

## 7 抄録・概要

### 7.1 自主研究概要

- (1) 自然環境データベースのGISによる構築・運用 — 森林変遷の把握と温暖化緩和機能の評価 — ..... 嶋田知英、増富祐司、三輪誠
- (2) 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
- (3) 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
- (4) 光化学反応によるBVOC由来生成物の測定手法の構築と埼玉県における現況把握 ..... 佐坂公規、梅沢夏実、松本利恵、米持真一、長谷川就一、野尻喜好
- (5) 埼玉県における回遊魚の遡上及び陸封に関する実態把握 ..... 金澤光、三輪誠、王効挙、米倉哲志
- (6) 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
- (7) 資源植物による汚染土壌の修復効果にみられる品種間の差の評価 ..... 王効挙、米持真一、磯部友護、細野繁雄、三輪誠、米倉哲志、金澤光
- (8) 降水によって水環境に移行しうる燃焼由来ダイオキシン類に関する研究 ..... 蓑毛康太郎、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、蓑毛康太郎、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、蓑毛康太郎、野尻喜好
- (11) 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
- (12) 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
- (13) 中小河川・水路における水生生物の生息環境の評価手法の検討 ..... 木持謙、田中仁志、金澤光
- (14) 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
- (15) 海成堆積物の風化メカニズムと土壌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
- (16) 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
- (17) 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]

# 自然環境データベースのGISによる構築・運用

— 森林変遷の把握と温暖化緩和機能の評価 —

嶋田知英 増富祐司 三輪誠

## 1 目的

当センターでは、これまで自然環境分野を中心にGIS(地理情報システム)データの収集や作成を行い、自然環境GISデータベースの構築に取り組んできた。また、蓄積したGISデータを用い、野生生物の生息条件の空間的評価や生息適地モデルの検討、耕作放棄地等土地利用変遷の把握などを行ってきた。

この様な自然環境データベースの構築や解析を行う過程で、埼玉県の森林の空間的構造に近年大きな変化があったことが分かったが、詳細な実態把握や要因解析は十分行われていない。そこで、GISデータベースのさらなる充実を図るとともに、GISデータベースを用い、埼玉県の森林等の詳細な空間分布の実態や土地利用変遷を把握する。

## 2 森林等土地利用変遷に関する解析

埼玉県広域緑地計画によると、埼玉県の森林面積は1975年から2000年の間に約6%減少したとしている。しかし、国土数値情報土地利用細分メッシュデータを集計し、1976年から2006年の森林率変遷を解析した結果、3次メッシュ単位で見ると、全体の33.7%のメッシュで森林率は減少していたが、10.5%のメッシュでは森林が増加しており、一概に埼玉県の森林が減少しているとは言えず、埼玉の森林変遷は地域により複雑な様相を呈していることが明らかとなった<sup>1)</sup>。

そこで、あらたに2009年の国土数値情報土地利用細分メッシュデータを取得し、埼玉県の土地利用変遷についてGISを用い解析・整理を行った(図1)。用いた国土数値情報土地利用細分メッシュデータの空間解像度は一辺約100mで、土地利用を11~15の種別に分類している。なお、土地利用種別が年度により若干異なるため、8つの土地利用種別に



図1 埼玉県の土地利用(2009年土地利用細分メッシュ)

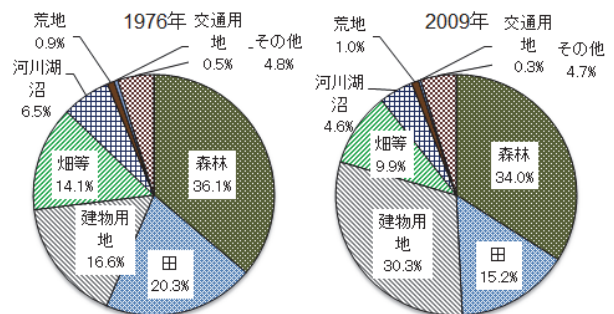


図2 1976年及び2009年の埼玉県の土地利用構成

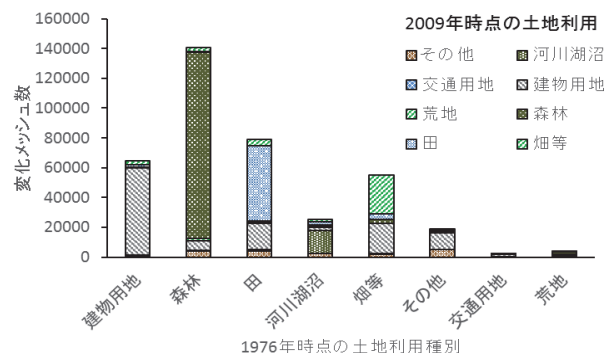


図3 1976年時点の土地利用に占める2009年の土地利用

統合・再分類し解析を行った。ここでは、主に、1976年から2009年の間の土地利用変化について報告する。

1976年から2009年の間に、メッシュ数の増減が最も大きかったのは建物用地で、全県比16.6%から30.3%へと大きく増加した。次いで増減が大きかったのは田で、全県比20.3%から15.2%へと大きく減少した。畑等も田と同様に、14.1%から9.9%へ減少した(図2)。

土地利用種ごとの変化を知るため、個別メッシュについて、1976年と2009年の土地利用を集計し、変化を整理したところ、最も多くのメッシュで移行が起きたのは、畑等から建物用地で、畑等の37%が建物用地となった。次いで田から建物用地で、田の23%が建物用地となった(図3)。

このように、埼玉県の1976年から2009年までの土地利用の変化を見ると、森林の変化は比較的少なく、畑地や水田の多くが建物用地に変化してきた状況が明らかとなった。

## 文 献

- 1) 嶋田ら(2012)埼玉県環境科学国際センター報, 12, 110.

[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 城裕樹\* 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、環境基準達成率は十分でない。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)の発生源は多種多様であり、野焼き等のバイオマス燃焼起源粒子の動態解明や寄与の把握、また、二次生成粒子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

**2.1 秋季と夏季の炭素成分の比較** 2011年の秋季および2012年の夏季と秋季に、騎西においてそれぞれ日単位のサンプリングを約2か月間行い、熱分離・光学補正法(IMPROVEプロトコル)によって、ECとOC、およびWSOCを分析した。WSOCは抽出水をフィルターに含浸・乾燥させて分析した。図1に期間平均の濃度を示す。期間中、PM<sub>2.5</sub>が短期基準(日平均35 μg/m<sup>3</sup>)を超過した日数は2011年秋季に9日あった(他は0日)。PM<sub>2.5</sub>濃度(期間平均)は、2011年秋季19.3 μg/m<sup>3</sup>、2012年夏季11.3 μg/m<sup>3</sup>、2012年秋季12.7 μg/m<sup>3</sup>と、2011年秋季は特に高かった。ECとOCは夏季に比べて秋季の方が1.4~2倍程度高く、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。主に化石燃料燃焼に由来するとされるsoot-EC(=EC<sub>2</sub>+EC<sub>3</sub>)は秋季と夏季とで同程度だが、主にバイオマス燃焼に由来するとされ

るchar-EC(=EC<sub>1</sub>-OCP)は夏季よりも秋季の方が3~4倍程度、WSOCも1.4~2倍程度高かった。ただし、いずれの時期もWSOCはOCの約5割を占めた。フラクション別に見た場合、OCP(熱分解による炭化分)の8割以上、OC<sub>4</sub>の5割前後、OC<sub>2</sub>とOC<sub>3</sub>の3~4割をWSOCが占めており、秋季と夏季に大きな差は見られなかった。

**2.2 バイオマス燃焼の発生源組成** 農作物残渣(大麦わら・小麦わら・稲わら)の焼却実験により採取したPM<sub>2.5</sub>試料のWSOCを分析した結果、WSOC/OC比は0.4~0.5であった。また、実際に籾殻を焼却している現場の煙から採取したPM<sub>2.5</sub>試料のWSOC/OC比は0.5~0.7であった。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・籾殻では検出されなかった。

**2.3 秋季と春季のバイオマス燃焼の影響** 2011年秋季(11月7~17日)と2012年春季(5月10~15日)に、騎西とさいたまにおいてそれぞれPM<sub>2.5</sub>試料を採取し、レボグルコサンを分析した。試料をジクロロメタン/メタノール混合溶媒で抽出し、10%BSTFA-TMCSと70℃で2時間反応させて誘導体化後、GC-MSで分析した。2011年秋季のレボグルコサン濃度は2012年春季に比べて騎西で3.5倍、さいたまで2.5倍高く、バイオマス燃焼の影響は秋季に大きかった。また、騎西はさいたまに比べて秋季で2.3倍、春季で1.7倍高く、バイオマス燃焼の影響は県北部で相対的に大きいことが示唆された。PM<sub>2.5</sub>日平均値が47~63 μg/m<sup>3</sup>と特に高濃度となった3日間を含む2011年11月1~7日について考察すると、OC、WSOC、レボグルコサン、char-EC、K<sup>+</sup>はいずれもPM<sub>2.5</sub>の上昇に伴って高い傾向が見られ、レボグルコサンとWSOC、char-EC、およびK<sup>+</sup>がそれぞれ正の相関を示していた。

### 3 まとめと今後の予定・課題

レボグルコサンの結果から秋季はバイオマス燃焼の影響が大きく、またバイオマス燃焼から発生したWSOCの影響も示唆された。WSOC、char-EC、K<sup>+</sup>がいずれも上昇する場合はバイオマス燃焼の寄与が大きいと考えられる。

