渡邊圭司

## 1 目的

県内の河川はかつて深刻な水質汚濁を経験したが、近年ではBODの環境基準達成率が90%程度になるなど、河川水質の改善が進んでいる。しかし、夏季高水温期におけるBODの悪化や、水道原水となっている河川水においてかび臭が発生する場合があるなど、有機汚濁や河川生態系保全、利水の観点からみて良好な状態に達したとは言い難い。またきれいな水環境を求める県民の満足度が高まらないことも新たな課題になっているが、これらの課題に対して筆者らは河川水中に存在する藻類の影響が少なくないと考えている。上述の課題解決のためには、まず河川に存在する藻類の実態把握が必要であるが、河川では藻類のモニタリングが行われていないため現状は明らかになっていない。そこで平成24年度は埼玉県内の河川における藻類の存在状況を把握することを目的として、河川水の採取・分析を行ない、有機汚濁や感覚指標との関連について考察を行った。

## 2 方法

2012年7月から環境基準点等38地点の河川水を対象とした。透視度、臭気、色相は現場で測定し、有機物、栄養塩、藻類(Chl-aを指標とする)等の項目については実験室に持ち帰り分析を行なった。河川水の富栄養度はChl-aと全リン濃度の平均から湖沼の富栄養度分類<sup>2)</sup>を用いて分類した。

## 3 結果

**3.1 富栄養状態の現状:** 河川の富栄養度分類の結果を図1に示す。荒川、小山川、比企丘陵を流れる河川の上流域では貧栄養に分類されたが、市野川、中川水系では2地点を除き富栄養以上に分類され、調査地点の30%以上が富栄養または過栄養となった。特に8月の市野川では富栄養化した湖沼で検出されるのと同レベルのChl-a(85  $\mu$ g/L)が検出された。Chl-aと同様に全リンについてみると、調査地点の80%が富栄養・過栄養に分類され、N/P比17を目安として栄養塩バランスをみると、1地点を除いて藻類の増殖はリン制限であり、リン濃度が過栄養レベルで存在することを併せて考えれば、河川水の藻類増殖能は高いと考えられた。

**3.2 有機汚濁や感覚指標へ対する影響:** Chl-aとBODの関係(図2)より、富栄養・過栄養となった順流河川において、

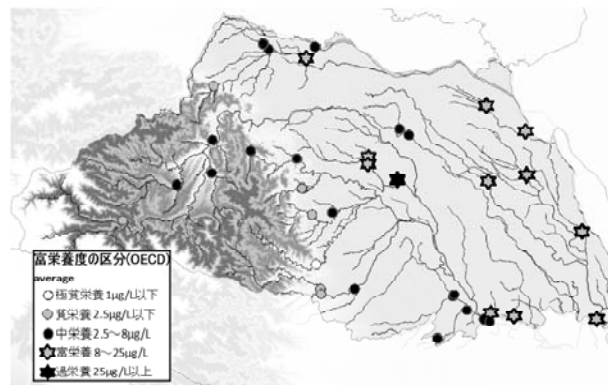


図1 河川水の富栄養度

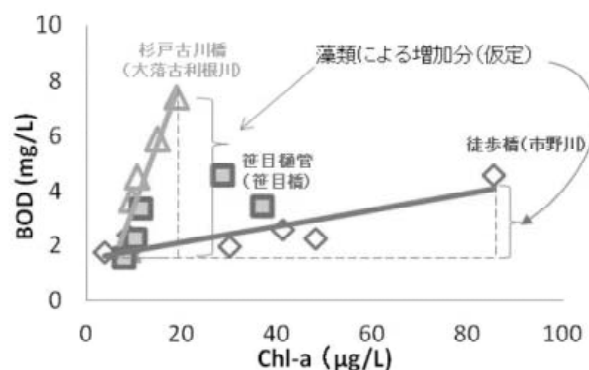


図2 Chl-aとBODの相関関係

Chl-aとBODとの間には相関があり、影響の強いところではBODを最大5mg/L程度押し上げている可能性が示唆された。富栄養レベルと感覚指標の対応関係を整理すると貧栄養と中栄養の一部の河川では無色・無臭・高透視度であったが、富栄養・過栄養河川では河川水が着色し、川藻臭やカビ臭等の不快臭がみられ、また透視度も低くなっていた。

## 4 今後の研究方向

本研究で県内河川における富栄養化の現状が把握でき、市野川・中川の両水系において、富栄養化が比較的進んでいることが明らかになった。今後は両河川における詳細な調査を行なう予定である。

### 文献

- 1) 平成22年度県政世論調査 5 川の再生について。
- 2) Eutrophication of Waters, OECD, 1982.

