

## 7 抄録・概要

### 7.1 自主研究概要

- (1) 新たな計測技術とドローンを活用した上空の大気汚染物質の解明……………米持真一、市川有二郎、佐坂公規、松本利恵、長谷川就一、村田浩太郎、大和広明
- (2) 埼玉県における温室効果ガス排出量の変動要因を特定する統計モデルの開発……………本城慶多、武藤洋介、大和広明
- (3) 埼玉県における高温の出現状況の気候学解析およびモニタリング技術の開発……………大和広明、武藤洋介、本城慶多
- (4) 夏季におけるVOC集中観測による光化学オキシダント発生要因の解明……………佐坂公規、市川有二郎、村田浩太郎、長谷川就一、米持真一
- (5) 汚染物質の排出構造変化によるPM<sub>2.5</sub>及びO<sub>3</sub>への影響……………長谷川就一、米持真一、佐坂公規、市川有二郎、村田浩太郎、米倉哲志
- (6) 高時間分解測定に基づく短寿命BVOCの実態把握……………市川有二郎、佐坂公規、米持真一、長谷川就一、村田浩太郎
- (7) 埼玉県の水田における非灌漑期の利用形態が土壌環境と水生生物に与える影響の研究……………王効挙、安野翔、米倉哲志、角田裕志、三輪誠
- (8) 埼玉県の水田地帯における水生動植物の生息状況に関する基礎的調査研究……………安野翔、角田裕志、米倉哲志、王効挙、三輪誠
- (9) 廃棄物最終処分場の雨水排除対策効果についての調査研究……………長谷隆仁
- (10) 石膏粉の地盤工学的有効利用に関する研究……………鈴木和将、磯部友護、長谷隆仁、川寄幹生、長森正尚
- (11) 漏洩事故を想定した有害化学物質のスクリーニング分析法の開発……………大塚宜寿、蓑毛康太郎、堀井勇一、竹峰秀祐、野村篤朗、渡辺洋一
- (12) 原子力発電所事故10年後における生態圏での環境放射能の現況及び変遷……………落合祐介、伊藤武夫、大塚宜寿、蓑毛康太郎、堀井勇一、竹峰秀祐、渡辺洋一
- (13) 埼玉県内水環境における水生動植物相の高精度網羅的調査手法の開発……………木持謙、渡邊圭司、田中仁志
- (14) 三次元励起蛍光スペクトル法で検出される化学物質の同定と汚濁指標性の検討……………池田和弘、竹峰秀祐
- (15) 県内水環境中から得たアナモックス集積系の特徴分析および活用方法の検討……………見島伊織
- (16) 埼玉県内河川で高い大腸菌数を示す地点の傾向とその原因究明……………渡邊圭司、池田和弘、見島伊織、木持謙、田中仁志、柿本貴志、宮崎実穂
- (17) 硝酸-亜硝酸性窒素による汚染地下水の水質特性と帯水層の解析……………石山高、柿本貴志、高沢麻里、濱元栄起
- (18) 埼玉県における地中熱利用の総合的評価……………濱元栄起、石山高、柿本貴志、高沢麻里、八戸昭一
- (19) 震災時生活用水確保困難地域の推定と防災井戸拡充による対応に関する研究……………柿本貴志、高沢麻里、濱元栄起、石山高

[自主研究]

# 新たな計測技術とドローンを活用した上空の大気汚染物質の解明

米持真一 市川有二郎 佐坂公規 松本利恵 長谷川就一 村田浩太郎 大和広明

## 1 目的

大気汚染物質は地上に配置された大気汚染常時監視測定局で測定されている。これらは地上で生活する人間の安心安全の確保に重要であるが、空気塊の全体像を知るためには、上空を含めた汚染物質の実測は重要である。

近年、ドローンに代表される無人航空機の開発はめざましく、その応用範囲は広がっている。しかしながら、上空の大気の計測事例はまだ少ないが、我々はこれまで標高840mの東秩父局などで上空のO<sub>3</sub>やPM<sub>2.5</sub>などを計測してきた。

本研究では、これまでに得られたドローンを活用した大気計測のノウハウを更に発展させ、地上でO<sub>3</sub>濃度が上昇しそうな日を対象として、計測事例の少ない上空の汚染物質の計測による実態解明を進めることを目的とする。

## 2 方法

令和4年8月3日(水)に環境科学国際センター生態園でドローン(Matrice 600をカスタマイズして使用)を用いて上空の大気観測を行った。測定高度は150m、300m、500mとし、各高度で3分間程度ホバリングして測定を行った。測定項目と機器はO<sub>3</sub>(Model POM, 2Bテクノロジー)、PM<sub>2.5</sub>(SPS30、センシリオン)、温度、気温、気圧(iMet-XQ2、インターメット)および風向、風速(FT205、FTテクノロジー)である。また、高度300mで加熱脱着チューブ(Tenax TA)とミニポンプ(MP-W5P)を使用したVOCの採取を行った。VOC採取は同時に地上でも行った。更に、NO<sub>x</sub>やCO<sub>2</sub>の計測も試みた。