今後は、さらに大気試料の分析を進めて季節変動、地域分布を明らかにするとともに、バイオマス燃焼の発生源情報を収集し、これらを基に発生源寄与率の算出を行う。

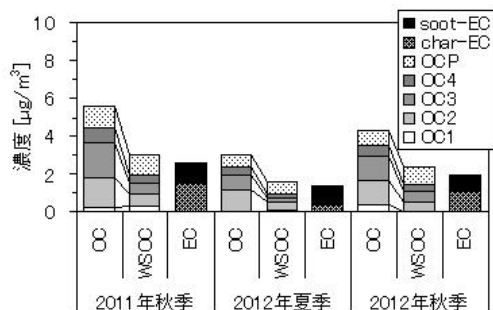


図1 IMPROVEプロトコルにより分析した各期間のEC、OC、WSOCの平均濃度

[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、2000年9月より、一週間単位のPM<sub>2.5</sub>の通年観測を、また、2009年4月より、標準測定法による日単位のPM<sub>2.5</sub>の採取を開始し、現在も継続している。日単位のPM<sub>2.5</sub>試料を通年で得ている事例は国内では非常に少なく、当センターが所有するデータは貴重である。この間に2011年3月の東日本大震災や夏季の大規模節電、更には2013年1月以降のPM<sub>2.5</sub>の社会的関心の高まりなどがあつた。

当センターで、これまでに得た週単位のPM<sub>2.5</sub>試料は長期トレンドの把握に、また、日単位試料は、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することができる。更に、2005年から実施しているサブミクロン粒子(PM<sub>1</sub>)の通年測定は国内に例が無く、PM<sub>1</sub>に関する基本的な特徴を明らかにしてきた。本研究では、これら通年の微小エアロゾル試料を活用して、各種大気イベント及び各種対策の効果などを微小粒子の観点から評価する。

## 2 方法

当センター(加須市)の敷地内に2台のPM<sub>2.5</sub>採取装置(FRM2025)及び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%で秤量、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 2013年度のPM<sub>2.5</sub>の状況

2013年度は、年間で362試料を得た。PM<sub>2.5</sub>濃度の年平均値は14.1 μg/m<sup>3</sup>、98%値は41 μg/m<sup>3</sup>であり、昨年度(それぞれ13.3 μg/m<sup>3</sup>、37 μg/m<sup>3</sup>)より、やや上昇していたが、2009年度と比べると低いレベルであった。環境基準値と比較すると、年平均値は基準達成、98%値は非達成であり、昨年度と同様であった。

環境基準値35 μg/m<sup>3</sup>以上の高濃度は11月～3月に12日、4月に1日、8月に3日観測され、従来どおり、秋季から冬季

にかけて高濃度の出現頻度が多かったが、2013年度は夏季に濃度が上昇する事例が見られた。

### 3.2 越境大気汚染の新規指標成分の探索

世界で産出される希土類元素(レアアース)のほとんどは、中国国内で産出される。そこで、レアアースに着目することで、越境大気汚染について明らかにできる可能性がある。図1は、2013年1月に越境大気汚染が懸念された期間(1月31日～2月2日)を含む9日間と、3月に西日本に比較的規模の大きい黄砂が飛来した期間(3月7日～9日)を含む9日間の、PM<sub>2.5</sub>中レアアースの濃度変動を示す。

レアアースはセリウム(Ce)、ランタン(La)、ネオジム(Nd)、プラセオジム(Pr)の順に濃度が高いが、越境大気汚染が懸念された期間に、濃度上昇していることが分かった。

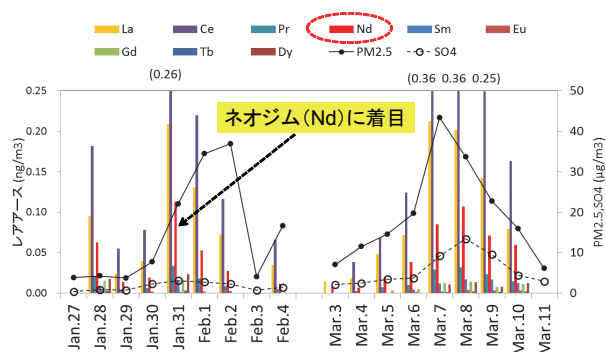


図1 2013年冬季のレアアース濃度(加須)

全般にPM<sub>2.5</sub>中のレアアース濃度は非常に低く、また、土壌中にも含まれる成分であることから、データの解釈には注意が必要であるが、我々はNdに着目した。北京市内は加須の約10倍高い濃度であったこと、季節別では冬季に常に検出されていたこと、他の季節でも、越境大気汚染が見られたと考えられる時期に濃度上昇したことから、新たな越境大気汚染の指標となる可能性がある。

### 4 今後の研究方向

PM<sub>2.5</sub>濃度は今後も上記時期に上昇すると考えられる。連続観測の長所を活用して、様々な高濃度事例について検証していきたい。

[自主研究]

# 光化学反応によるBVOC由来生成物の測定手法の構築と 埼玉県における現況把握

佐坂公規 梅沢夏実 松本利恵 米持真一 長谷川就一 野尻喜好

## 1 目的

微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)による大気汚染の状況は深刻であり、その改善は喫緊の課題である。国や県では、その原因物質の一つである揮発性有機化合物(VOC)について、種々の排出抑制策を講じている。一方で、国内の陸生植物から放出されるイソプレン等、生物起源VOC(BVOC)の動態やPM<sub>2.5</sub>生成への寄与は、まだ十分に把握されていない。

本研究では、BVOCの光化学反応により生成するPM<sub>2.5</sub>中の指標化合物について測定・分析手法を構築し、本県におけるBVOCの現況を把握する。今年度は、フィルター上に捕集した粒子状物質に含まれる指標化合物の測定・分析手法について検討した。

## 2 方法

### 2.1 試料採取

前処理・分析手法の検討のためのPM<sub>2.5</sub>試料の採取は、当センター生態園(8、11、1、3月)及び堂平山(東秩父測定局、9、3月)で実施した。採取は、PM<sub>2.5</sub>捕集用の分級器を装着したハイポリウムエアサンプラーにより行い、PM<sub>2.5</sub>を石英繊維フィルター上に捕集した。吸引流量は毎分740L、採取時間は原則日中の8時間、もしくは24時間とし、採取後のPM<sub>2.5</sub>試料は分析まで冷凍保存(-30℃)した。

### 2.2 前処理及び分析手法の検討

BVOCとして代表的な $\alpha$ -ピネン及びイソプレンに由来する指標化合物であるcis-ピノン酸及び2-メチルテトラールを対象とし、これらをシリル化してGC/MSで測定するための前処理及び分析手法について検討した。

## 3 結果

試料の分析スキームの一例及びGC/MS分析条件を図1及び表1に示す。抽出にはジクロロメタン/メタノール混合溶媒を用いる報告例が多いが<sup>1)</sup>、本研究では適度に濃縮がなされるようジクロロメタン/メタノール2:1(v/v)を採用した。

抽出液中の有機マーカー化合物の多くは揮発性が低く、GC/MS分析には適さないため、予め誘導体化が必要となる。通常、シリル化剤(BSTFA+1%TMCS)とピリジン混合液

との反応(70℃、2~3h)を用いるが<sup>2)</sup>、近年、BSTFA+10%TMCSを用いる事例も報告されている<sup>3)</sup>。本研究では、両条件でシリル化を行い、より操作が簡便でほぼ同等の結果が得られる後者を採用した。

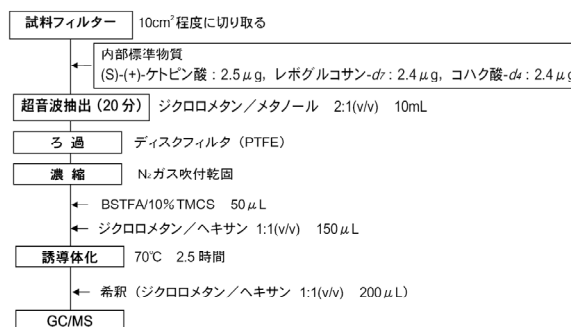


図1 PM<sub>2.5</sub>試料の分析スキーム(24時間採取の場合)

表1 GC/MS分析条件

Instrument	Trace 2000 GC/MS (Thermo)
Column	Rtx-5ms 60m x 0.25mmID x 0.25µm (RESTEK)
Oven temp	60°C (1min) → 10°C/min → 200°C → 5°C/min → 300°C (10min)
Injection	1µL Splitless
Inlet Temp	270°C
Carrier Gas	He, 1.0mL/min
Ionization voltage	70eV
Ion Source Temp	230°C
MS Mode	Scan

本手法で得られた指標化合物の大気濃度を表2に示す。

表2 指標化合物の大気濃度

	CESS生態園		堂平山(東秩父観測所)	
	夏季(ng m <sup>-3</sup> )	冬季(ng m <sup>-3</sup> )	夏季(ng m <sup>-3</sup> )	冬季(ng m <sup>-3</sup> )
cis-ピノン酸	2.7	6.0	5.0	16.0
2-メチルテトラール	8.5	0.25	11.0	ND

## 4 今後の研究方向

今年度対象とした指標化合物以外にも分析方法を検討するとともに、試料採取地点を増やしながら本県における現況把握を進めることとしたい。

### 参考文献

- 1) Claeyns, M. et al. (2004) Science, 303, 1173-1176. など
- 2) Hu, D. et al. (2008) J. Geophys. Res., 113, D22206.
- 3) 熊谷ほか(2013)第54回大気環境学会年会講演要旨集, P-097.