[自主研究]

## 下水処理プロセスにおけるN<sub>2</sub>O生成ポテンシャルの評価

見島伊織

### 1 背景と目的

下水処理施設においては、エネルギーの消費やN<sub>2</sub>Oの排出等により多量の温室効果ガスが発生している。N<sub>2</sub>Oの排出量を算定するために、N<sub>2</sub>O排出係数などの原単位を用いることが行政的には有用である。しかしながら、既存の原単位とは異なる排出量が報告されることもしばしばある。N<sub>2</sub>O排出係数を現場の調査から求めている事例もあるが、同じ処理方式であっても運転条件によって排出量が異なることもある。これらのことから、下水処理施設の活性汚泥が持つN<sub>2</sub>O生成ポテンシャルを評価し、N<sub>2</sub>O排出量の概算を行うことは合理的な方法と考えられる。たとえば、NH<sub>4</sub>からNO<sub>3</sub>へ酸化される硝化過程においては、回分試験から算定したNH<sub>4</sub>からNO<sub>2</sub>およびNO<sub>3</sub>への酸化速度、別途ヘッドスペース型の回分実験から算定したNO<sub>2</sub>からN<sub>2</sub>Oへの転換速度などの組み合わせがN<sub>2</sub>O生成ポテンシャルとして定義できるのではないかと考えている。そこで、本研究は採取した汚泥にNO<sub>2</sub>-Nを添加したヘッドスペース型回分試験により、硝化脱窒の両過程においてNO<sub>2</sub>-N濃度、反応時間を変動させた条件におけるN<sub>2</sub>O生成量、各窒素成分の挙動を調べ、N<sub>2</sub>O生成ポテンシャルを評価できる条件を検討した。

### 2 実験方法

硝化が十分に行われているOD法(施設A)と硝化が不十分でNH<sub>4</sub>-Nの残存が観察される標準活性汚泥法(施設B)で運転されている2ヶ所の排水処理施設の反応槽から活性汚泥を採取した。活性汚泥を遠心分離して上澄みを取り除き、窒素成分を除いたBOD希釈水で置換した後pHを6.8~7.2に調整した試料50mLをバイアル瓶に分取した。硝化試験の場合、ここにNO<sub>2</sub>-N溶液を0~20mgN/Lとなるように1mL添加して密閉し、0~2h振盪器で攪拌した。次に阻害剤(20%グルコン酸クロルヘキシジン溶液)1mLを添加し、30秒間激しく攪拌した後20℃で静置して気液平衡させた。バイアル瓶上部のガスをガスタイトシリンジで採取しN<sub>2</sub>Oを測定した。なお、脱窒試験の際は密閉前に気相部の窒素置換、酢酸ナトリウム溶液を60mgC/Lとなるよう1mL添加し、その後は同様の操作でN<sub>2</sub>Oの測定を行った。

### 3 結果

#### 3.1 NO<sub>2</sub>-N濃度を変動させた実験

NO<sub>2</sub>-N濃度を変動させ、反応時間を1hとした場合の試験結果を図(左)に示す。すべての試験系において初期NO<sub>2</sub>-N濃度の増加に伴いN<sub>2</sub>O生成濃度が上昇する傾向が確認された。なお、硝化が十分に行われていない施設Bにおいて、施設Aと比較して硝化試験時、脱窒試験時共にN<sub>2</sub>O生成濃度が高かった。別途行っている対象実施施設の反応槽内NO<sub>2</sub>-N濃度が5mgN/L以下であることを考慮し、その後の反応時間を変動させる試験においては初期NO<sub>2</sub>-N濃度を5mgN/Lで検討することとした。