採取したVOCはGC-MSを用いて56成分を測定した。測定は10時、12時、14時30分、16時30分にまずVOC採取を行い、採取を終えて着陸後に加熱脱着チューブとミニポンプをO<sub>3</sub>計と交換して再び上昇し、計測を行った。なお、ドローンの飛行は合計8回である。

## 3 結果

### 3.1 地上のO<sub>3</sub>濃度

調査を行った8月3日の環境科学国際センター(CESS局)におけるO<sub>3</sub>濃度の推移を図1に示した。O<sub>3</sub>濃度は注意報発令の基準となる120ppbには達しなかったが、11時~15時に60ppbを超える濃度で推移し、最高濃度は14時の67ppbであった。

### 3.2 上空のO<sub>3</sub>濃度

図2に地上および150m、300m、500mのO<sub>3</sub>濃度を示した。濃度測定時刻は、VOC採取から30分~45分ほど後であるが、15時を除く全ての時刻で、地上よりも高度150m以上でO<sub>3</sub>濃度が高くなった。濃度差は8~20ppbである。

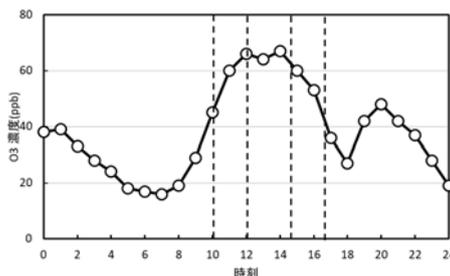


図1 8月3日のCESS局におけるO<sub>3</sub>濃度の推移  
図中の点線はVOC採取を行った時刻を示す

地上のO<sub>3</sub>濃度が低い理由は、NO<sub>x</sub>との反応によるO<sub>3</sub>消滅が挙げられるが、現在のところ、十分な測定精度を持つNO計測器が無いため、確認はできていない。

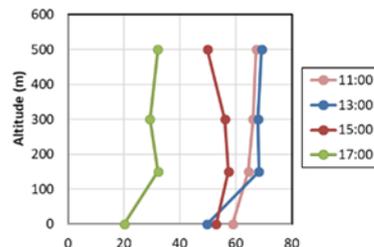


図2 O<sub>3</sub>濃度の高度分布

### 3.3 VOC濃度

VOC8成分について上空300mと地上との濃度比を図3に示した。Toluene、Ethylbenzeneはどの時刻でも比は似ていた。n-Butane、Trichlorobenzene、1,3-Butadieneではいずれの時刻も差は見られなかったが、Isopreneではどの時刻でも上空の濃度が低いことが分かった。

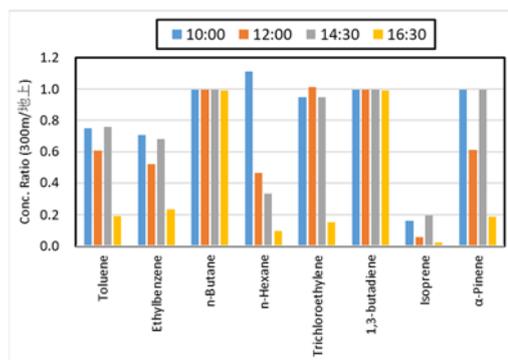


図3 個別VOCの上空300mと地上との濃度比

## 4 今後の展開

令和4年度に実現できなかった複数地点の上空におけるVOC採取を検討したい

[自主研究]

# 埼玉県における温室効果ガス排出量の変動要因を特定する統計モデルの開発

本城慶多 武藤洋介 大和広明

## 1 背景と目的

工業化以降の世界平均気温の上昇を2℃未満に抑制し、気候変動が社会にもたらす損失を低減するには、今世紀後半までに世界全体でカーボンニュートラルを達成する必要がある(IPCC第6次評価報告書)。2020年10月に日本政府が「2050年カーボンニュートラル」を宣言して以来、各地で気候変動対策を強化する動きが広がっており、2022年2月末の時点で45都道府県と826市区町村(21特別区を含む)が同様の宣言を行っている(環境省調べ)。埼玉県は、2020年3月に地球温暖化対策実行計画(第2期)(以下「実行計画」という)を策定し、2030年度の県内温室効果ガス排出量を2013年度比で26%削減する目標を設定したが、より野心的な目標を導入するために実行計画の見直しを進めているところである。

本課題は、県・市町村が推進する気候変動対策の支援を目的としており、「県内温室効果ガス排出量の将来推計」及び「市町村温室効果ガス排出量の算定方法の見直し」という2つの小課題から構成されている。前者の研究成果については昨年度のセンター報で報告を行ったので、本稿では後者の研究成果について解説する。