[自主研究]

## 埼玉県における回遊魚の遡上及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、当時はアユが荒川水系の入間川、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った。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いる。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把握を目的とする。

### 2 方法

遡上生物のうち魚類は両側回遊魚(ハゼ科、アユ科)および遡河魚類(サケ科、コイ科、サヨリ科、キュウリウオ科)、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2013年3月から2014年3月末までとした。

### 3 結果

回遊魚類の遡上状況については、平成23年度からアユ科アユ、キュウリウオ科ワカサギ、コイ科マルタウグイ、サヨリ科クルマサヨリ、カワアナゴ科カワアナゴを確認した。今年度

はマルタウグイの遡上時期を精査した結果、柳瀬川では2013年3月19日から富士見市富士見橋で遡上が確認され、上流の志木市志木大橋上流で4月4日に確認、その後、4月16日には清瀬市台田団地付近まで遡上、当日と18日に産卵を確認した。本種は5月8日まで台田団地周辺で確認された。2014年3月24日には富士見橋上下流まで遡上を確認した。不老川では2012年も本種が確認されたが、産卵の有無までは精査されなかった。2013年4月4日には川越市新一本橋で遡上が確認され、4月8、9日に新一本橋下流で産卵を確認した(図1)。4月19日には調査ポイントの河川水がなくなり、本種は新河岸川合流近くまで降下した。その後も不老川の河川水がなく、5月3日には確認できなかった。2014年3月



図1 マルタウグイの産卵(不老川 2013年4月9日)

9日には不老川の一本橋上下流の礫が重機により均され、河道が直線化し、本種の遡上には影響がないか明らかではなかったが、3月24日には新一本橋上下流で遡上が確認された。隣接する新河岸川では4月4日と9日に本種を確認した。黒目川では、朝霞市浜崎大橋上流で4月4日に本種が確認された。その後は5月初旬まで確認出来ず、中旬以降は上流落合川合流の貯水池工事に伴い、河川水が濁り、目視調査はできなかった。2014年は3月26日には水道橋下流、新高橋上流、溝沼黒目橋下流、黒目橋下流で遡上が確認された。

### 4 今後の研究方向等

魚類の陸封については、ハゼ科魚類は確認されたが、他魚種では確認できなかった。今後も追跡調査を実施する。

[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ホウレンソウなどの葉物野菜では、比較的高い濃度のオゾンの影響により葉に可視被害が発現し、生産者に経済的な損失を与える事例が報告されている。

このような状況を踏まえ、オゾン被害を軽減するため、これまでに、ホウレンソウやコマツナにオゾン的人工的に暴露し、可視被害の発現程度に基づいて、オゾン感受性の品種間差異を決定するとともに、オゾンに比較的強い品種を選抜してきた。また、これらのオゾン感受性の品種間差異は、葉の気孔密度と密接な関係があり、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ことを明らかにした。

一方、ホウレンソウでは、栽培施肥量を増やすことにより、オゾン被害が軽減されるとする報告がある。そこで、平成25年度は、施肥量の異なる土壌でホウレンソウを栽培し、オゾン暴露試験を実施するとともに、施肥量の多少によるオゾン被害軽減効果の有無について検討した。

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、ホウレンソウ(12品種:図1参照)を用いた。また、栽培土壌として黒ボク土を用い、化学肥料(成分: N=14%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=14%、K<sub>2</sub>O=14%)を、窒素分12.5g/m<sup>2</sup>となるよう施用した区(少肥区)と25.0g/m<sup>2</sup>となるよう施用した区(多肥区)を設定した。ホウレンソウは、少肥区および多肥区の土壌を各プランターに詰め、時期を変えて計6回栽培した。1つのプランターには6品種を品種毎に播種し、それらを自然光型温室内で育成した。また、本葉が10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バー内にプランターを移設し、数日間チャンバー内の環境に順応させた後、オゾン暴露を実施した。

オゾン暴露条件は、人工光型環境制御ガス暴露チャンバ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日間とした。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した。これらのデータに基づいて、指数として「被害度」を算出した<sup>1)</sup>。

## 3 結果

図1に、少肥区および多肥区で時期を変えて6回栽培した12品種のホウレンソウのオゾンによる被害度の平均値を示す。デュエル、早生スイング、パスワード7およびクロネ以外の品種においては、少肥区に比べて、多肥区でオゾン被害が軽減される傾向が認められた。また、これらのオゾン被害の軽減傾向の程度は品種によって異なった。

これらのことから、栽培施肥量を増やすことによるオゾン被害の軽減効果が認められる品種と認められない品種が存在し、軽減効果が認められる品種でもその軽減程度は品種によって異なることがわかった。

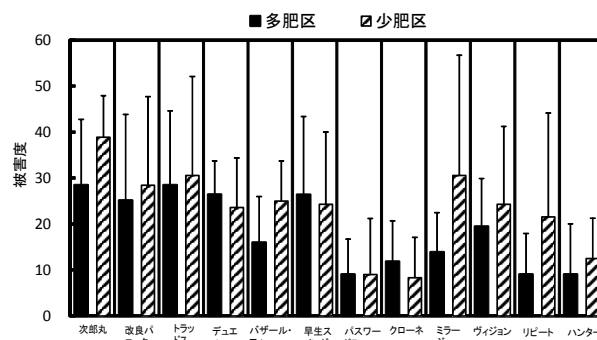


図1 少肥区および多肥区で時期を変えて6回栽培した12品種のホウレンソウに120ppbのオゾン暴露して得られたオゾン被害度の平均値

## 4 今後の研究方向

これまでの一連の研究で得られた知見を踏まえ、生産現場での活用を指向したオゾン被害軽減技術に関する資料集を、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作成する。

### 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]

# 資源植物による汚染土壌の修復効果にみられる品種間の差の評価

王効挙 米持真一 磯部友護 細野繁雄 三輪誠 米倉哲志 金澤光

## 1 目的

汚染土壌の環境修復技術として、植物を利用したファイトレメディエーション(PR)は、低コストで環境に優しい技術として各方面で研究開発が進められている。本研究では、従来、開発対象とされた専用植物の代わりに、バイオ燃料等として利用可能な資源植物を扱う。特に農用地の土壌汚染では修復後も農用地として継続利用が可能な点など、本技術の活用が期待される。これまでに実施した研究から、一部の資源作物(トウモロコシ、ヒマワリ、ダイズ等)は、PR専用植物に比べ重金属の含有率では劣るものの、バイオマス量の大きさから集積量で優ることを確認しているが、品種による修復効率の差異は確認できていない。

そこで、本研究では、トウモロコシ、ヒマワリ、ダイズ等主要な資源作物に対し、品種間の修復効率の差を評価し、有用な品種を選定することを目的とする。今年度は資源植物としてダイズを選択し、収集した11品種について栽培試験を行って、品種による修復効率の違いを評価した。

## 2 方法

平成25年4月～9月に、11品種の国産ダイズを用い、当センターの人工気象室内に重金属汚染土壌の入ったポットで栽培した。栽培期間終了後、ダイズ試料を採集し、地下部(根)及び地上部(茎、実、葉)に区分して乾重量及び重金属濃度を測った。また、植物が土壌から吸収した重金属の蓄積量を算出して、浄化効果を評価した。なお、用いた11品種のダイズは、夏の声(A)、うまい茶豆(B)、夏の装い枝豆(C)、おいしい枝豆(D)、ビールがうまい枝豆(E)、味源(F)、幸福えだまめ(G)、おつ姫(H)、天々峰(I)、タチナガハ(J)、エンレイ(K)である。

## 3 結果

ダイズの品種間で地下部の乾重量に大きな差は認められなかったが、地上部の乾重量では大きな差が認められた。品種D、F、G、Kの乾重量は、品種A、B、E、Hと比べ、約3倍程度高かった(図1)。

植物地上部中の重金属濃度については、Ni、Cu、Pb、Asの濃度は品種間にあまり差が認められなかった。一方、Cd濃度は品種間差異が認められた。特に品種GのCd濃度は

高く、最も濃度の低かった品種Cの5倍程度であった(表1)。

植物の修復能力を表す地上部の重金属蓄積量は、品種D、F、G、Kで高い傾向を示した(表2)。特に品種GはCdの蓄積量が最も高く、他の重金属に対しても高い蓄積量が認められ、汚染土壌の修復に良い品種であることが示唆された。

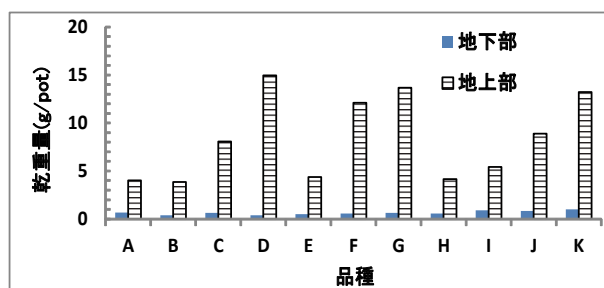


図1 異なる大豆品種の地上部と地下部の乾重量

表1 異なる大豆品種の地上部の重金属濃度(mg/kg)

