

## 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、三輪誠
- (2) 埼玉県における温暖化に伴う気候変動と極端気象に関する研究 ..... 原政之、嶋田知英、武藤洋介
- (3) 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
- (4) 微小エアロゾル長期観測試料中の金属元素成分の検討..... 米持真一、梅沢夏実、松本利恵、佐坂公規、長谷川就一
- (5) 地域汚染によるPM<sub>2.5</sub>の発生源寄与と推定に関する研究..... 長谷川就一、米持真一、梅沢夏実、松本利恵、佐坂公規
- (6) 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 ..... 王効拳、米持真一、磯部友護、細野繁雄、三輪誠、米倉哲志、金澤光
- (7) 光化学オキシダントと高濃度二酸化炭素が埼玉県の水稲に及ぼす単独および複合的な影響の評価..... 米倉哲志、王効拳、嶋田知英、三輪誠
- (8) 埼玉県における希少野生動植物の保全に関する基礎的調査研究..... 三輪誠、角田裕志、米倉哲志、王効拳、金澤光、嶋田知英
- (9) 循環型社会における埋立廃棄物の安定化評価に関する研究..... 磯部友護、渡辺洋一、長森正尚、川崎幹生、長谷隆仁、鈴木和将
- (10) ソーラー発電設備設置が処分場表面からの蒸発水量に与える影響に関する研究..... 長谷隆仁
- (11) 河川水中ネオニコチノイド系殺虫剤濃度の年間変動 ..... 大塚宜寿、野尻喜好、蓑毛康太郎、茂木守、堀井勇一
- (12) 県内における有機ハロゲン難燃剤の汚染実態の把握 ..... 茂木守、蓑毛康太郎、大塚宜寿、堀井勇一、野尻喜好
- (13) 揮発性メチルシロキサンの大気汚染実態の把握..... 堀井勇一、蓑毛康太郎、大塚宜寿、茂木守、野尻喜好
- (14) 浮遊細菌の構成種から見た埼玉県内河川の水質特性評価 ..... 渡邊圭司、池田和弘、柿本貴志、見島伊織、高橋基之
- (15) 富栄養化河川の水質シミュレーションと河川管理手法の検討..... 柿本貴志、池田和弘、見島伊織、渡邊圭司
- (16) 地中熱利用システムによる環境や社会への影響評価..... 濱元栄起、八戸昭一、石山高、白石英孝、嶋田知英、渡邊圭司、山崎俊樹
- (17) 生態園をモデルとした放射性物質の分布及び移行に関する研究..... 山崎俊樹、米持真一、白石英孝、小林良夫、嶋田知英、三輪誠、細野繁雄

[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 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GIS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ることが分かったが、その詳細な実態の解析は十分とは言えない。そこで、GISデータベースのさらなる充実を図り、県の施策や県民による環境保全活動を支援する情報を提供するとともに、GISデータベースを用いた埼玉県の詳細な土地利用変遷の把握と環境保全機能の評価を行う。

### 2 森林による温室効果ガス貯留量の推移

林野庁によると、埼玉県の平成24年における森林率は32%であり、都道府県別の森林率では、茨城県、千葉県、大阪府に次いで低い県であり、全国の森林率67%の約半分にとどまっている。しかし、県全体の森林面積は12万haを超え、その環境保全機能は決して少なくないと考えられる。

そこで、森林の持つ環境保全機能の一つとして、二酸化炭素の吸収・貯留機能に注目し、土地利用に関するGISデータから、その推移を評価した。

二酸化炭素の吸収・貯留機能の評価には、埼玉県農林部森づくり課が公表している報告書「森林・林業と統計」と、国土交通省「国土数値情報土地利用細分メッシュデータ」を用いた。

森林・林業と統計(平成21年度版)に示された民有林の林種別、年齢別面積・蓄積データから、全樹種平均の林齢別材積を集計し(図1)、それを基に、単位面積あたりの材積を林齢より推計する統計モデルを作成した。また、平成21年度の樹齢構成から、樹齢をシフトし過年度の樹齢構成を推計した。この材積推計モデルと、推計林齢構成より、国土数値情報土地利用細分メッシュデータの調査年度である、1976年、1987年、1991年、1997年、2006年、2009年の平均単位面積あたり材積を推計した。また、各年次の森林面積を国土数値情報土地利用細分メッシュデータを基に集計し、各年次の森林面積と単位面積あたり林材積から県全体の林材積を推

計した。なお、転用のない森林メッシュと新たに森林となったメッシュは区別し、新たに森林となったメッシュは森林となった後の期間を林齢とし材積を推計した。

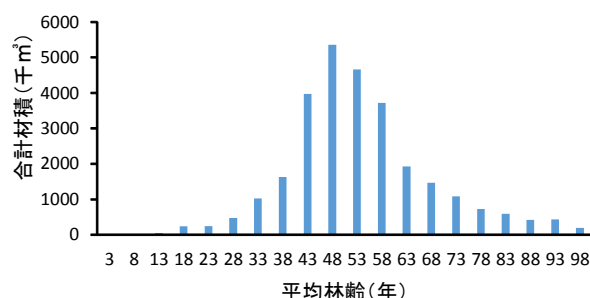


図1 埼玉県 森林・林業と統計(平成21年度版) 平均林齢と合計材積構成

各年次の合計材積を基に、下記の算出式により二酸化炭素貯留量を算出した。

二酸化炭素貯留量(t-CO<sub>2</sub>)=材積m<sup>3</sup>×容積密度(t/m<sup>3</sup>)×拡大係数×(1+地上部に対する地下部の比)×炭素含有率×CO<sub>2</sub>換算係数  
(拡大係数:1.3~1.4、地上部に対する地下部の比:0.26、炭素含有率:0.5、CO<sub>2</sub>換算係数:44/12)

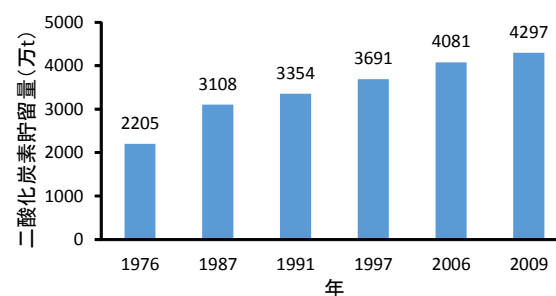


図2 埼玉県の森林二酸化炭素貯留量の推移

推計した埼玉県の森林二酸化炭素貯留量の推移を図2に示した。森林二酸化炭素貯留量は年々増加し、2009年の貯留量は1976年の1.9倍に達しており、その間の年間二酸化炭素吸収量は平均61万t-CO<sub>2</sub>/年と推定された。

2013年度の埼玉県における温室効果ガス排出量は、3912万t-CO<sub>2</sub>であり、埼玉県の森林による温室効果ガスの年間吸収量は、その1.6%に相当し、2009年の貯留量は91%に相当すると考えられる。

[自主研究]

# 埼玉県における温暖化に伴う気候変動と極端気象に関する研究

原政之 嶋田知英 武藤洋介

## 1 研究の背景と目的

かつては、気候変動の影響は北極海や島嶼など脆弱な地域で顕在化していると認識されていた。しかし、近年、埼玉県など中庸な気候の地域にも影響は広がりつつある。

埼玉県は国内でも最も夏場の気温が高くなる地域として知られている。また、長期的にも気温上昇が続いており、過去100年間に熊谷気象台の気温は2.0℃上昇している。このような気温上昇は気候変動と都市ヒートアイランド現象との複合的な影響だと考えられるが、実態として埼玉県の気温は上昇し、農業や健康分野、自然環境などに様々な影響も出始めている。しかし、埼玉県における長期的な気象の変化や、極端気象に関する情報は十分整理されていない。以上を踏まえて、本研究の目的は、過去の気象データを収集し、埼玉県における気候変動と、極端気象情報を整理・解析し実態を把握することである。

## 2 研究の概要

### 【データ】

現在入手可能な気象庁により収集・公開されている地点気象データ(AMeDAS)、気象衛星データ、国土交通省水文水質データベースについて収集した。また、米国国立環境予測センター(NCEP)による気候予測システム再解析データ(Climote Forecasting System Reanalysis; CFSR)、欧州中期予報センター(ECMWF)による再解析データ(ERA-interim)なども収集し、解析を進めている。第5次全球大気海洋結合モデル相互比較プロジェクト(CMIP5)で収集された全球大気海洋結合モデル(CGCM)の過去気候再現実験結果についても収集を進めた。これまでに過去の気候に関するデータ収集(全体で15TB超)をほぼ終えており、埼玉県の災害に関する文献・データ調査についても行った。予定よりも順調に進んだため、将来気候予測データの収集についても既に開始した。

### 【手法】

短時間極端気象現象(台風、竜巻などの突風、降雹、落雷、早霜・遅霜、豪雪)や、異常気象イベント(30年に一度生じる程度の暑夏・冷夏、渇水(連続無降水日数)など)が、観測が開始されてから近年までどのように変化してきているかについて統計的に調査を進めてきた。結果の例として、日最低気温に関する解析結果を示す。

表1は、埼玉県内のAMeDAS観測点8点における1980年代と2005-2014年での10年あたりの熱帯夜日数を示してい

る。越谷で熱帯夜日数が一番多く、熊谷、さいたまと続く。熊谷やさいたまでは、近年、1980年代の3倍以上顕著に増えている。また、越谷でも熱帯夜日数は2倍以上に増加している。1980年代には熱帯夜日数が1年に1日以下であった寄居、秩父、鳩山、所沢でも、近年で日数が顕著に増加している。

表1 AMeDAS観測点での10年あたりの熱帯夜(上段)及び冬日(下段)日数の変化

(年)	熊谷	寄居	久喜	秩父	鳩山	越谷	さいたま	所沢
1980-1989	34	6	18	0	1	63	37	4
2005-2014	130	20	92	3	25	138	122	60

図1は、熊谷地方気象台における1980-1989年と2005-2014年での日最低気温の頻度分布を示している。熊谷においても、表1で見られた熱帯夜日数の増加だけでなく、冬日日数の減少についても顕著に見られている。