当センターでは県内市町村の温室効果ガス排出量を毎年算定し、結果を本県のWebサイトで公表してきた。しかし、2016年度に電力小売全面自由化が始まったことで電力需要の把握が困難になり、排出量の算定ができない状況に陥った(なお、2017年のガス小売全面自由化に伴い、燃料需要についても同様の問題が発生した)。そこで、暫定的な措置として、各市町村の電力・燃料需要を県値から推計する方法を考案し、2007～2020年度の市町村温室効果ガス排出量を算定した。

## 2 方法

産業・業務その他部門の電力・燃料需要については、市町村経済計算(埼玉県総務部統計課)の業種別名目生産額で県全体の電力・燃料需要を按分し、市町村値を推計した。同様に、運輸部門の自動車燃料需要及び鉄道電力・燃料需要についても按分法で市町村値を推計した。一方、家庭部門の電力・燃料需要については、各市町村の地域特性を結果に反映させるため、統計的手法を用いて推計した。

市町村家庭部門エネルギー需要の推計方法は図1のとおりである。まず、人口・経済・気象分野の指標(例:総人口、平均世帯人員、所得水準、エネルギー価格、冷暖房度日、都道府県効果、年度効果)と電力・燃料需要の相関関係をガウシアン

線形回帰モデルで表現し、パネルデータ(1都6県、2007～2019年度)を用いてパラメータを推定した。パラメータ推定は正則化法(一種であるエラスティック・ネット(Elastic net))で行っており、予測に寄与しない説明変数をモデルから自動的に除去している。次に、各市町村における2007～2020年度の指標データをモデルに入力し、電力・燃料需要を推計した。最後に、市町村値の合計が県値と一致するように電力・燃料需要の推計値を補正したのち、県全体の排出係数を乗じて二酸化炭素排出量に換算した。

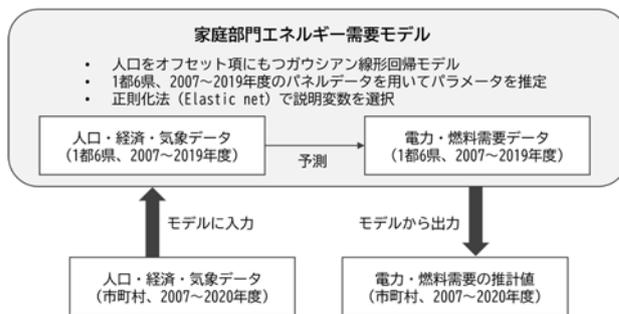


図1 市町村家庭部門エネルギー需要の推計方法

なお、非エネルギー起源の温室効果ガス排出量についても、算定方法を一部変更した。詳細は、本県が2023年2月に公表した報告書(<https://www.pref.saitama.lg.jp/a0502/ontaico2.html>)を参照してほしい。

## 3 結果

2020年度における市町村温室効果ガス排出量の算定結果は図2のとおりである。人口が集中している県南ゾーンのほか、セメント工場を抱える熊谷市、秩父市、日高市、横瀬町で排出量が比較的多くなっている。

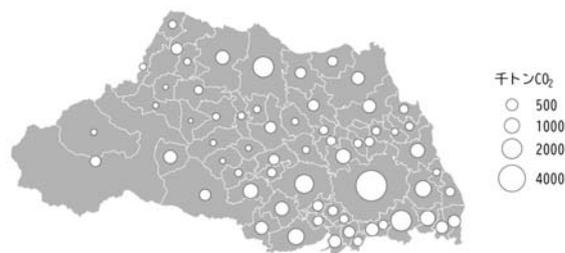


図2 市町村温室効果ガス排出量の算定結果(2020年度)

[自主研究]

# 埼玉県における高温の出現状況の気候学的解析および モニタリング技術の開発

大和広明 武藤洋介 本城慶多

## 1 目的

埼玉県では、熊谷地方気象台で日本最高気温である41.1℃を観測するなど、夏の暑さが厳しくなっている。この高温化の原因は、地球温暖化の進行に伴う気温上昇に加え、関東平野の都市化の進行に伴うヒートアイランド現象や局地風系の改変が考えられる。局地風系が発達しやすい典型的な夏季の晴天日には、海からの冷気の影響を受ける沿岸部に比べ、関東平野の内陸部に位置する埼玉県の平野部は高温になりやすい。実際、県内27消防本部ごとに集計した10万人当たりの熱中症による救急搬送者数は、県の南部より北部で多くなっており、熱中症発症リスクに地域差があることがわかる。したがって、熱中症の発症リスクの低減を図る上で、県内の詳細な気象要素と熱中症発症リスクの関係を解明することが必要である。そこで、本研究では、暑熱環境のモニタリング技術の開発及び気候学的(統計的)解析による高温の出現状況の把握の2点を行い、熱中症の発症リスクの低減を図る適応策立案のための基礎情報を整備することを目的とした。