品種	Ni	Cu	Cd	Pb	As	Cr
A	1.3	13.5	4.3	1.7	1.5	0.6
B	1.3	13.3	3.2	1.7	1.6	1.2
C	1.8	17.1	2.2	1.8	1.1	2.5
D	1.4	14.3	5.2	2.0	2.0	1.3
E	1.6	16.8	3.4	1.3	1.0	1.1
F	1.3	14.0	4.7	2.0	2.1	0.6
G	1.5	14.2	10.0	1.7	2.0	1.0
H	1.9	14.5	3.4	3.4	1.5	1.1
I	2.0	20.5	3.8	2.1	1.7	0.8
J	1.0	12.9	5.5	1.2	1.5	0.4
K	1.3	14.2	3.6	1.1	1.3	0.6

表2 異なる大豆品種の地上部の重金属蓄積量(μg/株)

品種	Ni	Cu	Cd	Pb	As	Cr
A	5.3	54.1	17.5	6.7	6.1	2.6
B	5.1	51.4	12.3	6.7	6.3	4.5
C	14.5	138.4	17.9	14.3	9.0	20.6
D	20.4	213.1	77.3	29.8	30.5	19.3
E	7.2	73.5	14.9	5.8	4.6	4.7
F	15.5	169.9	56.4	24.6	25.7	6.8
G	20.1	193.9	136.2	23.7	26.9	13.0
H	8.0	60.1	14.2	14.0	6.3	4.6
I	10.8	111.6	20.6	11.5	9.1	4.2
J	8.9	114.7	48.7	10.6	13.5	3.8
K	16.7	187.7	48.2	15.1	17.8	8.4

## 4 今後の研究方向

収益性を持つ植物を用いた汚染土壌修復技術の確立においては、品種間の差に留意し、栽培地に適した品種を選定する必要がある。次年度は、トウモロコシやヒマワリを対象に修復効果の品種間差異を検討する。



[自主研究]

# 降水によって水環境に移行しうる燃焼由来ダイオキシン類に関する研究

菱毛康太郎 大塚宜寿 野尻喜好 松本利恵

## 1 目的

本研究の目的は廃棄物焼却炉等の排出ガスを起源とし、大気降下物となって河川に移行する燃焼由来ダイオキシン類の量を明らかにすることである。昨年度までの調査で、埼玉県の排出インベントリーと、大気降下物に含まれる燃焼由来ダイオキシン類の量がほぼ一致することが分かった。このことから、県内で大気中に放出されたダイオキシン類は、概ね乾性および湿性降下物として県内の地表面に移行していると考えられた<sup>1)</sup>。今年度は、地表面に移行した燃焼由来ダイオキシン類が降水によって河川に流入し、河川水中ダイオキシン類濃度に与える影響を試算した。

## 2 方法

河川水で継続的に環境基準を超えるダイオキシン類が観測されている綾瀬川で負荷量の推算を行った。綾瀬川の中～下流域は舗装面が多く、降水が直接河川に流入しやすいと推察される。綾瀬川の河川水量<sup>2)</sup>は、降水<sup>3)</sup>時に急激に増加している。この急激な流量の変動は降水が流域から流入したためと考えられ、地表面に移行したダイオキシン類は、このような降水とともに河川へ流入すると推察される。そこで、降水時に見られる急激な流量の変動を降水の流入分と見なし、そこから綾瀬川への負荷量を推算した。

## 3 結果

我々は2004年度に綾瀬川で月ごとに河川水を採取してダイオキシン類の濃度変化と汚染原因を調査している<sup>4)</sup>。この

調査結果から、燃焼由来ダイオキシン類の年平均濃度を、綾瀬川の水量<sup>2)</sup>を加味して算出すると、0.70pg-TEQ/Lとなった。2004年度に降水によって増水した水量は年間 $2.99 \times 10^7$  m<sup>3</sup>と推算され、この水にインベントリー<sup>5)</sup>(2003～2005年)から求めた2.6～3.3pg-TEQ/Lのダイオキシン類が含まれていたと仮定すると、綾瀬川の年間総流量 $1.34 \times 10^8$  m<sup>3</sup> 当たりに換算した濃度は0.58～0.74pg-TEQ/Lとなった。この値は実測値(0.70pg-TEQ/L)と良好に一致した(図1a)。このことから綾瀬川の水質における燃焼由来ダイオキシン類は、主に大気降下物の流入による影響を受けていると考えられた。

同様に現在の負荷量も試算した。降水が、インベントリー<sup>5)</sup>(2010～2012年)から求めた濃度1.7～2.1pg-TEQ/Lで流入したとすると、河川水中の濃度は0.33～0.40pg-TEQ/Lとなった(図1b)。この値はダイオキシン類の水質環境基準(1pg-TEQ/L)の3～4割に達しており、大気環境基準が達成された現在でも、大気降下物が河川水質へ与える影響は少ないことが示唆された。

## 文献

- 1) 菱毛ら(2013)第22回環境化学討論会要旨集, 130-131.
- 2) 国交省: 水文水質データベース<http://www1.river.go.jp/>
- 3) 気象庁: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 4) Minomo *et al.* (2011) *Chemosphere* 85, 188-194.
- 5) 埼玉県大気環境課: <http://www.pref.saitama.lg.jp/uploaded/attachment/608992.pdf>

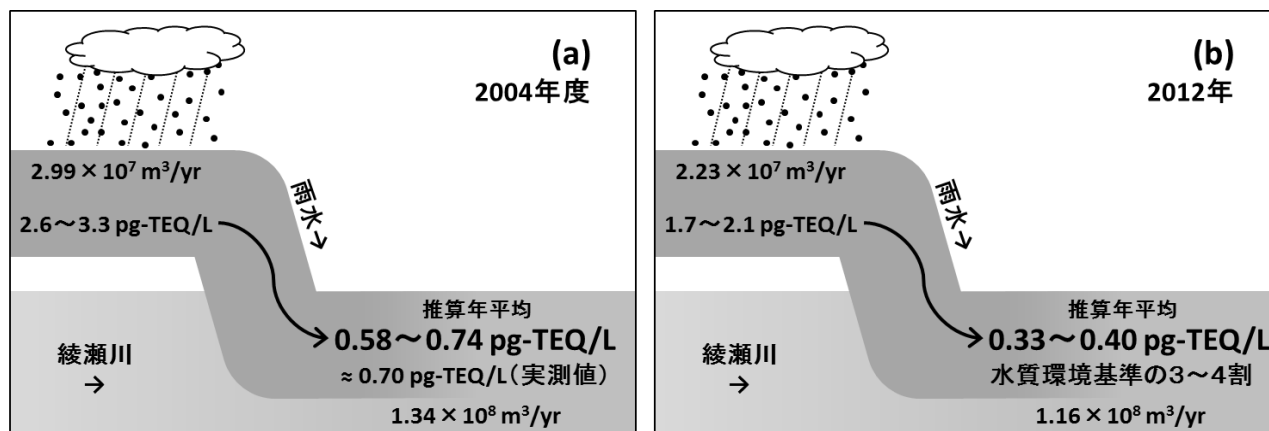


図1 綾瀬川河川水における大気降下物由来ダイオキシン類の推算結果

Potential combustion-originated dioxins transferring to water environment by rainwater 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、1993年頃から使用されてきた殺虫剤であり、イミダクロプリド、ニテンピラム、アセタミプリド、チアメトキサム、チアクロプリド、クロチアニジン、ジノテフランの7化合物が農薬取締法に基づいて登録されている。ネオニコチノイド系殺虫剤の作用機構は、神経伝達の障害であり、適用できる害虫の種類が多い。また、ネオニコチノイド系殺虫剤の脊椎動物に対する毒性は、昆虫に対する毒性より低いという特徴を有している。さらに、ネオニコチノイド系殺虫剤は、水溶性であることから植物体への浸透移行性が高く、残効性も有することなどから、多くの植物の生産性向上のために広く使用されてきた。しかし、近年、ネオニコチノイド系殺虫剤は、ミツバチが減少する現象の原因物質として疑われており、その使用を規制する国もでてきた。ネオニコチノイド系殺虫剤は、河川水等からの検出が報告され、環境汚染物質としての関心も高まりつつあるが、環境中濃度の測定例はまだ少ない。そこで、埼玉県内を流れる河川におけるネオニコチノイド系殺虫剤の汚染実態の概況を把握するために、我々が昨年度に開発したネオニコチノイド系殺虫剤7化合物の一斉分析法<sup>1)</sup>を用いて、季節ごとに河川水中濃度の調査を行った。

## 2 方法

埼玉県内に環境基準点を有する全35河川について、最下流の環境基準点で採水・調査した。河川規模を勘案し、荒川及び利根川については、それぞれ2地点及び1地点を追加して全調査地点数を38とした。試料は、2013年4月、8月、10月、1月にそれぞれ採取した。ただし、8月の調査においては、1地点(不老川不老橋)で河川水が無かったために試料を採取することができなかった。

調査対象物質は、ネオニコチノイド系殺虫剤の7化合物とし、昨年度に我々が開発した分析方法<sup>1)</sup>で河川水中の濃度を測定した。ろ過した試料にd4-チアメトキサム、d3-クロチアニジン、d4-イミダクロプリド、d3-アセタミプリドを内標準物質として添加し、InertSep Pharma FF カートリッジで固相抽出し、得られた溶出液をInertSep GC カートリッジでクリーンアップした後に濃縮したものをLC/MS/MSで測定した。

## 3 結果と考察

ネオニコチノイド系殺虫剤の7化合物は、ろ過残さから検出されなかったため、ろ過試料の検出下限、検出率、濃度の範囲、および全国出荷量、水質汚濁に係る農薬登録保留基準を表1に示した。

