

## 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) 人為起源粒子(PM<sub>1</sub>)との並行測定によるPM<sub>2.5</sub>長期通年観測データの解析.....米持真一、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) 長期観測に基づく揮発性有機化合物の化学性状および発生源解析.....藤井佑介、米持真一、佐坂公規、野尻喜好、長谷川就一
- (6) 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、荒川誠、宗方淳、大戸敦也
- (7) 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
- (8) 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
- (9) 埋立廃棄物の受動的な空気流入による安定化促進実験.....長森正尚、川寄幹生、長谷隆仁、磯部友護、鈴木和将
- (10) 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、野村篤朗、野尻喜好
- (11) 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
- (12) 人工化学物質をトレーサーとして用いた地下水の汚染源特定に関する基礎研究.....竹峰秀祐、大塚宜寿、堀井勇一、蓑毛康太郎、野村篤朗、茂木守
- (13) 埼玉県内の水系における放射性物質の実態把握.....野村篤朗、伊藤武夫、茂木守、大塚宜寿、蓑毛康太郎、堀井勇一、竹峰秀祐、長島典夫、長浜善行、竹熊美貴子、加藤沙紀
- (14) 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
- (15) 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
- (16) 県内河川におけるアナモックス反応による窒素除去ポテンシャルの調査.....見島伊織
- (17) 県内河川の魚類生息密度推測法への環境DNA分析の適用の検討.....木持謙、渡邊圭司、田中仁志
- (18) 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
- (19) 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
- (20) 地中熱利用システム導入のための地下環境情報の整備及び導入コストの削減.....濱元栄起、八戸昭一、石山高、柿本貴志、白石英孝
- (21) 潤滑油基油の異同識別に関する基礎的研究.....柿本貴志、野尻喜好

[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 背景と目的

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 推計手法

昨年度推計手法を検討した段階では、保刈他(2015)<sup>2)</sup>を参考とした推計手法を用いることを検討していたが、人工排熱量の近年10年程度の経年変化を見ることができ、国内のみならず世界各国においても比較的均質なデータが入手可能である。さらに、温室効果ガス排出量推計を用いたり(Padayachi *et al.*, 2018)<sup>3)</sup>、エネルギー消費に関する統計データを用いるよう手法を改良した。図1は、都道府県別エネルギー消費統計を用いて計算した埼玉県全体での年平均人工排熱量を示している。1990年以降での人工排熱量は、エネルギー消費の増加に伴い、微増している。

## 3 まとめと今後の予定

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、作成した人工排熱量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。

研究終了時には、高時空間解像度の人工排熱量の推計を完了し、作成したデータを領域気候モデルの入力データとして使用可能となるよう整備する。また、推計した人工排熱量を用いた領域気候シミュレーションを行い、過去気候再現実験や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。さらに、排出源毎の推計データを用いることにより、排出源別の削減政策を行った際の効果の推計などにも役立つ。

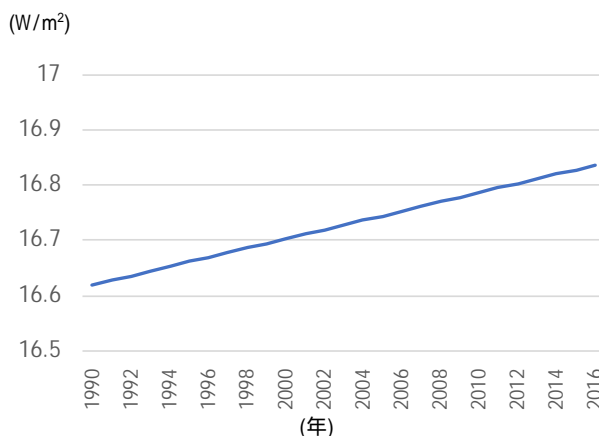


図1 埼玉県全体での年平均人工排熱量(W/m<sup>2</sup>)の経年変化

## 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) 保刈和也他(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) Y. R. Padayachi, T. Thambiran, M. Jagarnath (2018) Initial estimates of anthropogenic heat emissions for the City of Durban, Proceedings of CitiesIPCC.

[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 背景と目的

2015年12月に開催されたCOP21でパリ協定が採択され、2020年以降の気候変動対策に関する国際合意が成立した。日本政府は「2030年のGHG排出量を2013年比で26%削減する」という約束草案をUNFCCCに提出しており、地方自治体も緩和策の取組をいっそう強化していく必要がある。埼玉県は2009年に地球温暖化対策実行計画(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。2020年以降の取組については、県の温暖化対策課と連携しながら検討を進めている段階である。本課題では、次期計画の策定に必要な基礎情報を温暖化対策課に提供するため、部門別GHG排出量の統計モデルを構築し、2030年までの将来予測を実施する。2018年度は、BAU(成り行き)シナリオを仮定した場合のGHG排出量を簡易的な手法で推計した。本課題の成果は、地球温暖化対策専門委員会における排出削減目標の検討に活用されている。

## 2 方法

エネルギー起源(エネ起)のGHG排出量は、活動量、エネルギー効率、排出係数の積で表される。この関係式を用いて、産業(農林水産業、鉱業、建設業、製造業)、業務、家庭、運輸(自動車、鉄道)の4部門におけるエネ起排出量の将来推計を行った。各部門の活動量は表1のように設定した。実質生産額の将来見通しは、内閣府「中長期の経済財政に関する試算」(2019年1月30日更新)のベースラインケースに基づいて算定した。総人口の将来見通しには、国立社会保障・人口問題研究所「日本の地域別将来推計人口」(2018年推計)の中位推計を採用した。運輸(自動車)は乗用車、バス、トラック、二輪車から構成されており、活動量は保有台数である。保有台数の将来見通しは、県民1人あたり保有台数のトレンドをARIMAモデルで延長し、総人口の将来見通しを乗じて計算した。運輸(鉄道)の活動量は輸送量であり、保有台数と同様の手法で将来見通しを計算している。なお、トレンド推定に用いた原単位は、旅客鉄道が県民1人あたり輸送量、貨物鉄道が製造業生産額あたり輸送量である。

将来推計にあたって各部門のエネルギー効率は2013年(約束草案の基準年)の実績値で固定している。これはBAUシナリオが追加の気候変動対策をいっさい考慮しないためである。化石燃料の排出係数も安定的に推移しているため、2013年

の実績値で固定した。電力の排出係数は経済産業省「長期エネルギー需給見通し」に従って低下すると仮定した。

非エネ起のGHGは、工業プロセスと廃棄物から排出されるCO<sub>2</sub>のほか、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、フロン等4ガス(HFC、PFC、SF<sub>6</sub>、NF<sub>3</sub>)が削減の対象となっている。4ガス以外のGHGはARIMAモデルで排出量のトレンドを延長した。4ガスについては、国のBAU排出量に基づいて排出経路を作成した。

表1 各部門の活動量とデータ

部門	活動量	データ
産業	実質生産額	県民経済計算(内閣府)
業務	実質生産額	県民経済計算(内閣府)
家庭	総人口	人口推計(総務省)
運輸(自動車)	保有台数	自検協 HP
運輸(鉄道)	輸送量	旅客・貨物地域流動調査(国土交通省)

## 3 結果

BAUシナリオにおける県内GHG排出量の推計結果を図1に示す。2030年の総排出量は4,755万tCO<sub>2</sub>であり、基準年と比較して4%の減少となる。総排出量はおおむね横ばいで推移しているが、その内訳には変化が見られる。エネ起排出量は減少傾向を示しており、2030年時点で基準年比12%の減少となる。この結果は、経済成長に伴う排出量の増加が、人口減少および電力排出係数の低下によって相殺されることを意味する。特に、家庭における排出量の減少が顕著である(基準年比27%の減少)。一方、非エネ起排出量は増加傾向を示しており、2030年時点で基準年比57%の増加となる。

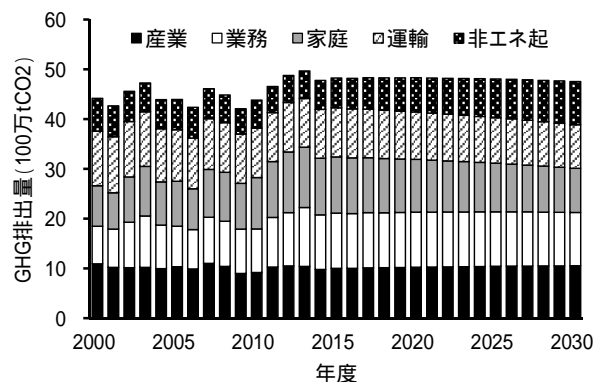


図1 BAUシナリオにおける県内GHG排出量の推計結果

[自主研究]

# 人為起源粒子(PM<sub>1</sub>)との並行測定によるPM<sub>2.5</sub>長期通年観測データの解析

米持真一 佐坂公規 長谷川就一 野尻喜好 藤井佑介

## 1 目的

微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)は、2009年に大気環境基準が設定されたが、当センターでは全国に先駆け2000年から通年測定を継続してきた。PM<sub>2.5</sub>濃度はこの19年間で大幅に低下し、近年の環境基準達成率も80%を超えるようになった。なお、この間に九都県市(当時は七都県市)ディーゼル車運行規制や東日本大震災など、大きな社会変化も生じた。また、中国は急激な経済成長を遂げ、大気汚染物質の排出量の増加と共に越境大気汚染に対する社会の関心が高まった。

PM<sub>2.5</sub>には、自然起源粒子と人為起源粒子とが混在している。我々は、PM<sub>1</sub>を調べることで人為起源粒子に特化した評価が可能と考え、2005年から前述のPM<sub>2.5</sub>と並行したPM<sub>1</sub>の通年観測も開始した。これまでの観測データから、Ca<sup>2+</sup>やMg<sup>2+</sup>などの土壌粒子の指標成分はPM<sub>1</sub>にはほとんど含まれず、人為起源粒子の評価に適していることを明らかにした<sup>1)</sup>。

本研究は、PM<sub>2.5</sub>とPM<sub>1</sub>の並行試料データを活用し、本地域のPM<sub>1</sub>の特徴とこれまでの社会変化の影響を考察することを目的とする。

## 2 方法

環境科学国際センター生態園に設置したPM<sub>2.5</sub>サンプラー(Thermo, 2025)と、作製したPM<sub>1</sub>サンプラーにより得た1週間単位のフィルター試料を分析対象とした。PM<sub>2.5</sub>は19年分、PM<sub>1</sub>は14年分のうち、2018年度は、これまでに報告事例の稀少なPM<sub>1</sub>中の金属元素に着目し、2005年から2014年までの10年分のPM<sub>1</sub>試料を季節別に分析した。季節区分は、春:4月~6月、夏:7月~9月、秋:10月~12月、冬:1月~3月とした。

フィルター試料を8mmφのポンチでくり抜き、季節別に整理したものをPTFE製分解容器に入れ、硝酸、フッ化水素酸、過酸化水素を添加してマイクロウェーブにて高温高压分解を行った<sup>2)</sup>。ICP/MSを用いて約60元素の分析を行った。

## 3 結果と考察

図1にPM<sub>1</sub>、PM<sub>2.5</sub>の年平均濃度、PM<sub>1</sub>/PM<sub>2.5</sub>及びPM<sub>2.5</sub>-PM<sub>1</sub>の変化を示す。PM<sub>2.5</sub>は2001年の23 μg/m<sup>3</sup>から2017年度の12 μg/m<sup>3</sup>に約半減し、PM<sub>1</sub>は2005年の18 μg/m<sup>3</sup>から2017年度の10 μg/m<sup>3</sup>に減少した。この間、PM<sub>1</sub>/PM<sub>2.5</sub>は0.78~0.87で推移した。また、PM<sub>2.5</sub>-PM<sub>1</sub>は2013年前後まで概ね一定値で推移してきたが、その後緩やかな低下が見られた。

