

## 7 抄録・概要

### 7.1 自主研究概要

- (1) 埼玉県における高時空間解像度人工排熱量インベントリの推計及びその解析.....原政之、嶋田知英、武藤洋介、本城慶多
- (2) 埼玉県の部門別GHG排出量を予測する統計モデルの構築.....本城慶多、武藤洋介、原政之、嶋田知英
- (3) 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、松本利恵、佐坂公規、長谷川就一、野尻喜好、藤井佑介
- (4) 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、佐坂公規、野尻喜好、藤井佑介
- (5) 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
- (6) ニホンジカによる森林植生への影響評価と植生回復に関する研究.....角田裕志、三輪誠、米倉哲志、王効拳、嶋田知英
- (7) 埼玉県の主要水稻品種の収量に対する葉のオゾン吸収量に基づいたオゾンリスク評価.....米倉哲志、王効拳、角田裕志、金澤光、三輪誠
- (8) 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
- (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、川寄幹生、長谷隆仁、鈴木和将
- (10) 埋立地における水銀ガス調査.....長森正尚、長谷隆仁、渡辺洋一
- (11) 県内における有機ハロゲン難燃剤の汚染実態の把握.....蓑毛康太郎、竹峰秀祐、茂木守、大塚宜寿、堀井勇一、野尻喜好
- (12) 生態圏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、伊藤武夫、茂木守、米持真一、三輪誠、梅沢夏実、嶋田知英、白石英孝
- (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、竹峰秀祐、野尻喜好
- (14) 緊急時大気中化学物質の迅速調査法の開発とリスク評価.....茂木守、竹峰秀祐、大塚宜寿、蓑毛康太郎、堀井勇一、野尻喜好
- (15) PARAFAC-EEM法による水質モニタリングに関する基礎的研究.....池田和弘、柿本貴志、見島伊織、渡邊圭司
- (16) 埼玉県内の親水空間における大腸菌数の現状把握.....渡邊圭司、池田和弘、柿本貴志、見島伊織、梅沢夏実、木持謙、田中仁志
- (17) 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、柿本貴志、白石英孝、嶋田知英、渡邊圭司、山崎俊樹
- (18) 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
- (19) リモートセンシングを援用した埼玉県における地盤変動監視に関する研究.....八戸昭一、白石英孝、濱元栄起、石山高、原政之、柿本貴志
- (20) 県内自然土壌を対象とした有害重金属類のバックグラウンド値の測定と地域特性解析.....石山高、八戸昭一、濱元栄起、柿本貴志

[自主研究]

# 埼玉県における高時空間解像度人工排熱量インベントリの推計 及びその解析

原政之 嶋田知英 武藤洋介 本城慶多

## 1 目的

都市ヒートアイランドの精密な数値シミュレーションを行うためには、人工排熱量の正確な推計が必要である。埼玉県では、これまでに、埼玉県ヒートアイランド対策ガイドライン(平成21年3月)<sup>1)</sup>によって埼玉県における人工排熱量推計がなされている。空間詳細な推計であるが、当時の現状把握のための推計であったため、時間(季節・曜日別、過去の変遷)に関しては推計されていない。

詳細な人工排熱量の推計は、県内でのエネルギー消費量を把握するためにも有用である。特に、解析に必要な最近数十年を対象とした高時空間解像度の人工排熱量の経年変化の推計は、埼玉県以外の他地域でも行われておらず、自ら推計を行う必要がある。また、人工排熱量は、シミュレーションなどに用いるための基礎データとして、定期的に更新されるべきデータであると考えられる。そこで本研究では、最近数十年間分の人工排熱量の推計を行い、数値気象モデルでの都市気象・気候の再現精度向上、過去の都市化の都市気候への影響の分析、都市における高時空間解像度の熱収支の把握を目的とする。

## 2 方法

埼玉県全域を含む関東甲信越地方の領域を対象として、人工排熱量の推計を進めている。今年度は、数百m～数km程度の水平格子、且つ、平日・土日祝日別に1時間毎の人工排熱量の推計を進めている。また、排出源種別ごとの推計も行う。

本年度は、人工排熱量インベントリ作成手法の選択・開発、検証のための既存の人工排熱量推計値、及び人工排熱推計に必要な統計データの収集を行った。過去の文献<sup>2,3)</sup>より、種々の人工排熱量作成方法を検討したが、過去に数十年遡った解析を行うこと、領域気候モデルの境界値として用いるために関東地方を含む広域を対象とした推定が必要であることから、保刈ほか(2015)の方法<sup>2)</sup>を今回は用いることとした。

図1は、埼玉県環境部温暖化対策課(2009)による埼玉県の8月の日平均人工排熱(顕熱)量の推計値である。領域内の最大値は $2,000\text{W}/\text{m}^2$ を超えるが、これは焼却施設や工場等の事業者がある場所のみで、住宅街では $20\text{W}/\text{m}^2$ 程度である。この値を参考値として次年度以降進める推計を進める。また、これ以外にも、文部科学省気候変動適応研究推進プログラム

(RECCA)において作成された人工排熱量インベントリも参考とする予定である。

インベントリ作成のためのデータ収集として、国土数値情報土地利用細分メッシュデータ・都市地域土地利用細分メッシュデータ・道路密度・道路延長メッシュ、全国道路・街路交通情勢調査(交通センサス)、平成27年国勢調査に関する地域メッシュ統計、EAGrid2000-JAPAN等を収集した。

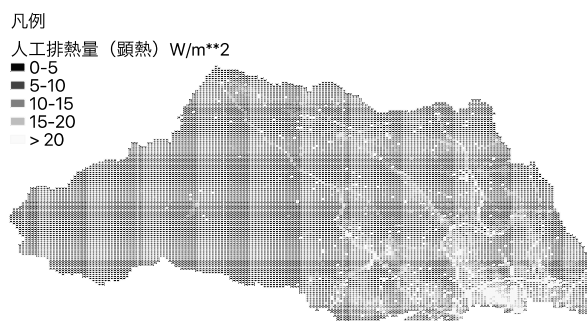


図1 人工排熱量(顕熱)推計値(埼玉県, 2009より作成)

## 3 結果

これまでに、人工排熱量インベントリの推計に必要なデータの収集、高時空間解像度の人工排熱量インベントリの推計を開始しベータ版のデータを作成した。また、人工排熱量インベントリを領域気候モデルの境界値として入力可能とするための改良を行った。引き続き、高時空間解像度の人工排熱量データの推計を行い、作成した人工排熱インベントリを用いた、領域気候モデルによる都市ヒートアイランドの数値シミュレーション、感度実験などを行う。

開発した人工排熱量インベントリを用いることにより、これまでよりも精度が高い領域気候シミュレーションを行うことが可能となる。また、気候変動適応策の実装や低炭素社会を目指した都市計画を策定する際に役立てることができる。

## 文献

- 1) 埼玉県環境部温暖化対策課(2009)埼玉県ヒートアイランド対策ガイドライン。
- 2) 保刈和也ほか(2015)名古屋市における人工排熱量の推定とその気温影響の解析, 日本ヒートアイランド学会論文集。
- 3) 木内豪、吉谷純一(2002)首都圏における将来の人工排熱量時空間分布の推計, 第30回環境システム研究論文発表会講演集。

[自主研究]

# 埼玉県の部門別GHG排出量を予測する統計モデルの構築

本城慶多 武藤洋介 原政之 嶋田知英

## 1 目的

2015年12月、COP21で採択されたパリ協定において、日本は2030年のGHG排出量を2013年基準で26%削減することを約束した。地方自治体は国の約束草案と整合する形で中長期排出削減目標を検討する必要がある。埼玉県は2009年にストップ温暖化・埼玉ナビゲーション2050を策定し、2020年のGHG排出量を2005年基準で21%削減するという目標を設定した。しかし、東日本大震災に起因する原子力発電所の停止は、電力排出係数の上昇をもたらし、排出削減に向けた努力を妨げる結果となった。CESS推計によると、2014年のGHG排出量(電力排出係数変動)は42,500ktCO<sub>2</sub>であり、2005年の42,581ktCO<sub>2</sub>とほぼ同水準であった。特に、家庭部門CO<sub>2</sub>排出量の増加が顕著であり、2005年の水準を22%超過した。達成可能な排出削減目標を策定するには、人口・経済・気象の諸要因がGHG排出量に与える影響を評価し、将来のGHG排出量を適切に見積る必要がある。本研究では、県の部門別GHG排出量を推計する統計モデルを構築し、複数の社会経済シナリオのもとで2030年までの将来予測を実施する。

## 2 方法

本研究のGHG排出量モデルはマクロ経済、エネルギー需要、エネルギー供給の3部門から構成される。マクロ経済部門は、県内総生産や家計消費支出といったマクロ経済指標を推計するための統計モデルを含んでおり、エネルギー需要部門の基礎となる。県内総生産は県内の固定資本ストックと労働力を説明変数とするコブ・ダグラス生産関数で推計する。生産関数の切片、すなわち、全要素生産性は時間変動しており、生産額の予測結果を左右することが知られている。本研究では、生産関数を時系列モデルの一種である状態空間モデルに拡張し、全要素生産性の経年変動を推定する。

エネルギー需要部門は、マクロ経済部門の推計結果に基づいて産業、業務、家庭、運輸の4部門におけるエネルギー需要を推計する。運輸については、都道府県別のデータが整備されていないため、自動車の保有台数や走行距離、燃費から積上げ方式で推計する。エネルギー需要の統計モデルは、生産関数と同様に状態空間モデルで記述する。説明変数の候補としてマクロ経済指標、一般世帯数、冷暖房度日、エネルギー価格が挙げられる。エネルギー需要の推計結果と、エネルギー供給部門で定義されるエネルギー種別の排出係数を組み合わせることでGHG排出量を算出できる。GHG排出量の将来予測を行うには、将来の人口動態や経済成長に関する仮定、すなわち、社会経済シナリオが必要となる。本研究で

は、県の温暖化対策課と意見交換を行いながら、県の社会経済シナリオの開発にも取り組む予定である。

## 3 結果

平成29年度は主としてマクロ経済部門の分析に取り組んだ。具体的には、県の生産関数を推定し、1990～2014年における全要素生産性の時間変動を明らかにした。生産関数の推定には内閣府「県民経済計算」のデータを使用した。表1は生産関数の推定結果である。全要素生産性は緩やかに成長しており、2014年の推定値は1990年の水準を9.4%上回った。資本弾力性は0.101と低い値を示しているが、これは県の経済が労働集約的であることを示唆する。図1は1都6県の全要素生産性を比較したものである。期間平均で見ると、埼玉県の全要素生産性は神奈川県、千葉県に次いで第3位であった。興味深いことに、埼玉県の全要素生産性は東京都を上回っている。東京都の経済発展は巨大な固定資本ストックと労働力に支えられたものであり、生産の効率性という観点では必ずしもトップではないことが分かる。

表1 埼玉県生産関数の推定結果

全要素生産性	5.056—6.129
資本弾力性	0.101
労働弾力性	0.899
AIC	-108.20
MAPE(%)	0.01%未満

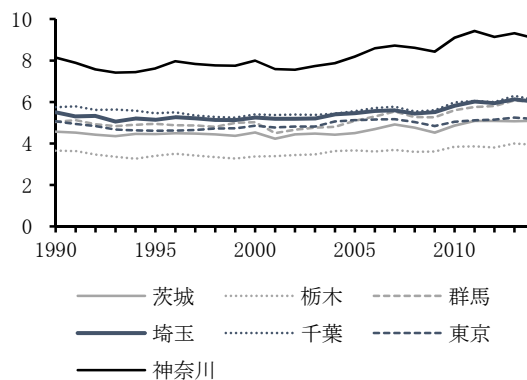


図1 1都6県の全要素生産性の推定値

## 4 今後の研究方向

平成30年度はエネルギー需要部門の分析に取り組む予定である。本研究で開発を進めているGHG排出量モデルは、中長期排出削減目標の策定のみならず、県内GHG排出量の算定(令達業務)や県内気候リスクの経済評価(環境省推進費2-1805サブテーマ2)にも応用可能である。