各化合物の検出率は、4回の調査で大きな差がみられなかった。ジノテフランの検出率は、各調査において90%以上で高かった。一方、チアクロプリドとニテンピラムの検出率は、10%以下で低かった。これは、ジノテフランの出荷量が他に比べて多く、チアクロプリドとニテンピラムの出荷量が他に比べて少ないためと考えられる。4回の調査で、すべてのネオニコチノイド系殺虫剤が不検出であった地点は、山間部にある荒川の上流部の1地点(中津川合流点前)だけであり、調査したほとんどの地点でネオニコチノイド系殺虫剤を検出した。

4回の調査における最も高い濃度は、4月の調査で検出したジノテフランの250ng/Lであった。4回の調査における各調査地点において、出荷量が他の化合物に比べて多いジノテフランは、その濃度が他に比べて高い傾向がみられた。検出率および検出濃度範囲が他に比べて高かったジノテフランやクロチアニジンは、それらの濃度が、他の時期に比べ、8月調査の方が高くなる傾向がみられた。ネオニコチノイド系殺虫剤7化合物の濃度は、水質汚濁に係る農薬登録保留基準を大幅に下回っていた。

表1 ネオニコチノイド系殺虫剤の検出下限、検出率、濃度範囲、全国出荷量および水質汚濁に係る農薬登録保留基準

化合物	検出下限 ng/L	検出率 %	濃度範囲 ng/L	2011年度 全国出荷量 t (農薬要覧から)	水質汚濁に係る 農薬登録保留基準 mg/L
ジノテフラン	0.8	95 - 97	<0.8 - 250	156.3	0.58 (6)
クロチアニジン	0.7	84 - 95	<0.7 - 110	60.6	0.25 (2)
イミダクロプリド	0.6	82 - 86	<0.6 - 57	68.5	0.15 (1)
チアメトキサム	0.6	71 - 89	<0.6 - 32	38.5	0.047 (0.5)
アセタミプリド	0.4	50 - 68	<0.4 - 19	48.0	0.18 (-)
チアクロプリド	0.4	0 - 8	<0.4 - 1.4	16.2	- (0.3)
ニテンピラム	1	0 - 3	<1 - 6	7.5	- (13)

水質汚濁に係る農薬登録保留基準で括弧内の数値は、H18年8月3日以前に登録申請の場合

## 参考文献

- 1) 大塚宜寿, 野尻喜好, 蓑毛康太郎, 茂木守, 堀井勇一 (2013) 河川水中のネオニコチノイド系殺虫剤の分析, 環境化学討論会要旨集, 22, 2PD-019.

# 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)は、多様なパーソナルケア製品に使用される高生産量化学物質であるが、その一部について、環境残留性や生物蓄積性が指摘されている。本研究では、環状及び鎖状の3～6量体のVMSを対象に、まず、公定法提案を目指した高精度の分析法開発を行う。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25年度は、VMS発生源情報の整備として下水処理場における詳細調査：VMS排出量調査、施設内のVMSマスバランス調査、周辺環境への影響調査を行った。

## 2 試料と方法

調査は埼玉県内の下水処理施設を中心に、流域下水処理施設(10箇所)、単独公共下水処理施設(1箇所)、農業集落排水処理施設(7箇所)で行った。マスバランス調査は流域下水処理施設(9箇所)で行い、それぞれ流入水、最初沈殿池出口水、反応タンク混合液、最終沈殿池出口水、放流水、脱水ケーキを採取した(図1)。反応槽エアレーションガスの脱臭設備を有する施設については、活性炭塔の前後でガスを採取し、VMSの除去率及び大気への排出量を算出した。このうち1施設において、放流水及び周辺河川水を毎月採水し、周辺環境でのVMS残留濃度及びその年間変動を調査した。

## 3 結果と考察

VMS排出量：下水処理施設を介したVMS排出量を、下水放流水中VMS濃度と下水処理量の積により算出した。下水処理施設からの公共用水域へのVMS総排出量は、流域・単独下水処理施設において0.48～270kg/year、農業排水処理施設において0.0077～0.2kg/yearの範囲であった。

施設内のVMSマスバランス調査：各下水処理工程の試料測定結果と水処理量等のデータを基に、下水処理施設におけるVMSマスバランスを推算した。施設Aにおける各媒体へのVMS移行率は(図1)、流入水を100%とした場合、エアレーションガスで15%、脱水ケーキで73%、放流水で6.6%、脱臭後の排出ガスで0.007%であった。流入水及び放流水中VMSの濃度差から算出したVMS除去率は、89%～98%の範囲であり、その約7割は汚泥として除去された。

周辺環境における残留濃度：下水処理施設の放流水及び周辺河川水中VMSの年間濃度は、放流水で420～1700 ng/L、放流口上流で37～280ng/L、放流口下流で120～590 ng/Lの範囲であった。河川水中VMS濃度の推移から、冬～春季(1～5月)に高く、夏～秋季(6～10月)に低い傾向が観測され、これは河川水量や水温の変化によるものと推察された。また放流口下流側の河川水中の濃度は、上流側と比較して約2倍高く観測されており、VMS発生源としての下水処理施設の寄与が確認された。

## 4 今後の予定

平成26年度は河川や沿岸域から収集した水、底質、魚類中のVMS濃度を測定し、環境媒体間での分配や環境残留性について解析する。

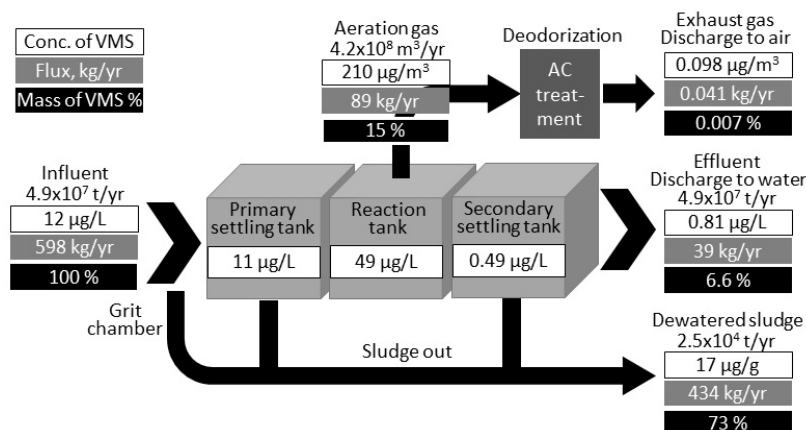


図1 下水処理施設におけるVMSのマスバランスと流入・排出量

[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

富栄養化は、従来から湖沼の問題で、河川では問題にならないという認識がある。しかし埼玉県内には流れが緩慢な水域が数多くあり、それら水域における富栄養化の実態や、影響については未解明の課題が多い。本研究では、県内の栄養状態の実態把握のための概況調査と、滞留区間における詳細調査を実施したので、結果を報告する。

## 2 方法

**2.1 栄養度の概況調査** 2012年7月から環境基準点等38地点の河川水を対象として、藻類(Chl-a)、有機物、栄養塩等の水質項目を測定した。OECDの湖沼の栄養度の分類<sup>1)</sup>を用い、富栄養化の度合いを評価した。

**2.2 市野川の滞留区間における詳細調査** 図1に示す河川区間では夏期に流れが停滞し、St.6では高濃度のChl-aが検出されている。そこで、市野川橋(St.1)から流下方向に調査を行い、藻類(Chl-a)の存在状況を調査し、合わせて他の水質項目も測定した。

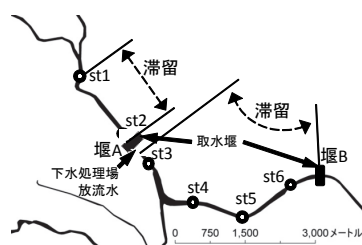


図1 市野川の詳細調査実施地点

## 3 結果

**3.1 栄養度の概況調査** Chl-aの最高濃度で栄養度を分類した結果を図2に示す。荒川、入間川両水系河川の上流を除いて、多くの地点で富栄養、過栄養に分類される状況であった。詳細な藻類の生成要因は個別に調査する必要があるものの、これらの河川における栄養塩濃度(TN平均3.4mg/L、TP平均0.2mg/L)は藻類の増殖に十分であり、かつ緩い河床勾配や堰の存在、潮位の影響などにより、流れが穏やかであることが要因であると考えられる。

**3.2 市野川の滞留区間における詳細調査** 本水域は県内でも有数のChl-a濃度が検出される地点であるため、2013年8月に詳細調査を行った(図3)。堰Aによって形成され

る滞留区間の入り口にあたるSt.1ではC-BOD(BODのうち、窒素の影響を除いたもの)が3mg/L程度であったが、末端(St.2)では14mg/Lに急増した。Chl-a濃度も滞留区間末端に向けて急増し、同様の現象がSt.3とSt.6の間でも生じていた。なお、St.3でC-BOD、Chl-a濃度が減少したのは、St.2で川の流れがせき止められ、St.3の河川水の大半が下水処理場放流水からなるためである。C-BODの上昇は懸濁態有機物(VSS)の上昇によること、Chl-a濃度から推定<sup>2)</sup>されるVSS濃度と実測VSS濃度の比較から、VSSの大半は藻類からなると推定されることにより、対象水域の有機汚濁は藻類によるものであると考えられ、数kmの滞留区間でさえ、藻類濃度を爆発的に増加させるには十分な水質・水理条件であった。

図2 県内河川の栄養度

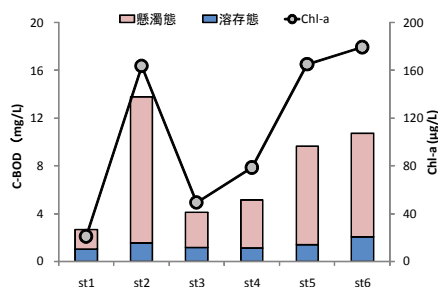
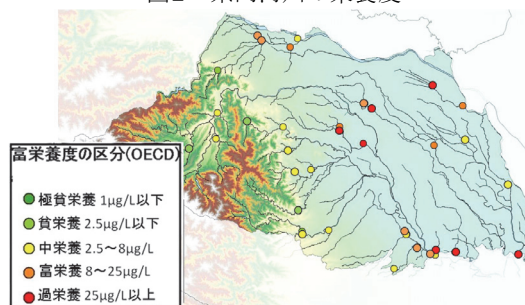


図3 詳細調査対象区間のC-BODとChl-a

## 4 今後の課題

市野川の水理・水質条件を定量的に把握し、その制御可能性について明らかにすることが必要である。

### 参考文献

- 1) OECD (1982) Eutrophication of Waters.
- 2) Chapra et al. (2005) QUAL2K: a modeling framework for simulating river and stream water quality.