PM<sub>1</sub>の通年観測を開始した2005年度から2014年度の金属元素成分(例としてV、Cd、Pb)の濃度変化を図2に示す。

Vには季節変動が見られ、春、夏に上昇し、秋、冬に低下していた。また、Cd、Pbの変動は類似しており、秋に高まる傾向が見られた。Vは石油燃焼の指標として知られており<sup>2)</sup>、南からの風が卓越する春から夏に上昇すると考えられる。最も濃度が高まる夏季は、2010年まで低下傾向が見られたが、震災後の2011年夏季に高まり、その後も高止まりしているように見られる。2011年は原発事故により、原子力発電が停止し、石油火力発電の出力を高め電力需要を賄うことになり、その影響が現れている可能性がある。

Cd、Pbは廃棄物焼却の影響のほか、石炭燃焼の指標とも考えられる。Cd/Pbは0.023~0.040とほぼ一定であり、同一の発生源に由来する可能性が高い。濃度が高まる秋、冬は北西風が卓越するが、国内ではこの方向に主立った工業地帯は無いいため、石炭を主燃料とする越境大気汚染の影響が現れている可能性がある。

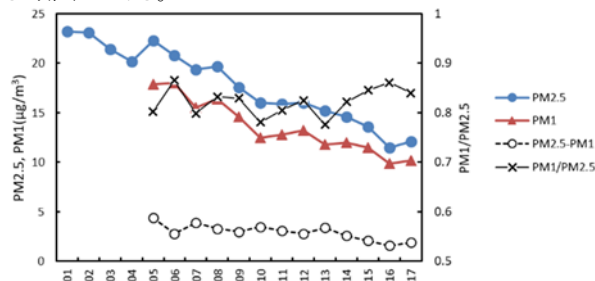


図1 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>1</sub>およびPM<sub>1</sub>/PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>2.5</sub>-PM<sub>1</sub>の変化

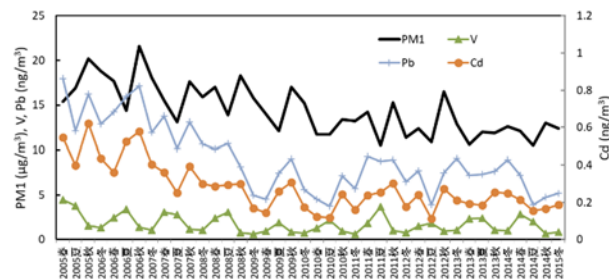


図2 PM<sub>1</sub>中元素成分の推移

## 文献

- 1) 米持真一ほか(2010)PM<sub>2.5</sub>との通年並行観測による大都市郊外のサブミクロン粒子(PM<sub>1</sub>)の特性解析, 大気環境学会誌, 45, 271-278.
- 2) 環境省(2012)大気中微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)成分測定マニュアル-無機元素測定法.

[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 炭素成分の時空間分布

PM<sub>2.5</sub>、黒色炭素(BC)、水溶性有機炭素(WSOC)の平均経時変化を複数地点で比較した。12月の加須と熊谷では、夕方から夜間に濃度上昇がみられたが、PM<sub>2.5</sub>とOCの濃度レベルは加須の方が高いため、加須の近隣での野外焼却の影響がより大きいと考えられた。11月の加須と草加でも夕方から夜間に濃度上昇がみられたが、ピークとなる時間が草加では加須よりも2時間程度遅れていた(図1)。このため、北寄りの風によって、県北部での野外焼却が県南部にも影響していることが示唆された。一方、7月の加須と熊谷では、日中にPM<sub>2.5</sub>が上昇する傾向であり、熊谷におけるWSOCも上昇していたことから、光化学二次粒子の生成が示唆された。

### 2.2 有機炭素の発生源寄与

バイオマス燃焼(野外焼却)が多かった10~12月と、光化学スモッグが多かった5~7月の加須における炭素フラクション平均割合を比較した。OCについてはOC<sub>2</sub>とOC<sub>3</sub>が主体で、OC<sub>3</sub>とOC<sub>1</sub>は10~12月、OC<sub>2</sub>とOC<sub>1</sub>は5~7月に若干優勢であった。元素状炭素(EC)については、10~12月はchar-ECとsoot-ECが同程度だが、5~7月はsoot-ECが優勢であった。前年度報告の図2に示したOC・ECの経時変化パターンの違いには、こうしたフラクション割合のパターンとの関連が想定される。この中には、OCの一次排出と二次生成及び人為起源と自然起源の寄与が反映されている。そこで、各種有機成分のOCフラクションのパターンに基づいて、化学物質収支モデルを用いて加須における有機組成を季節ごとに推定し、発生源寄与を考察した。秋季と冬季は凝縮性粒子の寄与がみられた。また、四季を通じて化石燃料燃焼の寄与の存在、夏季に植物由来、秋季にバイオマス燃焼の寄与の増加、冬季に光化学分

解の抑制によるカルボン酸・脂肪酸の増加などが示唆された。

### 2.3 地域汚染の寄与

PM<sub>2.5</sub>の平均的な濃度は全国的には西日本で高く、東日本や北日本で低くなる傾向があるが、大都市圏などではその傾向に比べて高くなっており、これが地域汚染の影響であると考えられる。そこで、バックグラウンドとの濃度差を地域汚染によるものとして、2016年度成分測定データを用いて鴻巣における地域汚染の平均的な寄与割合と濃度、及びその成分組成を見積もった(図2)。その結果、地域汚染の寄与は4割程度であり、春季・夏季は硫酸塩、秋季は有機物、冬季は有機物と硝酸塩が主なものであった。

県内各地でのPM<sub>2.5</sub>とBC、WSOC、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>の1時間値の測定から、地域汚染による高濃度事例が多い秋季・冬季の発生源寄与を考察した。道路沿道では一般環境に比べて、自動車排ガスを主とした化石燃料燃焼の一次排出の寄与が大きく、2割以上になるケースもあったが、その時のPM<sub>2.5</sub>は高くても30 μg/m<sup>3</sup>程度であった。一方、PM<sub>2.5</sub>がそれ以上の高濃度になる場合は、道路沿道・一般環境いずれも、化石燃料燃焼の一次排出の寄与よりもバイオマス燃焼や二次生成などの寄与が大きかった。これは、県北部だけでなく県南部でも同様だった。

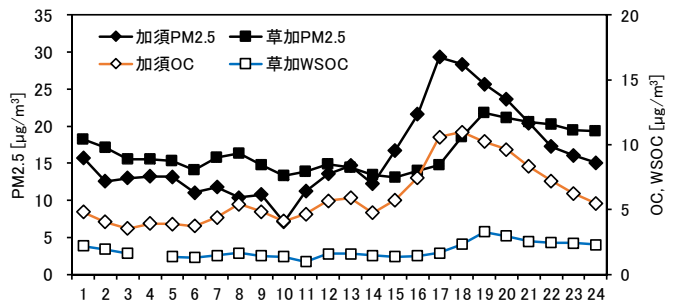


図1 加須(PM<sub>2.5</sub>、OC)及び草加(PM<sub>2.5</sub>、WSOC)における平均経時変化(2017年11月)

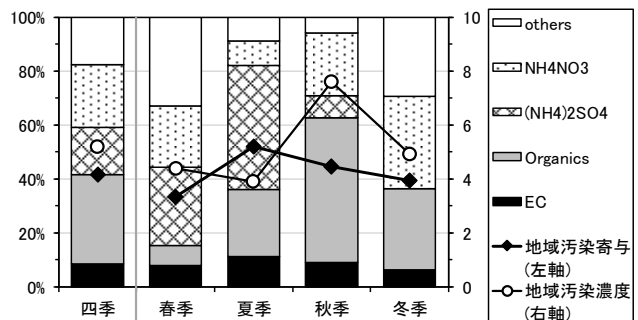


図2 鴻巣における地域汚染による寄与割合、濃度及び成分組成(2016年度)

[自主研究]

# 長期観測に基づく揮発性有機化合物の化学性状および発生源解析

藤井佑介 米持真一 佐坂公規 野尻喜好 長谷川就一

## 1 目的

埼玉県は全国的にみて、光化学オキシダント (Ox:大部分がオゾン (O<sub>3</sub>)) による大気汚染が深刻な地域である。Oxの環境基準は0.06ppm (1時間値) と定められているが、我が県の測定局の中で過去にOxの環境基準を達成した局はない。O<sub>3</sub>は前駆体物質である窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) と揮発性有機化合物 (VOC) が大気中で反応して生成するため、O<sub>3</sub> (≈ Ox) 対策にはNO<sub>x</sub>とVOCの削減が鍵となる。

本研究では当センターで蓄積したVOCの長期観測データを基に、実大気環境からみてO<sub>3</sub>生成リスクの高いVOCの化学性状および発生源解析を行う。

## 2 方法

埼玉県の鴻巣局 (鴻巣市役所) において2010年4月から2016年3月の期間に得られたVOC観測データを、本研究の解析対象とした。VOC試料採取は容器採取法と固相捕集法で各月に1回、昼夜別 (昼 6:00~18:00、夜 18:00~6:00) に行った。得られた試料に対してGC/MS、GC/FID、HPLC/DAD及びLC/MS/MS分析を行い、表1に示す多種多様なVOCの定量データを得た。試料捕集や化学分析に関する詳細は、埼玉県の大気環境調査事業報告書 (例: 平成27年度<sup>1)</sup>) を参照されたい。

また、これらの観測データに多変量解析の一つであるPositive Matrix Factorization (PMF) モデルを適用し、VOCの発生源解析を行った。PMFモデルに使用したVOC成分や手法はKimら (2005)<sup>2)</sup>やFujiiら (2017)<sup>3)</sup>を参照されたい。

## 3 結果と考察

埼玉県内のOx濃度は、主として暖候期(4~9月)に環境基準値を超過する傾向にある。図1にVOC濃度にMIR (Maximum Incremental Reactivity)係数を乗じて求めた2010~2015年度の鴻巣局における暖候期の最大O<sub>3</sub>生成濃度の平均寄与率(O<sub>3</sub>生成ポテンシャル)を示す。昼におけるO<sub>3</sub>生成ポテンシャルは、アルデヒド類(31.2%)、芳香族(30.7%)、オレフィン類(21.4%)、パラフィン類(13.5%) の順に高かった。夜は芳香族類(37.4%)、アルデヒド類(26.9%)、オレフィン類(17.5%)、パラフィン類(13.8%) の順に高く、昼夜ともにアルデヒド類と芳香族化合物だけで60%を超える高いO<sub>3</sub>生成ポテンシャルを有する結果となった。また、ハロゲン化物、フロン類、ケトン類は昼夜ともにO<sub>3</sub>生成ポテンシャルが4%以下と低い結果が得られた。以上より、実大気環境条件下でO<sub>3</sub>生成ポテンシャル

を抑制するためには、芳香族やアルデヒド類のVOC化合物群の発生源対策が有効であると考えられる。

鴻巣局の夜間のVOC濃度データをPMFモデルに適用して解析した結果、6因子が抽出された。そして、*n*-pentaneや*n*-hexaneに要素を持つ溶剤使用や塗料関連の発生源や、benzeneやtoluene, xyleneに要素を持つ工場関連の複数の発生源等の存在が示唆された。これらの詳細について理解するためには、Potential Source Contribution Function解析やその他の局 (例:戸田局) でのPMFモデル解析が必要である。

## 文献

- 1) 埼玉県 (2017) 平成27年度 大気環境調査事業報告書, 37-57.
- 2) Eugene Kim, Steven G. Brown, Hilary R. Hafner and Philip K. Hopke (2005) Characterization of non-methane volatile organic compounds sources in Houston during 2001 using positive matrix factorization, Atmospheric Environment 39, 5934-5946.
- 3) Yusuke Fujii, Susumu Tohno, Norhaniza Amil and Mohd Talib Latif (2017) Quantitative assessment of source contribution of PM<sub>2.5</sub> on the west coast of Peninsular Malaysia to determine the burden of Indonesian peatland fire, Atmospheric Environment 171, 111-117.