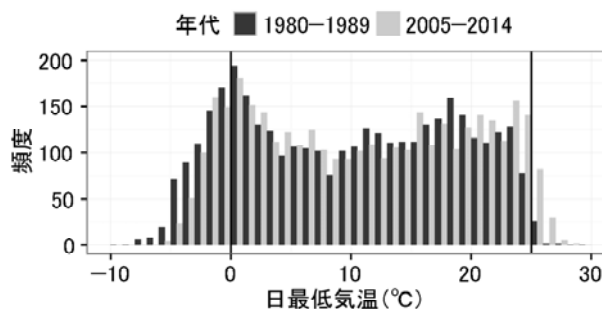


図1 1980-1989年及び2005-2014年における日最低気温の頻度分布

## 3 今後の予定

気候変動に対する適応策を検討するための資料とするため、引き続き関連情報の整理・収集を進める。特に将来気候予測データについて重点的に収集を行う。また、収集したデータの更なる解析を進める予定である。また、顕著なイベントが見られた場合には、より詳細を把握するため収集した気象データを用いた解析や、領域気象モデルを用いた気象の数値シミュレーションなどを行い原因の解明を進める。

[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>)に係る大気汚染の状況は、依然深刻であり、その改善は喫緊の課題となっている。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)の排出抑制について種々の施策を講じている。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)については、発生量の把握が進んでおらず、その動態やPM<sub>2.5</sub>生成への寄与についてもまだ十分に把握されていない。

本研究では、今後のPM<sub>2.5</sub>対策に活用しうる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、本県における現況を把握する。今年度は、これまでに構築した測定・分析手法を用いて、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について、より詳細な分析を試みた。

## 2 方法

分析試料の採取は、夏季(7月下旬~8月上旬)及び秋季(10月下旬~11月上旬)に当センター生態園において実施した。それぞれ日中(9:00~17:00)、夜間(21:00~翌5:00)の8時間採取を基本とし、PM<sub>2.5</sub>捕集用の分級器を装着したハイボリウムエアサンプラーを用いて吸引流量740Lmin<sup>-1</sup>で石英繊維フィルター上に捕集した。分析は既報<sup>1)</sup>に準じ、対象成分の抽出及び前処理(シリル化)を行い、GC/MSを用いて行った。レボグルコサン[バイオマス燃焼の有機分子マーカー]はレボグルコサン-d<sub>7</sub>、cis-ピノン酸[α-ピネン由来の有機分子マーカー]は(S)-(+)-ケトピネン酸の回収率<sup>2)</sup>を用いて濃度を推定した。標準化合物が入手できない2-メチルテトラール[イソプレンの有機分子マーカー]は、類似構造のmeso-エリスリトールと同感度を有すると仮定し、(S)-(+)-ケトピネン酸の回収率<sup>3)</sup>を用いて作成したmeso-エリスリトールの検量線を用いて推定した。

## 3 結果

夏季及び秋季におけるレボグルコサン、cis-ピノン酸及び2-メチルテトラールの平均濃度を表1に示す。

表1 有機分子マーカーの平均濃度(単位:ng m<sup>-3</sup>)

	夏季		秋季	
	日中	夜間	日中	夜間
レボグルコサン	64.5±38.1	43.4±21.1	805.9±423.7	400.6±224.2
cis-ピノン酸	16.7±1.9	6.5±1.5	10.6±3.2	5.3±1.4
2-メチルテトラール	42.2±11.1	16.3±7.8	4.7±3.2	2.4±1.6

2-メチルテトラールの濃度は秋季に減少したが、cis-ピノン酸の濃度は夏季と秋季でほぼ同レベルであった。これらの濃度分布は夏季と秋季で逆転したが、これは照葉樹の落葉に伴うイソプレン放出抑制が一因と考えられる。レボグルコサンの濃度は、一般に野外焼却が増加する秋季に高くなることが知られ、今回の結果もこれを支持するものとなった。

また、光化学酸化の度合いを表す指標として広く用いられているマロン酸とコハク酸の濃度比(diC<sub>3</sub>/diC<sub>4</sub>)の推移の一例を図1に示す。diC<sub>3</sub>/diC<sub>4</sub>は日中に増加し、夜間に減少するという傾向が見られ、光化学的な二次生成が示唆された。また秋季に比べて、夏季の方が大きくなることから強い日射条件の影響が示唆された。

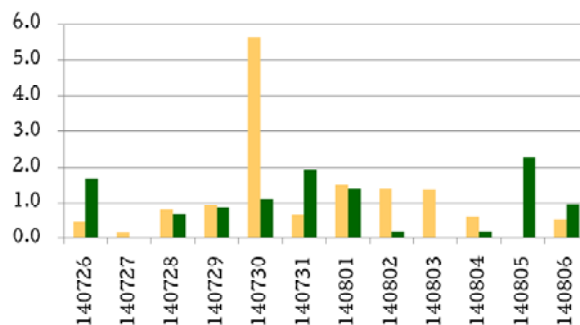


図1 夏季におけるdiC<sub>3</sub>/diC<sub>4</sub>の推移

## 参考文献

- 1) 佐坂ほか (2014) 第55回大気環境学会年会要旨集, 257.
- 2) Kleindienst, T. E. et al. (2007) *Atmos. Environ.*, 41, 8288-8300.
- 3) Hu, D. et al. (2008) *J. Geophys. Res.*, 113, D22206.

[自主研究]

## 微小エアロゾル長期観測試料中の金属元素成分の検討

米持真一 梅沢夏実 松本利恵 佐坂公規 長谷川就一

### 1 目的

2013年1月に発生した中国広域の高濃度PM<sub>2.5</sub>汚染を契機に、日本国内でもPM<sub>2.5</sub>に対する社会の関心は急激に高まった。中国をはじめ東アジアの経済発展は著しく、特に中国で排出された大気汚染物質の一部は風下側の日本に長距離輸送されるため、越境大気汚染への関心が高まった。しかし関東地域は、自身の排出量も多いこと、大陸からの距離が離れていることから、地域汚染の影響も少なくはない。

平時のモニタリングの継続は、大気汚染イベント発生時の解析に有効である。我々は全国に先駆け、2000年から1週間単位のPM<sub>2.5</sub>通年採取、2005年からPM<sub>1</sub>通年採取を継続しており、更に2009年からは1日単位の通年採取を行っている。

PM<sub>2.5</sub>には微量の金属元素成分が含まれるが、これらは発生源の推定に有効な成分である。そこで、本研究は、特に金属元素成分に着目し、高濃度要因の解明や発生源について明らかにすることを目的とする。

### 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)及びPM<sub>1</sub>採取装置を配置し、通年で試料採取を行い、得られた試料に含まれる金属元素成分に着目した。金属元素成分は、マイクロウェーブ試料前処理装置(ETHOS UP, Milestone)を用い、フッ化水素酸、硝酸、過酸化水素中で酸分解を行い、ICP/MSにより66元素を測定した。

### 3 結果と考察

#### 3.1 通年観測結果

2015年4月1日から2016年3月31日までの1日単位のPM<sub>2.5</sub>試料から得た、標準測定法による年平均濃度は、12.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。これは2013年度の14.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2014年度の13.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ から更に低下し、これまで長期的トレンドとして見られた微減傾向が継続している。

短期基準値である日平均値35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の超過日数は、2013年度は16日、2014年度は8日であるのに対し、2015年度は5日であり、4月に1日、10月に2日、12月に2日で、秋から冬にかけて多く出現した。特に10月10日～11日は連続して2日間40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える濃度が継続したが、1月以降は見られなかった。

#### 3.2 金属元素成分から見た考察

10月の連続した2日間を対象として、水溶性イオンおよび金属元素成分の分析を行った。また、比較として、加須では基準値に達しなかったが、関東地域で比較的高い濃度が継続した夏季の汚染イベント時の試料も分析を行った。図1にPM<sub>2.5</sub>濃度および主要なイオンであるNO<sub>3</sub><sup>-</sup>およびSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>を示す。夏季(右)ではSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の濃度の増減がPM<sub>2.5</sub>に大きく寄与していることが分かる。一方、10月の高濃度期は、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>とSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の上昇が見られたが、ピークに若干ずれも見られた。

金属元素のうち例えばAsは廃棄物焼却、石炭燃焼、Vは重油燃焼の指標元素である。As/VやPb/Znは、中国方面から気塊が流入する際に、比率が上昇する事例が報告されている。図2にAs/V、Pb/Znを示した。10月の高濃度のうち9日はAs/V、Pb/Znが共に上昇しており、10日にかけて高い状態が続いていたが、11日はこれらは低下した。なお、10月13日、14日はV濃度が大きく低下したことでAs/Vが上昇した。

一方、夏季はAs/VやPb/Znは低値で推移したが、8月7日～9日にAs/Vに明瞭な上昇が見られた。特に8月8日は、同時に富士山頂で採取したPM<sub>2.5</sub>中のAs/Vにも上昇が見られたことから、中国方面からの気塊の流入が示唆された。

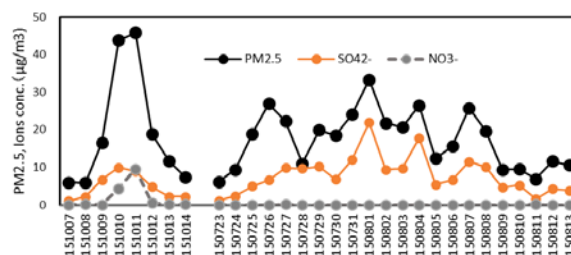


図1 PM<sub>2.5</sub>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>およびSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の推移

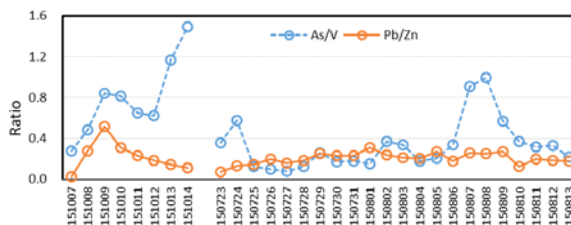


図2 As/VおよびPb/Znの推移

#### 4 今後の方向性

本解析は日中韓同時観測試料も含めて更に考察を行うこととする。また、12月の事例も対象とした考察を進める。

[自主研究]

# 地域汚染によるPM<sub>2.5</sub>の発生源寄与推定に関する研究

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>) の環境基準達成率は、年々変動があるものの低いレベルで推移している。越境汚染によるPM<sub>2.5</sub>の影響は特に西日本で大きく、東日本ではあまり大きくないという知見がある一方、首都圏を抱える関東地方では、比較的広域で濃度上昇が起こる越境汚染とは異なり、関東地方のみで濃度上昇がたびたび観測される。そのため、こうした地域汚染の発生源寄与を把握する必要がある。本研究では、PM<sub>2.5</sub>常時監視・通年観測データや成分測定データ、また発生源粒子の成分測定データを取得・解析し、県行政との連携、各種の共同研究等による関東地方や全国の研究機関との連携を図りながら、地域汚染の発生源寄与割合を推定する研究を行う。