[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、多量のエネルギーの消費や温室効果ガスであるN<sub>2</sub>Oの排出等による温暖化への影響が課題となっている。よって、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有用と考えられる。本研究では、N<sub>2</sub>O生成に関連する反応に着目し、下水処理施設のN<sub>2</sub>O生成速度などを活性試験から調査し、N<sub>2</sub>O生成ポテンシャルやN<sub>2</sub>O排出係数の変化を議論することで、N<sub>2</sub>O排出量を低減できる条件を考察することを目的とした。そのため、曝気風量などに変化があり、窒素除去特性が大きく変化した下水処理施設の処理水窒素濃度、N<sub>2</sub>O排出量、硝化に関連する細菌数などの調査を継続して行った。以上の結果を総合し、硝化の進行とN<sub>2</sub>O生成の反応経路を考察するとともに、N<sub>2</sub>O排出を低減できる条件を検討した。

## 2 実験方法

県内の標準活性汚泥法で運転されている下水処理施設の反応槽から活性汚泥を採取した。本施設では、硝化抑制(Case1)と硝化促進(Case2)の2つの条件で運転された。硝化活性試験(実験1)では、対象とした施設の反応槽混合液2Lの上澄み1Lを超純水で2回置換後、1N HClまたは1N NaOHにてpHを6.8~7.2に調整した。NH<sub>4</sub>-Nが20mgN/Lになるように窒素源を添加し連続曝気した。30分おきに2時間、試料の一部を採取してろ過し、ろ液のNO<sub>3</sub>-Nを分析し、その傾きを算出し、MLVSSで除し、硝化活性とした。

N<sub>2</sub>O生成活性試験(実験2)では、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。ここに5mgN/LとなるようにNO<sub>2</sub>-N溶液を1mL添加して密閉し、0~2h振盪器で攪拌した。次に阻害剤を添加し、激しく攪拌した後、20°C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。

## 3 結果

Case1からCase2へ移行した期間の硝化活性試験(実験1)で求めたNO<sub>x</sub>-N生成活性およびNO<sub>3</sub>-N生成活性の変化は図1に示すとおりであり、硝化促進へ運転変更を行ったCase2に移行してからはいずれも顕著に増加していた。これは、曝気風量の増加によりDO供給が増加し、NH<sub>4</sub>-N酸化量が増加したことで、AOB(アンモニア酸化細菌群)のNH<sub>4</sub>-N酸

化活性が高まったためであると考えられた。NO<sub>x</sub>-N生成活性とNO<sub>3</sub>-N生成活性の差はCase2に入り増加し、両者の差は6月後半で最大1.7mgN/gVSS/hにもなったが、Case2の後半ではほぼ等しくなった。以上より、Case1ではNO<sub>2</sub>-NからNO<sub>3</sub>-Nへの酸化が停滞していたが、Case2に移行したことでAOBのNH<sub>4</sub>-N酸化活性に続いてNOB(亜硝酸酸化細菌群)のNO<sub>2</sub>-N酸化活性も上昇し、Case2の後半では硝化反応がNO<sub>2</sub>-Nで停滞することなくNO<sub>3</sub>-Nまで完全に酸化されるようになったことが示唆された。

N<sub>2</sub>O生成活性試験(実験2)で求めたNO<sub>3</sub>-N生成活性およびN<sub>2</sub>O生成活性の変化も図1に示した。N<sub>2</sub>O生成活性はCase1の後期において0.25mgN/gVSS/h程度であった。N<sub>2</sub>O生成活性は、Case2への移行後、徐々に減少した。また、実験2のNO<sub>3</sub>-N生成活性は、Case1では実験1のNO<sub>3</sub>-N生成活性と同様に低かったが、Case2に移行してからは増加し、7月以降に概ね4mgN/gVSS/h以上で一定となった。また、NO<sub>3</sub>-N生成活性が増加した場合には従属栄養細菌によるNO<sub>2</sub>-N還元を阻害し、N<sub>2</sub>O排出係数が減少したと考えられる。

以上のように、硝化の制御が観察された活性試験の場合、硝化抑制運転をした際には、NO<sub>3</sub>-N生成活性は低く、N<sub>2</sub>O生成活性が高かった。また、硝化を促進した際は、NO<sub>3</sub>-N生成活性が高く、N<sub>2</sub>O生成活性が低くなった。これは、NOBの活性が低い際にはAOBによるNO<sub>2</sub>-N還元が卓越し、NOBの活性が高まるとNOBのNO<sub>2</sub>-N酸化が卓越することによって生起すると考えられた。

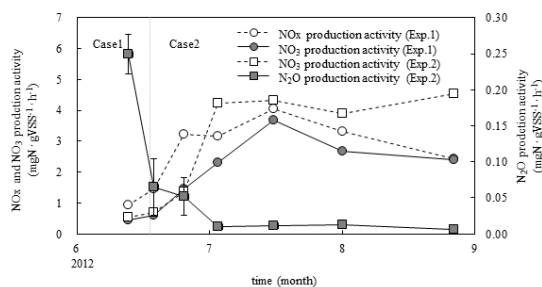


図1 活性試験の経時変化

## 4 今後の予定

室内で窒素源を主基質とする人工下水を用いて活性汚泥を培養し、純粋な条件において、今回の下水処理施設の調査でみられた硝化に関する運転条件を変化させて、N<sub>2</sub>O生成ポテンシャルを調査する予定である。

[自主研究]

# 中小河川・水路における水生生物の生息環境の評価手法の検討

木持謙 田中仁志 金澤光

## 1 背景および目的

熊谷市は荒川の扇状地に位置し、市内には荒川を取水源とする水路網(大里用水)が西から東の方向に展開している。県内河川等では、比較的マクロな視点から魚類調査等が実施されてきた一方、我々も熊谷市内の水路網の一部で、シジミ類の生息実態調査等を行ってきた。本研究では、主に大里用水の水路網に焦点を当て、河川環境・水質・生息生物等を調査する。地形条件が調査対象と類似している岡山市内の河川では、市内の商業、住宅地を流下しているにもかかわらず豊かな生態系が形成されている。そこで、本調査で得られるデータを岡山市のそれと比較検討しつつ、水生生物生息環境を整理・解析する。本研究の特色として、カルテのような形による評価手法を検討し、生息環境の改善に資することを目的とする。

## 2 方法

大里用水において、農耕地を流下する水路上に2地点(①、②)、住宅地の水路上に3地点(③~⑤)、商業地の水路上に1地点(⑥)の、合計6つの調査地点を設定した(図1)。設定は、護岸形状(石組み、コンクリート平面張り等)、河床構造(自然河床、コンクリート張り等)、水深・流速等の視点から、研究対象生物の生息の可否をある程度予測しつつ行った。各調査地点の構造や河床の状況等について整理したものを表1に示す。

研究対象生物には、対象河川・水路に生息が想定される代表種を選出し、それらが生息可能な環境であれば他種もほぼ生息可能という仮定の下で生息条件等を検討することとした。具体的には、魚類ではギバチ(岡山ではギギ)、二枚貝類ではドブガイおよびシジミ類等(両地域共通)とした。

調査項目は、流況(水深、流速等)・環境因子(水温、溶存酸素等)・水質(BOD、窒素、リン等)や、季節による水生植物の有無等とし、1ヶ月に1回の頻度(水質は2ヶ月毎)で調査を実施した。また、生息生物調査は季節毎に実施した。

## 3 結果および考察

いずれの水路も、水生生物の生息環境を考慮して、通年で水量が確保されているものの、灌漑期と非灌漑期での差が大きいケースが多かった。特に流速は、底生生物等の定着に大きな影響を及ぼすことが考えられる。例えば、地点⑤では、灌漑期を中心に1m/sec超の流速が観測され、河床にほとんど堆積物が見られなかった上、水生生物も観察されなかった。しかし、地点③~⑤に至る水路には魚類等の待避