#### 3.2 反応時間を変動させた実験

反応時間を変動させ、初期NO<sub>2</sub>-N濃度を5mgN/Lとした場合の試験結果を図(右)に示す。概ね反応時間が長いほどN<sub>2</sub>O生成濃度が高くなる傾向が見られ、硝化試験時では施設Bが施設AよりもN<sub>2</sub>O生成濃度が高い結果となった。脱窒試験時においては施設Aの方が施設BよりもN<sub>2</sub>O生成濃度が高かった。施設Bの汚泥を用いた脱窒試験においては0.5h以降、N<sub>2</sub>Oの減少が見られ、生成されたN<sub>2</sub>Oが窒素ガスへ還元されたと考えられる。これらのことから、初期NO<sub>2</sub>-N濃度を5mgN/L、反応時間を1時間とすることが実験条件として適当と考えられた。

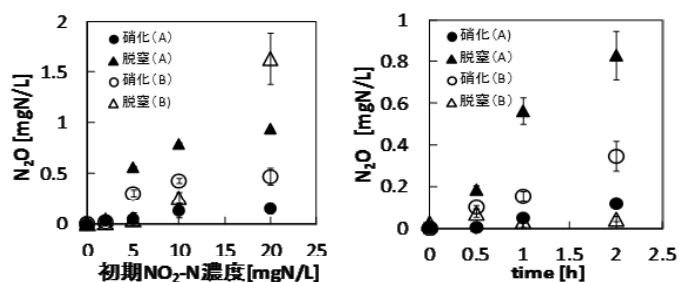


図 初期NO<sub>2</sub>-N(左)、反応時間(右)に対するN<sub>2</sub>O生成

### 4 今後の予定

下水処理施設のN<sub>2</sub>O生成ポテンシャルの調査を行い、窒素負荷や水質との関係性を考察する。自動N<sub>2</sub>O測定装置を用いN<sub>2</sub>O生成の変動特性を調査し、N<sub>2</sub>O生成ポテンシャルとの関係性を考察し、N<sub>2</sub>O生成抑制条件を整理する。これらにより、埼玉県内の下水処理場における温室効果ガス排出量の算定および個々の処理場の発生抑制手法の検討を行う。

[自主研究]

## 微動探査法における深度方向指向性に関する研究

白石英孝

### 1 目的

当所では、これまで微動を用いた地下構造探査(微動探査法)に関し、様々な研究を行ってきた。その一環として行われた埼玉県平野部の大深度地下構造調査の結果は、県の地震被害想定調査や内閣府による首都直下型地震の被害推定にも活用されている。また理論面では、FFT法による高速解析の実用化や微動の位相速度推定に使われるSPAC法の詳細メカニズムの解明、センサ配置の制約の解消などの成果をあげてきた。しかしながら、未だ解明されていない課題は多く、その一つとして深度方向の指向性があげられる。

地表に設置された複数の微動センサ(微動アレイ)は、微動の到来方向ごとに異なる感度をもつ(指向性)。指向性は、地表面の方位方向及び地下の深度方向に存在し、微動アレイの幾何学的形状に従って変化するものと考えられる。このうち方位方向の指向性については既にその特性が明らかにされているが、深度方向については十分な検討が行われていない状況にある。そのため深度方向指向性がどのような特性をもつのかは必ずしも明らかではない。そこで本研究では、深度方向指向性の性質を明らかにすることを目的とし、基礎的な検討を行った。

### 2 指向性の検討と結果

深度方向指向性がSPAC法の位相速度推定結果にどのような影響を与えるのかを調べるために、数値実験を行った。検討に用いたのは、不連続構造上にSPAC法正三角形アレイを設置した場合のモデルである(図1)。このモデルは、2つのセンサP,Qを異なる媒質p,q上に設置したもので、センサ間の距離をr、センサPから構造境界までの距離をx、震源方位角を $\theta$ 、センサP,Qを結ぶ直線と構造境界が交わる角度を $\alpha$ としている。仮に深度方向指向性がアレイ直下方向に鋭い指向性をもてば、アレイの一部が不連続構造境界にあっても誤差の少ない物理的に妥当な推定が可能になるものと考えられる。

図2に検討結果の一例を示す。パラメータの値は、 $r=30\text{m}$ 、 $\alpha=90^\circ$ である。図中でCp、Cqで表されている曲線は、媒質p,qの位相速度、その間に示された曲線は、構造境界の位置を変えた場合の位相速度推定値である。図から、この事例では位相速度推定値について構造境界の位置による相違は