[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 松本利恵 佐坂公規 長谷川就一 野尻喜好 藤井佑介

## 1 目的

当センターでは2000年の設立当初から、PM<sub>2.5</sub>の週単位測定を開始し、継続している。2005年からはPM<sub>1</sub>、環境基準値の設定された2009年からは、1日単位のPM<sub>2.5</sub>捕集を追加して、標準測定法に準じた質量濃度測定を開始した。PM<sub>2.5</sub>濃度には微減傾向が見られていたが、2013年1月に中国広域で高濃度PM<sub>2.5</sub>汚染が発生し、これを機に、日本国内でも社会の関心が急速に高まった。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が風下側の日本に輸送される、越境大気汚染への関心も高まった。一方、関東は自身の排出量も多く、西日本と比べて大陸からの距離も離れているため、地域汚染の影響も少なくはない。

PM<sub>2.5</sub>に含まれる金属元素成分は、長距離輸送中の変化が無く、同時に発生源推定に有効な成分である。本研究では、金属元素成分に着目し、加須におけるPM<sub>2.5</sub>高濃度要因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にPM<sub>2.5</sub>採取装置(FRM2025)を設置し、24時間単位のPM<sub>2.5</sub>捕集を通年で行った。捕集にはPTFEフィルターを使用した。なお、1週間単位のPM<sub>2.5</sub>及びPM<sub>1</sub>の捕集も行った。解析には24時間捕集のPM<sub>2.5</sub>試料を用い、試料中の金属元素成分を分析した。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、過酸化水素を添加して高温高压条件下で酸分解を行い、ICP/MSにより66元素を測定した。

## 3 結果

### 3.1 通年観測結果

2017年4月1日～2018年3月31日までの1日単位のPM<sub>2.5</sub>試料 (n=365) から得た年平均濃度は、10.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。年平均濃度は2014年度 13.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2015年度 12.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2016年度 11.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ から更に低下し、過去最低となった。

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年度が8日、2015年度から2017年度は5日であった。これらは全て11月から1月に出現していた。

### 3.2 高濃度要因の解析

解析する対象として季節や規模を考慮して以下の3期間を抽出した。また、比較的解析事例の多いPM<sub>2.5</sub>成分調査の実施時期とは重ならない期間を選択した。

- (1) 2015年夏季(7月下旬～8月上旬): 3年間で唯一夏季の濃度上昇。加須では35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ は超えなかったが、首都圏では超過地点多数。
- (2) 2015年秋季(10月中旬): 10月9日～10日に45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 前後の高濃度が続く。
- (3) 2017年冬季(12月下旬): 3年間の最高値60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

PM<sub>2.5</sub>中には、土壌等に由来する自然起源の粒子も含まれるため、平均的な土壌粒子の存在比(Rudnick and Gao *et al.*, 2003)を用い、Alで規格化した濃縮係数(EFs)を求めた。図1に分析を行った全ての期間の平均濃度から得た代表的元素のEFsを示すが、EFs $\geq$ 100となった元素は、Cu、Zn、As、Se、Cd、Tl、Pb、Biなどであった。

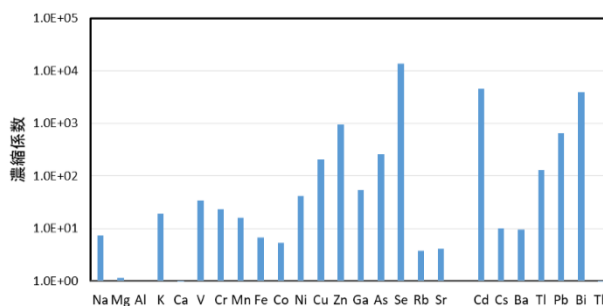


図1 加須のPM<sub>2.5</sub>中元素成分の濃縮係数

過去の文献(例えばOkuda *et al.*, 2008)、科研費研究および大気環境課事業(PM<sub>2.5</sub>成分調査、富士山頂観測、日中韓同時観測など)により得た成分データを活用し、As/V比、Pb/Zn比、La/Sm比などを用いて高濃度の主たる要因を検討した結果、期間(1)は主として光化学大気汚染を伴う高濃度現象であるが、後半には越境大気汚染による気塊の流入も確認された。また、期間(2)は越境大気汚染と地域汚染の複合型の濃度上昇、期間(3)は主として当該地域周辺のバイオマス焼却による濃度上昇によるものと考えられた。

## 文献

- 1) Rudnick, R. L. and Gao, S.: Composition of the continental crust, *Treatise On Geochemistry*, **3**, 1-64 (2003).
- 2) Okuda, T., *et al.*: Trends in hazardous trace metal concentrations in aerosols collected in Beijing, China from 2001 to 2006, *Chemosphere*, **72**, 917-924 (2008).

[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 佐坂公規 野尻喜好 藤井佑介

## 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短期基準超過が影響し低かったが、最近では改善傾向である。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 高濃度事例解析による地域汚染パターン

加須における日単位の通年サンプリングによる成分分析、及び県内各地における移動測定車による時間単位の成分測定に基づいて高濃度事例 (主に日平均値が35 µg/m<sup>3</sup>を超えたもの) を解析し、2015～2017年度の事例を基に、共同研究による広域的な解析結果も参考にしつつ季節ごとの地域汚染のパターンを考察した。

春季は、広域移流 (越境汚染) による高濃度 (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> の上昇) が多くみられるが、風が弱く日射が強い5月は、地域汚染による光化学二次生成が顕著となり有機炭素 (OC) が卓越したケースもあった。夏季は、弱風ながらも関東平野内での海陸風による蓄積と光化学二次生成による高濃度 (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> あるいはOCの上昇) がみられた。移動測定車により2017年7月に熊谷で観測した事例では、夕方にSO<sub>4</sub><sup>2-</sup> が上昇しており、海風輸送と光化学二次生成によることが示唆された。しかし、午前中にもSO<sub>4</sub><sup>2-</sup> や水溶性有機炭素 (WSOC)、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> の上昇を伴うPM<sub>2.5</sub>のピークが観測されており、比較的ローカルなスケールでの影響によるものと考えられた。

秋季は農作物残渣等の野外焼却によってOCが高濃度になるケースが多く、晴天続きの降雨直前に顕著となった。冬季は、秋季の特徴に加えて、NO<sub>2</sub>から二次生成するNO<sub>3</sub><sup>-</sup> が高濃度になるケースが多く、また、濃度は低いが生主に廃棄物焼却に由来するClも相対的に上昇するケースが多かった。移動測定車による2017年11月 (草加) 及び12月 (春日部) の観測事例では、PM<sub>2.5</sub>が夕方から夜に上昇し、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> とWSOC (OCの一部; ここでは主に野外焼却に由来すると考えられる) が同期していた。ただし、日中にNO<sub>3</sub><sup>-</sup> のみ上昇したケースもあり (図1;

11月29日午後)、風向の変化による風上側の野外焼却の多寡によって、上昇要因が変わる可能性が示唆された。

### 2.2 燃焼発生源の影響

PM<sub>2.5</sub>に占める黒色炭素 (BC) の割合は、化石燃料やバイオマスなどの燃焼発生源の寄与を表していると考えられる。そこで、移動測定車による各地でのPM<sub>2.5</sub>とBCの測定値 (1時間値) から、季節や地域による燃焼発生源の寄与の違いを考察した。道路沿道では一般環境に比べて寄与が大きく、自動車排ガスの影響が明確にみられた。一般環境では、県北部に比べて県南部において秋季・冬季に寄与が上昇する傾向がみられた。これは、北寄りの風によって県内での燃焼発生源からの排出が付加された可能性が考えられる。

一方、加須でのPM<sub>2.5</sub>、OC、BCの測定値 (1時間値) から、光化学スモッグが多く発生した2017年5～7月と、PM<sub>2.5</sub>が高い日が多かった2016年10～12月の平均経時変化を比較した (図2)。5～7月は、PM<sub>2.5</sub>が日中に上昇し、OCも若干だが同様に上昇を示しており、光化学二次生成の影響が示唆された。これに対して10～12月は、PM<sub>2.5</sub>が夕方に顕著に上昇し、そのときOCも明確に上昇し、BCも上昇を示した。これは、バイオマス燃焼 (野外焼却) の影響が大きいと考えられ、朝にみられる自動車排ガスの影響を大きく上回るものだった。

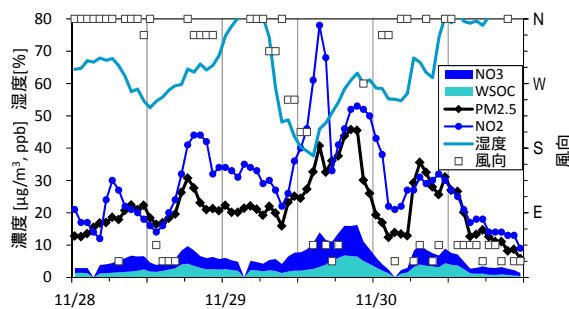


図1 2017年11月の高濃度事例における経時変化

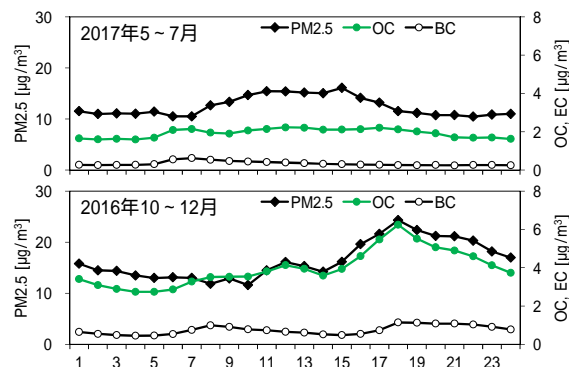


図2 加須におけるPM<sub>2.5</sub>、OC、BCの平均経時変化

[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 背景と目的

本研究では、平成27年度に、「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（絶滅危惧植物種）のうち602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し、データベースを構築するとともに、それを活用して、県内におけるそれらの分布状況を市町村別に検討した<sup>1)</sup>。その結果、県内でそれらが確認された約5900地点のうち、秩父市での確認地点数が最も多く、次いで小鹿野町、飯能市、越生町、さいたま市の順で多いことが分かった。

これらの結果を踏まえ、平成28年度は、絶滅危惧植物の確認地点数が多いこれらの5市町において、10%以上を占めるそれらの減少要因を主要な要因として着目するとともに、5市町間での共通点を考慮して減少要因を整理した<sup>2)</sup>。その結果、特に絶滅危惧植物が多く分布している秩父市、小鹿野町、飯能市及び越生町では、共通の主要な減少要因として、自然遷移、森林伐採・整地、園芸採取、動物（シカ）食害及び石灰採掘が挙げられ、この地域に生育する絶滅危惧植物を保全するためには、これらの減少要因の影響をできる限り軽減することが必要であることが分かった。

このように、平成27年度及び平成28年度は、「埼玉県レッドデータブック 2011 植物編」に掲載されている絶滅危惧植物に関するデータベースを構築し、それを活用して、県内におけるそれらの分布状況や減少要因について検討した。

平成29年度は、現在改訂が進められている埼玉県レッドデータブック動物編に掲載される候補として挙げられた動物種に関する調査データを収集し、埼玉県における希少野生動物種（絶滅危惧動物種）に関するデータベースの構築を進めたので報告する。

## 2 方法

現在、現行の「埼玉県レッドデータブック 2008 動物編」の改訂作業が進められており、平成27年度までに、改訂のための掲載候補種に関する調査が実施された。この調査では、分類群ごとに挙げられた掲載候補種について、現地調査、聞き取り・文献調査及び標本調査が実施され、調査結果と生息状況の考察が行われた。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、その動物種の学名、属する目名や科名、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、データベースの構築作業を進めた。なお、収集したデータのすべてがWord形式の文書データであったため、このデータの中から必要情報を抽出し、データベースに適用可能なExcel形式のデータに変換する作業を中心に行った。

## 3 結果

収集したデータを取りまとめた結果、新しいレッドデータブック動物編への掲載候補種として982種が挙げられた（表1）。その内訳として、脊椎動物（哺乳類、鳥類、爬虫類、両生類、魚類・円口類）が250種（全体の約25%）、無脊椎動物（甲殻類、多足類、クモ類、貝類、ウズムシ類、昆虫類）が732種（全体の約75%）であった。掲載候補種の中で最も多かったのは無脊椎動物の昆虫類（622種）で全体の約63%、次いで多かったのは脊椎動物の鳥類（146種）で全体の約15%を占めた。昆虫類の掲載候補種は17目に分類され、そのうちコウチュウ目、チョウ目、ハエ目、ハチ目、カメムシ目、バッタ目、トンボ目の順に属する種が多く、これらの目に属する種が昆虫類の全掲載候補種の約90%を占めた。また、鳥類の掲載候補種も17目に分類され、そのうちスズメ目、タカ目、チドリ目、カモ目、ペリカン目、フクロウ目の順に属する種が多く、これらの目に属する種が鳥類の全掲載候補種の約77%を占めた。

表1 埼玉県レッドデータブック動物編の各分類群に属する掲載候補種数とその割合

	分類群	掲載候補種数	掲載候補種数の割合 (%)
脊椎動物	鳥類	146	14.9
	哺乳類	39	4.0
	魚類・円口類	36	3.7
	両生類	15	1.5
	爬虫類	14	1.4
無脊椎動物	昆虫類	622	63.3
	貝類	50	5.1
	多足類	28	2.9
	クモ類	22	2.2
	甲殻類	6	0.6
	ウズムシ類	4	0.4
	合計	982	100.0

## 4 今後の研究方向

現在、Excel形式のデータへの変換作業は全掲載候補種の7割程度まで進んでいる。今後は、令達事業「希少野生動物保護事業」の一環として、残りのデータ変換作業とデータベースの構築作業及びデータ解析作業を進めていく予定である。

### 参考文献

- 1) 三輪ら（2016）埼玉県環境科学国際センター報，16，p114.
- 2) 三輪ら（2017）埼玉県環境科学国際センター報，17，p92.