表1 解析の対象物質

VOCの種類	物質名 (代表例)	物質数
パラフィン類	エタン, プロパン等	27
オレフィン類	エチレン, プロピレン等	10
芳香族炭化水素	ベンゼン, トルエン等	17
ハロゲン化物	ジクロロメタン, トリクロロエチレン等	22
フロン類	CFC12, HCFC22等	11
アルデヒド類	ホルムアルデヒド, アセトアルデヒド等	9
ケトン類	アセトン, メチルエチルケトン等	3

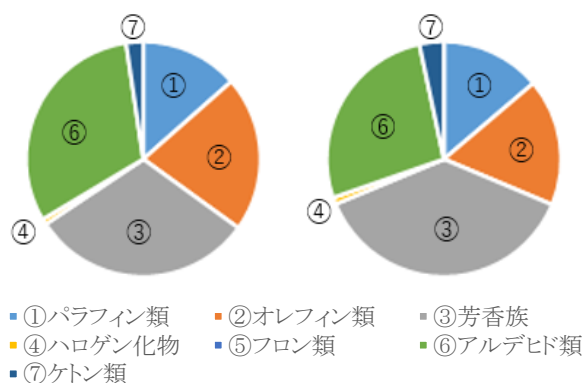


図1 暖候期の鴻巣局における昼夜別のO<sub>3</sub>生成ポテンシャル (左: 昼、右: 夜)

Chemical characteristics and source apportionment of volatile organic compounds based on long-term field observations

[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 角田裕志 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り、光化学スモッグ注意報発令日数では常に上位に位置している。

オゾンは酸化性が非常に高いため植物毒性が強く、比較的高濃度のオゾンに曝されると葉に可視害が現れたり、光合成阻害などによって成長や収量の低下が引き起こされたりする。そのため、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ための基礎的情報を得る必要がある。

そこで本研究は、埼玉県の主要な水稲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うこととする。

## 2 材料と方法

本研究では、外気オゾン濃度比例追従型オープントップチャンバーを用いたオゾン曝露実験を実施し、水稲の光合成や収量などに対するオゾン障害の発現程度を調べ、その結果や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検討した。

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(対照区)、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、各品種とも各試験区で18個体ずつ育成した。

それぞれの品種について出穂時期より約7日おきに計4回、止め葉のガス交換速度(純光合成速度、気孔拡散コンダクタンスなど)を光の強さを変えて計測した。この結果を基に、葉のオゾン吸収量(オゾンフラックス)を推定した。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値である。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く

推移していた。平成27、28年の同時期の昼間7時間のAOT40値は約10ppm・hであったが、本年度はその半分程度であった。

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)	0.6	37.6	50.9
AOT40 (ppm・h)	0	5.5	12.8

水稲2品種「コシヒカリ」と「彩のかがやき」の収量に対するオゾンの影響を図1に示した。それぞれの品種において、収量はオゾン濃度上昇による低下傾向を示したが、一元配置分散分析による有意なオゾン影響は認められなかった。収量構成要素(穂数、粒数、1000粒重、登熟割合)においても、両品種ともオゾンによる有意な影響は認められなかった。

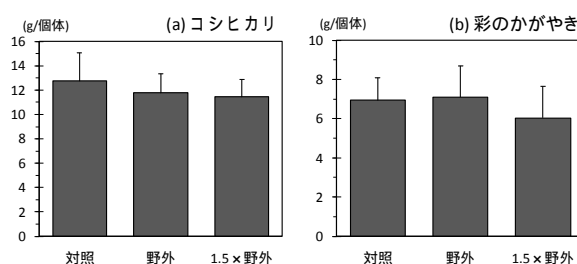


図1 水稲2品種(コシヒカリ、彩のかがやき)の収量に対するオゾンの影響。図中のバーは標準偏差を示している。

図1の結果に基づいた水稲2品種の対象区を100%とした時の相対収量と、止め葉のガス交換速度より算出した、出穂後20日間における昼7時間のオゾン吸収速度との関係を図2に示した。オゾン吸収速度の増加に伴って、収量が低下する傾向が認められた。両品種の結果を統合し検討した結果、収量5%をエンドポイントとした場合、クリティカルレベルは、出穂後20日間のオゾン吸収量で約2mmol/m<sup>2</sup>であった。

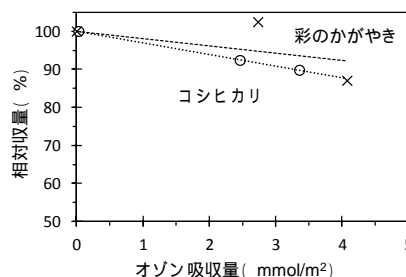


図2 水稲2品種の対象区を100%とした時の相対収量とオゾン吸収量との関係

[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」) の分布拡大が続いており、高密度の生息地では強い採食圧によって森林植生の衰退・消失が懸念される。このため、埼玉県では従来の狩猟や有害捕獲に加えて、シカの個体数や分布域の抑制を目的とした管理捕獲を行っている。本研究では、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、秩父地域で3年間実施してきたシカの行動観察の結果を報告する。

### 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、周辺の森林では猟期 (11月15日～2月15日) に主に銃猟が行われている。試験地Bでは一般人の入林が制限されており、また狩猟は行われていないが、9月1日から翌年3月中旬までの猟期を除いた期間に銃器を用いた管理捕獲が行われている。両試験地ともに主な捕獲方法はイヌや勢子を使った巻狩りであった。

各試験地に自動撮影カメラを3台ずつ設置して、シカの観察頻度 (10カメラ日当たり) と日周活動を2016年7月～2019年2月まで観察した。観察頻度を応答変数、捕獲の有無ならびに人の観察頻度を説明変数とした一般化線形混合モデル (GLMM) にて解析した。日周活動は、観察時間を角度変換しカーネル密度推定によって解析し、狩猟または管理捕獲の実施前、実施中、実施後で比較した。そして、日周活動パターン

やその重複度を期間ごとに比較した。以上の解析にはR ver.3.5.1<sup>1)</sup>とそのパッケージを用いた。また、各試験地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。

### 3 結果

GLMMによる解析の結果、試験地Aではシカの観察頻度に対して狩猟が負の関連性を示した。猟期中の11月下旬～1月下旬まではシカが試験地でほとんど観察されず、植栽木に対する被食影響もみられなかった。しかし、猟期が終わると観察頻度が増加した。また、日周活動は主に夜行性を示したが、猟期前は深夜に活動ピークが見られたのに対して、猟期中には日出前に活動ピークが見られ、活動パターンは有意に異なった。一方、試験地BのGLMMによる解析では管理捕獲の有無とシカの観察頻度の関連性は見られなかった。植栽木は設置後3カ月以内に枝葉の大部分が採食され枯死した。日周活動は、捕獲中のみ夜間の活動性が増加し、捕獲前後と比べて有意に異なった。試験地AとBの活動パターンを比較すると、捕獲中のみ活動パターンの有意な差が見られず、両地域ともに夜行性に偏った活動パターンであったと考えられた。

本研究は捕獲が行われる場所や時間をシカが避けて行動することを明らかにした。捕獲効率を高め、特定の植生群落への食害を減らすためには、捕獲の時間や期間の柔軟な運用を検討すべきかもしれない。

### 文献

- 1) R Core Team (2018) R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

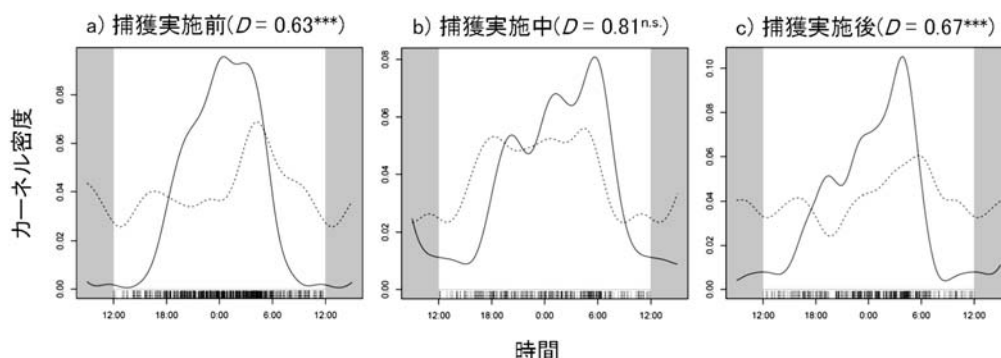


図1 試験地 A (実線) および試験地 B (破線) におけるシカの日周活動パターンの比較 (横軸の中央が深夜 0:00)。カッコ内は試験地間の活動パターンの重複度 ( $D$ ) とワトソン  $U$  検定の結果 (\*\*\*)  $P < 0.001$ ; <sup>ns</sup>  $P > 0.10$ ) を表す。



[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

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、昨年度までに対象10埋立地のガス抜き管7本及び場内観測井14本を調査したところ、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、また管内温度が高いほど、水銀ガス濃度が高い傾向があった<sup>1)</sup>。

他方、埋立地表面からの水銀ガスフラックスは、夏期で19.7±5.1ng/m<sup>2</sup>/時(n=12)、冬期で1.1±1.2ng/m<sup>2</sup>/時(n=9)で温度の影響がみられ、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<sup>1)</sup>。

今年度は、昨年度までに調査した埋立地で水銀ガス濃度を再調査し変動幅を確認するとともに、管内の水銀ガス濃度と温度の関係を調べた。

## 2 方法

対象5埋立地のガス抜き管3本及び場内観測井6本において管内の水銀ガス濃度を調査した。測定は、昨年度と同じ方法で実施した。

さらに、管内の水銀ガス濃度分布について、小川式パッシブサンプラー(20mm×30mm)<sup>2)</sup>を用いて調査した。金薄膜をコーティングした直径15mmの石英ろ紙(東京ダイレック:2500QAT-UP)を水銀捕集用フィルターとしてサンプラー内部に装填し、分子拡散プレートに被せた。金薄膜は、スパッタリング装置(HITACHI:JFC-1600)を用い、ろ紙上に同じ厚さになるようにコーティングした。さらに、金薄膜後のろ紙を850の電気炉で30分間加熱し水銀を完全に除去した。本調査は2埋立地のガス抜き管とし、深度26m(GV1)を5m間隔、深度14m(GV2)を4m間隔で実施した。また、フィルターへの水滴の付着を防ぐ目的でサンプラーをプラスチックカップで覆い、調査時間は3時間暴露とした。ろ紙に吸着させた水銀量は、加熱気化水銀測定装置(日本インスツルメンツ:マーキュリーSP-3D)で測定した。