わずかで、震源方位角 $\theta$ の影響のほうが大きいことがわかる。また、震源方位角のうち特に直交方向に近い入射(同図(a))のほうが誤差は小さい。

### 3 まとめ

構造境界付近での調査を模擬した数値実験を試みたところ、位相速度推定値に対する深度方向指向性の影響は小さいとの結果が得られた。これは、SPAC法のアレイについては深度方向指向性に由来する誤差は小さく、アレイ直下の構造を正しく推定しうることを意味するものと考えられる。

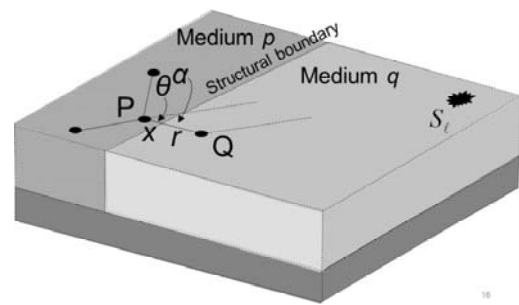


図1 不連続構造モデル

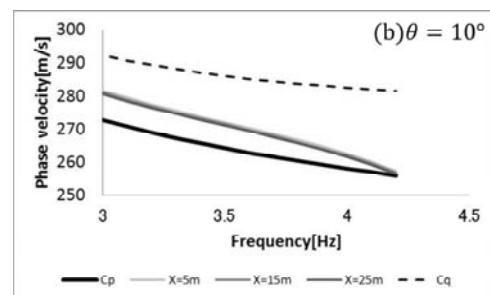
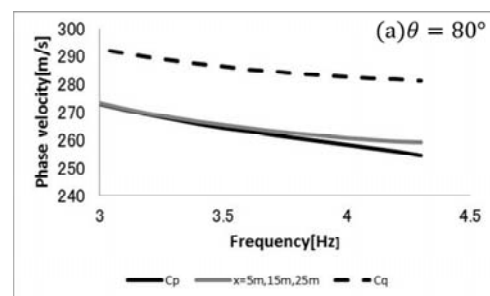


図2 位相速度の推定例

[自主研究]

# 埼玉県における地下水質特性の総合評価とその応用に関する研究

八戸昭一 石山高 濱元栄起 白石英孝

## 1 はじめに

近年、地下水は各地で基準を超える規制物質が検出される一方、貴重な資源としても注目を浴びてきている。しかしながら地下の構造は複雑であることから地下水を豊富に保有する帯水層の深度やその三次元的分布、そして個々の帯水層中に賦存する地下水質の特徴は十分に把握できていない。本研究では各地域の地下水汚染問題の解決や地下水資源の有効活用に資するため、山地を除く埼玉県内全域を対象として地下水質特性の総合的な評価を検討する。

## 2 方法

平成23～24年度に実施された水濁法の地下水質概況調査を利用して、井水の水素イオン濃度指数(pH)・電気伝導度(EC)そして酸化還元電位(ORP)などの基本水質のほか、鉄(Fe)やマンガン(Mn)などの無機元素を測定した。なお、基本水質は現地計測を基本とし、FeやMnは採水試料を実験室に持ち帰り、酸処理前のろ過操作を実施せずに誘導結合プラズマ発光分光分析法(ICP/AES法)により分析した。

## 3 結果と考察

基本水質の計測結果を井戸深度ごとに①30m以浅、②30～100mそして③100m以深に分類し、逆距離加重法により空間補間した結果を分布図としてとりまとめた。これらの内pHに関する①30m以浅の結果を図1に示す。図から地域や井戸深度(帯水層レベル)ごとに特色があり、各々のバックグラウンド値を読み取ることができる。これらの基本的水質項目自体は地下水汚染の規制項目ではないが、何らかの化学物質により汚染が発生した場合に間接的に地下水汚染の有無を評価できるため、汚染調査の初動時に有用な情報となる。

図2は井戸深度と地下水中のFe濃度との関係を示したものであるが、図からFe濃度が20mg/Lを越える井戸は40m以浅に集中していることが解る。図3は井戸深度を30m以浅に絞込み、Feの分析結果をORP分布図上に表示したものである。この図から特に県中央部の荒川低地中流域においてFeが高濃度で検出されることが解る。また図3のORP分布からこの地域の30m以浅の地下水は一般にORPが低いことが確認され、当該地域における地下水中のFeは帯水層及びそれに挟在する自然地層からの還元溶出による影響が大きいものと推定される。