[自主研究]

# ニホンジカによる森林植生への影響評価と植生回復に関する研究

角田裕志 三輪誠 米倉哲志 王効拳 嶋田知英

## 1 目的

埼玉県内ではニホンジカ (*Cervus nippon*, 以下「シカ」)の分布拡大と捕獲数の増加が続いている。秩父地域を中心に、シカが高密度化した森林では、強い採食圧によってササ類や低木類などの林床植生が衰退・消失し、森林生態系への影響が懸念される。このため、埼玉県では従来まで行われてきた狩猟や有害捕獲に加えて、平成26年度からはシカの個体数や分布域の抑制を目的とした管理捕獲が行われている。しかし、捕獲によってシカの密度低減に成功した事例は全国的に少ないため、シカの捕獲による森林植生の回復効果はほとんど検証されてこなかった。そこで、本研究では、森林の林床植生に対するシカの採食影響と捕獲活動との関係を明らかにすることを目的とした。

本年度は、狩猟および管理捕獲がシカの行動生態に与える影響の把握を目的とした野外観察について、開始後1年間の結果を報告する。

## 2 方法

捕獲活動によるシカの行動変化と林床植生への被食圧の変化の関係を把握するために、東大秩父演習林内に狩猟や管理捕獲の実施状況が異なる2箇所の試験地(A, B)を設けた。試験地Aでは管理捕獲は行われていないが、周辺で狩猟が行われており、猟期中には猟犬や狩猟者が確認された。一方、試験地Bでは狩猟は行われておらず、猟期後の1か月間(2月中旬～3月中旬)のみ管理捕獲事業が行われた。各試験地における捕獲方法は巻狩りであった。

各試験地に自動撮影カメラを3台ずつ設置して、シカの出没頻度と警戒行動および採食行動を観察した。また、各試験地に小規模柵(約3m四方)を設置し、柵の内外にシカの嗜好性植物であるアオキ (*Aucuba japonica*)を植栽して、被食状況を観察した。シカの行動生態とアオキの被食状況を試験地間および捕獲の実施期間中と期間外とでそれぞれ比較した。1年目の観察期間は2016年10月1日～2017年5月29日までの約8か月間とした。

## 3 結果

試験地Aでは猟期後間もなくシカがほとんど確認できなくなり、猟期終了直前(2月中旬)までシカは出没しなかった(図1)。猟期後は一時的にシカの出没が増加した。一方、狩猟が行われなかった試験地Bでは猟期中にシカの出没が大きく増加し、猟期後の管理捕獲の実施期間中に減少した後、管理捕獲終了後に再び増加した(図1)。

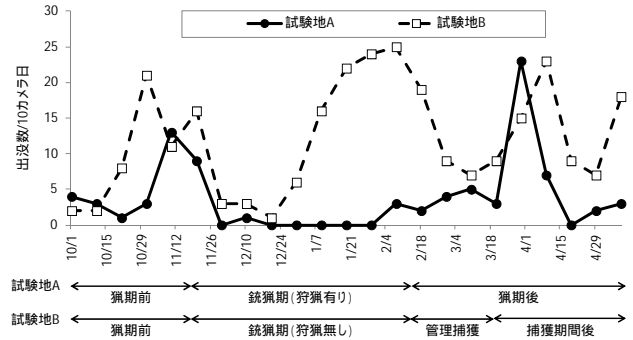


図1 捕獲期間前後の各試験地における10カメラ日あたりのシカ出没頻度の変化

得られた動画データからシカの採食行動と警戒行動の観察時間割合を解析した結果、試験地Aでは猟期後1か月間のシカの警戒行動が増加し、相対的に採食行動が減少した(図2)。一方、試験地Bでは調査期間を通じてシカの警戒行動が少なく、また捕獲の実施前後において顕著な変化は見られなかった。植栽木のシカによる被食状況も試験地間で差が見られた。試験地Aでは猟期終了後までほとんど被食を受けずに枝葉が残っており、猟期後30日以降に被食された。一方、試験地Bでは実験開始後約2か月で枝葉のほとんどが被食され、翌春までに植栽木の多くが枯死した。

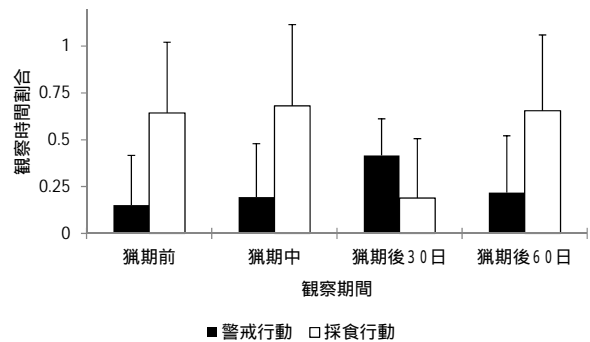


図2 試験地Aにおけるシカの警戒行動および採食行動の観察時間割合の変化(エラーバーは標準偏差)

## 4 今後の研究方向

野外観察の2年目を平成30年5月中旬まで実施した後、取得したデータの解析を行う。また、夏以降に野外実験の3年目を開始し、捕獲実施状況の変化や経年変化も踏まえた解析を行う予定である。

[自主研究]

# 埼玉県の主要水稲品種の収量に対する 葉のオゾン吸収量に基づいたオゾンリスク評価

米倉哲志 王効拳 角田祐志 金澤光 三輪誠  
荒川誠\* 宗方淳\* 大戸敦也\*

## 1 目的

光化学オキシダントは、国内で環境基準がほとんど達成されていない大気汚染物質で、この光化学オキシダントの大部分を占める成分はオゾンである。埼玉県は、国内でもオゾン濃度が高くなりやすい地域である。

オゾンは酸化性が非常に高く、植物毒性が強いため、現状および将来的な水稲生産に対するオゾンリスクを評価する必要がある。

そこで本研究では、埼玉県の主要な水稲2品種の収量に対するオゾンリスク評価を、欧州で提案されている葉のオゾン吸収量に基づいたクリティカルレベルの評価手法を用いて行い、水稲の収量に対するオゾン指針値について検討することを目的とする。

## 2 材料と方法

1年目では、埼玉県の主要品種である「コシヒカリ」と「彩のかがやき」の2品種を対象としてオゾン濃度条件を変えられるガラス温室型オゾン曝露チャンバーを用いたオゾン曝露実験を実施した。オゾン処理区は、オゾン除去した浄化空気を導入する処理区(浄化区)、野外の空気をそのまま導入する処理区(野外区)、野外の空気中のオゾン濃度の1.5倍になるようにオゾンを添加した処理区(1.5×野外区)の3試験区を設けた。定期的に葉のガス交換速度(純光合成速度、気孔拡散コンダクタンスなど)の計測を行ない、気孔を介した葉のオゾン吸収速度も算出した。さらに、育成期間終了時において、収量および収量構成要素を測定した。

## 3 結果と考察

実験期間中(6~9月)の昼間7時間の平均オゾン濃度を表1に示した。AOT40とは40ppb以上の積算オゾン値であり、オゾンの植物影響評価に良く用いられているオゾン指標である。野外における実験期間中のオゾン濃度は例年に比べて低かった。平成27、28年の同時期の昼間7時間の平均オゾン濃度は約45ppbであり、平均濃度で10ppb程度低かった。6月下旬~7月上旬にかけて100ppb程度まで高くなる日が数日あったが、7月中旬以降においては、ほとんど認められず例年よりも濃度が低く推移していた。

コシヒカリと彩のかがやきの収量の結果を図1に示した。両品種とも収量はオゾンによる若干の低下傾向を示したが、一

元配置分散分析によるオゾンの有意な収量影響は認められなかった。収量構成要素(穂数、粒数、1,000粒重、登熟割合)においても、両品種ともオゾンに有意な影響は認められなかった。また、育成期間中に複数回にわたって計測した葉のガス交換速度においても同様で、両品種において純光合成速度、気孔拡散コンダクタンスおよびオゾン吸収速度に対するオゾンの有意な影響は認められなかったため(図2)、本年度の試験結果のみからはリスク評価を行うのは困難であり、来年度以降のオゾン曝露実験を加味して検討しなければならない。

表1 実験期間中の昼間7時間のオゾン濃度

	浄化区	野外区	1.5×野外区
平均オゾン濃度 (ppb)	0.5	35.6	48.1
AOT40 (ppm h)	0	4.7	12.0

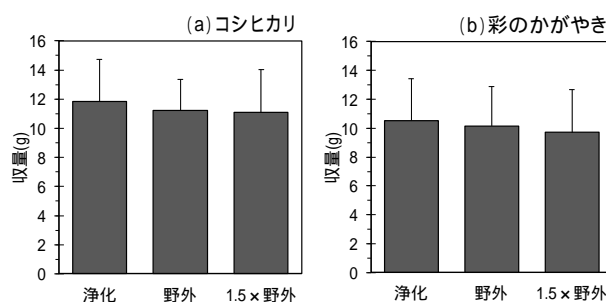


図1 水稲2品種(a: コシヒカリ, b: 彩のかがやき)の収量に対するオゾンの影響. 図中のバーは標準偏差を示している.

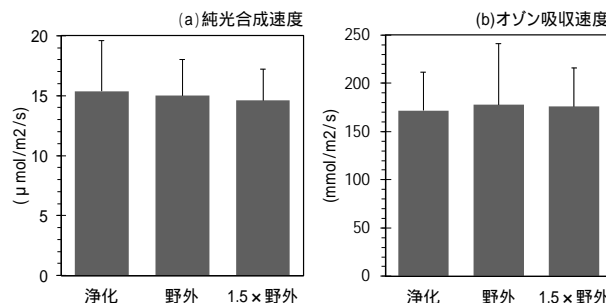


図2 コシヒカリの出穂前の止め葉における(a) 光飽和時の純光合成速度と(b) オゾン吸収速度に対するオゾンの影響. 図中のバーは標準偏差を示している.