## 3 結果

水銀ガス濃度は、ガス抜き管で1.5～34.2ng/m<sup>3</sup>、場内観測井で0.8～58.4ng/m<sup>3</sup>の範囲になった。58.4ng/m<sup>3</sup>と高濃度であった場内観測井は、前年度6.2ng/m<sup>3</sup>であったことから、調査日によって水銀ガス濃度に変動があることが分かった。水銀ガス濃度と管内温度の関係を図1に示す。前年度までと同様に、

管内温度が高いほど水銀ガス濃度が高い傾向にあった。

次に、深度ごとに調査した水銀ガス濃度と温度の関係を図2に示す。GV1は25.9～34.2の温度勾配があり、GV2は26.4～27.2と温度がほぼ一定であった。今回の調査では濃度の単位をpg/時で示すため、相対的な濃度の違いとなるが、GV1で26.1～48.0pg/時、GV2で17.6～25.2pg/時の範囲であった。両埋立地において、同じ管内であっても、温度が高いほど水銀ガス濃度が高い傾向があり、水銀濃度に偏りがあることが分かった。

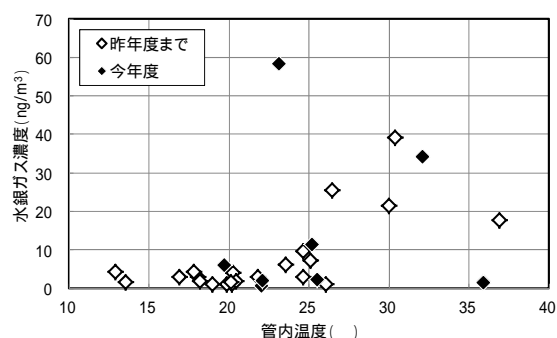


図1 水銀ガス濃度と管内温度の関係(9埋立地)

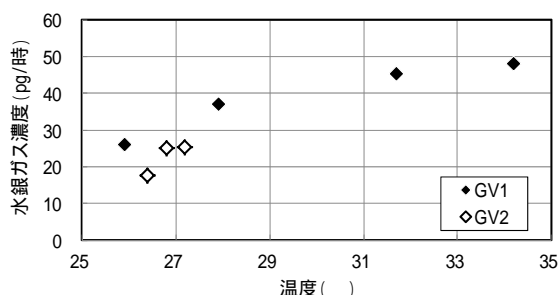


図2 水銀ガス濃度と管内温度の関係(2埋立地:深度調査)

## 4 まとめ

本研究により、近年の埋立地内の水銀ガスは低濃度で存在しており、温度依存性が認められた。現段階の調査結果での概算から、埼玉県内の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) 長森正尚、長谷隆仁、渡辺洋一(2018)埋立地における水銀ガス調査, 埼玉県環境科学国際センター報第18号。
- 2) 國木里加、川上智規、加賀谷重浩、井上隆信、Elvince Rosana、永淵修(2009)大気中水銀濃度の測定～パッシブサンプラーの開発～, 環境工学研究論文集。

[自主研究]

# 埋立廃棄物の受動的な空気流入による安定化促進実験

長森正尚 川寄幹生 長谷隆仁 磯部友護 鈴木和将

## 1 目的

最終処分場に埋め立てられた廃棄物は、雨水浸透による有機物の分解や浸出水への化学物質の洗い出しにより徐々に安定化する。埋立廃棄物の安定化は浸出水、発生ガス及び温度等の指標で評価されているが、焼却灰等の無機性廃棄物を埋め立てている場合でも、廃棄物層内が酸素のほとんど存在しない嫌気性状態であることも珍しくない<sup>1)</sup>。もし、空気の侵入を増やすことができれば、好気性分解の促進により埋立廃棄物が短い期間で安定化する可能性がある。

本研究では、実処分場における施工・管理を極力抑えた実験として、中間覆土の一部を砕石に変えることにより、廃棄物層内への空気侵入を促進できるか、各種の指標をモニタリングして評価する。

## 2 方法

対象地は、埋立開始から間もない準好気性埋立構造を持つ管理型最終処分場とした。まずは、現状の廃棄物層内への空気の侵入度合いを把握するため、埋立地表面から小口径の穴を開け、廃棄物層内ガス組成を調査した(以下、穿孔調査)。穿孔調査は、集排水管の直上の6つのラインで行い、廃棄物層上部から約0.4~0.5mとした。

次に、対象地の一区画で中間覆土を砕石に変えて、発生ガス、保有水、内部温度等をモニターする実証試験を2018年7月から開始した。実証試験のイメージを図1に示す。砕石区において、単粒砕石(S40)を2つのガス抜き管の間の全長31m、幅1.5m、深さ0.5mに敷き詰め、砕石層の中央に直径200mmの有孔管を設置した。また、保有水及び発生ガスを採取するため、廃棄物層上部から約0.85mに上部が配置されるよう浸透水樹を砕石・対照区に2つずつ設置した。なお、次年度以降の第2層目埋立時にも資材を設置する予定である。

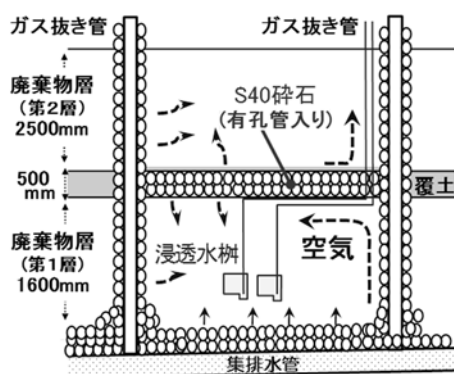


図1 実証試験イメージ

## 3 結果

穿孔調査で得られた廃棄物層内の酸素濃度を図2に示す。酸素濃度は、2ライン(3箇所)の5~7%を除くと、14~21%で、ガス抜き管に近いほどわずかに低い傾向があった。

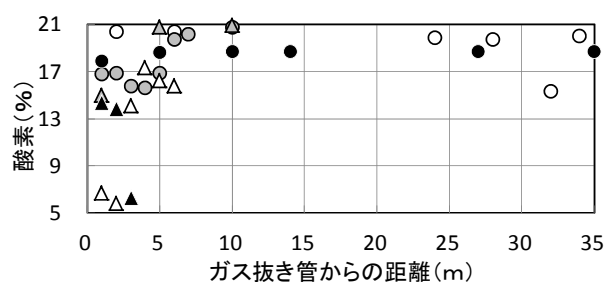


図2 廃棄物層内の酸素濃度(穿孔調査)

実証試験の採水量は現在まで、砕石区0.6L及び0.0L、対照区9.9L及び12.1Lで、対照区では降雨後に採水できるが、砕石区で浸透水樹内に水が溜まりにくかった。原因としては、砕石上に傾斜をつけて薄く覆土したことが考えられた。水質の経月変化からは、対照区で洗い出しが進行したのに対し、砕石区では変化が少なかった。他方、層内ガス組成から、対照区で雨季に嫌気性発酵したが、その後は両区画とも酸素が高濃度で進行し、二酸化炭素濃度は今年に入り対照区1.5%未満、砕石区1.0%未満で推移した。

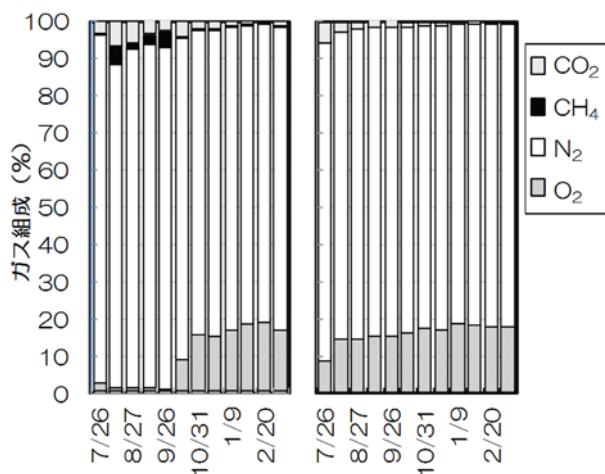


図3 廃棄物層内ガス組成の経月変化(各層平均値:左:対照区、右:砕石区)

## 文献

- 1) 磯部友護、川寄幹生、鈴木和将(2017)焼却残渣の埋立割合が異なる埋立地の安定化に関する研究、第38回全国都市清掃研究・事例発表会。

[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 野村篤朗 野尻喜好

## 1 目的

難燃剤はプラスチックなどの材料に添加され、その材料を燃えにくくするもので、防災上我々の生活に不可欠である。しかしながら、難燃剤の一部には環境への悪影響が懸念される物質が使用されている。本研究では、有機臭素系難燃剤のヘキサブロモシクロドデカン(HBCD)および有機塩素系難燃剤のデクロランプラス(DP)を対象とし、埼玉県における環境汚染実態を調査した。

## 2 方法

県内で採取した各種環境媒体(表1)中のHBCDおよびDP濃度を測定した。試料の一部には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利用した。

表1 調査した環境試料

媒体	採取期間	備考
大気(連続観測 <sup>a</sup> )	2013年度、2015年度	7日採取、通年
大気(17地点 (2地点))	2014年度 <sup>b</sup> 、2015年度 2016~2017年	7日採取、年2~4回
大気降下物 <sup>a</sup>	2015年度	4~5週採取、通年
河川水質 <sup>c</sup>	2016年8月	37地点
河川底質	2014年10月 2016年12月	11地点 23地点

<sup>a</sup>環境科学国際センターで観測、<sup>b</sup>DPのみ、<sup>c</sup>HBCDは -体と -体のみ

## 3 結果

### 3.1 大気

連続観測における大気中のHBCDの濃度( HBCD: -, -, -体の合計)は、2013年度では1.8~82(平均:9.8)pg/m<sup>3</sup>であったが2015年度では不検出(ND)~6.7(平均:1.3)pg/m<sup>3</sup>となり、大幅な減少が見られた。これは2014年にHBCDが化審法第一種特定化学物質に指定されたことにより、使用が制限され使用量が少なくなったためと考えられる。これに対して使用制限されていないDPの濃度( DP: *syn*-体と*anti*-体の合計)は、2013年度で1.2~8.8(平均:4.5)pg/m<sup>3</sup>、2015年度で1.5~6.7(平均:4.3)pg/m<sup>3</sup>となり、経年的な変化は観測されなかった。

県全域で見ると、各地点の平均値はHBCD: 0.03~7.7pg/m<sup>3</sup>、DP: 2.2~31pg/m<sup>3</sup>となった。各地点の平均値を観測地点の人口密度と比較したところ、HBCDは半径3kmの人口密度と、DPは半径7.5kmの人口密度と有意な相関(それぞれ相

関係数  $r=0.559(p<0.05)$ 、 $r=0.630(p<0.01)$ )がみられ、キロメートル単位の範囲における人間活動が大気中の当該物質に影響していることが示唆された。

### 3.2 大気降下物

観測されたHBCDおよびDPの大気降下量は、それぞれ0.59~1.8(年平均:1.1)ng/m<sup>2</sup>/d、1.6~7.5(年平均:3.8)ng/m<sup>2</sup>/dとなった。降下量と大気の年平均から計算した見かけの降下速度(降下量/大気濃度)は、HBCD、DPともに1.0cm/sとなった。

### 3.3 河川水質

HBCD濃度( -体と -体)はND~2300pg/L(平均値:220、中央値:62)であった。元小山川で突出して高く(2300pg/L)、ついで小山川(890pg/L)や古綾瀬川(650pg/L)で比較的高い濃度を示した。DP濃度は12~2400pg/L(平均値:210、中央値:63)であった。大場川で突出して高く(2400pg/L)、ついで新芝川(820pg/L)、綾瀬川(570pg/L)で比較的高い濃度を示した。