## 2 方法

暑熱環境のモニタリング技術の開発のため、令和2年度に暑さ指数を観測可能かつインターネットでデータ回収できる新型の気象観測機器(IoT暑さ指数計と呼称)の開発を行った。令和3年度には、野外で長期間にわたり連続観測が可能にするため、IoT暑さ指数計の改良を行い、太陽光パネルとリチウムイオン電池を組み合わせた電源を用いることにより、夏季の間電池交換無しで、気温、相対湿度及び、暑さ指数を連続観測し、インターネットでデータ回収を実施した。令和4年度には、令和3年度に改良したIoT暑さ指数計を県内20箇所(県立高校、農業圃場などに設置して約4か月間、約10分ごとに観測した暑さ指数を埼玉県気象変動適応センターのwebサイト(SAI-PLAT)で公表した。また、温度実態調査の調査地点を従前より28か所増やし、令和3年、4年の2年間に計68か所で気温を10分ごとに観測して県内全域の暑熱環境を観測した。

県内の暑熱環境の地域性について明らかにするために、令和4年に観測した暑さ指数及び令和3年、4年に観測した気温を統計的に解析した。

## 3 結果

3か年の本研究の結果は以下の通りである。

- 暑熱環境のモニタリング技術の開発のため、IoT暑さ指数計を開発し、リアルタイムで情報発信を実施できた。そのこ

とにより、熱中症対策に関する普及啓発に寄与することができた。

- IoT暑さ指数計の観測結果から、大まかな傾向として暑さ指数が、県南部で低く県中央部から北西部にかけて高い傾向であること(図1)、海風の侵入に伴って県南部から北部にかけて順に暑さ指数が低下すること、暑さ指数33℃以上を観測する時間帯は、南部ほど早い時間帯に観測される傾向があることが確認できた。
- 百葉箱の観測結果から、35℃以上の時間数は、JR高崎線・東武東上線・東武伊勢崎線沿いの市街地で大きい傾向であったが、県北東部の水田が広がっている地域でも比較的大きい傾向が見られた。
- IoT暑さ指数計及び百葉箱の結果から、県内の暑熱環境の地域性について把握することができ、熱中症の発症リスクの低減を図る適応策立案のための基礎情報を整備した。

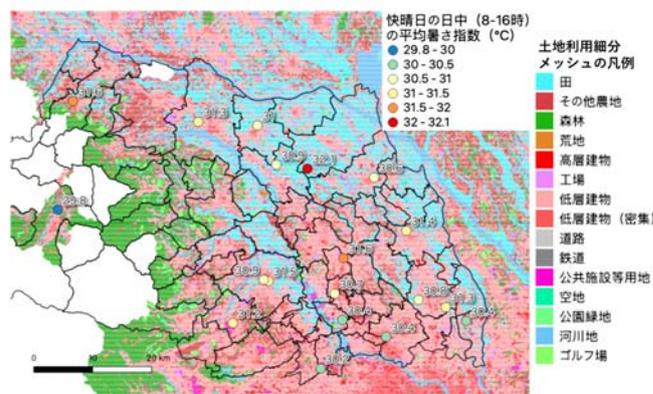


図1 IoT暑さ指数計で観測した令和4年夏季の快晴日12日間の日中の平均の暑さ指数の分布

## 4 今後の研究方向

今後は、IoT暑さ指数計の観測値のSAI-PLATでの発信についてさらに周知を行い、県民の熱中症対策に活用してもらうことを目指す。また海風が県内の暑熱環境の地域性に与える影響についてさらに解析を進め、さらに詳細な熱中症の発症リスクの低減を図る適応策立案につなげることを目指す。

## 文 献

- 1) H. Yamato, T. Mikami, and H. Takahashi (2017) Impact of sea breeze penetration over urban areas on midsummer temperature distributions in the Tokyo Metropolitan area, *Int. J. Climatol.*, 37, 5154-5169.

[自主研究]

# 夏季におけるVOC集中観測による光化学オキシダント発生要因の解明

佐坂公規 市川有二郎 村田浩太郎 長谷川就一 米持真一

## 1 目的

環境基準達成率が低い光化学オキシダント(Ox:主にオゾン)については、原因物質の一つである揮発性有機化合物(VOC)等の排出抑制が進み、その大気中濃度は漸減してきた。しかし、本県の光化学スモッグ注意報の発令日数は、依然全国ワースト上位を占め、達成率の向上も進んでいない。我々はこれまで月1回採取した大気試料についてVOC組成を調査し、芳香族とアルデヒド類のオゾン生成ポテンシャルが高いことを把握しているが、Oxの高濃度日の状況やVOC組成の季節変動を議論できる観測事例は非常に少ない。一方、近年の低公害車普及や工場等におけるVOC使用量削減、2021年の東京オリンピック開催に伴う重点的な大気汚染対策や物流・交通需給の調整に伴い、原因物質の排出構造の変化が予想され、これらの影響を解明することは、改善に向けて非常に意義深い。そこで本研究では、Ox濃度の変動と相関の高い発生源を解明し、排出構造の変化が与える影響を把握するため、Oxの高濃度期に集中観測を行い、結果を比較、解析する。