Effects of ozone on yield of Japanese rice cultivars produced in Saitama Prefecture based on stomatal ozone uptake  
\*埼玉県農業技術研究センター



[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

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、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、一部が地表から反射し、残った正味の放射量(純放射量)が、潜熱、顕熱、地中伝熱に分配される(図1)。

太陽エネルギーを利用する太陽光発電システムの設置は、潜熱の減少等を含む地表熱収支・水収支に影響を及ぼすと考えられる。管理型の廃棄物最終処分場の場合、水収支への影響は、浸出水量、水処理負担にもかかわる。

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水量への影響の推定を研究課題とした。前年度の模擬パネルによる予備観測に続き、本年度は、実処分場において蒸発散量の観測を行い、太陽光発電設備設置の蒸発水量への影響を推定した。

## 2 方法

埋立区画(敷地面積約5万m<sup>2</sup>)の一部に1万6千枚の太陽光パネルを設置・発電を行っている実処分場(他の埋立区画からの浸出水も一括処理しており、パネル設置区画単独の浸出水量は把握不可)において、パネル非設置の裸地とパネル直下の2地点を選定し、各地点に熱収支・ボーエン比法観測器一式(日射計 EK-ML01(EKO製)・長波放射計 CHF-IR02(Hukseflux製)・地中熱流板 HFP01(Hukseflux製)・温度湿度計 S-THB-M(Onset製))を設置した。ボーエン比法による観測は裸地では観測実績のある方法であるが、ソーラーパネルのような構造物下での観測例はほぼない。そのため、パネル下の観測では、自作ライシメータ(土壌充填したプラ容器の重量変動から蒸発量を同時設置した雨量計を参考にして推計)も設置し、これら2方法による放射収支・蒸発散量観測・推定を行った。

## 3 結果

実処分場での観測(5/10~10/24)結果を図2に示した。図

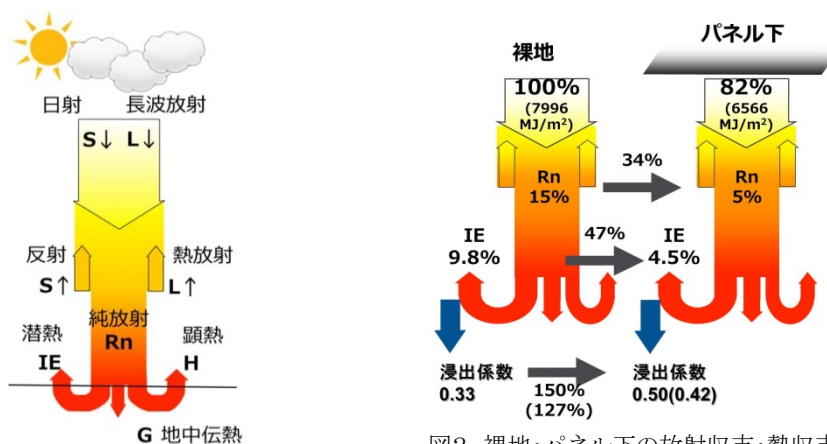


図1 地表面における熱収支

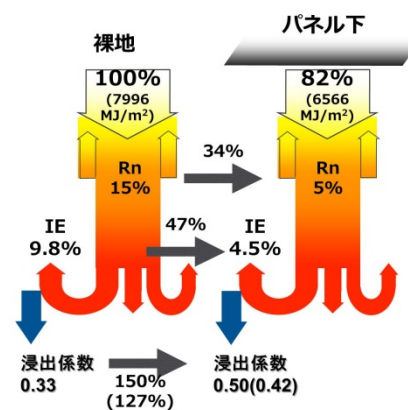


図2 裸地・パネル下の放射収支・熱収支比較

2では裸地の下向き放射量全量(7,996MJ/m<sup>2</sup>)を100%とした相対値で観測結果を整理した。パネル下での下向き放射量全量の減少は、18%程度であった。これは、S↓が96%も減少した一方、L↓が15%の減少に留まった結果である。裸地の純放射量は下向き放射量全量の15%相当である。一方パネル下の純放射量は裸地と比べると34%相当にまで減少した。パネル下での蒸発水量については、自作ライシメータと、ボーエン比法の2方法による推計値を得たが、いずれも観測期間中の欠測があった。ボーエン比法では、異常値棄却による欠測が頻出し、162mmの値となった。ボーエン比法による欠測をライシメータ値で補った値は184mmとなり、欠測分は20mm程度と推計された。一方、ライシメータ値についても欠測期間があり、これをボーエン比法値で補った値は148mmとなった。パネル裏は太陽光のため発熱し、その温度影響により、ボーエン比法に過剰推計といった影響を与える可能性が考えられた。そのため、両値のうち、ライシメータ値の方が実蒸発水量に近い値であると考えられた。図2のパネル下については、ライシメータ値から換算した潜熱値を示してある。パネル下の蒸発水量は裸地に対しておよそ47%相当に減少したと推計され、裸地に比べて純放射量の大部分が潜熱に配分されている事が推測される。

さらに、パネル設置による蒸発散量変化が浸出水量にどの程度影響するのかを推計するため、雨量・蒸発水量等から浸出水量を推計するタンクモデルを用いてパネル設置による浸出水量への影響を計算したところ、浸出係数は0.33から0.50への増加が推測された(雨水浸透能がパネル設置前後で同値と仮定した場合。パネルの設置状況により影響を受ける可能性がある)。

[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、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だけでなく、一般廃棄物の焼却灰よりも不燃残さが多くなっている。今後、循環型社会の進展に伴い、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った。

## 2 方法

本研究では、県内の管理型埋立地を対象とした。2015、2016年度の埋立管理記録から焼却残渣の埋立割合が異なる6箇所のセル1～6を選定し(表1)、各セルにモニタリング設備を深度1.0m、2.5mにそれぞれ設置した。セル1～3は埋立終了から約1年経過した2016年7月から、セル4～6は埋立終了直後(約2ヶ月後)の2016年8月からモニタリングを開始した。

表1 モニタリングを行ったセルの概要

セル番号	埋立日	埋立量 [t]	廃棄物埋立割合[%]			
			焼却残渣	不燃残渣	廃プラ	燃え殻
1	2015/6/25	13.2	11	57	26	6
2	2015/6/11	15.9	35	31	27	6
3	2015/5/22	16.8	41	33	21	5
4	2016/6/1	11.8	14	44	35	8
5	2016/6/7	12.4	33	33	34	0
6	2016/6/6	13.2	40	27	25	7

埋立センサーによる温度、含水率、電気伝導率の測定、場内観測井による内部ガス、間隙水採取器による内部間隙水質のモニタリングを行った。さらに、各セルを通過するように設置した探査測線を用いて比抵抗探査モニタリングを行った。

## 3 結果

本稿では定常的にデータが取得できた内部温度、内部ガス、比抵抗分布について報告する。

### 3.1 内部温度

内部温度は全てセルで深度1.0mでは外気温に追従した温度変化を示した。一方、深度2.5mを見ると、セル4～6では埋立直後には約40℃であったものの約1年後には30℃以下まで低下していた。セル1～3では冬季に低く夏季に高いという変動を有するもの20～30℃の範囲で安定していた。このことから、埋立開始約1年後には安定化は沈静化することが示された。

### 3.2 内部ガス

全てのセルで二酸化炭素は検出されず、焼却灰による中和の影響が示唆された。一例としてセル1～3の深度2.5mの観測

井におけるメタンガス濃度を図1に示す。メタンはモニタリング開始後にピークを示した後は一定の値で推移していた。また、酸素はほとんど検出されなかったことから、安定化プロセスにおけるメタン生成定常期に速やかに移行している可能性が示された。また、焼却残渣の埋立割合が小さいほどメタン濃度は高く、水素濃度は低く推移する傾向が示された。

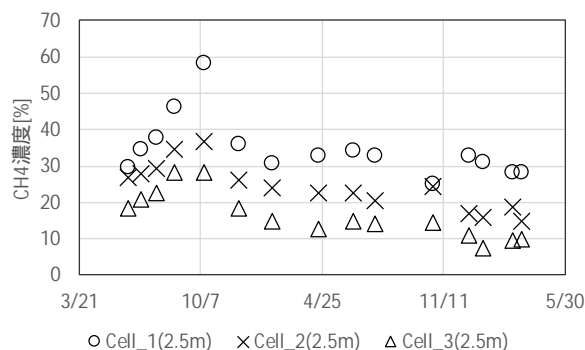


図1 セル1～3の深度2.5mの観測井におけるメタンガス濃度

### 3.3 比抵抗分布

セル1～3を通過するように設置した探査測線における比抵抗探査より、セル1が位置する領域では比抵抗は75～150Ωmが支配的であったのに対し、セル3が位置する領域では30～75Ωmの比抵抗が支配的となった。焼却灰の混合割合が小さければセル内の塩類含有量も小さく、また、不燃物の含有割合が高ければ透水性が上がり含水率が低下するため、セル3よりもセル1が高い比抵抗を示したと考えられ、埋立廃棄物の質的相違が比抵抗に影響していることが明らかにされた。また、モニタリングによる比抵抗変化率を求めたところ、強雨イベントによって水分が下方向へ移動することに伴う含水率低下と洗い出しの進行状況を可視化できる可能性が示された。

## 4 まとめと今後の課題

埋立廃棄物の混合割合が異なる埋立セルのモニタリングにより内部温度、内部ガスの経時変化が得られ、安定化プロセスにおけるメタン生成定常期にあることが示された。また、①焼却残渣の埋立割合によってメタン、水素の発生濃度に差が見られた、②比抵抗にも差がみられた、ことから埋立廃棄物の質的相違が影響することが明らかになり、焼却残渣リサイクルが進んでいく今後の循環型社会における埋立地の安定化挙動を把握できる可能性が示された。今後の課題として、メタン生成定常期がいつ収束するのか等、中長期的なモニタリングを継続していく必要があると考える。

[自主研究]

# 埋立地における水銀ガス調査

長森正尚 長谷隆仁 渡辺洋一

## 1 目的

水銀に関する水俣条約が昨年8月16日に発効し、グローバルな水銀の管理が始まる一方で、国内でも大気排出抑制や水銀廃棄物管理が厳しくなった。他方、稼働中の埋立地への水銀の最終処分量は年間7.3トン(2014年ベース)と推定されており<sup>1)</sup>、決して少ないとは言えない。しかし、埋立地における調査事例は少なく、水銀大気排出インベントリで埋立地は考慮されていない。東京都<sup>2)</sup>の調査(1990~2002年)では、ガス抜き管の平均濃度が50~19000ng/m<sup>3</sup>で大幅な変動に加えて漸減傾向がなく、最近では約100~10000ng/m<sup>3</sup>(3埋立地)という事例<sup>3)</sup>しかない。埋立地の安全安心を確保するには、最近の水銀ガス濃度を多く調査する必要がある、さらに排出量推定には実埋立地でのガス放出量の測定も重要である。

本研究では、埼玉県内の埋立地における水銀ガスの実態を把握すべく、埋立地ガス中の水銀濃度及び埋立地表面からの水銀放出量に関して、埋立廃棄物の種類、埋立終了後の年数などの異なる条件での調査を実施した。

## 2 方法

### 2.1 埋立地層内の水銀ガス濃度の測定

対象9埋立地のガス抜き管7本及び場内観測井14本を調査した。水蒸気及び二酸化炭素ガスを捕集するためのソーダライム管を前段に装着した金アマルガムの水銀捕集管(日本インスツルメンツ社;NIC製、M-160)に対象ガスを0.5L/分で導入し、水銀ガスを大気中水銀測定装置(NIC製、マーキュリーWA-5A)で計測した。なお、測定開始から簡易ガス測定器(Geotechnical Instruments社製、GA5000)で埋立地ガスの組成をモニターし、変動し始めた時点で外気が侵入したと判断して捕集を終了することとした。

### 2.2 埋立地表面からの水銀ガス放出量の測定

廃棄物の埋立割合の異なる3セル(C4~C6)を対象に、静置式チャンバー法を用いて水銀ガス放出量(フラックス)を測定した。使用したチャンバーは無色透明の亚克力製(縦400×幅250×高さ100mm;内容量10L)であり、3.0L/分の定流量で大気を流しながら、チャンバーの大気流入口と流出口における水銀ガスを流量0.5L/分で水銀捕集管に導入し、大気中水銀測定装置で計測した。なお、捕集時間は56分とし、得られた水銀ガス量と吸引流量から算出した水銀ガス濃度を1時間の平均濃度(流入口 $C_i$ 、流出口 $C_o$ ;ng/m<sup>3</sup>)とし、水銀ガスフラックス $F$ (ng/m<sup>2</sup>/時)を次式から算出した。

$$F = (C_o - C_i) / A \times Q - F_{BL}$$

ここで、 $A$  は対象とする土壌の表面積、 $Q$  は大気流量

(m<sup>3</sup>/時)である。 $F_{BL}$  は本方法によるブランク値であり、チャンパーと土壌表面との間にテフロン製の板を敷いた状態で測定した。ブランク値の平均値及び標準偏差は $0.26 \pm 0.13$ ng/m<sup>2</sup>/時(n=9)であった。水銀ガスフラックスの測定と同時に、土壌表面からの高さ10cmにおける気温(以下、地表温度)、相対湿度、日射量、地中熱流量、大気圧、風量等も併せて観測した。