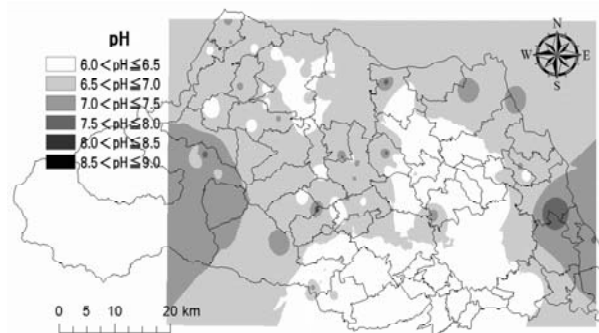


図1 地下水の水素イオン濃度指数(深度:30m以浅)

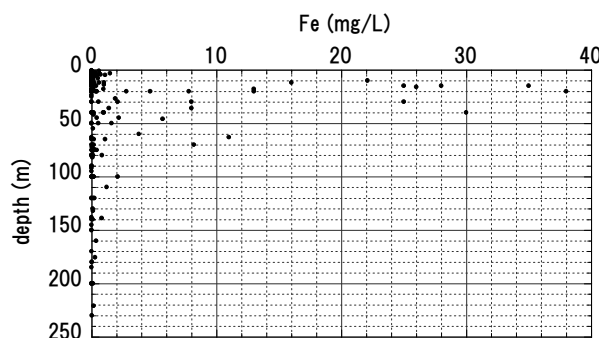


図2 井戸深度と地下水中铁濃度との関係

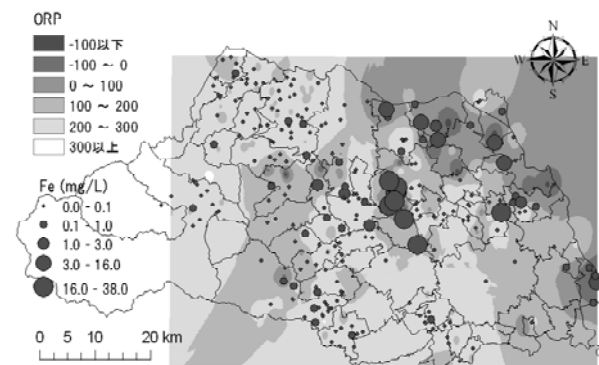


図3 地下水の酸化還元電位と鉄濃度(深度:30m以浅)

と推定される。

なお、各項目の分析結果及び井戸深度ごとの濃度分布図等については中間成果を「埼玉県地質地盤資料集」に収録し、刊行物を通じて情報公開を実施した。



[自主研究]

# 海成堆積物の風化メカニズムと土壤汚染リスク管理に向けた検討

石山高 八戸昭一 濱元栄起 白石英孝 細野繁雄

## 1 研究目的

海成堆積物は一定期間大気中で放置されると、硫化鉱物の風化により酸性土壌へと変化し、様々な有害重金属類が溶出する。この対策方法としては、風化の進行を抑制した上で敷地内に埋め戻すリスク管理手法の適用が有効である。

本研究では、硫化鉱物の風化過程と土壌pHの変化について解析し、この結果を基に海成堆積物の土壤汚染リスク管理手法を検討する。今年度は、海成堆積物が広く分布する埼玉県南東部地域において、人為的汚染のない地質試料を掘削採取し、この試料を用いて風化試験を行った結果について報告する。

## 2 実験方法

川口市内で実施したボーリング調査に同行し、掘削直後の地質試料を深度2~34mまで1m間隔で採取した(図)。研究所に持ち帰った試料については、直ちに土壌溶出量試験を実施して掘削直後の土壌物性を把握するとともに、蛍光X線分析装置で砒素、鉛や硫黄の含有量を測定した。

風化試験は、室温(10~15℃)と恒温槽内(40℃)の2系統で行い、各系ごとに常時湿潤、常時乾燥、湿潤状態と乾燥状態の繰り返しという3種類の条件を設定した。土壌溶出液のpH、電気伝導度(EC)、濁度及び有害重金属類の溶出濃度について経時変化を調べた。

## 3 結果と考察

地質試料を観察したところ、深度2m以浅に茶褐色の盛土層、3~28mに青灰色の砂混じりシルト層、29m以深に暗灰色の砂層が確認された。掘削直後の土壌物性値を表1に示す。硫黄含有量は深度3~25mで0.3~0.7wt%と高く、この範囲が海成堆積物であると判断された。ただし、掘削直後であったことから、土壌溶出液のpH及びECは、いずれも風化した海成堆積物に特有の数値(pH 4.5以下、EC 80mS/m以上)を示さず、これらの指標による海成堆積物の識別は困難であった。