### 3.4 河川底質

河川底質中のHBCD濃度はND~240ng/gで、古綾瀬川で高い濃度(240~18ng/g)を示した。DP濃度はND~170ng/gで、古綾瀬川(170~58ng/g)や伝右川(74ng/g)で高い濃度を示した。古綾瀬川や伝右川の底質ではダイオキシン類も比較的高い濃度で観測されており、疎水性、不揮発性、難分解性といった物性が類似しているHBCDやDPは、その環境中での挙動もダイオキシン類と同様である可能性がある。

### 3.5 高濃度水質中DP

河川水中DPが突出して高かった大場川では油の流出事故が散発している。そこで、過去に採取された流出油中のDP濃度を測定したところ、高濃度(23μg/kg)で検出された。流出油が当該河川のDP汚染源の一つである可能性が示唆された。

### 3.6 環境リスクについて

HBCDおよびDPの環境レベルは、国内他地域の報告値と同程度であった。各種毒性試験の結果と比較したところ、これらの難燃剤による環境リスクは極めて低いものと考えられた。

## 4 まとめ

環境への悪影響が懸念される難燃剤HBCD、DPについて、埼玉県全域における汚染実態を確認した。各種環境媒体からこれらの難燃剤が検出されたが、環境へのリスクは極めて低いと考えられた。

[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、化学物質排出把握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、近隣住民に対する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 大気中ヒドラジン、無水マレイン酸濃度の把握

埼玉県内でヒドラジン、無水マレイン酸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)からそれぞれ2地域(川越、嵐山及び川口、羽生)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、ミニポンプと捕集カートリッジを用いて大気を1時間(夏、秋、冬)、または長時間(8時間または24時間)(秋)採取した。各物質は、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1,2,4-ベンゼントリカルボン酸1,2-無水物(以下、「トリメリット酸無水物」という)と3,3'-ジクロロ-4,4'-ジアミノフェニルメタン(以下、「MOCA」という)を選定した。大気中のトリメリット酸無水物は物性上それだけを選択的に測定することは困難で、トリメリット酸との含量として、捕集カートリッジ(PS2)で捕集し、アセトニトリルで溶出後、LC/MS/MSで測定する方法を検討した。大気中のMOCAは、捕集カートリッジ(PS2)で捕集し、メタノールで溶出後、LC/MS/MSで測定する方法を検討した。

## 3 結果

### 3.1 大気中ヒドラジン、無水マレイン酸濃度の把握

各調査地域における大気中のヒドラジン濃度は、全ての地点で検出下限未満(<40ng/m<sup>3</sup>:1時間採取、<7ng/m<sup>3</sup>:24時間採取)であった。なお、夏の調査では、調査地点の温度が高く、

十分な回収率が得られなかったため欠測としたが、秋以降の調査では捕集材を変更するなど改良したため問題なく採取できた。各調査地域における無水マレイン酸濃度を表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。各地点の濃度は、米国産業衛生専門家会議の許容濃度値時間加重平均(10000ng/m<sup>3</sup>)よりも十分低かった。両地域における1時間調査の濃度範囲が<100~540ng/m<sup>3</sup>であるのに対し、秋の8時間調査では110~170ng/m<sup>3</sup>と差が少なく、平常時に近い濃度と考えられる。

表1 各調査地域における無水マレイン酸濃度

		単位:ng/m <sup>3</sup>			
調査地点		夏:1時間	秋:1時間	冬:1時間	秋:8時間
川口地域	TB	<100	<100	<100	-
	北	170	170	<100	120
	東	200	160	<100	110
	南	<100	170	540	110
	西	140	220	120	150
羽生地域	TB	<100	<100	<100	-
	北	150	110	120	140
	東	250	110	170	130
	南	320	140	<100	170
	西	150	<100	<100	110

TB:トラベルブランク

各濃度は、マレイン酸との含量

### 3.2 迅速調査法の開発

大気中のトリメリット酸無水物とMOCAはどちらも、ミニポンプを用いて0.8L/分の速さで1時間吸引、採取した。捕集した物質を溶媒で溶出し、LC/MS/MSで測定した結果、いずれも十分な感度を確保でき、特にMOCAは「人と健康保護のための大気管理参考濃度<sup>2)</sup>」の1/10の濃度(1.7ng/m<sup>3</sup>)を達成できることがわかった。

## 4 今後の研究方向

平成31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トリメリット酸無水物またはMOCA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。

## 文献

- 1) 茂木ら(2018)埼玉県環境科学国際センター報, 18, 105.
- 2) 高梨ら(2005)環境科学会誌, 18(2), 71-83.

[自主研究]

# 人工化学物質をトレーサーとして用いた地下水の 汚染源特定に関する基礎研究

竹峰秀祐 大塚宜寿 堀井勇一 蓑毛康太郎 野村篤朗 茂木守

## 1 目的

「水循環基本法」や「水循環基本計画」が策定され、水循環の視点において地下水挙動を把握した上で持続可能な地下水の保全と利用を図る「地下水マネジメント」を実施することが関係機関に求められている。特に地下水の保全については、地方公共団体等が主体的に行っていく必要がある。地下水の保全を行っていくうえで、環境基準の超過率が最も高い硝酸及び亜硝酸性窒素による汚染が課題の一つとして挙げられる。汚染原因としては、生活排水、家畜排せつ物の不適正処理、過剰な施肥等が考えられており、汚染対策には汚染原因を把握する必要がある。

化学分析法を用いて汚染源を特定する方法として、複数のイオン成分を分析する方法が提示されているが、複合的な汚染の場合、解析することが困難であり、汚染対策が進まない一つの要因となっている。本研究では、各汚染源に由来する人工化学物質をトレーサー（追跡指標）として選定し、地下水中の硝酸及び亜硝酸性窒素の汚染源特定への利用可能性について評価することを目的とする。

## 2 方法

### 2.1 人工化学物質トレーサー候補の選定と分析法の検討

トレーサーは、生活排水、家畜排せつ物、農業排水を特徴づけ、さらに環境中で安定である人工化学物質がふさわしい。そこで、生活排水は人工甘味料2種（スクラロース、アセスルファム）を、家畜排せつ物は動物用医薬品3種（スルファメトキサゾール、スルファジミジン、スルファジメトキシム）を、農業排水はネオニコチノイド系農薬5種（ジノテフラン、アセタミプリド、クロチアニジン、チアクロプリド、イミダクロプリド）をトレーサー候補に選定した。

地下水試料を固相抽出法で前処理を行った後、LC/MS/MSでトレーサー候補物質を測定した。

### 2.2 地下水試料の測定

平成30年度に採取した県内地下水の試料137検体をトレーサー候補物質の測定に供した。

## 3 結果

### 3.1 人工化学物質トレーサー候補の分析法開発

全対象物質、検量線の範囲は0.2ng/mL ~ 100ng/mLとした。検量線の $R^2$ は全物質ともに>0.99であった。添加回収試験の回収率は、89%（スルファメトキサゾール）~ 103%（クロチアニジン）となった。

### 3.2 地下水の測定結果

対象とした物質の測定結果は表1のとおりである。アセスルファムの検出率が最も高く85%となった。次いでスクラロースとなった。空間的な分布傾向としては、農薬は農業地帯、特に埼玉県北部で濃度が高く検出される傾向にあった。人工甘味料や動物用医薬品は、空間的な分布の傾向はみられなかった。また、人工甘味料は下水道整備地域・未整備地域に関わらず、検出された。

## 4 今後の方向性

ネオニコチノイド系農薬の濃度の分布の傾向は、使用実態を反映したものと考えられる。ネオニコチノイド系農薬は、農業排水のトレーサーとして使用できる可能性が示唆された。人工甘味料や動物用医薬品については、周辺の状況（下水道の管きよ、浄化槽、畜舎）等を踏まえたうえで解析を続け、指標として利用できるか検証していく。

表1 測定結果一覧

種類	人工甘味料（生活排水トレーサー候補）		動物用医薬品（家畜排せつ物トレーサー候補）		
	スクラロース	アセスルファム	スルファメトキサゾール	スルファジミジン	スルファジメトキシム
濃度範囲（ng/L）	< 0.7 ~ 2600	< 0.7 ~ 540	< 0.7 ~ 54	< 0.7	< 0.7 ~ 3.9
検出率（%）	67 (91/137)	85 (116/137)	18 (24/137)	0 (0/137)	1.5 (2/137)
種類	農薬（農業排水トレーサー候補）				
	ジノテフラン	アセタミプリド	クロチアニジン	チアクロプリド	イミダクロプリド
濃度範囲（ng/L）	< 0.7 ~ 890	< 0.7 ~ 35	< 0.7 ~ 86	< 0.7 ~ 5.4	< 0.7 ~ 390
検出率（%）	42 (57/137)	0.74 (1/137)	27 (37/137)	0.74 (1/137)	21 (29/137)

カッコ内の数値は「検出数/検体数」

[自主研究]

## 埼玉県内の水系における放射性物質の実態把握

野村篤朗 伊藤武夫 茂木守 大塚宜寿 蓑毛康太郎 堀井勇一 竹峰秀祐  
長島典夫\* 長浜善行\* 竹熊美貴子\* 加藤沙紀\*

### 1 目的

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所事故により、大気中に人工放射性核種が放出・拡散され、その一部は埼玉県まで到達した。その中でもセシウム137(以下、Cs137という)は半減期が30.2年と長く、森林、河川等を移動しながら長期間環境中に存在する。

著者らは、所内にある生態園をモデル生態系として、放射性物質の調査を実施してきた。これにより、土地利用別の放射能濃度、地下への浸透、土壌から果実及び生物への移行状況について知見を得た。しかし、地上よりも水系に放射性物質が多く蓄積される傾向が見られたものの、水系への流出・蓄積状況や他の媒体への移行状況は不明な点が残されていた。そこで本研究では、生態園及び県内河川における水・底質・水生生物等において、放射性物質の分布や流出・蓄積状況を調査し、環境動態の把握を目的とする。

平成30年度は、生態園及び県内河川を対象として、水試料測定のための前処理方法の比較検討と水質・底質の調査を実施した。

### 2 方法

水中の放射性物質の濃度を測定するためによく用いられる前処理方法は蒸発濃縮法である。しかし、この方法は前処理に数日から数週間程度要するため、多数の検体を迅速に測定することは難しい。だが近年では、セシウムを特異的に吸着するフィルターやカートリッジを用いることで、従来法より短い時間で前処理する方法が開発されており、分析精度の比較が行われている<sup>1)</sup>。

本研究で検討した方法は、(国研)産業技術総合研究所と日本バイリン(株)が共同開発したものである。この方法では、まずSS捕捉用カートリッジに水試料を通水し、懸濁態を回収する。続いて、セシウム吸着用カートリッジに通水することで、溶存態のセシウムを回収する。通水後のカートリッジの線スペクトロメトリーをゲルマニウム半導体検出器により測定することで、各形態でのCs137の放射能濃度(以下、Cs137濃度という)を定量する。

### 3 結果

#### 3.1 蒸発濃縮法との比較

生態園池水及び荒川荒井橋付近の河川水についてカート

リッジ法を適用した。また比較のため、蒸発濃縮法を併せて実施した(表1)。

池水では、カートリッジ法によって溶存態及び懸濁態でCs137濃度が定量された。蒸発濃縮法に対するCs137濃度の割合は103%であった。

河川水では、溶存態及び懸濁態の両方でCs137のピークが見られたものの、懸濁態では定量下限値を下回った。蒸発濃縮法に対するCs137濃度の割合は、溶存態のみで101%、懸濁態を含めても115%であった。