## 3 結果

### 3.1 埋立地層内の水銀ガス濃度

得られた水銀ガス濃度は、ガス抜き管で3.0~39.0ng/m<sup>3</sup>、場内観測井で0.9~17.7ng/m<sup>3</sup>で、文献値と比較して低い結果となった。また、埋立終了からの年数が短いほど水銀ガス濃度が高く、年数が増えるほど濃度低下する傾向が見られた。

### 3.2 埋立地表面からの水銀ガス放出量

水銀ガス放出量と地表温度の関係を図1に示す。水銀ガスフラックスは、夏期で $19.7 \pm 5.1$ ng/m<sup>2</sup>/時(n=12)、冬期で $1.1 \pm 1.2$ ng/m<sup>2</sup>/時(n=9)で温度影響がみられ、気化しやすい水銀は高温な季節や時間帯ほど大気放出される傾向があった。他方、各セル内の水銀ガス濃度が約7ng/m<sup>3</sup>で差がないこともあり、埋立廃棄物の組成の違いによる影響はみられなかった。

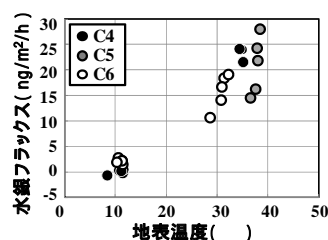


図1 水銀ガス放出量と地表温度の関係

## 4 今後の研究方向

現段階では、埋立廃棄物の質と水銀ガス濃度の関係はなかったが、濃度変動を考慮した再調査及び他埋立地の調査を行う。地表面からの水銀ガス放出量調査は、埋立廃棄物の質が異なる埋立地で実施する。なお、現段階の調査結果での概算から、埼玉県内埋立地からの水銀ガス放出量は、水銀ガスの大気への総排出量に比して極めて少ないと推察された。

## 文献

- 1) 環境省(2012) 我が国の水銀に関するマテリアルフロー。  
<http://www.env.go.jp/chemi/tmms/materialflow.html>
- 2) 高橋昌史、中浦久雄、溝入茂、庄司匡範(2004) 中防外側処分場における水銀の挙動、東京都環境科学研究所年報、165-171.
- 3) 高岡昌輝(2017)水銀のライフサイクル管理について、日本環境化学会講演会予稿集、59、57-77.

[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

蓑毛康太郎 竹峰秀祐 茂木守 大塚宜寿 堀井勇一 野尻喜好

### 1 目的

有機臭素系難燃剤のヘキサブロモシクロドデカン、および有機塩素系難燃剤のデクロランプラス(DP)について、環境汚染実態と環境動態を把握するための調査を行っている。今年度は、埼玉県全域における大気、河川水質、河川底質中DPの分布を調査した。

### 2 方法

大気試料(17地点、年2~4回採取した51試料)および河川底質試料(13地点)には、2014年度に行われたダイオキシン類環境モニタリング調査の粗抽出液の残液を有効利用した。河川水は2016年8月に県内35河川38か所で調査(1地点欠測)し、ダイオキシン類分析に準じた方法で抽出した。これらの試料は既報<sup>1)</sup>の方法にSulfoxideカートリッジ処理を追加したクリンアップを施し、高分解能GC/MSによる測定に供した。

### 3 結果

#### 3.1 大気

2つのDP異性体(*syn*-DP、*anti*-DP)ともにすべての試料から検出された。DP(*syn*-DP+*anti*-DP)の各地点の年平均は2.0~25pg/m<sup>3</sup>で、これらの平均は6.6pg/m<sup>3</sup>であった。概して県西部や北部で低く、八潮(25pg/m<sup>3</sup>)や戸田(17pg/m<sup>3</sup>)といった県南東部で高くなる傾向が見られた。

#### 3.2 河川水質

すべての試料からDPの両異性体が検出され、DP濃度は12~2400pg/L(平均値:210、中央値:63)であった(図1)。河

川水質でも、概して県西部や北部で低く、南東部で高くなる傾向が見られた。

#### 3.3 河川底質

河川底質中のDP濃度は不検出~170ng/gであった。不検出となったのは県西部に位置する荒川上流部の2地点で、県南東部の伝右川や古綾瀬川では濃度が高かった(58~170ng/g)。

#### 3.4 異性体組成について

DPに対する*anti*-体の割合( $f_{anti}$ 値)は、大気中で紫外線等の影響を受けると低くなる<sup>2)</sup>。今回観測された $f_{anti}$ 値は、大気で0.55~0.82、河川水質で0.59~0.81、河川底質では1試料(0.48)を除いて0.74~0.78であり、製品の $f_{anti}$ 値(0.59~0.80)<sup>3,4)</sup>と大きく変わらなかったことから、埼玉県の環境中DPは遠方からの移送によるものではないと推察された。

### 4 まとめ

埼玉県全域における環境中DPの分布を確認した。いずれの環境媒体でも概して人口が密集している県南東部で高くなる傾向があることや、異性体の組成から、環境中DPは比較的近い地域から供給されていると考えられた。

### 文 献

- 1) 蓑毛ら (2012) 環境化学 **26**, 53-59.
- 2) Möller *et al.* (2010) *Environ. Sci. Technol.* **44**, 8977-8982.
- 3) Hoh *et al.* (2006) *Environ. Sci. Technol.* **40**, 1184-1189.
- 4) Wang *et al.* (2010) *Environ. Sci. Technol.* **44**, 6608-6613.

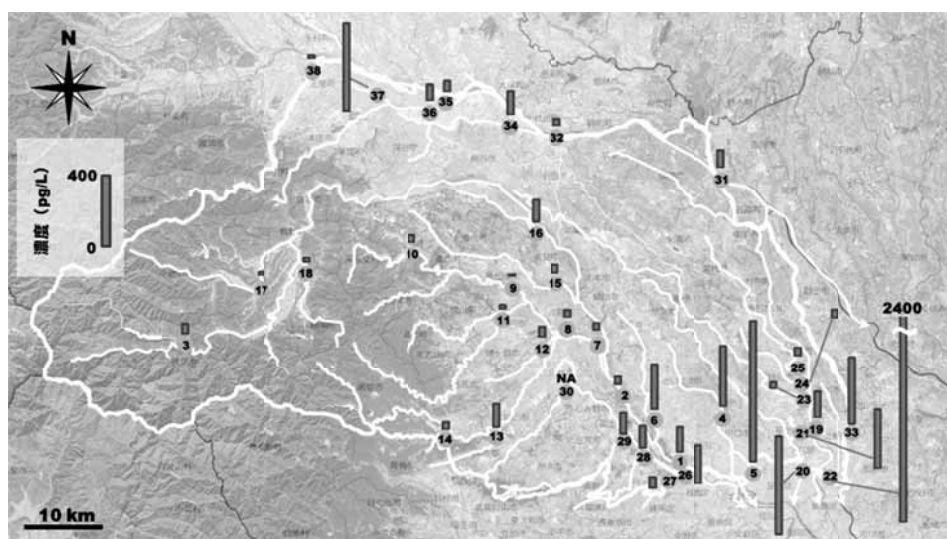


図1 県内河川水質中の DP濃度(2016年8月採取)。数字(1~38)は地点番号。NA:欠測。

[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 伊藤武夫 茂木守 米持真一 三輪誠 梅沢夏実 嶋田知英 白石英孝  
高瀬冴子\* 坂田脩\* 長島典夫\* 三宅定明\*

## 1 目的

平成23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、放射性物質が大気中に放出・拡散された。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・農作物・動植物への移行など、様々な経路で環境中を移動することが推測される。本研究では、当センター敷地内の研究用生態園において、土壌や動植物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中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や移行、蓄積状況等の実態を把握することを目的とした。

## 2 方法

生態園内で環境媒体を採取し、Ge半導体検出器を用いてガンマ線スペクトロメトリーを行い放射性物質であるセシウム137の濃度を定量した。平成26～29年までの4年間の結果をまとめ、媒体内、媒体間の移行状況について評価した。

## 3 結果

### 3.1 土壌中のセシウム137濃度

土壌の攪乱が起こっていない社寺林及び果樹園では、セシウム137の大部分が土壌表層(0～5cm)にとどまっていることが分かった(図1)。下層(5～20cm)の濃度は、表層に比べてはるかに低かった。4年間で濃度分布に大きな変化が見られなかったことから、セシウム137の地下浸透は小さく、今後も表層にとどまると予想される。田んぼでは、耕起の影響により下層の濃度は比較的高かった。

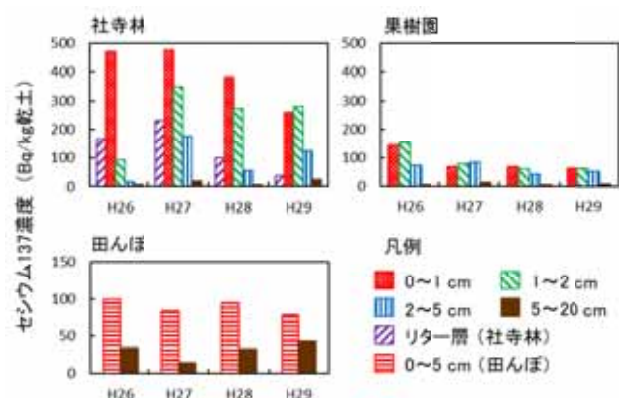


図1 土壌中のセシウム137濃度

表層における濃度分布は、土地の利用形態により違いが見られた。社寺林は樹木からの落葉によって、表層土壌がリター層に覆われている。リター層からの移行により、表層土壌の濃度は果樹園よりも比較的高かった。また果樹園と比較して、下層1～2cm、2～5cmの濃度についてわずかであるが上昇傾向が見られた。

### 3.2 農作物中のセシウム137濃度

農作物中のセシウム137濃度は、土壌表層の濃度や厚生労働省が定めた食品中の基準値<sup>1)</sup>よりもはるかに低い値であった。また、ゆず及び玄米は濃度の減少傾向が見られたが、柿及びサトイモはあまり見られなかった。

ゆずは柿に比べて明らかに高い濃度であった。この違いは、セシウム137が沈着した際、常緑樹であるゆずは、落葉樹である柿に比べて枝葉からの吸収が比較的多かったと考えられる。

### 3.3 水環境中のセシウム137濃度

池水中のセシウム137濃度は底質よりも極めて低濃度であった。底質中の濃度はおおむね土壌表層の濃度に近い値であった。

水生生物の濃度は、ザリガニやドジョウ、カエルなどの動物の方がヒシ、マツモなどの植物よりも比較的高い値であった。また、濃度はおおむね指数関数的に漸減していた。

## 4 まとめ

平成26～29年までの4年間、生態園内の各種媒体の放射性物質濃度調査を行った。その結果、土壌ではセシウム137の大部分が表層にとどまっていた。土地の利用形態によって若干の濃度変化が見られるが、今後も表層にとどまると予想される。農作物の濃度は表層土壌よりもはるかに低い値であった。水生生物の濃度は、動物が比較的高いものの、全体として指数関数的に漸減していた。

## 文献

- 1) 厚生労働省医薬食品局食品安全部 (2012) 食品中の放射性物質の新たな基準値。  
([https://www.mhlw.go.jp/shinsai\\_jouhou/dl/leaflet\\_120329.pdf](https://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/dl/leaflet_120329.pdf))

[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 養毛康太郎 大塚宜寿 茂木守 竹峰秀祐 野尻喜好

### 1 背景と目的

環状メチルシロキサン(CMS)は、シリコン工業における主要化学物質であり、シリコ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・研究では、一部のCMS(4~6量体)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、CMS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<sup>1)</sup>。CMS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、CMSの環境動態解析やリスク評価のためには、主な排出先である大気についてのデータ収集が不可欠である。本研究では、CMS及びその類縁物質について埼玉県内における大気中濃度分布を把握するため、CMS及び鎖状メチルシロキサン(LMS)について大気試料の分析法を確立し、この分析法を用いて、大気常時監視局における季節毎の調査及び環境科学国際センターにおける通年連続観測を実施した。

### 2 試料と方法

CMSの3~9量体(それぞれD3~D9とする)及びLMSの3~15量体(L3~L15)を分析対象とした(総じてシロキサン類とする)。大気常時監視測定局の9地点において、2016年7月~2017年10月の期間で季節毎(計6回)に、それぞれ1週間サンプリングを実施した。また、並行して通年連続の1週間サンプリング(n=68)を実施した。サンプリングには、捕集材として固相カートリッジ(Sep-Pak plus PS-2, Waters社)を使用し、柴田科学社製ミニポンプを用いて、定流量(0.2L/min、20、1気圧)で吸引した。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分析に供試した。