## 2 結果と考察

**2.1 成分の地域的・季節的特徴** 2011～2014年度に実施した四季の成分調査による一般局での測定結果から地域的・季節的特徴を考察した。調査は鴻巣で毎年実施し、それ以外の地点は県内7地区を年度ごとに実施した(2011:幸手、2012:戸田・寄居、2013:八潮・本庄、2014:日高・秩父)。硫酸塩(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)は春季または夏季に高い傾向だが、地点間の濃度差はいずれの季節も小さかったため、比較的広域スケールの影響が大きいと考えられる。一方、硝酸塩(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)や塩化物(Cl<sup>-</sup>)は秋季や冬季に高い傾向だが、濃度は地点によってばらつきがみられた。このため、化石燃料燃焼や廃棄物焼却などの地域汚染の影響が地点によって異なる可能性が示唆される。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>やCl<sup>-</sup>が高かったのは、秋季は幸手・鴻巣(2011)、冬季は本庄(2013)であった。有機炭素(OC)や元素状炭素(EC)についても、地点によってばらつきがみられた。OCが高かったのは、夏季の秩父・日高・鴻巣(2014)や冬季の鴻巣・八潮(2013)であった。また、ECの中でもバイオマス燃焼の影響が大きいchar-ECが高かったのは、秋季の幸手・鴻巣(2011)や冬季の鴻巣・八潮(2013)であった。このため、夏季は光化学二次生成、秋季や冬季は燃焼由来などの地域汚染の影響が異なることが示唆される。

**2.2 夏季のOC高濃度** 2014年度夏季のOCの高濃度について、観測されたOCフラクションおよび有機物質のOCフラクションプロファイルを用いて発生源寄与割合を推定し

たところ、フルボ酸と、高沸点のアルカンやPAHのグループが多くを占めた。これは他の夏季でも同様にみられたパターンであった。一方、気象状況を調べたところ、2014年の夏季は4か年で最も日射量が高く、光化学オキシダント(Ox)の日最高濃度の期間平均も最も高かった。また、秩父では他地点に比べて風が弱かった。このため、高濃度の主な要因は、発生源よりも気象状況であることが示唆された。

**2.3 秋季・冬季の高濃度事例** 2015年度秋季・冬季の高濃度事例について、PM<sub>2.5</sub>化学成分自動測定機を搭載した移動測定車による測定結果(秋季:幸手、冬季:川口)および加須における日単位の観測結果から考察した。成分自動測定機はSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、水溶性有機炭素(WSOC)、黒色炭素(BC)を測定できる。秋季(10月)については移動測定車によるデータ取得が短時間だったため断片的だが、幸手では高濃度だった時間帯にはNO<sub>3</sub><sup>-</sup>とWSOCが高く、加須ではOCが高く、またNO<sub>3</sub><sup>-</sup>やchar-ECも高かった。こうしたことから、バイオマス燃焼や化石燃料燃焼が影響した可能性が考えられる。一方、冬季(12月)については、川口ではNO<sub>3</sub><sup>-</sup>が高くなっており、またWSOCも相対的に上昇していた。加須ではOCとNO<sub>3</sub><sup>-</sup>が高く、char-ECも高かった。さらにCl<sup>-</sup>も相対的に上昇していた。このため、バイオマス燃焼や化石燃料燃焼、廃棄物焼却が影響した可能性が考えられる。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>の高濃度は夜間にピークとなっており、このとき小雨・高湿度という気象状況だったことから、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>生成が促進されたと考えられる。

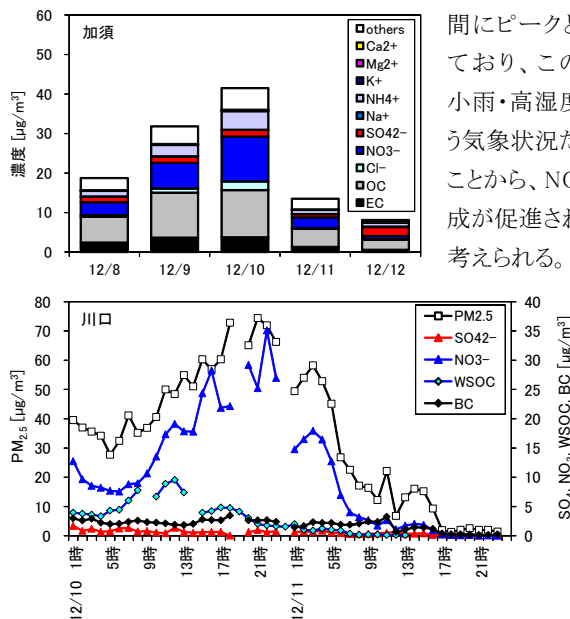


図1 冬季の高濃度事例の各成分濃度

[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

王効拳 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

植物の環境保全機能を活用したファイトレメディエーション(PR)は、低コストで生態環境に優しい技術として注目されている。PR実用化を促進するため、修復効率の改善だけでなく、修復期間での収益性の確保も極めて重要である。我々は従来用いられてきた重金属集積植物等の専用植物の代わりに、バイオ燃料等に利用可能な高付加価値の資源植物を用いた「収益型ファイトレメディエーション」について研究してきた。これまでに一部の資源作物は、PR専用植物に比べ、バイオマス量の大きさから重金属の蓄積量は劣っていないことが確認された。しかし、品種による修復効率の差が確認されていない。そこで、本研究では、有用な資源植物に対し、品種間の修復効率の差を評価し、最適な品種を選定することを目的とする。今年度は9品種のマリーゴールドを対象として研究を行い、品種による重金属修復効率の違いを評価した。

## 2 方法

国内のマリーゴールド9品種について、重金属汚染土壌及び非汚染の農地土壌を用い、当センターの敷地内でポットカルチャー栽培試験を行った。各品種は3ポットで、各ポットに1株を栽培し、栽培期間終了後に根、茎、葉、花などに区分して乾重量及び重金属濃度を測定した。各部位の乾重量に重金属濃度を乗じて植物の重金属蓄積量を算出し、修復効果の評価した。用いた9品種のマリーゴールドは以下の通りであった。アフリカン(A)、サファリンミックス(B)、アイシスミックス(C)、ポナンザミックス(D)、大輪咲イエロー(E)、フレンチ系(黄)(F)、フレンチ系(赤)(G)、レメディアイエロー(H)、レメディアパール(I)。

## 3 結果

いずれの品種も試験用汚染土壌による明確な被害がなく生育した。全収量は11.1~21.3g/potであり、大きな差が無かった。しかし、観賞性と収益性を反映する花の収量では、2.9~9.5g/potであり、大きな差が示された(図1)。品種Bの全収量と花の収量が共に高かった。また、非汚染土壌に比べ、汚染土壌での全収量はやや低かったが、花の収量はほぼ同じレベルであった。

植物地上部の重金属濃度は、総じてZn>Cu>Cd>Pb、Ni、

As、Crの順であった。品種間の重金属濃度の差は必ずしも大きくはなかった。ただし、汚染土壌では各品種ともCd、Pb、Znの蓄積量が高い傾向を示した(表1)。また、植物の部位別の重金属濃度を見ると、CdとCrは地上部に移行しやすく、Pb、Cuは主に根に蓄積することが分かった(表2)。

植物の修復効率を表す地上部の重金属蓄積量の相違は顕著では無かったが、品種CとHは他の品種よりも各重金属の蓄積量がやや大きいことがわかった(表3)。

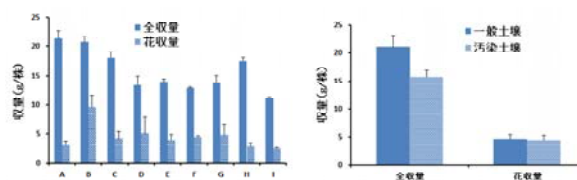


図1異なる品種(右)及び異なる土壌(左)での収量(g/pot)

表1 異なる品種の茎部の重金属濃度(mg/kg)

処理	Cd	Pb	Zn	Cu	As	Ni	Cr
CA	5.24	2.04	85.99	7.96	0.80	1.51	0.83
CB	8.87	1.97	105.45	11.70	0.72	2.13	0.65
CC	8.54	2.71	149.96	8.07	1.22	2.36	0.81
CD	8.46	2.28	94.65	13.90	0.75	1.44	0.77
CE	9.33	2.15	98.03	12.43	0.43	2.21	0.93
CF	14.41	2.71	159.10	19.89	1.18	2.27	1.52
CG	9.44	1.64	111.08	12.58	0.76	2.37	1.46
CH	6.81	3.89	108.75	7.50	0.64	2.21	1.70
CI	9.27	5.88	139.30	7.11	1.42	1.43	1.44
NA	0.99	0.38	38.13	4.04	0.05	0.94	0.84
NB	0.88	0.33	45.99	9.70	0.08	0.80	2.06

\*処理の前の英文字のCは汚染土壌、Nは非汚染土壌

表2 植物体内部位別の重金属濃度分布(品種B例として)

部位	Cd	Pb	Zn	Cu	As	Ni	Cr
根	6.71	17.23	491.24	279.56	5.11	6.19	1.04
茎	8.87	1.97	105.45	11.70	0.72	2.13	0.65
葉	6.97	1.28	116.11	17.11	0.67	1.65	0.92
花	1.17	0.69	50.33	15.28	0.13	2.34	1.53

表3 異なる品種の重金属蓄積量(μg/株)

処理	Cd	Pb	Zn	Cu	As	Ni	Cr
CA	111.1	93.6	2597.7	447.4	33.5	83.3	21.2
CB	104.8	46.6	2229.8	661.1	15.4	50.8	23.0
CC	156.7	126.8	3261.5	727.3	41.2	109.8	22.5
CD	97.6	74.6	1940.1	839.1	24.0	41.4	50.3
CE	115.4	58.3	2309.7	536.2	20.9	71.3	14.8
CF	122.8	43.5	2021.5	505.0	19.4	60.1	25.0
CG	100.4	66.2	1960.9	610.3	20.9	65.7	21.3
CH	139.3	130.1	3105.7	781.2	30.9	93.1	32.5
CI	81.9	64.9	1663.7	256.3	18.1	41.7	14.3
NA	21.1	20.9	1400.7	399.4	9.7	49.0	37.0
NB	12.1	16.0	807.4	273.6	7.5	22.3	35.1