これらのことから、カートリッジ法を用いることによって蒸発濃縮法と同等の分析精度でCs137濃度を測定できることが確認された。

表1 前処理方法の比較結果(単位:mBq/L)

調査地点	Cs137濃度(カートリッジ法)			Cs137濃度 (蒸発濃縮法)
	溶存態	懸濁態	合計	
生態園下の池	4.2	8.4	12.6	12.2
荒川荒井橋	1.8	[0.24]	1.8[2.0]	2

1 検出限界値未満であるが、2 以上

2 [ ]内の数値は懸濁態の数値を足したもの

#### 3.2 河川の水質・底質調査

元荒川荒井橋付近の河川水についてカートリッジ法を適用した結果、懸濁態のみでCs137が検出されたが、Cs137濃度は4.3mBq/Lと荒川よりも高い値を示した。また、同地点で採取した底質試料をふるいにより分画し、懸濁態とCs137濃度を比較した。その結果、懸濁態は63µm以下の画分よりも高いCs137濃度であり、より粒径の小さい粒子が懸濁態として河川中に流出していることが推測された。

### 4 今後の研究方向

生態園内の水質及び底質について通年調査を実施し、季節変動を確認する。また、県内河川を数地点選定し、水質及び底質の調査によりCs137の分布を把握する。

#### 文献

- 1) 水中の放射性セシウムのモニタリング手法に関する技術資料検討委員会(2015)技術資料 環境放射能モニタリングのための水中の放射性セシウムの前処理法・分析法。

[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、最新の蛍光分析法であるPARAFAC-EEM法では成分の分離・定量性が著しく向上しており、多成分の検出が期待できる。

そこで本研究では、新しい水質モニタリング手法を構築することを目標とし、生活排水の影響のある県内河川を対象としたPARAFAC-EEM法の適用手法の構築、蛍光成分を利用したBOD評価モデルの構築、汚濁の由来を判断する手法開発を行い、実用化のための基礎的検討を行うこととした。

これまでの2年間で、蛍光データを正規化することで蛍光成分の分離個数を上昇させるなどPARAFAC解析手法の最適化を行い、県内河川から8つの蛍光成分を分離定量し、その同定を実施した。検出されたものは、藻類の分解産物(F1)、蛍光増白剤(F2)、土壌由来の腐植物質(F3、F6)、下水処理水に多い腐植物質(F4)、トリプトファン様物質(F5)、チロシン様物質(F7)、下水マーカ―(F8)であった。また、内部生産による汚濁の指標となる成分(F1)を提案し、F1(内部生産に関連)、F3とF6(土壌など自然負荷に関連)およびF7(生活排水に関連)を利用したBOD評価モデル式を作成した。

本年度は、各種負荷源の蛍光分析を行い、特徴的な蛍光成分を把握し、河川の有機汚濁の由来を判断するための情報を整理した。特に、生活排水について、未処理および処理後の排水の流入を分離検出できるか検討を行った。

## 2 研究方法

県内常時監視地点11地点の河川水、下水処理場放流水7地点、生活雑排水の流入河川および生下水の蛍光、BOD分析を行った。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<sup>1)</sup>を利用して行った。

## 3 研究成果

生下水、生活雑排水、下水処理場放流水、河川水の蛍光成分の平均値を比較すると、生下水のチロシン様成分の蛍光強度が著しく高く、それぞれのBOD値とチロシン様成分蛍光強度の間には比較的良好な相関があった。チロシン様成分強度で正規化した場合、下水処理場放流水には、下水処理水に多い腐植物質(F4)が多いことが確認され、トリプトファン様物質(F5)もやや高いことが分かった。したがって、生活排水による河川の有機汚濁に関しては、チロシン様物質でBODを推測できること、また未処理の排水が原因か、処理済みの排水が原因かについては、F4やF5成分に注目することで判断可能となることが示唆された。

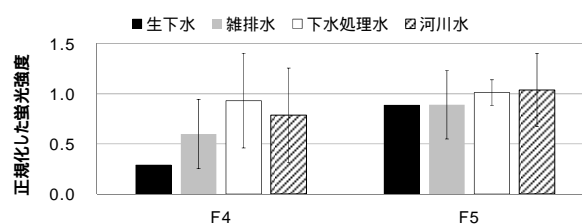


図1 各試料に含まれるF4およびF5の蛍光強度 :F7の蛍光強度で正規化したもの

河川各地点のBODを負荷源解析により、下水処理場や合併処理浄化槽など処理済み排水由来と単独処理浄化槽など未処理排水由来に分け、これらと各蛍光成分の相関を調べたところ、前者はトリプトファン様成分と後者はチロシン様成分と最も良い相関が得られた( $R^2$ はそれぞれ0.83と0.63)。このことから、トリプトファン様成分が処理済み、チロシン様成分が未処理の排水の影響と関連することが分かった。

さらに、下水処理場放流水の放流点から下流域の蛍光データを取得し各成分の消失速度係数を評価したところ、トリプトファン様物質(F4)とチロシン様成分(F7)は比較的小さく(それぞれ0.5および0.9日<sup>-1</sup>)、下水処理水に多い腐植物質(F4)やDSBP(F2)は比較的大きかった(それぞれ1.8及び2.4日<sup>-1</sup>)。トリプトファン様物質は、下水処理場由来BODの消失係数の報告値<sup>2)</sup>である0.4日<sup>-1</sup>と近く、処理済み排水由来BODの指標としてより適していると考えられた。

## 文献

- 1) K.R. Murphy *et al.* (2013) Anal. Methods, 5, 6557-6566.
- 2) 小泉明ら(1998)環境システム研究, 26, 157-163.

[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。昨年度については、測定技術に関する基礎的検討を行った。本年度は、実際に埼玉県内の親水空間における大腸菌数の調査を行った。

## 2 方法

### 2.1 埼玉県内の親水空間からの調査地点の選定

主にインターネット検索により、埼玉県内の親水空間を選出した([http://saipo.net/park\\_waterpark](http://saipo.net/park_waterpark)などを参照)。親水空間として、河川沿いに親水エリアを造成している場所、夏季に水遊びが出来る公園(じゃぶじゃぶ池、じゃぶじゃぶ川、噴水広場やミストシャワー等を併設している公園)や河川沿いに併設されているキャンプ場付近の河川等を対象とした(図1)。埼玉県内の親水空間として、全部で95地点を選定し、今年度についてはその内の62地点について大腸菌数の測定を行った。

### 2.2 埼玉県内の親水空間における大腸菌数の測定

各親水空間からの採水は、ニトリルゴム製の手袋を装着し、γ線滅菌済のアイボーイ(SCC)500mL容器(アズワン)に採水し、採水後容器はクーラーボックスに入れ速やかに研究室に持ち帰り、採水日当日中に分析に供した。

試水を高圧蒸気滅菌済みのリン酸緩衝液で1倍、10倍及び100倍に希釈し、50mLから100mLをMF-ミリポアメンブレン(セ

ルロース混合エステル、0.45 μm、47mm、格子入、メルク社製)上をろ過し、クロモアガーECC寒天培地(関東化学)上に気泡が入らないように静置した。このクロモアガーECC寒天培地を恒温培養器に入れ、37℃で24時間培養を行った。培養後、青色のコロニー数を計測した。各希釈倍率につき測定は3連で行った。



図1 採水地点の様子(本庄市の若泉運動公園)

## 3 結果及び考察

埼玉県内の親水空間62地点のうち、3地点については通水が行われていなかった。他59地点について、埼玉県内を5つの地域に分けた、地域ごとの親水空間の大腸菌数を表1に示した。59地点の最小値は<1CFU/100mL、最大値は22500CFU/100mL、幾何平均値は26CFU/100mLであった。各地域別の値は、最小値は<1~1CFU/100mL、最大値は109~22500CFU/100mL、幾何平均値は4~64CFU/100mLの範囲を示した。県内親水空間の59地点では、著しい糞便汚染の影響が認められた地点はなかったが、東部地域で計測された22500CFU/100mLの最大値を出した地点については、今後継続的に調査を行い、恒常的に糞便汚染により高い値を示しているのかを明らかにする必要がある。

表1 埼玉県内親水空間の大腸菌数(地域ごと)

地域	地点数	最小値	最大値	幾何平均値
(CFU/100mL)				
秩父	11	1	109	21
北部	6	<1	273	4
西部	27	<1	1240	64
東部	7	<1	22500	29
中央	8	<1	1600	4

## 文献

1) 渡邊ら(2018)埼玉県環境科学国際センター報, 18, 107.



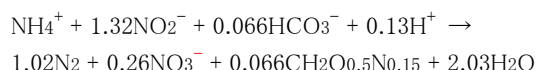
[自主研究]

# 県内河川におけるアナモックス反応による窒素除去ポテンシャルの調査

見島伊織

## 1 研究背景と目的

窒素による水域汚染の防止は、健全な水環境保全のため必須な課題である。また、河川のBOD低減のためにはN-BODに寄与する窒素挙動の把握が必要である。近年、新しい窒素循環経路として、アナモックス(嫌気性アンモニア酸化; anaerobic ammonium oxidation)反応が発見された。アナモックス反応は以下に示すとおりで、アンモニア性窒素と亜硝酸性窒素を直接窒素ガスへと変換する生化学反応である。アナモックス反応は必要酸素量が少ないこと、有機物を必要としないことから低コスト型の窒素除去反応として注目されている。



この反応は高水温条件下の排水処理系での検討が主であり、水環境中におけるアナモックス活性、さらには窒素代謝への寄与の把握は限定的である。窒素循環系における様々な微生物反応を理解し、その活性化条件を検討することは、水環境中の窒素挙動を把握するだけでなく、環境浄化へ繋げるなどの可能性を有している。実際に、ある水環境における窒素循環の約40%にアナモックスが寄与したとの報告もある。限定的ではあるが、国内外の河川においてもアナモックスの寄与が報告されている。そこで、本研究では、県内の水環境中に生息するアナモックス活性を把握することを目的として、水環境の調査、室内における集積培養、アナモックス活性試験、生理学特性調査を行う。

## 2 研究方法

これまでの河川のモニタリングの結果を参考にし、窒素濃度が高い河川として、元小山川、菖蒲川、中川を選定し、それぞれ河川の底質をサンプリングした。底質を図1に示すような不織布を用いたカラム型連続培養装置に添加し、表に示す人工培地を透過させて連続培養を行った。定期的に水質を分析し、各態窒素の変化を観察した。培養開始201日目から3日間は培養装置をそのまま使用し、アナモックス活性を推定する回分試験を行った。

## 3 結果

元小山川の底質を用いた連続培養試験における各態窒素の経日変化は図2のとおりである。無酸素条件下で継続的に $\text{NH}_4^+$ と $\text{NO}_2^-$ の同時除去を確認できたことから、アナモックス様活性が生起したと考えられた。同じく元小山川の底質を用いた

回分試験の結果を図3に示す。無酸素状態で $\text{NH}_4^+$ と $\text{NO}_2^-$ の除去を確認でき、またアナモックス反応に特徴的である $\text{NO}_3^-$ の増加も同時に確認できた。3つの底質を用いた試験を並行して行ったが、河川水中の $\text{NH}_4^+$ が高いほど、アナモックス活性が高い傾向があった。