### 3 結果と考察

#### 3.1 全県調査

全9地点におけるシロキサン類の季節毎の平均濃度は、291~503ng/m<sup>3</sup>の範囲あり、その大部分をCMSが占めた。化合物別の濃度は、概してD5>D4>D3>D6の順であったが、地域により濃度組成に特徴が見られた。具体的には、人口密度の高い県南部ではD5濃度及び全体に占めるD5濃度割合が高く、県北西部で共に低い傾向が確認された(図1)。これは、主にD5がパーソナルケア製品の溶剤として使用されることが要因と示唆された。一方で、D4については、東秩父局を除く県北西部で高い傾向にあり、異なる発生源の存在や大気中半減期の違いによるものと推察された。大部分の試料につい

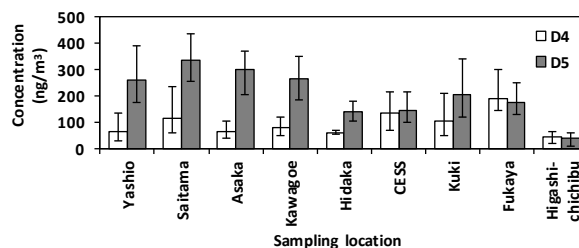


図1 常監局におけるシロキサン類濃度(平均、最大・最小)

て、比較的高質量であるL9以上のLMSは不検出であった。バックグラウンド地点(東秩父局)を除くD5の平均濃度(230ng/m<sup>3</sup>)は、既報の都市大気の観測値と比較して若干高値であった<sup>2)</sup>。バックグラウンド地点の濃度(37ng/m<sup>3</sup>)は、平均値の1/6程度と低値であった。

#### 3.2 通年連続観測

通年連続観測におけるシロキサン類濃度は、109~985ng/m<sup>3</sup>(平均:406ng/m<sup>3</sup>)の範囲であり、秋季から冬季にかけて上昇する傾向が観測された。特にD4の濃度変化は15~443ng/m<sup>3</sup>と大きく、濃度上昇に伴いD4/D5濃度比が高くなる特徴がみられた。

濃度上昇の要因を解明するため、追加で4時間毎のサンプリングを5日間連続で実施し、シロキサン類濃度の日内変動を調査した。その結果、主風向が北西を示す時間帯にD4の急激な濃度上昇が観測された。これらの状況から、D4濃度の上昇は、北西方向からの移流による影響と推察された。これは、全県調査の県北西部でD4濃度が高値を示した観測結果を支持するものであった。

さらに、これらの大気測定データに非負値行列因子分解法を適用したところ、2つの因子により大気中シロキサン類濃度がほぼ説明可能であることを見出した。各因子は、生活環境からの排出(パーソナルケア製品由来)と北西方向からの移流の影響を示しているものと推察された。

### 4 まとめ

本研究において、大気中シロキサン類の簡便な分析法を確立し、環境調査に適用することで、国内におけるシロキサン類濃度レベルを初めて明らかにした。今後、当該研究をきっかけに、環境データの拡充や研究分野の促進が期待される。

### 文献

- 1) Horii *et al.* (2017) *Science of the Total Environment*, **586**, 56-65.
- 2) UK Environment Agency (2009) Environmental risk assessment report: Decamethylcyclopentasiloxane.

[自主研究]

# 緊急時大気中化学物質の迅速調査法の開発とリスク評価

茂木守 竹峰秀祐 大塚宜寿 蓑毛康太郎 堀井勇一 野尻喜好

## 1 目的

埼玉県では、化学物質管理促進法や埼玉県生活環境保全条例の規定により定められた606物質を特定化学物質とし、一定規模以上の事業所における取扱量を把握している。これらの物質には、急性毒性や刺激性を有するものもあり、災害や事故によって大気中へ大量に放出された場合、ヒトに対する健康被害や生態系への悪影響が懸念される。この時、近隣住民に対して化学物質の安全性を確認するためには、当該化学物質の濃度を測定し、判断する必要がある。そこで、「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」などの公定法で、調査・分析方法が定められていない物質のうち、毒性や埼玉県内の取扱量から高リスク化学物質を選定し、それらの化学物質を迅速に計測する方法を開発するとともに、平常時における取扱事業所周辺の大気中濃度を把握した。

## 2 方法

### 2.1 大気中イソシアネート類濃度の把握

埼玉県内でトリレンジイソシアネート(2,4-TDI、2,6-TDI)、メチレンビス(4,1-フェニレン)=ジイソシアネート(MDI)、ヘキサメチレン=ジイソシアネート(HDI)を取り扱う事業所周辺において、それらの化学物質の平常時の大気中濃度を測定した。

調査対象地域は、これらの化学物質の毒性重み付け量(毒性×取扱量)から3地域(久喜、上尾、川越)を選定した。調査は原則として取扱事業所周辺の4方位の地点で、ミニポンプとイソシアネート類用の捕集カートリッジを用いて大気を1時間(夏、秋、冬)、または8時間(秋)採取した。イソシアネート類は、前年度に開発した分析方法<sup>1)</sup>を用いて測定した。

### 2.2 迅速調査法の開発

高リスク化学物質としてヒドラジンと無水マレイン酸を選定した。大気中のヒドラジンは、捕集カートリッジ(PS-Air)に硫酸、アスコルビン酸を含浸させたもので捕集し、ジメチルアミノベンズアルデヒドで誘導体化後、LC/MS/MSで測定する方法を検討した。大気中の無水マレイン酸は、物性上それだけを選択的に測定することは困難で、マレイン酸との含量(以下、「無水マレイン酸含量」という。)として捕集カートリッジ(PS-Air)で捕集し、LC/MS/MSで測定する方法を検討した。

## 3 結果

### 3.1 大気中イソシアネート類濃度の把握

各調査地域における大気中のイソシアネート類濃度を表1に示した。1時間調査は緊急時と同じ測定時間を想定して、8

時間調査はより低濃度かつ日中の平均的濃度の把握を目的として実施した。TDIが各地域において高頻度で検出され、濃度も他の物質に比べて高い傾向を示した(最大で520ng/m<sup>3</sup>)。HDIは、久喜地域の冬の調査において、1地点からのみ検出(59ng/m<sup>3</sup>)された。MDIは全て不検出であった。

表1 各調査地域におけるイソシアネート類濃度

		ng/m <sup>3</sup>		
	調査地域	TDI	MDI	HDI
1時間調査 (夏)	久喜	<14~43	<17	<1
	上尾	<14	<17	<1
	川越	<14~94	<17	<1
1時間調査 (秋)	久喜	<14	<17	<1
	上尾	<14~71	<17	<1
	川越	<14~520	<17	<1
1時間調査 (冬)	久喜	<14	<17	<1~59
	上尾	<14	<17	<1
	川越	-	-	-
8時間調査 (秋)	久喜	<1.8	<2	<0.1
	上尾	<1.8~4.4	<2	<0.1
	川越	21.6~144	<2	<0.1

・表中の数値は、各地域における4方位の調査地点の濃度範囲である。

・TDIは、2,4-TDIと2,6-TDIの合算濃度である。

・川越における冬の1時間調査は降雪の影響で実施できなかった。

### 3.2 迅速調査法の開発

大気中のヒドラジンは、ミニポンプを用いて1L/分の速さで1時間吸引、採取した。この時の添加回収率は、約60%であった。一方、大気中の無水マレイン酸含量も、ミニポンプを用いて1L/分の速さで1時間吸引、採取した。この時の添加回収率は、約80%であったが、ブランクが若干検出された。ヒドラジンと無水マレイン酸の「人と健康保護のための大気管理参考濃度(エコケミストリー研究会)」は、それぞれ2、33ng/m<sup>3</sup>であり、それぞれこの1/10の濃度を目標定量下限として検討している。

## 4 今後の研究方向

平成30年度は、今回開発した迅速調査法を用いて、毒性重み付け量が高い取扱事業所周辺のヒドラジンまたは無水マレイン酸(無水マレイン酸含量)の大気環境濃度を把握し、平常時における基礎データとする。また、簡易測定法や公定法が示されておらず、埼玉県内で毒性重み付け量が高い特定化学物質を選定し、それらの迅速調査法を検討する。

## 文献

1) 茂木ら(2017)埼玉県環境科学国際センター報, 17, 100.

[自主研究]

# PARAFAC-EEM法による水質モニタリングに関する基礎的研究

池田和弘 柿本貴志 見島伊織 渡邊圭司

## 1 背景と目的

県内河川においては過去の甚大な水質汚濁は大幅に改善されたが、親水空間としての水環境の保全や水道水源としての水質管理など地域ごとの高度な要求に応える必要もある。このためには、急激な水質悪化の検出と対応が重要であり、また多地点での効率よい水質評価が必要となる。

蛍光分析(EEM法)は簡便で迅速性が高いため、河川水質のリアルタイムモニタリングへの適用が期待できる。検出されるいくつかの成分は起源に特徴的であるため、河川水を分析することで、汚濁負荷源と水質の推測が可能となる。さらに、ケモトリックス的手法を組み合わせた最新の蛍光分析手法であるPARAFAC-EEM法が開発され、成分の分離・定量性は著しく向上した。

そこで本研究では、新しい河川水質モニタリング手法を構築することを目標とし、3年間で、①県内河川を対象としたPARAFAC-EEM法の適用手法の構築、②水質評価モデルの構築、③汚濁の由来を判断する手法開発を行う。2年目の29年度は、BOD評価モデルの構築を行うとともに、検出された蛍光成分の同定を行った。

## 2 研究方法

平成24年度以来取得した県内常時監視地点38カ所の河川水の蛍光データ(n=1226)と水質データを利用し、BOD評価モデルを作成した。HITACHI F-2500およびJASCO FP-8500により蛍光分析を、SHIMADZU UV-2550により吸光分析を行った。PARAFAC解析はMatlab2012b上でdrEEM and the N-way toolbox (Murphy K.R. *et al.*, 2013)を利用して行った。

## 3 研究成果

### 3.1 分離されたピークの同定

PARAFAC解析の結果、県内河川の蛍光スペクトルから8成分が分離された(図1)。文献調査(眞家 2009、高橋ら 2003等)、標準物質のスペクトルとの比較、水質データと蛍光成分データを利用した主成分分析やクラスター分析を行い、成分の同定と指標性の検討を行った。

F1は植物プランクトンの分解産物、F2は洗剤に含まれる蛍光増白剤DSBP、F3とF6は土壌や森林由来の腐植物質、F4は下水処理水に多い腐植物質、F5とF7はタンパク質で、前者がトリプトファン由来、後者がチロシン由来、F8は下水によく含まれるマーカーであることが分かった。F1は富栄養化による汚濁、F3とF6は自然由来の負荷、F2、F4、F5、F7、F8は生活排水(下水)による負荷、特にF7は未処理(あるいは処理が不

十分な)生活排水による負荷の指標となることが推察された。

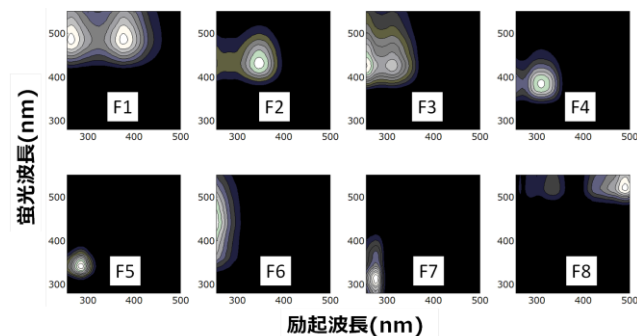


図1 PARAFAC解析により分離された8つの蛍光成分  
励起波長範囲:255-500nm 蛍光波長範囲:280-550nm

### 3.2 BOD評価モデル

単回帰および重回帰分析の結果、地点ごとの期間平均値は、F7を利用した単回帰モデル(式1)により、精度よく推測できることが分かった( $R^2=0.82$ )。

$$BOD \text{ (mg/L)} = 20.8 \times F7 + 0.59 \quad \text{(式1)}$$

ここで、F7は成分F7の蛍光強度(RU)を示す。

各地点の水質変動については、重回帰モデルでの評価が有効であり、BODの変動がある(標準偏差が1mg/Lを超える)12地点中10地点で決定係数が0.5を超えた。下水処理水と富栄養化による藻類繁茂の影響を受ける地点である市野川徒歩橋では、F1とF7で精度良く( $R^2=0.66$ )BODを推測できた(図2)。F1とクロロフィル濃度の変動はよく関連しており、F1が富栄養化による汚濁、F7が下水処理水による汚濁の良い指標となることが確認された。