1年目には加熱脱着用捕集管を用いた時間分解能の高い試料採取及び分析条件について検討し、従来法とほぼ同等の定量結果が得られ、良好に測定可能であることを確認した。

2年目には、Oxの高濃度が予想される日をターゲットとして、CESS、戸田局及びこれらのほぼ中間に位置する宮原局(さいたま市)において時間分解能を高めた試料採取・分析を行い、地点ごとに濃度変動の時間的特徴をより詳細に把握できることを確認した。

3年目は、夏季の集中観測を継続し、データの取得を行う予定であったが、ヘリウム供給枯渇に伴う資材繰りの悪化等により、予定通りの観測が実施できなかった。このため、令達事業として実施しているVOC試料採取・分析(炭化水素類組成調査)の結果を用いて、地点別の傾向について検討を試みた。

## 2 方法

炭化水素類組成調査では、Ox濃度が上昇しやすい暖候期(5~9月)の各月1回、原則として同一日に県内4地点(戸田、鴻巣、幸手及び寄居)で採取した試料を分析している。

調査対象成分(カッコ内は項目数)は、飽和炭化水素(27)、不飽和炭化水素(10)、芳香族炭化水素(15)、ハロゲン化物(22)、フロン類(11)、アルデヒド類(8)、ケトン類(3)及びその他(1)の97項目とした。

VOC採取には容器採取法、アルデヒド類・ケトン類の採取には固相捕集法を適用し、昼/夜別(6時~18時、18時~翌日

6時)のタイマー採取を実施した。VOCのうち、低沸点成分(エタン、プロパン、エチレン、アセチレン及びプロピレン)の分析にはGC-FID法、それ以外のVOCの分析にはGC/MS法、ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの分析にはHPLC-DAD法、それ以外のアルデヒド類・ケトン類の分析にはLC/MS/MS法をそれぞれ用いた。

## 3 結果

2010~2021年のデータから調査対象物質の総濃度の平均値の推移を求めた結果、都市部(戸田、鴻巣、幸手)では、減少傾向が見られた。これはVOC推計排出量の推移とも整合的であり、排出削減の取組の効果によるものと考えられる。一方、郊外部(寄居)の推移は、ほぼ横ばいであり、これらの濃度に影響を及ぼす発生源が周辺に少ないことが推察された。

Ox生成に対するVOCの寄与については、最大増加反応性(MIR)を用い、これを各成分濃度に乗じてオゾン生成能を求めた。MIRの未算出成分の大部分は光化学反応性が非常に低いフロン類であり、濃度も僅かなため、それらの寄与は無視しうるとみなして計算した。オゾン生成能の平均値の推移を見ると、150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 前後で推移した寄居に対し、戸田では2016年まで昼/夜ともに200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 超のケースが多かったが、近年は寄居とほぼ同レベルで推移している。

一方、都市部では、産業活動等によるVOC排出が活発化する昼間に比べ、夜間に高濃度となるケースも多く見られる(図1)。その原因としては、寄与が大きいとされてきた芳香族炭化水素、アルデヒド類のほか、さほど寄与が大きい飽和炭化水素や不飽和炭化水素の寄与も疑われる。

## 4 まとめ

従来のOx対策においては、使用量の多い産業系由来のVOCの削減対策に主眼が置かれてきたが、今後はさほど寄与が大きい他のVOCに軸足を置いた対策へのシフトを要する可能性が示唆された。

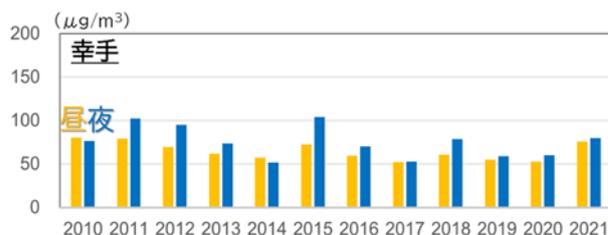


図1 調査対象成分の総濃度の推移(幸手の例)

[自主研究]