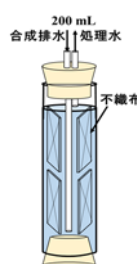


図1 連続培養装置

表 人工培地組成

基質	濃度[mg/L]
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	32(asN)
$\text{NaNO}_2$	30(asN)
$\text{NaHCO}_3$	500
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	27.2
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	300
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	180

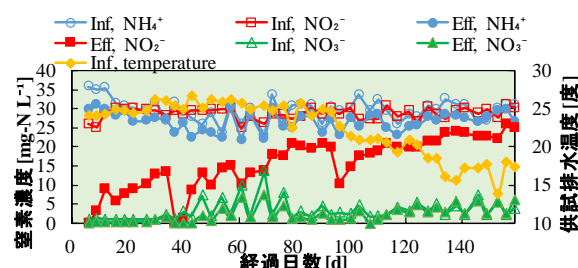


図2 各態窒素の経日変化(元小山川底質)

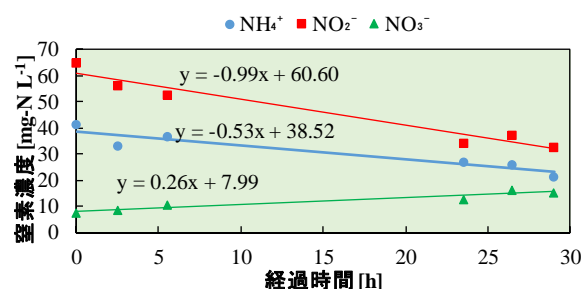


図3 回分試験の結果(元小山川底質)

## 4 今後の予定

アナモックス菌は化学合成独立栄養細菌であり、増殖速度が遅いことが知られている。よって、引き続き長期間の連続培養を実施する計画である。また、別地点の底質を用いた試験も追加する。これにより、県内河川でのアナモックスポテンシャルの把握を行う。得られたアナモックス活性と採取地点における窒素負荷を中心とする水質の関係性を見出す。さらに、生理学的特性把握を行い工学的な利活用の可能性を検討する予定である。

[自主研究]

# 県内河川の魚類生息密度推測法への環境DNA分析の適用の検討

木持謙 渡邊圭司 田中仁志

## 1 目的

本県環境基本計画では「川の保全と再生や生物多様性の保全」を施策展開の方向としており、これからの水環境施策は、水生生物多様性の保全・改善も視野に入れた対応や、希少種保全策・外来種対策などが重要である。そのためには、生物の生息実態の正確な把握に基づく生息環境の適正な評価が必要となるが、実捕獲に基づく従来の生物調査法は、①多くの人員と時間を要する、②調査者の技術練度が調査結果に影響する可能性がある、③作業に伴い生息環境を荒らす恐れがある(特に希少生物調査の場合)といった課題があった。

近年、環境DNA分析による魚類等の生息状況調査が注目されており、この手法の併用により、調査の効率化と精度の改善が期待される。環境DNAとは、生物から排泄物や代謝物等を通じて環境中に放出されたDNAのことであり、これを分析することで、存在する生物の種類や調査対象となる生物の在・不在等を調べることができる。

本研究では、魚類生息密度推測法への環境DNA分析の適用と実用化の検討を行う。具体的には、特定外来種のコクチバス(*Micropterus dolomieu*)等を対象とする。なお、本種は全長30~50cmに成長し、在来魚類・水生昆虫等を食害する。低水温に耐性がある上、流速の大きな環境にも生息可能なことから、河川の多い本県では特に問題視されている。

本年度は、コクチバスのDNAの増幅したい領域を特定するPCRプライマーの検討と、本種の体組織片や河川水等を用いたDNA量を増幅させるPCR条件の検討を行った。

## 2 方法

### 2.1 対象種のPCRプライマーの検討

主に既往研究等に基づき、コクチバスのPCRプライマーについて検討した。

### 2.2 PCR条件の検討

県内河川で捕獲したコクチバスの鱭(尾鱭先端の3mm×3mm程度)、コクチバスあるいはオオクチバスの代謝物の含有水、生息が確認されている河川水(入間川水系、図1)を用いて検討を行った。水試料については、カートリッジフィルター(ステリバックス、Merck Millipore社、孔径0.45μm、ろ過面積約10cm<sup>2</sup>)あるいはガラス繊維フィルター(GF/F、Whatman社、孔径0.7μm、ろ過面積約20cm<sup>2</sup>)を用いてろ過を行い、適正なフィルターの検討を行った。各試料からのDNA抽出には、DNeasy Blood & Tissue Kit (Qiagen社)を用いた。

PCR酵素は、KAPA HiFi HS ReadyMix (Kapa Biosystems社)を用いた。温度・時間・サイクル数を変えてPCRを実施し、アガ

ロースゲル電気泳動によりPCR産物の増幅を確認することで、適正PCR条件を検討した。



図1 採水地点の例(有間ダム)

## 3 結果及び考察

### 3.1 対象種のPCRプライマーの検討

本年度は、コクチバス、オオクチバスを含むブラックバス類を対象としたプライマーセットを用いることとした<sup>1)</sup>。

### 3.2 PCR条件の検討

数パターン反応条件を用いてPCRを行ったところ、コクチバスの鱭試料(ポジティブコントロール)については、いずれの条件でも明瞭な1本のバンドが確認でき、本種のDNAが増幅されることがわかった。魚体代謝物の含有水試料については、本プライマーセットを用いたPCRでは、条件によって鱭試料と同位置にバンドが確認される場合、されない場合があったものの、コクチバスの方がオオクチバスよりもバンドの輝度が高い傾向があり、本種の検出感度が高い可能性が考えられた。河川水試料については、鱭試料よりもやや短鎖長側に、鱭試料ほどではないものの明瞭なバンドが見られた。PCR条件についてはさらなる検討が必要と考えられる。

一方で、フィルターの種類とPCRの結果には明確な関連性はみられなかった。取り扱いカートリッジフィルターの方が簡便であるものの、懸濁物質含有量が多い場合は、ガラス繊維フィルターの方が迅速であり、フィルターを使い分けることが有効と考えられる。

## 文献

- 1) J. R. Alvarado Bremer and L. Zhang (1998) A polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP) assay for the discrimination of mitochondrial DNA from the Florida and Northern subspecies of largemouth bass. Trans. Am. Fish. Soc., 127: 507-511.

[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、渇水年には未だ地下水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、効率的かつ最適な地盤変動監視について検討する。

## 2 方法

埼玉県平野部を対象として、衛星データの解析結果と地盤変動のメカニズム解析を進めている。中川低地では、平成27年9月関東・東北豪雨において、浸水被害が発生し、一部の一般家屋や店舗に被害が発生した。浸水被害が集中した地域は古くから地盤沈下が継続された地域と重複しており、浸水被害の素因となったことが推定された。一方、浸水被害が発生しなかったものの、近年の衛星データ解析により大きな変位が確認された地域も散見されている。今年度は、中川低地を対象とした既存研究<sup>1)</sup>において特に大きな変位が観測された地点における地盤沈下機構を考察した。

## 3 結果

調査地域における空中写真(図1)から土地利用履歴を見ると、当該地域は1990年代以前は水田が広く分布する地域であり、2000年頃に大規模な土地造成工事が開始されたことが分かる。また、この地域で掘削されたB2やB3のボーリング柱状図(図2)から、この地域は少なくとも地下20m程度まで軟弱なシルト層が堆積しており、特にB2地点では地表付近に多量の腐植物を含む有機質シルト層が2m程度堆積している。また、造成地南端に建設された遊水池の水位レベルはB2やB3地点の地表面よりも2m以上低い。よって、当該地域において検出された地盤変位は、軟弱地盤上に建設された造成地の盛土による荷重増加や遊水池建設による表層付近の地下水水位低下(間隙水の絞り出し)の影響により、地表付近に広く分布し、腐植物を多量に含むシルト層が圧密することにより発生したものと推察された。



図1 調査地域の土地利用履歴

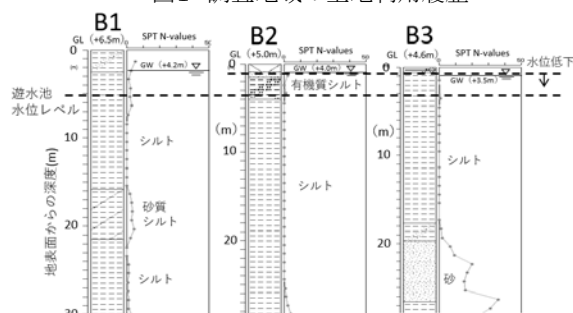


図2 当該地域のボーリング柱状図

## 文献

- 1) Hachinohe and Morishita (2016) Land subsidence detected by persistent scatterer interferometry using ALOS/PALSAR data from the Nakagawa lowland in the central Kanto Plain, Japan; International Association of Geodesy Symposia, Springer, DOI 10.1007/1345\_2016\_242.

[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、有害重金属類による自然由来の土壌汚染が大きな環境問題となっている。この汚染問題に的確に対処するには、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予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、有害重金属類の県内バックグラウンド値の測定と地域特性解析を試みる。また、自然由来の土壌汚染を引き起こしやすい海成堆積物の県内分布状況と環境汚染リスクについても併せて検討した。

## 2 方法

本研究では、公共土木工事の際に掘削採取した地質試料を用いて、土壌全含有量分析、土壌溶出量試験を行った。測定項目には、鉛、砒素、カドミウム、チタン、銅、アルミニウムなど全15項目を選定し、深度15mまで1m間隔で分析を行った。分析した地質試料は、掘削採取後5年以上経過していた。

土壌全含有量分析は底質調査法、土壌溶出量試験は環境省告示18号に準じて行った。また、土壌溶出量試験では補足データとして、土壌溶出液のpH、電気伝導度及び濁度を測定した。

## 3 結果

### 3.1 土壌全含有量の地域特性解析

県内土壌を分析した結果、金属含有量は土質(沖積土壌、火山灰土壌など)と関連していることが分かった。具体的には、銅、アルミニウムやチタンは火山灰を母材とする土壌(黒ボク土、関東ローム、凝灰質土)で含有量が高い傾向を示した。火山灰土壌は台地を中心に分布していることから、銅、アルミニウムやチタンの土壌含有量は地域特性を有していることが判明した。一方、鉛、砒素、カドミウムなどでは土質による含有量の違いはなく、銅、アルミニウムやチタンのような地域特性は認められなかった。

### 3.2 土壌溶出量の地域特性解析

カドミウム、アルミニウム、ニッケル、亜鉛などの溶出濃度は、海成堆積物が分布する県南部の低地(中川低地、荒川低地)や大宮台地南部の谷部(谷底低地)で高くなる傾向を示した。海成堆積物は長期間大気中で放置されると酸性土壌へ変化するため、これらの地域で重金属の溶出濃度が高くなったものと考えられる。特に、谷底低地の海成堆積物からは非常に高

濃度の重金属類が溶出し、セレンやふっ素の溶出濃度は全て環境基準を上回った(図1中)。このように、同じ海成堆積物でも地域によって、重金属類の溶出リスクに違いがあることが分かった。海成堆積物中の硫黄含有量を測定した結果、中川・荒川低地の海成堆積物では硫黄含有量は0.4~0.9wt%であったのに対して、谷底低地の海成堆積物では1.5~5.0wt%と高い含有量が得られた。谷底低地の海成堆積物は、直上に泥炭土が存在することから、強い還元環境下に曝された状態で堆積したと推察される。還元環境下では海水中の硫酸イオンが効率よく硫化物イオンへと変化して黄鉄鉱(FeS<sub>2</sub>)を生成したため、谷底低地の海成堆積物では硫黄含有量が高くなったものと考えられる。一方、中川・荒川低地の海成堆積物は直上に砂層が存在したことから酸化的環境で堆積した可能性が考えられる。海成堆積物が堆積する際の環境条件により、重金属類の溶出リスクは大きく変化する可能性が示唆された。