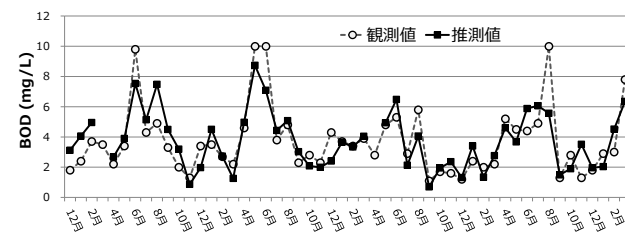


図2 市野川徒歩橋のBOD実測値とモデルによる推測値

さらに、任意の地点・時点での河川BODの推測のため、全データで重回帰分析を行い、式2に示すBOD評価モデルを作成することができた( $R^2=0.65$ )。

$$BOD = 6.6 \times F1 + 8.7 \times F3 + 16.7 \times F7 - 8.4 \times F6 - 0.08 \quad \text{(式2)}$$



[自主研究]

## 埼玉県内の親水空間における大腸菌数の現状把握

渡邊圭司 池田和弘 柿本貴志 見島伊織 梅沢夏実 木持謙 田中仁志

### 1 背景と目的

環境水中の病原微生物は、人が水に接することで感染する恐れがあり、そのリスク管理は重要な課題である。それら病原微生物の主な発生源は、人畜(温血動物)の糞便である。これまで長きにわたり、糞便汚染指標は、大腸菌群数として表されてきた。公共用水域水質常時監視では、大腸菌群数はBGLB最確数法(BGLB法)により求められる。しかし、BGLB法では、測定方法の原理上糞便汚染に全く関係の無い一部の水中や土壌に生息している細菌も同時に大腸菌群として検出されてしまうため、糞便汚染の実態を過大評価しているという問題点が指摘されている。近年、より直接的な糞便汚染の指標となる大腸菌数を、簡便かつ迅速に測定することができる特定酵素基質培地法が考案された。このような測定技術の進歩から、大腸菌数を新たな糞便汚染の指標として環境基準項目に加えるべく、環境省による基準化の検討が進んでいる。このような背景を踏まえ、本研究では、大腸菌数の測定技術に関する基礎的検討(培地、フィルター、試料の保存温度や保存期間の影響)及び埼玉県内の親水空間(レジャースポット、観光スポット、河畔整備されて親水空間となっている場所及び水環境や生き物に関する体験型学習イベントを行っている場所など)における大腸菌数の現状把握を本研究の目的とした。本年度については、測定技術に関する基礎的検討を行った。

### 2 方法

#### 2.1 市販培地の種類と大腸菌数の関係

大腸菌数の測定では、使用する測定器具や市販培地に関するメーカーの指定は基本的に無いため、使用する器具や培地の選択により、測定値に違いが生じる可能性がある。ここでは、市販の特定酵素基質培地の違いが大腸菌の計測数に影響するのかを検討した。市販の特定基質酵素培地は、ESコリマーク(栄研化学)、XM-G(日水製薬)、クロモアガーECC(関東化学)、クロモカルトコリフォーム(メルク)及びトリコロール(エルメックス)の5種類を用いた。試水は、2017年8月1日、9月5日の兜川合流点前、8月3日、9月6日の一の橋、8月9日、9月7日の行幸橋及び8月24日、9月13日の御成橋で採取した計8試料とした。メンブレンフィルターはMF-ミリポアメンブレン(メルク)とし、各試料、各培地につき5連で繰り返し試験を行った。

#### 2.2 メンブレンフィルターの種類と大腸菌数の関係

ここでは、使用するメンブレンフィルターの種類が大腸菌の計測数に影響するのかを検討した。メンブレンフィルターの仕様は、直径47mm、親水性セルロース混合エステル、平均粒子

保持径0.45 μmの微生物検査用のものとした。市販のメンブレンフィルターとして、エステルメンブレンフィルタ(アドバンテック)、GN-6メトリセル・メンブレン(ポール)、MF-ミリポアメンブレン(メルク)の3種類を用いた。試水は、2017年10月3日、11月7日の兜川合流点前、10月5日、11月8日の一の橋、10月4日、11月1日の行幸橋及び10月6日、11月6日の御成橋で採取した計8試料とした。培地はクロモアガーECC(関東化学)とし、各フィルター、各試料につき5連で繰り返し試験を行った。

#### 2.3 試料の保存温度と保存期間が大腸菌数に与える影響

採水した試料の保存温度や保存期間が大腸菌数の計測値に与える影響を調べることは、再分析などを行う際の重要な基礎的知見となる。ここでは、保温温度を5、25、35に設定した恒温器3台を準備し、保存期間は1~6日目までは毎日、最後に9日目の測定を行い、保存温度と保存期間が大腸菌数の計測値に与える影響を調べた。測定は、各保存温度及び各保存期間につき5連で繰り返し試験を行った。

### 3 結果及び考察

#### 3.1 市販培地の種類と大腸菌数の関係

クロモカルトコリフォーム培地を使用した場合、2017年8月1日、9月5日の兜川合流点前で採取した2試料を除き、他の培地と比較して大腸菌数は高い値を示した。以上のことから、クロモカルトコリフォーム培地は、他の培地と比べて大腸菌の検出感度が高いと推測された。しかしながら、他の培地と比べ呈色したコロニーの滲みが強く、またいくつか極小の大腸菌コロニーを生じるため、コロニーの判別が難しいという特徴が見られた。

#### 3.2 メンブレンフィルターの種類と大腸菌数の関係

メンブレンフィルターの種類の違いは、大腸菌の計測数に与える影響は無かった。しかしながら、GN-6メトリセル・メンブレンは、大腸菌群のコロニーに滲みが見られ、大腸菌コロニーの判別が難しい場合が見られた。また、エステルメンブレンフィルタは、フィルターホルダーから剥がす際に、フィルターに破れが生じるケースがあった。

#### 3.3 試料の保存温度と保存期間が大腸菌数に与える影響

試料の保存温度が35では、試料により1日経過すると採水日当日に計測した時と比べて、大腸菌数が半分以下になる場合が見られた。一方、試料保存温度が5及び25では、1日経過後も採水日当日と同等の大腸菌数が得られた。以上の結果より、再分析する際には25以下で試料を保存すれば次の日くらいまでは採水日と同等の大腸菌数が得られることが示された。

[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 柿本貴志 白石英孝 嶋田知英 渡邊圭司 山崎俊樹

### 1 研究背景と目的

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。本研究は、埼玉県内に将来的に多数の地中熱システムが普及した場合の環境や社会への影響や効果を評価することを目的としている。具体的には、実証システムを活用し地中温度の上昇幅を実測するとともに、省エネ効果やCO<sub>2</sub>の削減効果、コストを推定する。

### 2 研究方法

地中熱システムを稼働するうえで、地中への人工的な排熱の影響を把握することが重要である。特に地中温度の上昇幅を知ることがその第一歩である。そこで中央高等技術専門学校(産労部所管)と共同で設置した実証試験システム(図1)を活用し、冷房と暖房とを連続運転させた場合の地中温度をモニタリングした。

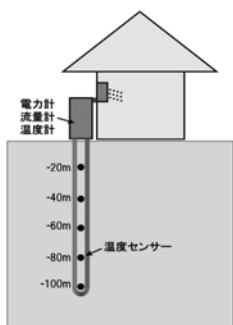


図1 実証システム概念図

### 3 研究結果

#### 3.1 地下温度上昇と成績係数(COP)

冷房の連続運転時における地中温度の結果を図2に示す。その結果から地中の温度は、運転開始前の自然状態の温度16 から最大で27.5 まで上昇することが分かった。ただし深さによって上昇幅や停止後の温度回復の挙動が異なる。例えば80m深度は他と比べて温度上昇幅が小さく、温度回復も早いことから地下水流動による影響を受けている深さだと解釈できる。地下温度上昇幅の許容範囲については、例えばドイツでの指針値(週平均 $\pm 11K$ 、瞬時値 $\pm 17K$ )を参照すると、この結果は基準以内に収まる。しかしより厳密には土壤微生物や地下水質に係る基礎研究が今後必要不可欠である。

次に、実証システムと典型的な空気熱源エアコン(以下、エアコンと記述する)のCOPを比較した(図3)。エアコンのCOP推定には、外気温の実測データと建築研究所による気温とエアコンのCOPとの関係を用いた。その結果、地中熱システムのCOPは、連続運転期間を通じてほぼ安定しているのに対して、エアコンのCOPは外気温に対応し大きく変動していることが分かった。特に外気温が38.7 を記録した時のエアコンのCOPは約1.2まで低下すると推定された。全体の電気需要で、この

瞬間に年最大の需要量(東京電力管内)が記録している。この一因として、エアコンのCOPの低下による影響も挙げられる。そのことからCOPが外気温に左右されない地中熱システムの普及が電力使用量の平準化に貢献できると期待される。

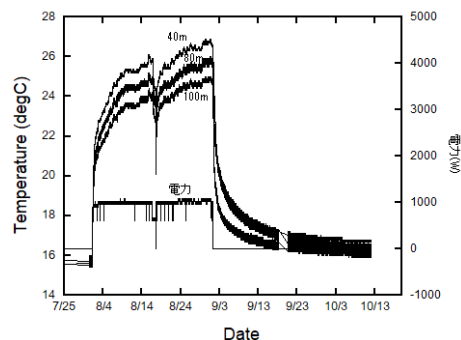


図2 冷房連続運転における地下温度変化

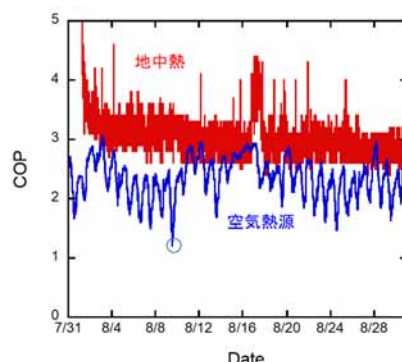


図3 地中熱システムとエアコンのCOPの比較

#### 3.2 地中熱システムのコスト試算

地中熱システムを戸建住宅に導入する場合、約300万円の費用がかかると言われており、従来のエアコンに比べると導入コストが高い。しかし、設置条件によってはランニングコストを半減させることが可能である。そこで本研究では、戸建住宅を想定し地中熱システムとエアコン(暖房として灯油ストーブを併用した場合を想定)の長期的なコストを見積もった。その結果、約30年間で同等のコストとなった。地中熱システムについては補助金制度も充実しつつあり、仮に110万円の補助を利用したとすると、約15年程度で逆転することが試算された。将来、普及が進むにつれて設置コストの低下が期待され、これよりも短期間で両者が逆転する可能性もある。

[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

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)についての水質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明らかになった。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が、栄養塩濃度と有機汚濁の関連について水域の水理特性も加味した定量的な整理は行われていない。そのため栄養塩の管理レベルを示すことができていない状況にある。

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、本研究で活用する河川生態モデル(IWA River Water Quality Model No.1(RWQM1))における有機物の分画方法について検討した。2016年度は本研究の研究対象である市野川の水理学的特性の調査・数理モデル化及び河川生態モデルの適用を行った。2017年度は構築した河川生態系モデルを活用して、栄養塩の管理目標を検討したので報告する。

## 2 研究方法

### 2.1 対象河川区間における内部生産の予測

本研究では富栄養化した河川として市野川の「市の川橋～徒歩橋」の区間を対象とした。本区間における窒素、りん濃度のバランスは時期により大きく変動するため、窒素とりのどちらが藻類の増殖を制限しているかは判断が出来なかった。このため内部生産の予測は、窒素制限の場合、りん制限の場合に分け、窒素、またはりん濃度と河川流量を変化させた条件における懸濁態CODを計算し、区間上端における懸濁態CODの値を差し引くことにより、対象区間内で増加する $\Delta$ 懸濁態CODを算出した。

### 2.2 栄養塩管理目標レベルの試算

対象河川区間では過去に詳細な調査を実施している。調査結果のうち、①BODが環境基準を超過する原因は、対象区間内で増加した懸濁態BODによるものであること(溶解性CBODは約1mg/Lで安定)、②当該区間においては、[懸濁態BOD]=0.6[懸濁態COD]の関係がみられること、の知見を活用すると、2.1で予測した懸濁態CODと懸濁態BODを関連付けることが出来る。