## 4 今後の研究方向

今後、これまで検討したトウモロコシやマリーゴールド等の数種類の資源植物の有望な品種に対し、修復効率と収益性をさらに確認し、汚染土壌修復への適用を目指す。

[自主研究]

# 光化学オキシダントと高濃度二酸化炭素が埼玉県の水稻に及ぼす単独および複合的な影響の評価

米倉哲志 王効拳 嶋田知英 三輪誠

## 1 目的

埼玉県は、光化学オキシダントの主要成分であるオゾン(O<sub>3</sub>)濃度が著しく高い地域である。O<sub>3</sub>は植物への毒性が高く、農作物の成長や収量を低下させる。水稻もO<sub>3</sub>による収量低下等の悪影響が指摘されている。一方、大気中の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)濃度は上昇し続けている。一般にCO<sub>2</sub>濃度上昇により植物の光合成は促進され、成長や収量が増加するが、その促進程度は作物種や品種間において異なっている。

高CO<sub>2</sub>環境下のO<sub>3</sub>影響は、高CO<sub>2</sub>の長期暴露による気孔閉鎖によりO<sub>3</sub>吸収量が減り、悪影響が緩和されるとの報告もある一方、O<sub>3</sub>は高CO<sub>2</sub>による気孔閉鎖を誘発させにくくなり、O<sub>3</sub>の悪影響の程度は変わらないとの報告もあり、応答は複雑である。また、我が国の水稻の収量等に対するO<sub>3</sub>とCO<sub>2</sub>の複合影響に関する知見はほとんど無い。

そこで本研究では、埼玉県の水稻品種の収量等に対するO<sub>3</sub>とCO<sub>2</sub>の単独および複合影響を小型オープントップチャンバー(OTC)を用いた暴露実験によって調べ、O<sub>3</sub>の悪影響発現が高CO<sub>2</sub>環境下で変化するか評価し、近い将来起こりうる高濃度CO<sub>2</sub>環境下における水稻生産性に対するO<sub>3</sub>リスクの評価を行う。本研究はH26～28年度の3年間での実施を予定しており、2・3年目(H27・28年度)の2作期の暴露実験に基づき、高濃度CO<sub>2</sub>になると収量減少が発現するO<sub>3</sub>のクリティカルレベルが変化するかなどについて検討する。

## 2 方法

1年目(H26年度)に改良した小型OTC(写真1)を用いて、水稻品種に対するO<sub>3</sub>とCO<sub>2</sub>の単独および複合影響評価実験を実施した。埼玉県で多く育成されている水稻品種(コシヒカリ、彩のかがやき)を用いて、O<sub>3</sub>濃度3段階[O<sub>3</sub>除去区(CF)、野外O<sub>3</sub>濃度区(NF)、野外O<sub>3</sub>濃度+30ppb区(O<sub>3</sub>)]と、CO<sub>2</sub>濃度2段階[野外CO<sub>2</sub>濃度区、野外CO<sub>2</sub>濃度+150ppb区(CO<sub>2</sub>)]を設け、其々のガス処理条件を掛け合わせた6処理区(各3チャンバー反復)を設



写真1 小型OTC

けた。5月下旬～10月上旬まで育成し、収量を計測した。

## 3 結果

表1に実験期間中の各処理区の日中のCO<sub>2</sub>とO<sub>3</sub>濃度の月別平均値を示した。CO<sub>2</sub>添加の平均濃度は+163ppmで、O<sub>3</sub>添加の平均濃度は+41ppbであった。また、空気浄化区のO<sub>3</sub>除去率は約77%であり、植物にほとんど悪影響を与えないレベルまで低下していた。

表1 各処理区の日中のCO<sub>2</sub>濃度とO<sub>3</sub>濃度

	日中CO <sub>2</sub> 濃度(ppm)		日中O <sub>3</sub> 濃度(ppb)		
	野外濃度区	CO <sub>2</sub> 添加区	浄化区	野外濃度区	O <sub>3</sub> 添加区
6月	384.9	549.8	10.7	48.5	86.1
7月	380.9	543.8	11.6	45.3	87.4
8月	383.1	547.6	9.7	41.0	82.4
9月	391.9	550.6	12.1	36.1	75.4

CO<sub>2</sub>とO<sub>3</sub>濃度は、計測器の数の都合上、各処理区2チャンバーの計測値の平均である

各処理条件で育成したコシヒカリと彩のかがやきの収量(図1)および収量構成要素について検討した。その結果、両品種ともCO<sub>2</sub>添加による有意な影響は認められなかった。CO<sub>2</sub>添加によって子実の総数は増加したが、不稔実数および不稔実割合が増加したため増収は認められなかった。一方、オゾンにより両品種とも収量が低下する傾向が認められた。オゾンによる収量低下の主な要因は、コシヒカリにおいては一穂当たりの稔実数の低下、彩のかがやきにおいては一穂当たりの稔実数の低下と個体あたりの穂数の低下であった。また、O<sub>3</sub>とCO<sub>2</sub>の複合影響は認められなかった。本年度

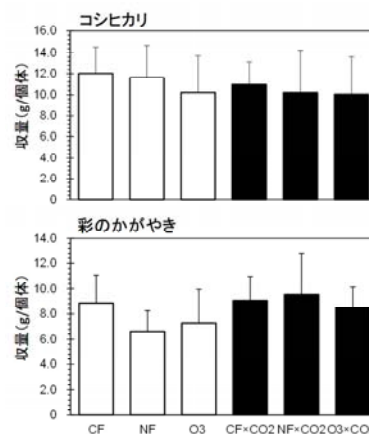


図1 各処理区の1個体当たりの収量

の結果を踏まえ3年目(28年度)の暴露実験を実施し、総合考察を行っていく予定である。



[自主研究]

# 埼玉県における希少野生動植物の保全に関する基礎的調査研究

三輪誠 角田裕志 米倉哲志 王効拳 金澤光 嶋田知英

## 1 目的

埼玉県では、生物多様性保全の一環として、絶滅が危惧されている動植物についてレッドデータブックを作成し、それらの保護を推進している。中でも、特に重点的に保護する必要がある動植物は、「埼玉県希少野生動植物の種の保護に関する条例」に基づいて、「県内希少野生動植物種」として指定されている。

現在、埼玉県レッドデータブック動物編には787種が、植物編には1031種がリストアップされ、そのうち、動物3種、植物19種が「県内希少野生動植物種」に指定されている。しかしながら、これらの種の県内における分布等に関する情報は、いくつかの媒体に散在しており、一元化されていない。

そこで、平成27年度は、「埼玉県レッドデータブック 2011 植物編」に掲載されている希少野生植物種に関する県内での分布や生育状況等の基礎的情報を収集するとともに、これらの情報に基づいてデータベースを構築し、情報を一元化することを試みた。

## 2 方法

埼玉県レッドデータブック植物編は、平成10年3月に初版が、平成17年3月に改訂版が発行され、「埼玉県レッドデータブック 2011 植物編」は再改訂版(平成24年3月発行)となる。植物編を再改訂するにあたり、平成20年から平成22までの3年間で、再改訂のための分布確認調査が実施された。なお、この調査では、植物種名、調査地、現地確認日、調査地の三次メッシュコード、標高、調査地帯区分、生育状況、証拠標本の有無、現存する集団数、全集団の群落総面積、全集団の総株数、以前と比較した増減、減少危機の主要因及びその他の所見が記録された。

本研究では、この調査により得られたデータを中心に情報を収集し、その植物種が属する科名や学名、実際に直面している埼玉県及び全国レベルでの絶滅危惧の程度がわかるように、データベースソフト「FileMaker Pro 14」(FileMaker社製)を用いて、データベースを構築した。

## 3 結果

「埼玉県レッドデータブック 2011 植物編」には、1031種の希少野生植物種が掲載されているが、現在までに、そのうちの602種(全掲載種の58%に相当)についての分布確認情報等を収集し、データベースを構築した。これらの種を分類群別に見ると、維管束植物が574種、その他の分類群(蘚苔

類、藻類、地衣類及び菌類)が28種となり、収集した情報の多くが維管束植物に関するものであった。

図1に、本研究でデータベース化したレッドデータブック掲載種の確認地点数の割合を市町村別に示した。県内で掲載種が確認された約5900地点のうち、秩父市の確認地点数の割合が最も高く、次いで小鹿野町、飯能市、越生町、さいたま市の順で高かった。また、掲載種の確認地点数の割合が高い上位5市町で確認された掲載種の数は、秩父市が348種、小鹿野町が177種、飯能市が127種、越生町が100種、さいたま市が57種であった。これらの市町で確認された掲載種について、絶滅危惧の程度をカテゴリー別に見ると、秩父市では「絶滅危惧Ⅰ類」の割合が高く、小鹿野町、飯能市、越生町では「準絶滅危惧」の割合が高い傾向にあった(表1)。また、さいたま市では「絶滅危惧Ⅰ類」と「準絶滅危惧」の割合がほぼ同程度であった。なお、「絶滅危惧Ⅱ類」の割合は、いずれの市町でも大差なかった。

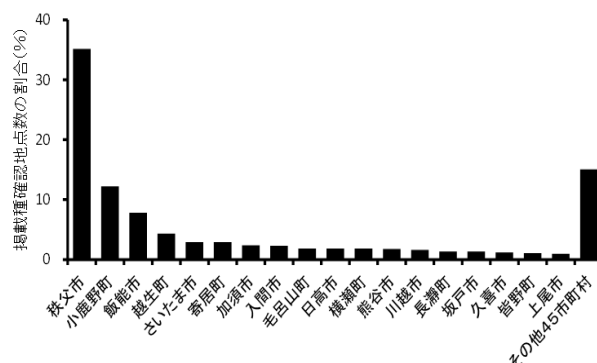


図1 レッドデータブック掲載種の市町村別確認地点数の割合

表1 秩父市、小鹿野町、飯能市、越生町及びさいたま市における絶滅危惧カテゴリー別の掲載種の割合

	絶滅	野生絶滅	絶滅危惧Ⅰ類	絶滅危惧Ⅱ類	準絶滅危惧	情報不足
秩父市	0.0	0.3	40.8	28.7	29.6	0.6
小鹿野町	0.0	0.0	27.7	29.4	42.4	0.6
飯能市	0.0	0.0	24.4	23.6	50.4	1.6
越生町	0.0	0.0	26.0	24.0	50.0	0.0
さいたま市	0.0	0.0	33.3	28.1	35.1	3.5