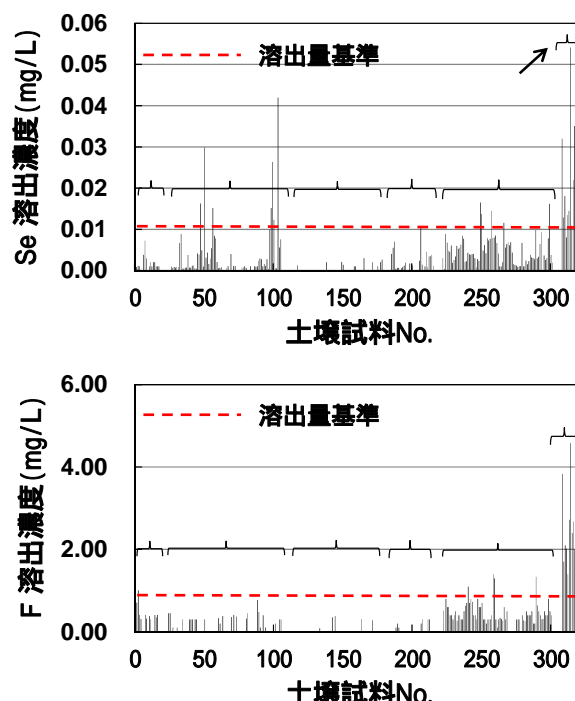


図1 セレン、ふっ素の溶出濃度(mg/L)

泥炭土、沖積土、ローム、凝灰質土、海成堆積物  
(中川・荒川低地)、海成堆積物(谷底低地)

[自主研究]

# 地中熱利用システム導入のための地下環境情報の整備 及び導入コストの削減

濱元栄起 八戸昭一 石山高 柿本貴志 白石英孝

## 1 背景と目的

地球温暖化やエネルギー問題に対応するためには、再生可能エネルギーが大きな役割を担っている。特に地中熱エネルギーは埼玉県の賦存量において太陽エネルギーに次いで多く、今後の普及が期待されている。しかしながら現状では、地中熱利用システム(ヒートポンプ式)の導入数は、国内では約2,600件(うち埼玉県は約110件)にとどまっております。欧米や中国などと比べて遅れている(Lund, 2015<sup>1)</sup>、環境省, 2019<sup>2)</sup>)。その原因として、導入コストの高さや認知度の低さが挙げられる。導入コストの削減という観点では、特に掘削費の占める割合が大きいことから熱交換井の本数や掘削深度を最適化することもコスト削減のひとつの方法である。そのような最適化を行うためには、設置場所の地質情報や実証試験データが重要である。そこで本研究では埼玉県内における広域的な地下環境情報の整備や県のエネルギー環境課の実証試験と連携した調査を開始した。

## 2 内容と成果

### 2.1 埼玉県内の地下環境情報整備

当センターでは、県内の公共工事等で調査された地質情報をとりまとめ、公開している。本年度そのデータベースを一新し、1,200地点の情報を追加し、合計約6,000地点の公開を開始した。これらの情報は地中熱利用システムの設計や施工にも役立ち、適切なシステムの設置がなされれば導入コストの削減も期待できる。そのため、本自主研究事業の一環としてデータの整理を行った。具体的には、公共工事によって調査された地質柱状図情報は、調査会社や調査年度によって様々なデータ形式で提供される(たとえば、BOR形式やXML2.0形式、XML3.0形式など)。しかし統一的なデータ解析を行うためには最新の形式であるXML4.0形式に変換することが望ましい。そこで本事業でそのデータ形式の変換をするとともに、座標系としては世界測地系を、標高についてはT.P.(東京湾平均海面)を基準とした変換も併せて行った。新規データを含め改訂した書籍やインターネット(WEB GIS)で情報をすでに公開し、地中熱に関連する事業者にも活用されている。将来的に、これらのデータベースをもとに各地点の平均的な有効熱伝導率の評価を行うこととしている。

### 2.2 埼玉県内の地中熱実証試験

埼玉県内における地中熱利用システム導入の用途として住宅用が約7割を占めている。しかし埼玉県内において住宅を

想定した地中熱の実証試験を行い成績係数やCO<sub>2</sub>の削減効果を定量的に測定した事例はほとんどない。そこで県のエネルギー環境課と連携し「住宅用地中熱利用システム普及推進事業」で県内5地点(飯能、加須、宮代、羽生、春日部)に実証システムを設置した(平成31年度から試験開始)。本自主研究事業において、特に学術面から技術支援し、行政事業の範囲を超える部分の測定等を行った。例えば、地質柱状試料を用いて、実験室内において熱伝導率を測定した。その結果、地質の対応した熱伝導率のバラつきが確認され、砂質で高く、粘土やシルトで低めの値であった。ただし実験室内での測定であることから、水分が抜けており、現場で測定した熱応答試験から推定される熱伝導率に比べ全体的に低めであった。それぞれの値の特徴が対応付けられれば、今後柱状図試料を用いて熱伝導率を測定する場合の補正に役立てられる。さらに、これらの5地点の実証試験のうちの1地点は環境科学国際センターのエコロッジであり、県民の皆様にも地中熱を体験してもらえる場としての活用を考えており、認知度の向上も期待できる。

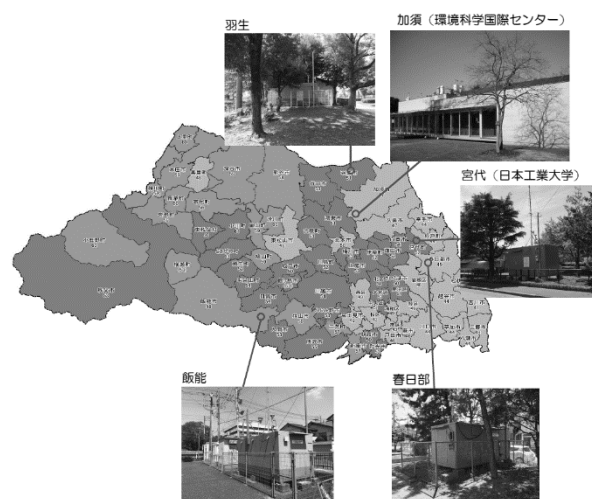


図1 地中熱実証システムの設置地点

## 文献

- 1) Lund (2015) Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review, Proceedings World Geothermal Congress 2015
- 2) 環境省 (2017) 地中熱利用システムパンフレット, <https://www.env.go.jp/press/106636.html>

[自主研究]

# 潤滑油基油の異同識別に関する基礎的研究

柿本貴志 野尻喜好

## 1 はじめに

埼玉県内では油流出事故が多発しており、原因者を把握し再発防止措置をとることが重要な課題である。しかし目視による原因者の調査は困難が多く、このような状況における調査法の開発が求められる。

当センターではかつて目視の調査により数施設まで絞り込みができた現場において、流出油と絞り込まれた数施設で使用している油の異同識別分析を実施することで、原因施設を更に絞り込むことを試みた。原因者の疑いがある施設に依頼をして油の提供を受けたが、提供された油は劣化の程度や環境水との接触の有無の点で流出した油とは履歴が大きく異なっており、異同識別分析をする際には、この影響についても考慮に入れる必要がある。

しかしながら、異同識別指標へ与えるこれらの影響については整理された情報が少なく、基礎的な知見の集積が求められる。そこで本研究では、潤滑油の劣化、及び水との接触が識別指標に与える影響について把握することを目的とする。

## 2 研究方法

### 2.1 潤滑油の収集・分析

埼玉県下水道公社の協力を得て、元荒川水循環センター内で使用している潤滑油の新・廃油を入手した。

### 2.2 UV吸収特性の把握

入手した潤滑油の新油及び廃油をヘキサンで100mg/Lになるように希釈した。石英製1cmセルに試料を入れ、紫外可視分光光度計を用いて、吸光度のスキャン分析(220~620nm)を行った。

## 3 結果

### 3.1 劣化がUV吸収特性に与える影響

結果の一例として、機械油3種(ギアオイル、多目的汎用油、油圧作動油)の新油・廃油のUV吸収特性の測定結果を図1に示す。ギアオイルの新油と廃油(使用期間1年)のUV吸収特性は波長250~300nmにおいて差異が観察された。多目的汎用油の新油と廃油(使用期間60日)の間には220nm付近で若干の差が観察されたが、全体的にはほぼ同じ吸収特性を有していた。油圧作動油の新油、廃油(使用期間212日)も多目的汎用油と同様の傾向が確認された。

### 3.2 UV吸収特性の製品間比較

製品間での比較を行うと、ギアオイル、多目的汎用油、油圧作動油の順にUVを強く吸収する傾向が明らかである。この吸

収特性の違いは潤滑油の劣化の影響に比べて明らかに大きい。このことから、潤滑油のUV吸収特性は潤滑油の新油/廃油の判別よりも、潤滑油の用途の違いを判別する際に有用な情報を与えると考えられた。

### 3.3 潤滑油の用途と基油の精製レベル

米国石油協会は、潤滑油基油をグループ1~5までの5段階に分類している<sup>1)</sup>。このうち、工業用潤滑油は主にグループ1の基油から作られるが、油圧作動油などは省エネ・長寿命タイプへの品質要求が強まり、グループ2、3のより精製レベルの高い基油を使用する傾向がある<sup>2)</sup>。グループ2、3の基油を作るプロセスでは、水素化分解により基油中の不飽和結合の飽和化等が進むとされている。よって、油圧作動油のUV吸収が他と比べて弱いのは、基油の精製レベルが高いためであると考えられた。

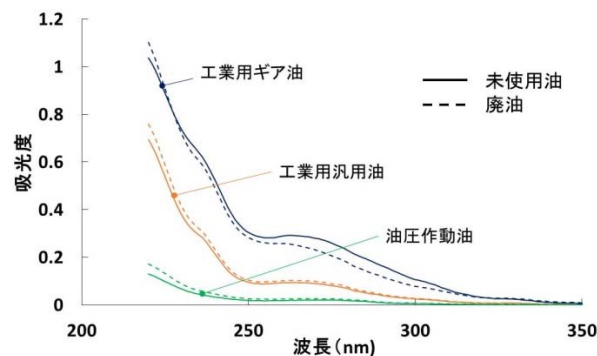


図1 機械油3種のUV吸収特性

## 4 まとめ

2018年度は潤滑油の劣化がUV吸収特性に及ぼす影響を把握することを目的として、油試料の収集及び分析を行った。その結果、以下の結果が得られた。

- ・ 潤滑油が劣化することでUV吸収特性は変化するが、その変化は潤滑油製品間の差異に比べて小さい。
- ・ 潤滑油のUV吸収特性は、潤滑油の劣化程度を評価するよりも、潤滑油基油の精製レベルの差を見る指標として有用である可能性が示唆された。

### 文献

- 1) JXTG石油便覧<<https://www.no.e.jxtg-group.co.jp/binran/part02/chapter02/section01.html>>参照2019年4月2日
- 2) ジュンツウネット21 潤滑油ベースオイルの市場動向<<https://www.juntsu.co.jp/tribology-doc/baseoil-markettrend.php>> 参照2019年4月2日