場所が複数設置されており、そこでは砂利や落葉等の堆積

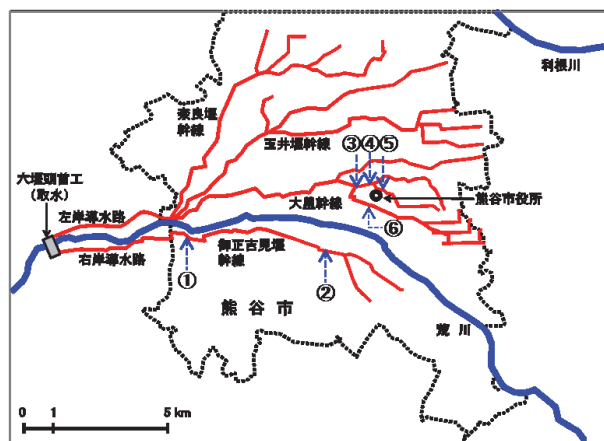


図1 研究対象河川および調査地点

表1 各調査地点の構造や河床の状況等

地点	①	②	③	④	⑤	⑥
護岸	石組み	コンクリート平板	コンクリート平板	コンクリート平板	コンクリート平板	石組み
河床	れき	コンクリート平板	コンクリート平板	コンクリート平板	コンクリート平板	コンクリート平板
堆積物	砂利等	ほとんどなし	砂利等	なし	なし	ほとんどなし
備考	-	-	-	魚類等待避場所あり	魚類等待避場所あり	-

も見られた。生物調査ではこれらの退避場所で、本研究の代表生物種のギバチやシジミ類等が採捕された。こうした生息・産卵のための機材・構造物を設けることによる、水生生物生息環境の改善効果等の客観的評価が必要と考えられた。

なお、環境因子としては、いずれの地点もDOは十分に観測された(全調査・全地点の最低値で7.8mg/L)。また、水温は、季節により約4~27℃と変動したが、地点による差はほとんどなかった。水質としては、地点①、②の水路と、③~⑥の水路では若干の差が見られた(例:BODで、前者は1.0mg/L前後、後者は1.5mg/L前後)ものの、本水路網では物理的構造等が、より大きな影響因子の可能性が考えられた。

## 4 今後の展望等

引き続き、環境・水質・生物調査を進めることに加えて、水生生物生息・産卵機材等を設置することによる、生息環境改善効果について検討評価していく。

[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 Sushmita Hossain\* 小口千明\*\*

## 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帯水層の深度や分布範囲、そして地域の地下水質特性を制約する自然地層に含まれている重金属類の存在状態などは十分に把握できていない。そこで、本研究では、従来から自然的原因により地下水中からヒ素が検出されている地域において実施されたボーリング調査から地質試料を採取し、自然地層中におけるヒ素の賦存状態を把握するとともに、地下構造に関する知見の集積を目的とした。

## 2 方法

分析対象とした地質試料は埼玉県加須市の中川河床から掘削したボーリング調査により採取した(図1)。試料は掘削後直ちに実験室に持ち帰り、表層部から深度44mまで1mごとに土壌水採取装置(間隙径0.12-0.18 μm)を使用して掘削直後の間隙水を採取した。採取した間隙水はICP/MS法やICP/AES法によりヒ素等の重金属類を、IC法や酸消費量法により溶存イオンなどを計測した。また、地質試料は化学形態別分析を実施し、さらに粒度分析装置を使用して堆積物タイプごとの構成比を計測した。

## 3 結果と考察

堆積物の粒度分析結果(図2d)から、当該地点では深度15~20mに第一帯水層、そして深度37~44mに第二帯水層が分布していることがわかる。また、表層より深度3~4mにピート層、そして深度13~14mに埋没ローム層が分布していた。間隙水の硫酸イオン濃度(図2c)を見ると、深度22~28mを中心に高濃度となり、また堆積物中には多くの貝化石が含まれることから、深度21~33mは海の影響を受けた海成層であることがわかる。間隙水中のヒ素濃度(図2a)を見ると、埋没ローム層において特異的に高濃度であることが判明した。一方、深度24~34mの海成層において40 μg/Lという高濃度のヒ素が間隙水中に含まれていた。図2bに示すとおり、第一帯水層の上位に位置する埋没ローム層、そして第二帯水層の上位に位置する陸成シルト層はそれぞれ鉄マンガン酸化物態のヒ素が多く含まれていることから、両帯水層中の地下

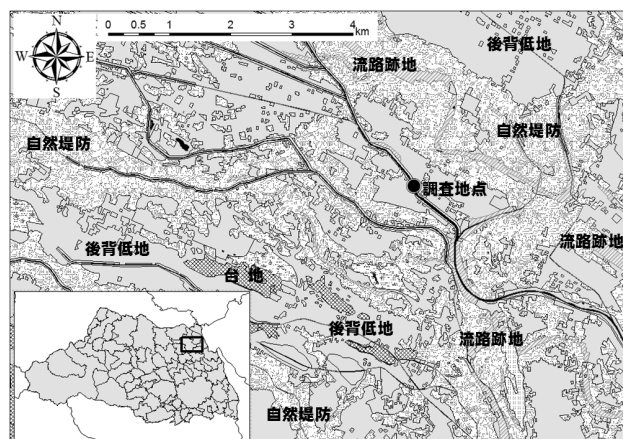


図1 加須市周辺の地形分類とボーリング調査位置

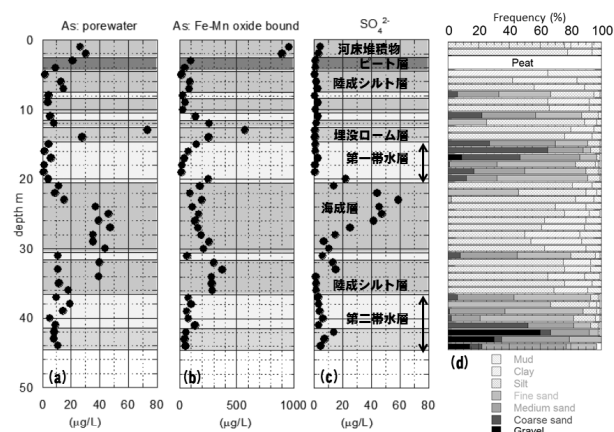


図2 掘削直後の自然地層から採取した間隙水中のヒ素濃度(a)と硫酸イオン濃度(c)、及び堆積物中の鉄マンガン酸化物態のヒ素濃度(b)および粒径に基づく堆積物の頻度分布(d)

水が還元することにより、鉄やマンガンなどとともに地下水中にヒ素が溶出し易い条件が整っているものと考えられた。なお、表層から深度2m程度の部分については、間隙水中ヒ素(図2a)及び鉄マンガン酸化物態のヒ素(図2b)が高濃度であるが、これらは河床からの影響と推定される。

以上のことから、特に自然由来ヒ素の問題に対処する場合には、帯水層と海成層や埋没ローム層などの相対的な位置関係やそれらの三次元構造などに関する情報が非常に重要であることが確認された。

[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

掘削等により掘り起こされた海成堆積物は、大気中で放置されると黄鉄鉱(FeS<sub>2</sub>)の風化により酸性土壌へと変化し、様々な有害重金属類を溶出する。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、FeS<sub>2</sub>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、アルカリ素材を用いた海成堆積物の風化抑制手法について検討した結果を報告する。

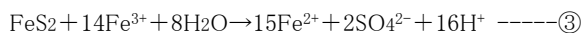
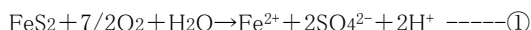
## 2 実験方法

県内で採取した海成堆積物に様々なアルカリ素材(ホタテ貝、酸化マグネシウム、消石灰)を添加し(20wt%)、高温湿潤条件(40℃)で風化試験を実施した。

一定時間毎に土壌溶出試験を行い、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等から風化の進行度合いを評価した。また、逐次化学抽出法により土壌中重金属類の存在形態についても解析した。

## 3 結果と考察

海成堆積物の風化は、以下の反応に従って進行する。



これらの反応には微生物が関与しており、硫黄酸化細菌(至適pH:5-7)や鉄酸化細菌(至適pH:2-4)の働きにより、風化速度は飛躍的に増加すると言われている。そこで本研究では、海成堆積物にアルカリ素材を添加し、微生物活性を低下させて風化を抑制する手法について検討した。

風化試験の結果を図1に示す。アルカリ素材を添加していない場合、約2ヶ月(高温湿潤条件)で土壌溶出液のpHは4まで低下し、ECは150mS/m付近まで増加した。一方、炭酸カルシウムを主成分とするホタテ貝を添加した系では、試験開始から9ヶ月経過しても、pHに大きな変化は認められず、ECは50mS/m付近で増加速度が著しく低下した。この結果は、風化抑制剤として貝殻が有効であることを示している。風化抑制効果は、酸化マグネシウムや消石灰の添加でも認められたが、これらのアルカリ素材を土壌に添加すると土壌溶出液のpHは10以上へと大きく増加した。環境負荷や処理土壌の再利用性を考慮した場合、貝殻のほうが有用と考えられ

る。

海成堆積物中の砒素は、FeS<sub>2</sub>に吸着あるいは含有された状態で存在する。風化が進行すると、FeS<sub>2</sub>は徐々に酸化分解するため、砒素の溶出リスクは増大する。しかし、ホタテ貝を添加した系では、風化試験の前後で砒素の存在形態は変化せず、溶出リスクの増大は認められなかった。また、ホタテ貝は中和剤としても機能するため、仮に風化が進行しても有害重金属類は溶出しない。このようにアルカリ素材の添加は、風化抑制だけでなく、重金属類の溶出リスク低減にも大きな効果を発揮する。

## 4 まとめ

貝殻廃棄物を利用する本法は、低コスト・低負荷型の風化抑制手法として適用できる見通しが得られた。炭酸カルシウムは水に対する溶解度が低いため、貝殻の風化抑制効果は長時間持続する。また、本法は既存の技術(粘性土、遮水シート等による被覆・浸透防止)と異なり、大気や水と接触した状態でも風化抑制効果を発揮する。