(%)

## 4 今後の研究方向

埼玉県レッドデータブック植物編の掲載種に関する情報の収集を継続し、データベースの充実を図るとともに、県内で絶滅が危惧される希少野生植物種の生育について解析を進める。また、行政との情報の共有化を図る。

[自主研究]

# 循環型社会における埋立廃棄物の安定化評価に関する研究

磯部友護 渡辺洋一 長森正尚 川寄幹生 長谷隆仁 鈴木和将

## 1 背景と目的

近年の廃棄物処理の状況を見ると、排出量は漸減しつつ再資源化率は維持されていると言える。埼玉県内では焼却残さのセメント原料へのリサイクルが進んでおり、県内の管理型埋立地では埋立量の減少、さらに一般廃棄物の焼却灰よりも不燃残さが多くなっている状況にある。今後、循環型社会の進展に伴い、このような埋立量の減少と質的变化はさらに顕著になっていくものと考えられる。そこで本研究では、埼玉県内の埋立地において、今後の埋め立て廃棄物の質的变化を見据えた安定化挙動を把握することを目的とし、各種モニタリング調査を行う計画である。本稿では、基礎的検討として現在埋め立てられている焼却残さ、不燃残さを採取し、カラム試験による溶出挙動を調査した結果について報告する。

## 2 方法

本研究では、埼玉県営のA埋立地を対象とした。搬入された廃棄物（一般廃棄物の焼却灰と不燃残さ、産業廃棄物の燃えがらと廃プラスチック）を搬入団体別に採取し、粒度調整した後、等量混合したものをカラム試験用の試料とした。

実験概要を図1に示す。試料の充填密度は $1.26\text{g}/\text{cm}^3$ （充填高さ、体積はそれぞれ20cm、1.57L）とした。カラム下部より精製水を通水し、カラム上部からの流出水を一定時間ごとに採取し、pH、電気伝導率（EC）、各イオン濃度を測定した。A埋立地の平成25、20、15年度における埋立廃棄物の混合割合を模した条件（Run1、2、3）で実験を行った。

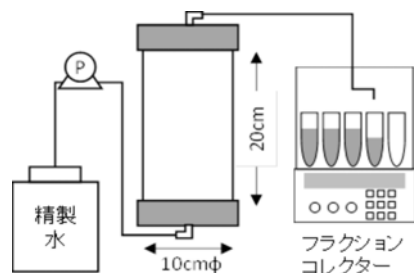


図1 カラム実験概要

## 3 結果

図2に通水量に対するpHとECの変化を示す。pHは通水1000mL以下の初期に8~9であり、その後、増減を経ながら

も緩やかに上昇し10~11で安定する傾向が、また、ECは通水開始に伴い急激に増加し通水量600mL（液個比0.3）付近でピーク値を示した後、緩やかに減衰していく傾向が、それぞれRun1~3に共通して確認された。ピーク値、減衰速度、減衰後の濃度推移におけるRun1~3の順もカルシウムイオンを除き、ECと変動パターンと同一であった。各イオンの積算溶出量を求めたところ、ナトリウムイオン、カリウムイオン、塩化物イオンの溶出量はRun1、2、3の順に増加し、焼却灰の混合割合との相関関係が見られた。

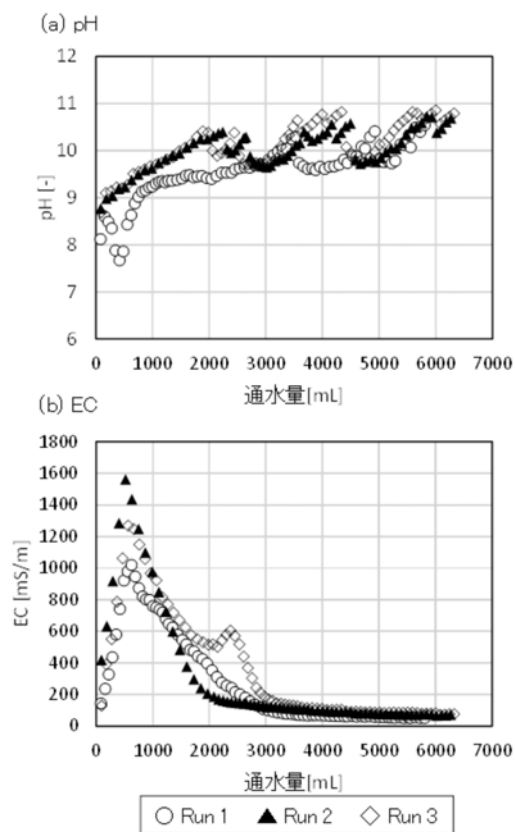


図2 カラム実験におけるpH、ECの変化

## 4 まとめと今後の予定

本研究により、焼却灰の混合割合に対する埋立廃棄物からの溶出特性が確認された。この傾向を踏まえ、今後はA埋立地の複数地点に各種のセンサーを設置し、内部モニタリングを行って行く予定である。

[自主研究]

# ソーラー発電設備設置が処分場表面からの蒸発水量に与える影響に関する研究

長谷隆仁

## 1 目的

2013年の再生可能エネルギーの固定買取制度導入後、廃棄物処分場でも、処分場跡地活用の一つとして、太陽光発電施設が導入されるようになってきた。

地表に到達する太陽エネルギーは、一部が地表面から反射し、残りの正味放射熱量が、潜熱、顕熱、地中伝熱に分配される(図1)。潜熱は水分蒸発に利用される分であり、太陽エネルギーを利用する太陽光発電システムの地表設置は、地表に到達する太陽エネルギーの減少によって、潜熱あるいは水分蒸発量の減少等、地表での熱収支・水収支に影響を及ぼすと考えられる。水収支への影響は、管理型の廃棄物最終処分場では、浸出水量、水処理負担への影響という問題にも影響を及ぼすことが予想される。

そこで、本研究では、処分場への太陽光発電設備設置による処分場水収支への影響を把握するため、太陽光発電設備設置の蒸発散量への影響の推定を研究課題とした。

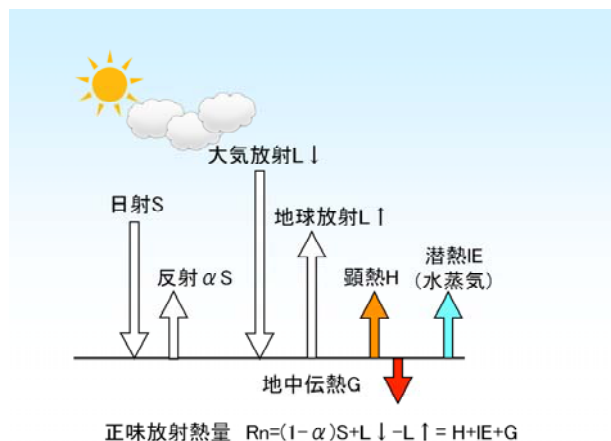


図1 地表面における熱収支

## 2 方法

本年度は、実処分場での観測及び蒸発散量推定を目指し、実処分場の見聞等の予備調査を行った。うち、1箇所では定点カメラによるインターバル撮影を行い、降雨時の表面状態、遮光状態、植生の経時的確認を行った。

予備調査を参考に、観測系の設計と、観測機器について、環境科学国際センター等での試運転を行い、データ検

証を行った。

## 3 結果

### (1)予備調査

検討した箇所もあったが、除草剤・除草シートを用いず、ほとんどの処分場で、設置表面は土壌で、人力による除草を行っていた。処分場表面は特徴的な3箇所(パネル外周・パネル間・パネル直下)に類型化可能である。パネル設置場所の外周は遮光されていない。パネル間は、遮光が日間・季節間で変化している。いずれも除草のためほとんど植物は繁茂していない。パネル直下は、常に遮光状態にあり、除草もされないものの、植物はまばらにしか生育しない。定点観測した処分場以外でも、パネル直下に水たまりの発生が多く確認された。

### (2)観測システムの構築

予備調査を元にパネル設置場所の外周を対照としてパネル設置前の蒸発散量推計観測地点とし、パネル間・パネル直下の観測を加えて、ソーラー発電設備設置が処分場表面からの蒸発水量に与える影響を推計する事とした。推計方法は、熱収支法と簡易蒸発計(蒸発量を重量で計測)を組み合わせた観測系を設計した。日射計等の主要な計測器のほか、降雨計・風速計等の一般気象計測器について、環境科学国際センター等で、同一環境での試運転を行い、データの比較検証を行った。日射計については機種間データでR2=0.9999、誤差は10分間平均値で5%未満であった。簡易蒸発計については、室内測定で、5%未満に収まるように観測を行う事ができた。

## 4 今後の研究方向

地中熱流板は日射計より相関係数が低い。簡易蒸発計の重量を毎日測定する事は困難なため、電池稼働する重量計と簡易蒸発計で室外での現地観測を試みたが、降雨時に異常値が出現するようで、設置方法等を検討して精度改善を目指す。設計した観測系で予備観測を行い蒸発散量の推計等を評価した上で、実処分場での観測・蒸発散量推計を進める。

[自主研究]

## 河川水中ネオニコチノイド系殺虫剤濃度の年間変動

大塚宜寿 野尻喜好 蓑毛康太郎 茂木守 堀井勇一

### 1 目的

ネオニコチノイド系殺虫剤は、近年、脊椎動物や昆虫に対する免疫機能や生殖機能の低下などの慢性毒性が報告され、生態系への影響が懸念されている化合物である。我々は、県内のほとんどすべての河川からネオニコチノイド系殺虫剤が検出され、夏季にその濃度が高くなる傾向があることを報告した<sup>1)</sup>。本研究では、殺虫剤の使用が想定される農地から河川への移行に着目して、農業排水路中濃度の年間変動を調査した。

### 2 方法

調査は、県北東部に位置する見沼代用水(星川)とその支川である新川に挟まれた稲作を中心とする地域で行った。この地域を流れる複数の農業排水路が合流して形成される備前堀川で2015年3月から2016年3月に、週に1~2回、合計61検体の水試料を採取した。併せて、新川との分岐点上流の見沼代用水でも採水した。ネオニコチノイド系殺虫剤である ジノテフラン、クロチアニジン、イミダクロプリド、チアメトキサム、アセタミプリド、チアクロプリド、ニテンピラム、スルホキサフロルと、生態系へ同様の影響が懸念されているフェニルピラゾール系殺虫剤フィプロニルの濃度をLC/MS/MSで測定した<sup>2)</sup>。