# 汚染物質の排出構造変化によるPM<sub>2.5</sub>及びO<sub>3</sub>への影響

長谷川就一 米持真一 佐坂公規 市川有二郎 村田浩太郎 米倉哲志

## 1 背景と目的

PM<sub>2.5</sub>濃度は経年的に低下しつつあるが、越境汚染の減少が示唆される中、元々越境汚染の寄与が小さい関東地方では短期的な高濃度は引き続き発生している。また、光化学オキシダント(O<sub>x</sub>; 大部分がO<sub>3</sub>)の日中のピーク濃度の年平均は横ばいか漸減傾向にとどまっているが、前駆物質であるNO<sub>x</sub>やVOCの排出量や大気中濃度は低下傾向である。一方、延期された夏季東京五輪が2021年に開催されたが、光化学スモッグの抑制が大きな課題となっていた。また、2020年に船舶燃料中の硫黄分の規制が強化された。そこで、本研究では、汚染物質の排出構造の変化によるPM<sub>2.5</sub>及びO<sub>3</sub>への影響を解明する。

## 2 方法

### 2.1 夏季のPM<sub>2.5</sub>に関する観測・解析

PM<sub>2.5</sub>中のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>と前駆物質であるSO<sub>2</sub>に着目し、2019～2022年の7月下旬から8月上旬に、騎西(当センター)と戸田(戸田一般環境大気測定局)において観測を行った。PM<sub>2.5</sub>については、24時間ごとのフィルター試料分析、1時間ごとの測定又はフィルター試料分析を行った。これらの観測データと常時監視データを用いて解析を行った。また、鴻巣における四季成分調査のデータも用いて経年的な解析を行った。

### 2.2 O<sub>x</sub>高濃度への自動車排出NO<sub>x</sub>変化の影響の解析

2013～2022年の光化学スモッグ注意報の発令日数を集計し、休日に発令が多かった2015年7月と平日に発令が多かった2020年8月に着目し、平日と休日に分けて戸田などの一般局と自動車排出ガス測定局(自排局)における常時監視データを解析した。また、2013～2022年のNO<sub>x</sub>濃度や自動車NO<sub>x</sub>排出量などの経年変化、自排局におけるNO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>比の経年変化などを解析・考察した。

## 3 結果

### 3.1 夏季のPM<sub>2.5</sub>に関する観測・解析

各年で晴天・南寄りの風でPM<sub>2.5</sub>が上昇した2～3日間を分析・解析した結果、戸田でSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>がピークとなる数時間前に臨海部でSO<sub>2</sub>が上昇していたが、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>のピークは2020年以降低下した。騎西のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>のピークは戸田よりも遅れることが多かった。臨海部におけるSO<sub>2</sub>は2019年から2020年に低下しており、東京港などの入港船舶数の減少以上に低下していた。臨海部と戸田付近のSO<sub>2</sub>濃度差(減少分)の一部から移流中に生成すると想定されるSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度を、酸化速度と反応時間を仮定して試算し、測定濃度と比較した(図1)。その結果、2019年の

広域汚染や2020年の火山噴煙の影響があったと考えられる時期以外では、測定濃度と同程度となった。鴻巣におけるSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>も、2021～2022年は以前に比べてPM<sub>2.5</sub>濃度に占める割合が低下していた。こうしたことから、県内の夏季PM<sub>2.5</sub>中のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は船舶燃料の規制強化により低減したことが示唆される。

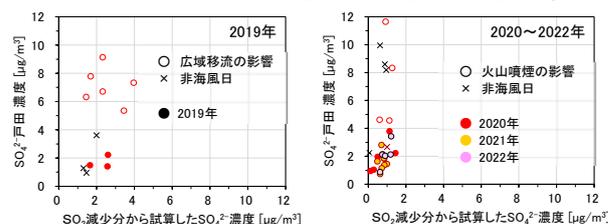


図1 2019年と2020～2022年の戸田におけるSO<sub>2</sub>減少分から試算したSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度とSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>測定濃度

### 3.2 O<sub>x</sub>高濃度への自動車排出NO<sub>x</sub>変化の影響の解析

2020年8月の平日のNOやNO<sub>2</sub>の経時変化は、日中を中心に2015年7月の休日に近い状況になっており、特に自排局のNOは平日日中で大きく低下し、休日と同じ低いレベルであった。NOタイトレーションにより減少したO<sub>3</sub> = (1 - α)NO<sub>x</sub> - NO (α = 0.1、発生源でのNO<sub>2</sub>比率)によって推定したところ、昼間では、2020年8月の平日は、2015年7月の休日並みにNOタイトレーションが低下していた(図2)。NO<sub>x</sub>濃度は経年的に低下傾向だが、一般局のNO<sub>2</sub>よりも自排局のNOの方が低下が大きかった。自動車NO<sub>x</sub>排出量は年々低下傾向であると推定されており、また、自排局におけるNO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>比は年々上昇傾向であった。今後もこの傾向が続けば、さらにNOタイトレーションが低下し、平日のO<sub>x</sub>高濃度の頻度が増加することが考えられる。