図 掘削風景と採取した地質試料

海成堆積物からは基準を上回る自然由来の砒素が溶出した(表1の網掛け部分)。土壌溶出液は濁質で、弱塩基性を示したことから溶出が促進されたものと考えられる。この結果からも明らかなように、掘削直後の海成堆積物では砒素の溶出が大きな問題となることが分かった。濁質由来の鉛も検出され、一部の試料では環境基準を超過した。海成堆積物からはホウ素やフッ素の溶出も予想されたが、本試料ではこれら元素の環境基準超過は認められなかった。

次に風化試験の結果を表2に示す。この試験では、深度21~27mの地質試料を等量混合したものをを用いた。海成堆積物の風化は高温湿潤環境で最も速く進行し、掘削後約1ヶ月で土壌pHは7付近から4まで低下した。一方、高温環境でも常時乾燥状態を保つことができれば、あるいは常時湿潤状態でも温度が低ければ(10~15℃)、少なくとも1ヶ月程度は風化の進行を抑制することが可能であった。風化速度は、温度や湿度に大きく影響を受けることが確認された。

風化の進行とともに有害重金属類の溶出挙動も大きく変化した。時間の経過とともに砒素の溶出濃度は減少する傾向を示したが、代わりにニッケル、亜鉛、カドミウム、銅やクロム(Ⅲ)などがイオンの形で溶出し始めた。

表1 掘削直後の土壌物性値(抜粋)

深度(m)	土質	特記	pH	EC (mS/m)	濁度 (NTU)	硫黄含有量 (wt%)	溶出濃度(mg/L)			
							As	Pb	B	F
2	盛土	盛土	7.0	3.3	194	0.08	0.004	0.021	0.038	0.70
3	砂混じりシルト	貝殻混入	7.5	5.6	67	0.57	0.021	0.011	0.014	0.03
4			7.5	5.1	42	0.53	0.021	0.008	0.009	0.04
5			7.4	4.3	9	0.63	0.004	0.005	0.000	0.03
6		貝殻微量	7.5	5.3	40	0.52	0.024	0.008	0.008	0.04
7			7.7	5.0	37	0.71	0.020	0.007	0.002	0.03
8			7.7	2.4	40	0.75	0.027	0.007	0.006	0.03
9			7.5	4.3	36	0.59	0.017	0.008	0.000	0.02
10		塊かに木片	7.5	4.3	22	0.63	0.019	0.004	0.000	0.02
11			7.4	4.4	49	0.37	0.012	0.009	0.000	0.03
12			—	—	—	—	—	—	—	—
13	採取できず	—	—	—	—	—	—	—	—	
14	採取できず	—	—	—	—	—	—	—	—	
15	採取できず	—	—	—	—	—	—	—	—	
16	採取できず	—	—	—	—	—	—	—	—	
17			7.7	4.3	46	0.41	0.007	0.006	0.000	0.03

表2 土壌溶出液におけるpH及びECの経時変化

試料	風化日数	測定項目	恒温槽内(40℃)			室温(10~15℃)		
			湿潤	湿乾	乾燥	湿潤	湿乾	乾燥
			深度21~27m混合試料	0		6.9		
	7	pH	5.7	6.5	6.7	6.9	6.9	6.9
	13		5.0	6.2	6.6	6.9	6.9	6.9
	21		4.2	6.0	6.6	6.9	6.8	7.0
	30		3.9	5.4	6.4	6.6	6.6	6.7
	36		3.9	5.1	6.4	6.4	6.7	6.8
	0			2.0			2.0	
	7	EC (mS/m)	24.4	8.1	6.4	2.1	2.7	3.5
	13		46.2	10.7	7.0	2.3	3.7	3.5
	21		75.0	16.4	7.8	3.2	4.2	4.1
	30		83.1	25.1	9.0	5.0	5.0	4.6
	36		82.7	34.4	9.3	6.4	5.0	4.6

[自主研究]