### 3 結果と考察

排水試料(備前堀川)も用水試料(見沼代用水)も、県内35河川での測定結果<sup>1)</sup>と同じように、県内および国内での出荷量が多いジノテフランの濃度は高く、出荷量の少ないチアクロプリドとニテンピラムの濃度は低くなる傾向がみられた。国内未登録であるスルホキサフロルは検出されなかった。ジノテフラン、クロチアニジン、イミダクロプリド、フィプロニルについては、排水試料と用水試料の間に1%の有意水準で有意差が認められ、それぞれの化合物濃度は、排水試料の方が用水試料より高くなる傾向が見られた。このことから、調査した地域でこれらの殺虫剤が環境中に放出され、排水路に移行したことが示唆された。観測された最高濃度は、クロチアニジンとアセタミプリドで観測された110 ng/Lであり、Morrisseyら<sup>3)</sup>が提案している水生無脊椎動物生態系に対する短期での基準200ng/Lを超過した試料はなかった。

図1に排水および用水中のジノテフランとクロチアニジンの

年間濃度変動を示した。排水中の濃度が用水中の濃度より高くなったのは、ジノテフランでは3~4月の期間であったのに対して、クロチアニジン、イミダクロプリド、フィプロニルでは5~10月の期間であった。ジノテフランも6~10月に排水中の濃度が比較的高くなったが、用水でも同程度の濃度が観測されており、この期間に調査地域から環境中に放出され、排水路に移行したジノテフランの影響は小さかったものと考えられる。ジノテフランとクロチアニジン等との年間変動の違いは、ジノテフランが田植え前に稲の育苗箱で施用され、クロチアニジン等が田植え後の田面で施用されたなど施用法の違いによるものと考えられる。

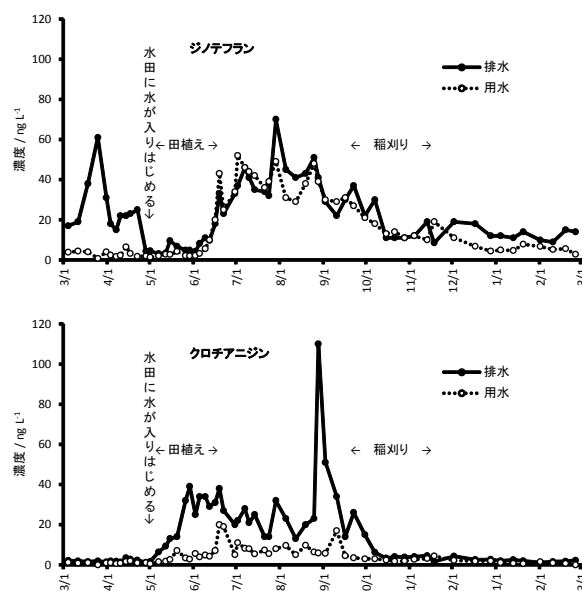


図1 排水および用水中のジノテフランとクロチアニジンの年間濃度変動

### 4 今後の予定

夏季での県内35河川の調査を継続し、検出地域の拡大縮小および地域の特徴を把握するとともに、スルホキサフロルやフィプロニルの存在実態も把握する。

### 参考文献

- 1) 大塚ら (2014) 埼玉県環境科学国際センター報, 14, 118.
- 2) 大塚ら (2015) 埼玉県環境科学国際センター報, 15, 178.
- 3) Morrissey et al. (2015) *Environmental International*, 74, 291-303.

[自主研究]

## 県内における有機ハロゲン難燃剤の汚染実態の把握

茂木守 蓑毛康太郎 大塚宜寿 堀井勇一 野尻喜好

### 1 目的

2013年に残留性有機汚染物質(POPs)に登録され製造・使用等が禁止されている有機臭素系難燃剤のヘキサブロモシクロドデカン(HBCD)、および近年汚染物質として注目されつつある有機塩素系難燃剤のデクロランプラス(DP)とその類縁化合物について、環境汚染実態と環境動態の把握を目的として調査・研究を進めている。2015年度は、大気試料の抽出保存液を測定し、季節変動を確認したので報告する。

### 2 方法

2013年度にセンターにおいて、ダイオキシン類分析用に石英繊維ろ紙とポリウレタンフォームを装着したハイボリウムエアサンプラで大気試料を1週間毎通年で採取し、抽出液を保存している。この抽出液のうち、各月2週分を分析に供した。既報<sup>1)</sup>の前処理法を施し、5種のHBCD( $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ 、 $\epsilon$ 体)をLC/MS/MSで、2種のDP(*syn*、*anti*体)および9種のDP類縁化合物を高分解能GC/MSで測定した。

### 3 結果と考察

大気試料の分析結果を図1に示す。HBCDでは $\alpha$ 体(不検出(ND)~30pg/m<sup>3</sup>、平均(ND=0として):5.3pg/m<sup>3</sup>)、 $\beta$ 体(ND~9.2pg/m<sup>3</sup>、平均:1.4pg/m<sup>3</sup>)、 $\gamma$ 体(0.7~44pg/m<sup>3</sup>、平均:5.2pg/m<sup>3</sup>)が検出された。全国の調査結果<sup>2)</sup>と比べると平均より高いレベルであった。HBCDは春~夏に比較的高い濃度が高く、秋~冬に低くなったが、これが季節に応じた変化なのか、あるいは試料が採取された年にHBCDがPOPs登録さ

れて製造・使用が制限されたことに起因するのかわかり不明である。前後の期間の濃度も測定し検討する必要がある。一般的に製品中HBCDの組成は $\gamma > \alpha > \beta$ の順で、とりわけ $\gamma$ -体の割合が高い(~90%)が、大気中HBCDでは概して $\alpha > \gamma > \beta$ の順であった(全国調査<sup>2)</sup>も同様の傾向)。大気中で紫外線等の影響を受けて組成が変化したものと同様に推察される。

DPは*syn*体、*anti*体ともにすべての試料から検出され、濃度範囲はそれぞれ0.24~1.5pg/m<sup>3</sup>(平均:0.92pg/m<sup>3</sup>)、0.92~5.2pg/m<sup>3</sup>(平均:3.0pg/m<sup>3</sup>)であった。DP濃度の明確な季節変動は観測されなかった。DPの環境動態解析にしばしば用いられる*f<sub>anti</sub>*値(*syn*-DPと*anti*-DPの合計に対する*anti*-DPの割合)は、DPが大気中で紫外線等の影響を受けると低くなる<sup>3)</sup>。今回観測された*f<sub>anti</sub>*値は0.69~0.81で、製品のそれ(0.7~0.8)と大きく変わらなかったことから、電線の被覆などDPを含む身近な製品に由来すると推察された。DP類縁化合物では、Dec-602(ND~0.09pg/m<sup>3</sup>)、Dec-603(ND~0.05pg/m<sup>3</sup>)、CP(ND~0.13pg/m<sup>3</sup>)が検出された。我々が知る限り国内の環境試料からこれらのDP類縁化合物が検出された初めての事例である。このDPおよびDP類縁化合物の詳細な調査結果はすでに学会誌に報告した<sup>4)</sup>。

### 文献

- 1) 茂木ら(2015)埼玉県環境科学国際センター報, 15, 175.
- 2) 環境省(2014)平成25年度版化学物質と環境.
- 3) Möller *et al.* (2010) *Environ. Sci. Technol.*, 44, 8977-8982.
- 4) 蓑毛ら(2016)環境化学, 26, 53-59.

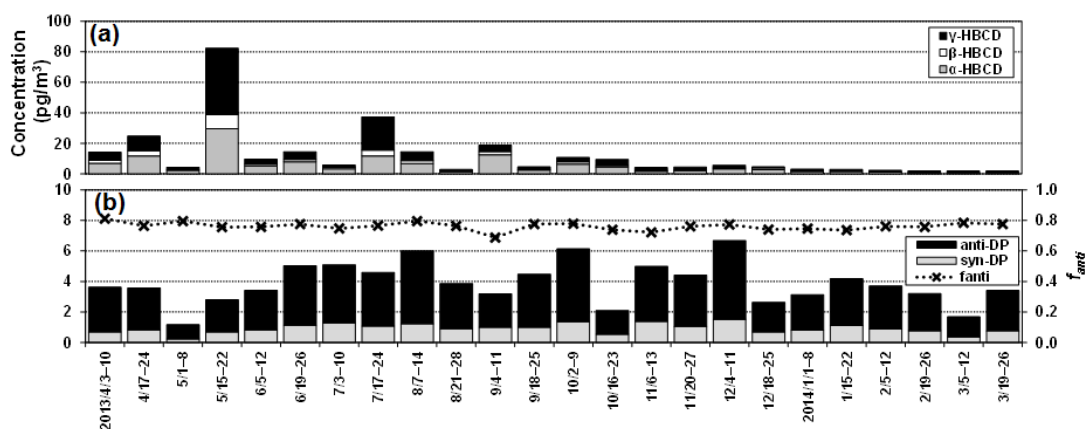


図1 2013年度にセンターで採取した大気試料中のHBCD(a)およびDP(b)の濃度。*f<sub>anti</sub>* = *anti*-DP/(*syn*-DP+*anti*-DP)。

[自主研究]

## 揮発性メチルシロキサンの大気汚染実態の把握

堀井勇一 蓑毛康太郎 大塚宜寿 茂木守 野尻喜好

### 1 背景・目的

揮発性環状メチルシロキサン(環状VMS)は、シリコーン工業における主要製剤であり、シリコーンポリマーの製造原料や日用品の溶剤等に使用される高生産量化学物質である。最近の調査・研究で、一部の環状VMSについて環境残留性や生物蓄積性が指摘されており、欧米ではこれらについて詳細なリスク評価が進められている。しかし国内では、環状VMSの環境中への排出量や濃度分布に関する情報は極めて少ない。環状VMSは高揮発性を有することから、製品等の使用過程において、大部分は大気中へ移行すると推測される。よって、環状VMSの環境動態解析やリスク評価のためには、環状VMSの主な排出先である大気についてデータの収集が不可欠であるが、国内における大気中濃度レベルについては報告がない。本研究では、環状VMSについて大気試料の分析法を確立し、大気環境汚染実態の解明を試みる。