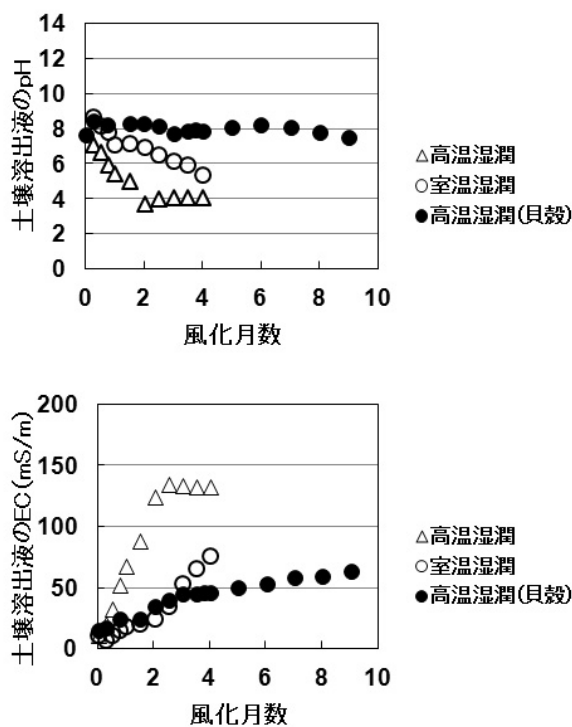


図1 ホタテ貝の風化抑制効果



[自主研究]

# 土壤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

近年、中国では急速な経済発展に伴い、様々な環境汚染が顕在化している。特に、都市郊外の農業地域では、工場排水や生活排水で汚染された灌漑用水による農用地土壌汚染が大きな問題となっている。

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山西省の農用地土壌を用いて、土壌から植物への金属移行特性について解析する。今年度は、中国山西省の土壌特性を踏まえた上で、植物に移行し易い金属種や有害重金属類を吸収し易い植物種について検討を行った。

## 2 実験方法

農用地土壌1gに対して各重金属類(Cd, As等) 10 μgを添加し、風化試験(40℃湿潤)を実施した。一定時間毎に逐次化学抽出試験<sup>1)</sup>を行い、土壌中重金属類の存在形態(水溶出態、イオン交換態、酸可溶性態、鉄酸化物態、残渣態)を把握した。

風化試験に用いた農用地土壌は、表層土壌(0-20cm)と下層土壌(40-60cm)に分割し、腐植物質が存在形態に与える影響についても併せて検討した。

## 3 結果と考察

存在形態を解析した結果、農用地土壌に添加したヒ素は時間の経過と共に鉄酸化物態へと移行することが分かった。添加量(10 μg/g-soil)の80~90%は可溶性態(水溶出態+イオン交換態+酸可溶性態+鉄酸化物態)として存在し、表層及び下層土壌で存在形態に違いは認められなかった。ヒ素は鉄含有量の高いトウモロコシに蓄積され易い傾向にあり、この結果は土壌中でのヒ素の存在形態を反映しているものと考えられる(図1)。ヒ素のようなオキソアニオン類は、加水分解せず、アルカリ環境下では土壌から溶出し易いという化学的性質を有している。従って、中国山西省のように弱アルカリ性の土壌が広く分布する地域では、ヒ素のようなオキソアニオン類は、鉛やクロム(Ⅲ)等のカチオンに比べて植物への移行性が高いと考えられる。

カドミウムは、水溶出態、イオン交換態、鉄酸化物態としてほとんど存在せず、添加量の約50%が酸可溶性態となることが分かった(図2左)。これに対し、モリブデンは添加量の80%以上が可溶性態となるものの、酸可溶性態としての存在

比率は極めて低いことが分かった(図2右)。この存在形態の違いを踏まえた上で、カドミウムとモリブデンの植物含有量を比較した。カドミウム含有量が高かった植物はマリーゴールドとヒマワリであり、大豆中のカドミウム含有量は検出下限値未満であった。一方、モリブデン含有量が最も高かった植物は大豆であり、マリーゴールドやヒマワリのモリブデン含有量は低い傾向にあった。この結果は、大豆が根圏pHを低下させずに金属を吸収しているのに対し、マリーゴールド等は有機酸で根圏pHを低下させて金属を吸収していることを示唆している。大豆は根圏pHを低下させないため、鉄含有量が低い割に、ヒ素含有量が高かったものと考えられる(図1)。

銅と亜鉛は、表層と下層土壌で存在形態が大きく異なっていた。どちらも下層土壌では、主に鉄酸化物態として存在していたのに対し、表層土壌では鉄酸化物態の他に酸可溶性態としても存在していた。金属の種類によっては、腐植物質の存在により酸可溶性態としての比率が増加することが分かった。銅や亜鉛は、鉄を多量に吸収する植物、有機酸を分泌する植物、どちらにも同等レベルで吸収されたが、農用地以外の土壌(腐植物含有量が低い)では、鉄を多量に吸収する植物に対して、より移行し易いと推察される。

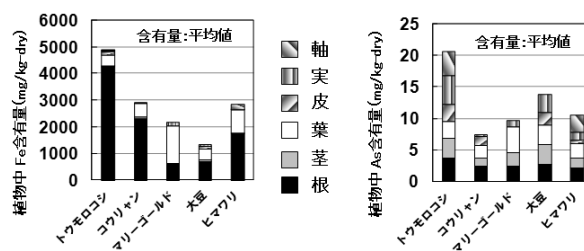


図1 植物中における鉄(左)、ヒ素(右)の部位別含有量

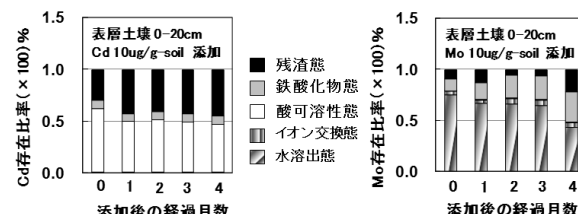


図2 カドミウム(左)、モリブデン(右)の存在形態

文献 1) 石山ら(2013)埼玉県環境科学国際センター報,13,131.

[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、地下環境に関するデータ(特に地下温度)を拡充し、さらに精度の高い地下熱環境評価に役立つこと、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。

### 2 地下温度データの拡充

地中熱利用システムの効率を評価するうえで、地質、地下水特性、地下温度が重要な地下環境情報となる。このうち地下温度については、これまでデータの整備が遅れていたため、地盤沈下観測井で調査し、データの取得に努めてきた。これまで県の管理する地盤沈下観測井を活用し、23地点で地下温度測定を行っている。さらに精度の高い評価を行うためには多地点かつ高密度なデータが重要であることから、本研究で新たに6地点(行田、浦和、北川辺、大利根、深谷北、川島)で地下温度調査を実施した(図1)。

### 3 熱応答試験システム

地中熱利用システムの効率を直接調べる方法として熱応答試験が有効である。一般に熱応答試験では、熱交換井を掘削後にUチューブを挿入し、一定熱量で加熱した循環液を循環させ入口温度と出口温度をモニターすることにより、熱伝導率と採熱量を測定する。ただし、この方法は試験システムが大掛かりなものとなり、試験時間が72時間以上の長時間を要する。そのため人的及び時間的なコストがかかるため中小規模の地中熱システムの設置時には、実施されないケースも多い。しかしながら適切な設計のためには、この試験を行う

ことが望ましく、簡便で短時間で試験できる方法の開発が望

まれてきた。このような要請から複数の研究機関で電熱ヒーターを用いた方法が研究されている(図2)。本研究では、この方法について有限要素法による数値シミュレーションを用い、試験に要する時間の評価を行った。この結果、熱交換井の口径が一般的な太さ(約15cm程度)の場合、孔内部の水を暖めるために多くの熱と時間を要するため、周辺の土壌を暖めるまでに時間がかかってしまい、作業時間短縮に結び付きにくいことがわかった。

従ってこの点を考慮した新たな試験システムの開発を行うことが必要不可欠であり、その開発を進めている。

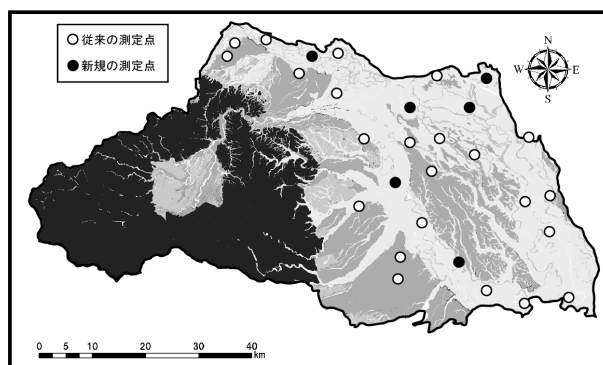


図1 地下温度調査地点

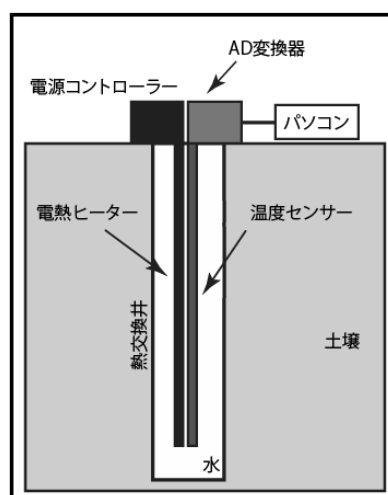


図2 電熱ヒーター型の熱応答試験装置の概念図