# 土壌中における有害重金属の存在形態と植物への移行状況の解析

石山高 八戸昭一 濱元栄起 白石英孝 細野繁雄

## 1 研究目的

土壌汚染が発生した場合、土壌を介して有害物質が植物へと移行する可能性が懸念される。土壌中の有害物質は、間隙水中に溶出した後、根から吸収され、茎、葉、実などの各部位へ移行する。従って、植物への移行特性を解析するには、間隙水中での溶出形態や溶出濃度に影響を及ぼす土壌中での存在形態の把握が不可欠である。

本研究では、過去の国際貢献プロジェクトで入手した中国農用地汚染土壌を用いて、重金属類の溶出形態と存在形態を分析する。今年度は、土壌中での存在形態と植物への移行特性との関連性について報告する。

## 2 実験方法

存在形態分析には、逐次化学抽出法を採用した。この抽出法で重金属類を水溶性態、イオン交換態、酸可溶性態、鉄酸化物態に分画した。具体的な抽出条件を表に示す。

試験植物は収穫後、根、茎など部位別に粉碎した。硝酸-過塩素酸分解法により、部位別の金属含有量を測定した。

## 3 結果と考察

植物中における鉄の部位別含有量を図1に示す。鉄含有量はトウモロコシが最も高く、根に高濃度で蓄積されていることが分かった。鉄は光合成に不可欠な元素であり、主として葉部で必要とされるが、トウモロコシでは根から葉への鉄移行率が低いため、他の植物に比べ高濃度の鉄を吸収しなければならなかったものと思われる。鉄酸化物態としての存在比率が高かったクロム、コバルト、銅やアルミニウムの部位別含有量は図1と同様の傾向を示し、トウモロコシの根における蓄積が顕著であった。これらの元素は植物が鉄を吸収する際、副次的に取り込まれたものと考えられる。酸可溶性態としての存在比率が高かったニッケル、亜鉛、カドミウムやマンガ

ンは、マリーゴールド、大豆やヒマワリに蓄積される傾向にあった(図2)。イネ科植物であるトウモロコシやコウリヤンはキレート物質を分泌して鉄を溶解するのに対し、マリーゴールドなどは水素イオンを放出して鉄を溶解するため、酸可溶性態の金属を効率よく吸収したものと考えられる。土壌から植物への金属移行特性は土壌中での存在形態だけでなく、植物の持つ金属吸収機構とも密接に関連することが分かった。

地上部への金属移行特性を調べたところ、トウモロコシやコウリヤンでは多くの金属が根に留まることが分かった(図1、2)。植物の細胞壁は陽イオン交換能を有するため、地上部への移行が阻害されたものと思われる。一方、マリーゴールドや大豆は、地上部への金属移行率が高い傾向にあった(図2)。これらの植物では根圏のpHが低下するため、細胞壁の陽イオントラップ機能が低下した可能性が考えられる。陰イオンとして溶解する砒素やモリブデンは、トウモロコシやコウリヤンでも地上部へ効率よく移行することが分かった。

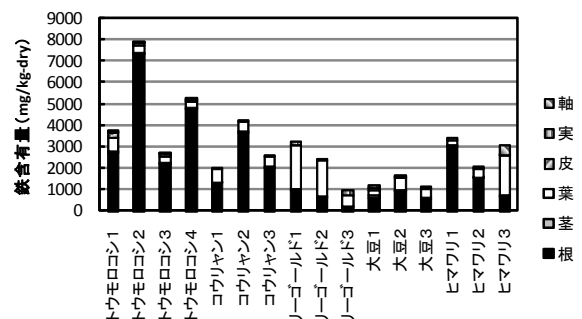


図1 植物中における鉄の部位別含有量

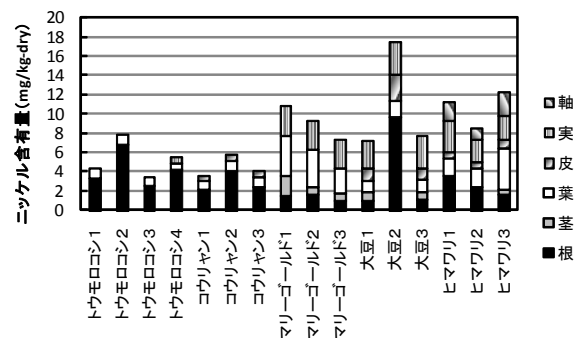


図2 植物中におけるニッケルの部位別含有量

表 形態別抽出条件

	画分	土壌 試料量	抽出溶媒 液量	抽出溶媒組成	抽出 時間	抽出 速度	抽出後の pH	備考
STEP1	水溶出	1g	25mL	水	6h	毎分 200回	7.90 ~9.11	
STEP2	イオン 交換態			0.05 M 硫酸アンモニウム	4h		7.95 ~8.05	
STEP3	酸可溶 性態			0.11 M 酢酸	16h		4.00 ~4.62	
STEP4	鉄酸化物 態			0.2M シュウ酸- シュウ酸アンモニウム	4h		3.00	暗条件