本年度は、主にサンプリング法の検討に取り組み、その検証試験として、観測予定地点における事前調査を実施した。

### 2 試料と方法

**対象物質:** 生産量及びリスク評価の観点から環状VMS(4~6量体、それぞれD4、D5、D6とする)を主な対象物質とした。その他、鎖状VMSや類縁物質を比較のため測定した。

**分析法検討:** 固相カートリッジ(Sep-Pak plus PS-2、Waters社)とマスフロー制御の低流量ポンプ(柴田科学社製ミニポンプ)を組み合わせたサンプリング法を検討した。試料の代表性を確保するため、大気の捕集期間を1週間とし、これに最適な流量を検討した。固相カートリッジに捕集した対象物質を1.5mLのヘキサンで溶出し、これをGC/MS(EI)分析に供試した(図1)。

**大気観測地点:** 埼玉県内全域に観測地点を配置できるような大気常時監視測定局(ダイオキシン類)から10地点を選定し(図2)、夏季(7月)と冬季(1月)に分けて、現地踏査を兼ねた事前調査を実施した。

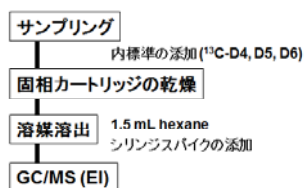


図1 揮発性メチルシロキサンの測定フロー

### 3 結果と考察

**サンプリング条件の検討結果:** 大気吸引速度0.2L/min及び0.5L/minの条件で1~2週間のサンプリングを夏季に実施し、目的物質の添加回収率を確認した。双方の条件において回収率は約90%と良好であり、目的物質の保持は良好であった。この検討結果と予想される大気中濃度分布を勘案し、大気吸引速度0.2L/minの条件で1週間のサンプリングを実施することとした。

**精度管理データ:** 図1に示した測定フローの繰り返し測定( $n=5$ )から得られた方法の検出下限値は、0.2(鎖状VMSの5量体)~2ng/m<sup>3</sup>(D6)であり、一般環境大気に十分な測定感度を達成した。また、ほぼ全てのブランク試験において、目的物質は検出下限値未満であった。さらに、サンプリング時を想定した固相カートリッジの放置試験を実施し、時間経過に伴うブランク値の変化及び対象物質の回収率低下について確認するなど、詳細な精度管理データを整備した。

**事前調査の結果:** 選定した10地点(内1地点は欠測)における夏季及び冬季を合わせた測定結果は、D4、D5、D6の平均濃度がそれぞれ84ng/m<sup>3</sup>、240ng/m<sup>3</sup>、14ng/mm<sup>3</sup>となり、東秩父局のバックグラウンド地点を含むすべての地点から環状VMSが検出された。試料前処理行程における内標準物質の回収率は96±8%と良好であり、また、これら事前調査において、目的物質の固相カートリッジからの破過は認められなかった。以上より、環境大気のモニタリングに検討・確立した測定法が十分適用できることが実証された。

### 4 今後の予定

- ・県内大気常時監視測定局(10地点)における観測を、ダイオキシン類調査と同時期に年4回実施し、県内大気中のVMS濃度分布を把握する。
- ・センターにおいて通年観測を実施し、VMS濃度の季節変動を把握する。また、日内濃度の変動を把握し、大気中での安定性を評価する。



図2 大気常時監視測定局を基に選定した観測地点

[自主研究]

## 浮遊細菌の構成種から見た埼玉県内河川の水質特性評価

渡邊圭司 池田和弘 柿本貴志 見島伊織 高橋基之

### 1 目的

浮遊細菌の構成種は、物理化学的な環境パラメーター(例えばpH、水温、クロロフィルa濃度や有機物濃度など)に敏感に反応し、その組成が変化するため、新たな河川水質特性評価指標としてその有効性が期待できる。

本研究では、河川における浮遊細菌の構成種の把握および河川水質特性との関連性を明らかにし、新たな水質指標としての可能性を探ることを目的としている。昨年度は、埼玉県内の10河川、14地点から培養法により浮遊細菌の検出を行い、それぞれの河川における構成種の類似性と相違点について調べた。本年度は、1河川に絞って隔月でサンプリングを行い、培養法で検出される浮遊細菌の季節変動を調べた。また、これまでの研究成果を踏まえ、河川から検出される浮遊細菌の特徴について考察した。

### 2 方法

小山川・一の橋を対象として隔月で1年間サンプリングを行い、浮遊細菌を簡便かつ効率的に分離・培養する方法として先行研究で開発したsize exclusion assay method(SEAM法[図1])による浮遊細菌の検出を行った。MR2A寒天培地上に得られたコロニーを20個程度ランダムに選択し、得られたコロニーのDNAを市販のキットを用いて抽出および精製した。16S rRNA遺伝子配列解析により同定を行い、SEAM法で得られた浮遊細菌構成種の季節変動を明らかにした。

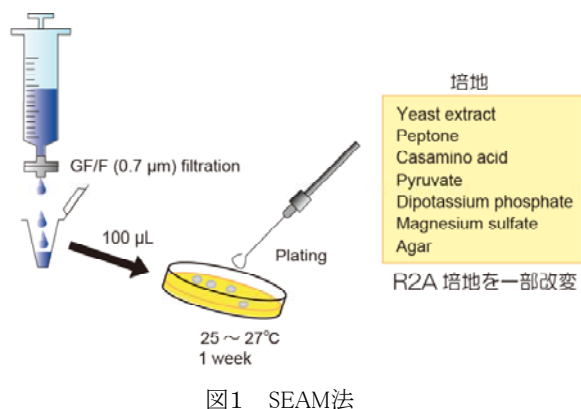


図1 SEAM法

### 3 結果

小山川・一の橋の隔月サンプリング試料から、高感度培養法により計116菌株の浮遊細菌が得られた。16S rRNA遺伝子解析による系統分類から、門(Phylum)の分類では

(Proteobacteria門は網まで記載)、Alphaproteobacteria綱が1.7%、Betaproteobacteria綱が91.4%およびActinobacteria門が6.9%を占め、埼玉県内の他の河川で検出されたEpsilonproteobacteria綱およびBacteroidetes門は年間を通じ検出されなかった。以上の結果より、Epsilonproteobacteria綱およびBacteroidetes門は特定の河川にのみ特異的に検出される系統群である可能性が示唆された。

浮遊細菌を淡水圏で良く検出される系統群(クラスター)ごとにまとめたものを図2に示した。春期から秋期にかけては浮遊細菌の組成が比較的似通っており、IRD18C08クラスターが優占していた。12月から2月の冬期は、PnecDクラスターが全く検出されなくなり、それとは反対にPnecCクラスターの割合が増加した。以上の結果より、河川における浮遊細菌の構成種は水温が低下する冬期に大きく変動するため、河川ごとの浮遊細菌構成種の比較は、最も種数の多くなる春期から秋期の間でなるべく時期を合わせて比較した方が、河川ごとの水質の影響をより強く反映した浮遊細菌構成種を表すことができると推察された。

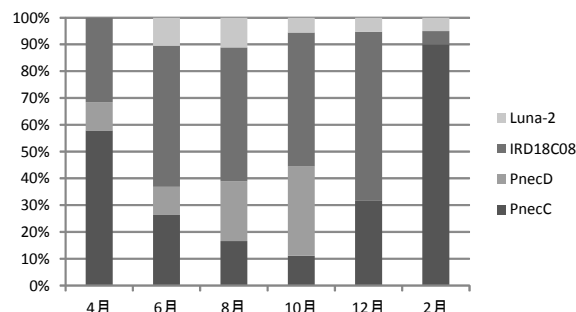


図2 得られた浮遊細菌の構成種(クラスターによる分類)

### 4 今後の課題

今年度の研究により、浮遊細菌の構成種は冬期(低水温期)に著しく変化することが明らかとなった。今後は、浮遊細菌構成種を新たな水質指標としてその有効性を検討するため、河川ごとの同一時期の浮遊細菌構成種のデータを蓄積して行く必要がある。

[自主研究]

# 富栄養化河川の水質シミュレーションと河川管理手法の検討

柿本貴志 池田和弘 見島伊織 渡邊圭司

## 1 研究背景・目的

これまで県内河川の環境基準点で有機物、栄養塩、藻類(クロロフィルa)についてのモニタリングを実施した結果、県内の河川水は栄養塩濃度が高く、かつ内部生産に由来する有機物によって汚濁が引き起こされている水域が少なからず存在していることが分かった。それら水域の水質改善は根本的には栄養塩濃度の低減が必要であるものの、栄養塩濃度と有機汚濁の関連について、定量的な整理は行われておらず、栄養塩の管理レベルについて根拠あるデータが示されていない状況である。

本研究では富栄養化している河川における栄養塩濃度、藻類濃度、有機物濃度等の関連を記述できる水質シミュレーションモデルを構築すること、作成したモデルを用いて、栄養塩の管理レベルを提示することを目的とする。2015年度は、本研究で活用するモデルにおける有機物の分画方法について検討を行った。

表1 年次計画

テーマ	2015年度	2016年度	2017年度
河川調査	→		
成分分画方法の検討	→		
モデルの評価		→	
河川管理手法の検討			→

## 2 研究方法

### 対象河川と使用するモデルの概要:

本研究では富栄養化した河川として市野川の市野川橋と徒歩橋の区間を対象とした。水試料は市野川橋で採取し、有機物分画に供した。

### 有機物分画方法の検討:

【有機物分画法の概要】IWA River Water Quality Model No.1 (RWQM1)では、有機物を最大9種類の成分(表2)に分類している。有機物分画はまず、採取してきた河川水の一部をフィルター(ナイロンネットやGF/B)でろ過することにより、河川水、動物プランクトン濃度が大幅に除かれた河川水、溶解性有機物からなる河川水の3種類の河川水を得た。

【S<sub>s</sub>、S<sub>i</sub>の分画】S<sub>s</sub>やS<sub>i</sub>の分画には溶解性CODの経時変化をモニタリングし、COD値に変化が見られなくなった時のCOD

をS<sub>i</sub>、初期CODとS<sub>i</sub>の差をS<sub>s</sub>とした。

【X<sub>N1</sub>、X<sub>N2</sub>の分画】ナイロンネットでろ過した河川水を2本の瓶に用意しNH<sub>4</sub><sup>+</sup>とNO<sub>2</sub><sup>-</sup>を各々加え、水温20℃の遮光した条件で、ばっ気しながら亜硝酸や硝酸の濃度を調べた。X<sub>N1</sub>とX<sub>N2</sub>は濃度プロファイルから推定した。