当該河川区間の水質類型は現在C類型(BOD環境基準

5mg/L)に設定されている。このため、C類型またはより上位の類型で許容される懸濁態COD増加量から栄養塩の管理レベルを推定した。

## 3 結果

### 3.1 対象河川区間における内部生産の予測

窒素またはりん濃度、流下時間をそれぞれ変化させた条件で懸濁態CODを計算した結果、図1に示すような栄養塩濃度と流下時間、区間内で生産される有機物の関係が得られた。

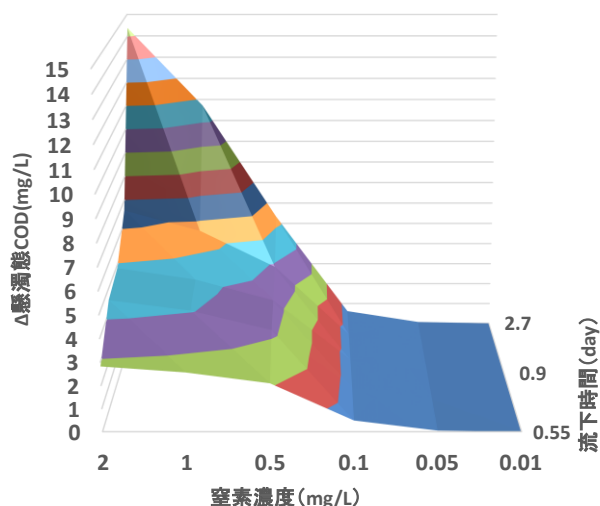


図1 区間内で生産される懸濁態COD計算値(窒素の場合)

### 3.2 栄養塩管理目標レベルの試算

A、B、C類型のBOD環境基準値から許容される $\Delta$ CODを求め、図1に示した関係より、当該水域における窒素、りん濃度の管理目標値(表1)を試算した。

当該水域は現在C類型であるが、安定してBOD環境基準を守るためには、窒素濃度0.5mg/L、りん濃度0.1mg/L以下であることが望ましいと考えられた。現状と比較すると、窒素・りんともに河川水中濃度を1/5程度に低減させることが望ましいことを意味しており、流域内の栄養塩発生源に関する知見が必要である。

表1 窒素・りんの管理目標値(試算)

類型	BOD基準値	許容 $\Delta$ COD	N濃度	P濃度
A	2 mg/L以下	2mg/L	0.1-0.5	0.01-0.05
B	3 mg/L以下	3 mg/L	0.1-0.5	0.05
C	5mg/L以下	7 mg/L	0.5	0.1

[自主研究]

# リモートセンシングを援用した 埼玉県における地盤変動監視に関する研究

八戸昭一 白石英孝 濱元栄起 石山高 原政之 柿本貴志

## 1 目的

本県における地盤沈下は軽減化しているものの、湯水年には未だ地下水位が大きく低下することから、地域によっては再び地盤沈下被害が拡大する懸念がある。また、気候変動による極端気象・異常気象が顕在化し、これまで経験しなかったレベルの超巨大台風が勢力を維持したまま日本列島に上陸し、地盤沈下が継続する地域に大きなダメージを発生させる可能性もある。そこで、本研究では地盤沈下観測に従来の水準測量に加えてリモートセンシングを援用することにより、地盤沈下の地域特性を把握し、効率的且つ最適な地盤変動監視について検討する。

## 2 方法

今年度は、調査地域を武蔵野台地北部～大宮台地にわたる地域に設定し、過去35年間の地下水揚水量の変化と地盤変動との関係を考察した。一般に地下水は水道用・建築用・工業用そして農業用など様々な用途で使用されるが、当該地域では水道用水が圧倒的に多いことから本報告における地下水は水道用を対象とする。なお、SAR衛星(ALOS/PALSAR)による地盤変動は国土地理院の森下研究員が解析した結果(解析対象期間は平成18年4月から平成23年4月)を使用させて頂いた。

## 3 結果と考察

図1は、衛星データの解析結果から安定・隆起傾向を示す地域の代表として川越市(図1(a))と桶川市・北本市(図1(b))における地下水揚水の経年変化そして地盤が沈下傾向を示す地域の代表としてさいたま市(図1(c))と所沢市(図1(d))における地下水揚水量の経年変化を例示したものである。図1(a)や図1(b)に示されるとおり、川越市や桶川市・北本市など地盤が安定・隆起傾向を示す地域では、解析期間を通じて地下水揚水量が一定もしくは減少していることが判明した。一方、図1(c)に示されるとおり、さいたま市では昭和55～60年頃には年間25,000千 $m^3$ 程度の地下水を揚水していたが、平成12年に約5千 $m^3$ まで揚水量を抑制し、その後徐々に揚水量を増加させていることが分かる。このことから、さいたま市では多量に揚水していた時期(昭和55～62年)、揚水を抑制していた時期(昭和62～平成12年)、そして再び揚水量を増加させてきた時期(平成12～23年)に区分することができ、SAR衛星

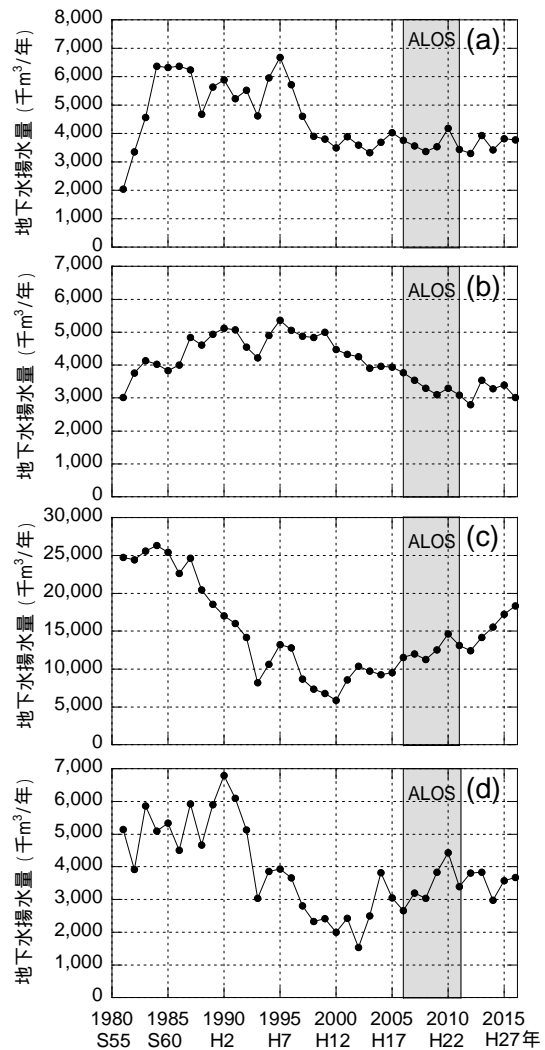


図1 川越市(a)、桶川市・北本市(b)、さいたま市(c)および所沢市(d)における水道用地下水揚水量の経年変化

の解析期間の5年前後前から地下水揚水量を増加させていたことが判明した。地盤が沈下傾向を示した所沢市(図1(d))でも同様な傾向をもつことから5～10年単位で地下水揚水量を増加させた地域で沈下が進行するものと考えられる。

[自主研究]

# 県内自然土壌を対象とした 有害重金属類のバックグラウンド値の測定と地域特性解析

石山高 八戸昭一 濱元栄起 柿本貴志

## 1 目的

近年、自然的原因による土壌汚染が大きな環境問題となっている。この問題に的確に対処するためには、土壌汚染を引き起こす可能性の高い自然土壌の化学特性や地域分布特性をあらかじめ把握しておくことが重要である。

本研究では、当センターが保有する県内土壌試料(約50地点)を分析し、有害重金属類のバックグラウンド値の測定と地域特性解析を試みる。全国各地の土壌を分析し、その土壌特性をデータベース化したものは既に冊子やWebなどで公開されているが、これらのデータは、①試料採取地点や土質に偏りがある、②表層土壌が中心で深さ方向のデータがない、③市街地のデータが少ないなどの問題がある。

## 2 方法

今年度は、深度5-10mの地質試料を対象に、①土壌中重金属類の全含有量、②重金属類の土壌溶出量を測定した。

### 2.1 全含有量試験

底質調査法に基づく湿式分解法により、土壌中重金属類(Pb、As、Cdなど全15項目)の全含有量を分析した。

### 2.2 土壌溶出量試験

環境省告示18号で規定されている方法により、重金属類(Pb、As、Cdなど全27項目)の溶出濃度を測定した。また、補足データとして、土壌溶出液のpH、電気伝導度(EC)、濁度を測定した。

## 3 結果と考察

昨年度の研究では、埼玉県内の浅層地盤(深度:1-5m)を分析し、自然由来の土壌汚染を引き起こしやすい海成堆積物の分布状況について検討した。解析した結果、海成堆積物は、大宮台地南部の谷底低地、荒川・中川低地に存在することが明らかとなった。なかでも大宮台地南部の谷底低地では深度3-5mと比較的浅い地盤に海成堆積物が堆積しており、セレンやフッ素などの重金属類の溶出リスクは荒川・中川低地の海成堆積物に比べて谷底低地の海成堆積物のほうが高い傾向にあることが分かった。以上の解析結果を基に、今年度は海成堆積物の深度分布状況について更なる検討を行った。

土壌溶出液のEC値から海成堆積物の深度分布を確認したところ、谷底低地に存在する海成堆積物の層厚は3-4mと薄く、その下には陸成のシルト層や砂層が堆積していることが判明した(図1)。一方、荒川・中川低地に分布する海成堆積物は

厚く堆積しており、外部研究費で掘削採取した地質試料(掘削地点:越谷市内)では深度10-30mに海成堆積物の存在が確認された。また、川口市内から入手した地質試料(掘削深度:34m)でも深度4-24mに海成堆積物の存在が確認された。

谷底低地の海成堆積物は浅い地盤(深度:3-6m)に存在しているため掘り起こされる危険性は高いが、その層厚は薄く、海成堆積物と陸成堆積物を分別することで処理土壌を大幅に削減できることが分かった。一方、中川低地の海成堆積物は厚く堆積しているが、深度10m付近から海成堆積物が堆積し始めているため(図1)、掘削深度を適切に管理することにより海成堆積物を掘り起こさなくてもすむ可能性が示唆された。

重金属含有量の深度分布状況についても解析したところ、銅、アルミニウム、チタンなど火山灰土壌で含有量が高かった金属は、深度6m以深になると含有量が低下する傾向を示し、地域による含有量の違いは認められなくなった。一方、ホウ素含有量は、深度9m付近から県南東部の中川低地や荒川低地で高くなる傾向にあり、ホウ素含有量と海成堆積物との関連性が示唆された。

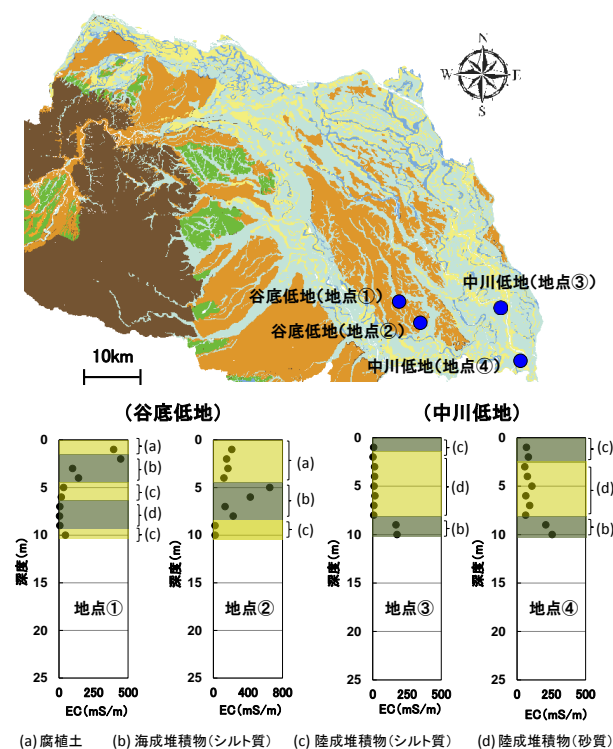


図1 海成堆積物の深度分布状況