[自主研究]

## 地中熱利用システムのための地下熱環境評価手法と熱応答試験装置の開発

濱元栄起 八戸昭一 白石英孝 石山高 佐竹健太

### 1 背景と目的

再生可能エネルギーのひとつである「地中熱エネルギー」の活用が期待されている。当センターでは、これまで埼玉県内における地中熱利用システムの普及に役立つ情報の整備を目的として、自主研究事業「低温地熱資源情報整備を目的とした地中熱利用地域特性解析(平成20年度～23年度)」を実施し、埼玉県内における地下環境についての情報収集や新たな調査、ポテンシャルマップの作成を進めてきた。本自主研究は、この成果をさらに発展させることを目的とする。具体的には、第1に高精度な測定システムを開発し、より精度の高い地下熱環境評価を行うこと、第2に採熱率の評価に有効な「熱応答試験」について、従来よりも簡易的な試験方法を開発することである。

初年度となる本年度は、高精度地下温度計測システムを開発し、実用化を検討した。また得られた地下温度情報は24年度発行の埼玉県地質地盤資料集に収録し、情報公開を実施した。

### 2 高精度地下温度測定システムの開発

地中熱利用システムの設計や施工を行ううえで、地下温度は重要な要因のひとつである。このため高い精度で地下温度を測定することは、システムの設計や施工の信頼性の向上にもつながるものと期待される。一般に、地下温度測定は、信号線の入ったケーブルでサーミスタセンサーを吊り下ろし、地上部の表示器に示された温度を読み取って記録する。従来地下温度は、分解能0.01度程度で測定してきたが、本研究では、これよりも高い分解能である0.003度のシステムを開発した(図1)。このシステムの特徴は、高い精度で抵抗を測定可能なデジタルマルチメータをパソコンに接続し、新たに作成した地下温度測定用のプログラム(図2)を使うことで、高分解能かつリアルタイムでパソコンにデータを取り込むことができることである。このため従来に比べて測定を省力化することができた。さらに、リアルタイムで地下温度の鉛直分布を描画できるため、現場で地下温度分布を確認しながら測定間隔等を適宜判断することができるなどの利点も備えている。本年度は、埼玉県内の温度計測地点24地点のうち20地点でこのシステムを用いて計測した。本研究は、このように

高い分解能で地下温度を計測できた埼玉県における初めての事例となった。また、高分解能の地下温度測定システムは、今後、熱応答試験を実施する際にも、精度の高い採熱率の評価を行うために有効であると考えている。

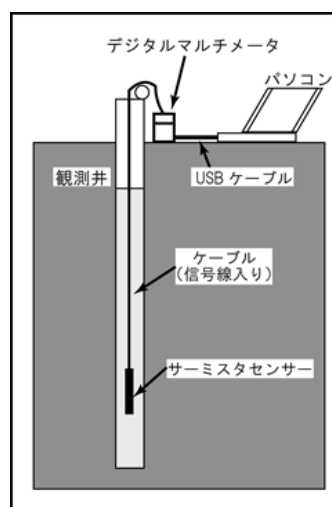


図1 高精度地下温度測定システムの概念図

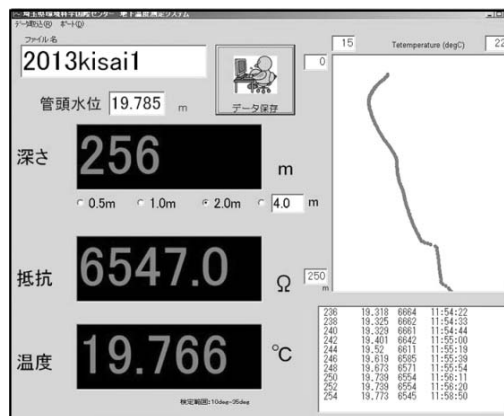


図2 地下温度測定プログラム