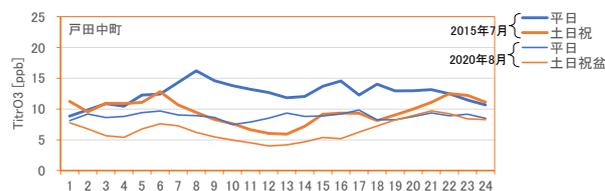


図2 戸田\*におけるNOタイトレーションで減少したO<sub>3</sub>の推定値の経時変化 (\*戸田中町局(一般局))

## 4 まとめ

夏季のPM<sub>2.5</sub>のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は船舶燃料の規制強化により低下したことが示唆された。O<sub>x</sub>高濃度については、自動車NO<sub>x</sub>の排出量減少やNO<sub>2</sub>比率の上昇によりNOタイトレーションが低下し、休日だけでなく平日もO<sub>x</sub>高濃度が起こりやすい状況に変化してきていることが示唆された。

[自主研究]

# 高時間分解測定に基づく短寿命BVOCの実態把握

市川有二郎 佐坂公規 米持真一 長谷川就一 村田浩太郎

## 1 背景と目的

埼玉県では、光化学オキシダント(Ox)の高濃度が原因で発令される光化学スモッグ注意報の発令日数が全国で最も多く、削減対策が喫緊の課題となっている。Oxはオゾン(O<sub>3</sub>)を主成分とする大気中における酸化性物質の総称であり、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)と揮発性有機化合物(VOC)が太陽光(紫外線)の下で光化学反応を経て生成される。NO<sub>x</sub>は主に燃料中や大気中の窒素が燃焼時に酸素と結合して生成され、自動車等の人為起源の影響が大きいと考えられている。一方、VOCは人為起源(AVOC)だけでなく植物起源(BVOC)の影響もあり、発生源や成分種が多岐に渡る。

VOCの成分種によって光化学反応性は異なり、反応性が高いVOCの大気寿命は数分～数時間と報告されている<sup>1)</sup>。特にBVOCの多くは光化学活性が高く、Ox生成に大きく寄与すると考えられる<sup>2)</sup>。近年の研究例<sup>3)</sup>によると、東京都内ではVOC年間排出総量に対するBVOCの割合は4%と小さいものの、東京都内を含む関東地方からの排出の影響を強く受けており、植物からの排出とその季節依存性の実態解明の必要性が課題として挙げられており、東京都に隣接する埼玉県にも該当する類似事項と思われる。

本研究では、関東平野部と山林部の地域特性が異なる地点で、BVOCに着目したフィールド観測からBVOCの地域別特徴を把握し、大気中での実態や植物からの排出に係る基礎的知見の集積を行い、Ox対策等に係る行政施策の検討に寄与することを目的とした。

## 2 方法

### 2.1 調査方法

本研究では、自作したサンプリング装置に加熱脱着用捕集管(Camsco社、Air Toxics)を接続し、BVOCの日内変動を3時間の分解能で観測した。なお、定性・定量分析は、加熱脱着-GCMS法で実施した。

さらに、O<sub>3</sub>や気温などに対するBVOC濃度との関係を確認するために、一般環境大気測定局で観測されているO<sub>3</sub>や気象データ等との解析を行った。

### 2.2 調査物質

国内外の既往研究のレビューから、光化学活性が高く、本県で観測例の無いBVOCを含む11成分を調査対象に選定した(図1の凡例を参照)。

### 2.3 調査地点と調査時期

調査は、周辺の地域特性や環境の異なる県内2地点の環

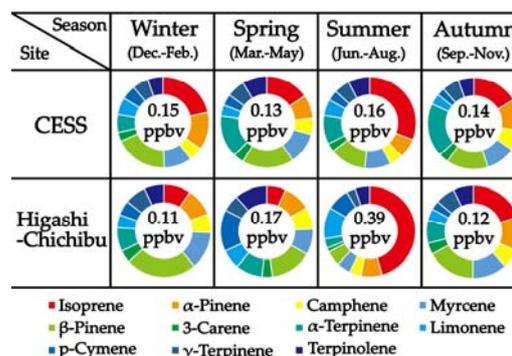


図1 CESS局と東秩父局における季節別BVOC濃度と組成

境科学国際C局(CESS局)と東秩父局で行った。CESS局は、関東平野中西部の埼玉県環境科学国際センター敷地内に位置しており、近隣は宅地と田畑が多い測定局である。東秩父局は、秩父盆地の東側山地の標高約850mに位置しており、人為起源の少ない山林に覆われた立地環境である。毎月2～4回の観測を両地点で行い、地域別BVOCの経時変動や季節依存性を把握した。