【その他有機物分画】河川水(ろ過無し、ナイロンネットろ過)にNH<sub>4</sub><sup>+</sup>やPO<sub>4</sub><sup>3-</sup>、アリルチオ尿素を添加し、明/暗を12時間周期、温度20℃、遮光あり/なしの条件の下、酸素濃度をモニタリングした。得られた酸素生成速度や酸素消費速度等から残る有機物分画の値を推定した。

表2 本モデルにおける有機物の分類と推定方法

S <sub>s</sub>	易分解性溶解性有機物	溶解性COD濃度の減少プロファイルから推定
S <sub>i</sub>	難分解性溶解性有機物	溶解性COD濃度の減少プロファイルから推定
X <sub>H</sub>	従属栄養細菌	OURプロファイルから推定
X <sub>N1</sub>	アンモニア酸化細菌	亜硝酸性窒素の生成速度から推定
X <sub>N2</sub>	亜硝酸酸化細菌	硝酸性窒素の生成速度から推定
X <sub>ALG</sub>	植物プランクトン	酸素生産速度から推定
X <sub>CON</sub>	動物プランクトン	OURプロファイルから推定
X <sub>S</sub>	遅分解性浮遊性有機物	OURプロファイルから推定
X <sub>I</sub>	難分解性浮遊性有機物	全CODからX <sub>I</sub> 以外の成分のCODを引く

## 3 結果

2016年3月に採取した河川水中に含まれる有機物の分画結果を図1に示す。全COD(27mg/L)中の2/3が溶解性成分であった。特にS<sub>i</sub>が高く、市野川下流域は下水処理場放流水の割合が高いという水質特性を反映した結果であった。

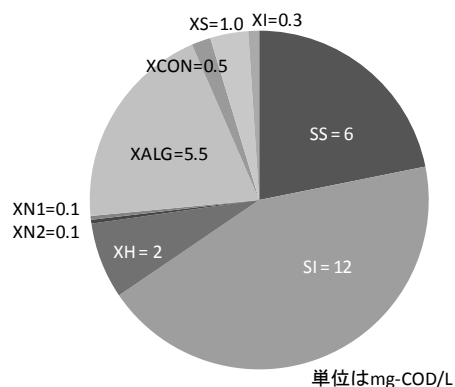


図1 2016年3月に採取した試料の有機物分画結果



[自主研究]

## 地中熱利用システムによる環境や社会への影響評価

濱元栄起 八戸昭一 石山高 白石英孝 嶋田知英 渡邊圭司 山崎俊樹

### 1 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)」や「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(平成24年度～26年度)」を実施してきた。本自主研究は、これらの成果を踏まえ、新たな情報収集や調査を行い埼玉県内に地中熱が普及した場合の環境や社会への影響について評価することを目的としている。具体的には、地中熱利用システムが普及することによるCO<sub>2</sub>の削減効果や省エネ効果を推定するとともに、地中熱利用システムが地中へ排熱することによる環境負荷等を評価する。

### 2 方法

地中熱の普及による影響を評価するためには、従来のエネルギーシステムから地中熱を活用したシステムに転換した場合の両者の効果を比較する必要がある。このためには実証試験等の機会を活用しデータを取得することが有効である。そこで本研究では、県の環境政策課や産業労働部の所管する高等技術専門校と連携し、これらの事業で設置する実証試験施設にデータ取得のためのセンサー類も併せて設置した。具体的には熱交換井の5～10深度の地中温度、1次側循環液の入口と出口温度、循環液の流量、システムの電力使用量を計測するセンサーや計器類である。本研究では、これらシステムによるデータや地質等の情報を用い数値シミュレーションによって評価する

### 3 結果と今後の予定

埼玉県が実施する事業と連携し、県内3か所に実証試験施設を設置した。3か所のうち2か所は地下水を揚水し、それを熱源とするオープンループ型のシステムで熊谷市と久喜市に設置した。施設としては、それぞれイチゴ農園とハーブ農園のビニルハウスである。もう1か所は高等技術専門校(上尾)で技術者を目指す学生の実習設備用に設置した。この施設では100mの熱交換井を掘削し、クローズドループ型のシステムを設置した。以上の3か所のシステムは2月～3月にかけて導入したため、詳細なデータの取得には至っていない

いが、試験運転によって良好な設置とデータ取得が確認されている。

環境負荷という観点ではオープンループ型では、揚水や排水による水資源への影響が、クローズドループ式では、地中への排熱による温度上昇による影響の可能性が一般には懸念される。本研究では特に地中の熱環境への影響について着目する。この評価については埼玉大学でも進められており、同校の敷地(さいたま市)で100mの掘削を行い、嫌気条件に保ったまま地質試料を採取し、加熱試験による土壌微生物の菌叢変化などを調べている。これらの成果を埼玉県の広い範囲に適用するためには県内の他の箇所との菌叢の違いを把握することが必要である。そこで当センターでは、越谷市内に地質試料用の掘削を行い、土壌微生物の遺伝子解析するためのサンプリングを行った。次年度詳細な解析を行い、両地点の菌叢の違いを明らかにする予定である。

地中熱利用システムについては、これまで住宅やオフィスビルなどの設置が多数を占めていたが、農業分野への活用することで省エネ効果やCO<sub>2</sub>の排出量削減効果に加えて、生産物の品質の向上や生産時期の拡大も期待されている。農業に係る評価は県の農業技術研究センターと連携し行うことにしている。



図1 地中熱利用システムの実証試験(イチゴ農園)

[自主研究]

# 生態園をモデルとした放射性物質の分布及び移行に関する研究

山崎俊樹 米持真一 白石英孝 小林良夫 嶋田知英 三輪誠 細野繁雄  
(ほか衛生研究所生態影響担当)

## 1 目的

平成23年(2011年)3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故により大気中に放出された放射性物質は、本県の一部地域にも影響を与えた。放射性物質は今後、地表面から地下への浸透、放射性物質を吸着した土砂の河川・湖沼への移動、森林・農産物・生物への移行など、様々な経路で環境中を移動することが予想されるが、その実態は必ずしも明らかではない。そこで本研究では、当所の生態園において土壌、植物、昆虫など環境中での放射性物質の移動に関与すると考えられる各種媒体の放射性物質濃度を調査し、環境中での放射性物質の分布、移行、蓄積状況等の実態を把握することを目的とする。

## 2 方法

生態園内において、放射性物質の移動媒体となる土壌(裸地、草地、水田、畑地、林地等)、池水及び底質、植物(米、里芋、ゆず、柿、樹木葉、水生植物等)、生物(蟬、ザリガニ、カエル等)の試料を採取し、Ge半導体検出器を用いたγ線スペクトロメリーによる放射性物質濃度の測定を行った。対象とした核種は、人工放射性核種のCs-137及びCs-134であるが、参考として天然放射性核種のK-40も測定した。

## 3 結果

土壌等の分析結果は表1のとおりである。全体の傾向としては昨年度と同様に、より地表に近い部分の濃度が高く、放射性物質は現在でも表層にとどまっていることがわかる。その度合いは土地の利用形態で異なり、田畑では土壌の耕起によって下層の濃度がやや高く、樹木に覆われた林地よりも開放地である果樹園・原っぱのほうが上層の濃度は低いことなどがわかる。また、林地の土壌については、1~2cm及び2~5cmのCs-137の濃度が昨年度よりもやや高い値であった。

動植物等の分析結果は表2のとおりである。昨年度と同様に、水生動植物がやや高い濃度を示していた。これらは池の底質近傍で成長するため、底質の放射性物質濃度が影響を与えている可能性が考えられる。また、昨年度と比較して濃

度は全体的に減少しており、Cs-134については、多くの試料において検出下限値以下であった。

表1 土壌等の放射性物質濃度(Bq/kg乾)

試料	深度	Cs-137	Cs-134	K-40	備考
田	0-5cm	83.4	17.0	379	
	5-20cm	14.8	2.38	364	
畑	0-5cm	41.8	9.93	383	
	5-20cm	26.4	5.67	398	
果樹園	0-1cm	69.7	16.8	416	樹木のない場所 で土壌を採取。
	1-2cm	78.2	19.6	441	
	2-5cm	84.9	17.4	409	
	5-20cm	12.9	2.65	394	
原っぱ	0-1cm	187	48.3	330	
	1-2cm	154	38.4	297	
	2-5cm	141	35.1	327	
	5-20cm	71.3	1.09	273	
屋敷林	0-1cm	442	114	180	シラカシ(常緑樹) -クヌギ(落葉樹)を主体とする林。
	1-2cm	387	96.5	241	
	2-5cm	113	24.5	262	
	5-20cm	4.00	<1.47	296	
	リター *	150	320	87.9	
社寺林	0-1cm	476	112	235	シラカシ・ダケチヤを主体とする常緑樹林。イヌシデ等落葉樹も混在。
	1-2cm	350	85.0	250	
	2-5cm	178	41.3	287	
	5-20cm	20.4	4.67	301	
	リター *	233	51.7	113	
雑木林	0-1cm	521	127	149	クヌギ(落葉樹)を主体とする林。イヌシデ、ミズキ等落葉樹も混在。
	1-2cm	278	67.3	186	
	2-5cm	30.7	6.45	183	
	5-20cm	3.67	<1.43	291	
	リター *	227	56.1	<64.5	
下の池	底質(入)	287	75.0	341	
	底質(出)	281	59.3	275	
林内池	底質(入)	262	64.3	281	

\* 風乾

表2 動植物等の放射性物質濃度(Bq/kg生)

試料	Cs-137	Cs-134	K-40
池水(mBq/kg)	7.0	2.0	150
ザリガニ-1	8.8	2.2	56.1
ザリガニ-2	8.4	2.3	56.8
アブラゼミ	0.15	<0.077	82.1
マツモ	0.065	<0.072	106
ヒシ	1.5	0.36	123
カエル	7.6	2.0	72.5
サトイモ	0.036	<0.042	166
柿-1(全体)	0.054	<0.031	73.4
柿-1(可食部)	0.066	<0.025	69.2
柿-2(全体)	0.076	<0.031	76.5
柿-3(全体)	0.18	0.050	73.1
ユズ-1	0.28	0.063	52.5
ユズ-2	0.33	0.068	58.5
ユズ-3	0.19	0.043	57.7
籾米	0.25	<0.11	105
玄米	0.14	<0.045	78.4
精米	0.070	<0.016	29.0
籾殻	0.40	<0.32	195
米糠	1.0	<0.31	535

## 4 今後の研究方向

放射性物質の移動媒体について引き続き調査を進め、測定値の経年変化や媒体相互の関連について検討を進める。