## 3 結果

本研究で得られた結果を以下の通りまとめる。

- ①図1の通り夏季のBVOC濃度は、他の季節よりも高濃度であった。
- ②気温が高くなる日中にBVOC総和濃度のうちイソプレンが大きな割合を占めた。
- ③月・時間帯別に大気中BVOC濃度や組成に大きな違いがあることが確認された。この結果は、植生からのBVOCの放出特性が時期によって異なることが示唆された。
- ④時期によって、イソプレン濃度が顕著な場合とモノテルペン濃度が顕著な場合がある。
- ⑤東秩父局では、気温の上昇に伴い、イソプレンとモノテルペンの増加が確認された。イソプレンは、これまでの研究で明らかにされているように、温度によって指数関数的に増加する傾向が見受けられた。
- ⑥オゾン性性能(OFP)の最大値は、CESS局で約3.0ppb、東秩父局では5月に5.4ppb、6月に12.8ppb、7月に14.6ppb、8月に5.1ppbであった。

## 文 献

- 1) Atkinson and Arey (2003), *Chem. Rev.*, 103, 4605-4638.
- 2) Carter (2010), California Air Resources Board Contract 07-339.
- 3) 茶谷ら (2022), 大気環境学会誌, 57, 35-52.

[自主研究]

# 埼玉県の水田における非灌漑期の利用形態が 土壌環境と水生生物に与える影響の研究

王効挙 安野翔 米倉哲志 角田裕志 三輪誠

## 1 背景と目的

水田は、生物多様性の高い農業生態系である。灌漑期には、多様な動植物が生息し、非灌漑期には巻貝や甲殻類等の水生生物が土壌中を越冬場所として利用している。

埼玉県では、小麦が主要農産物の1つであり、特に北部・利根地域では米の裏作として栽培される二毛作農業が盛んである。非灌漑期に麦を栽培すると、麦が土壌中の水分を吸収すること等により、土壌の水分等の土壌環境因子を変化させ、土壌中で越冬している水生生物の生存に影響することが考えられる。しかし、非灌漑期の土壌環境と土壌中で越冬する水生生物の関係については、これまで調査されてこなかった。

そこで本研究では、非灌漑期における単作水田と二毛作水田における土壌水分等の環境因子と土壌中でのタニシ類等の水生生物の越冬状況を比較する。これにより、水田における生物多様性保全のための基礎的情報を得る。

## 2 地点と方法

### 2.1 野外調査

加須市内にある野外水田の調査地域において、稲収穫後と小麦種まきの間の非灌漑期に、単作水田5か所(単作1、2、3、4、5)と米麦二毛作水田3か所(二毛作1、2、3)を調査した。単作4、5は昨年度に調査済みの地点であるため、タニシ類の生息のみを調査した。各調査水田内にコドラート(方形枠:50cm×50cm)を9か所設置し、コドラート内の土壌表層(深さ3cmまで)で越冬しているタニシ類の個体数等を定量的に調査した。また、単作4と単作5以外の各調査水田の土壌容積含水率の経時変化をSMEC300センサーにより測定した。

### 2.2 生態園調査

生態園内の水田をあぜ板で4区画に区切り、耕作条件を単作2区画(単作A、B)と米麦二毛作2区画(二毛作A、B)とした。各区画において上記のコドラートを5か所ずつ設置し、タニシ類および土壌水分等を調査した。

## 3 結果と考察

図1には各野外調査水田におけるタニシ類の生息状況を示す。二毛作2、3以外の調査水田にタニシ類の生息が確認された。タニシ類の種類については、単作5にマルタニシ(環境省レッドリスト2020:絶滅危惧Ⅱ類)、そのほかの水田にヒメタニシであった。また、タニシ類の個体密度は、単作2に102個体/m<sup>2</sup>であり、最も高かった。二毛作1にヒメタニシの生息が確認

されたが、個体密度は2.7個体/m<sup>2</sup>個であり単作水田より明らかに低かった。

生態園の水田においては、平均密度は32.0~38.2個体/m<sup>2</sup>で個体密度が高かったが、前年度よりやや低かった(図2)。

野外6か所水田における土壌の水分含有率の経時変化を図3に示す。タニシ類の個体密度が高い単作1、2での水分含有率が他の水田より著しく高かった。水分含有率は水田間で2~5倍もの差が認められた。タニシ類の生息が確認された二毛作1の水分含有率は他の二毛作の2倍くらいであった。これにより、二毛作水田は単作水田に比べて含水量が低い傾向にあった。また、土壌含水量の多い水田でタニシ類の個体密度が高い傾向が認められた。

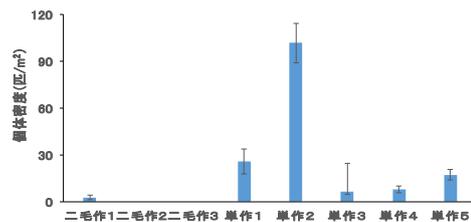


図1 各野外調査水田のタニシ類の生息個体密度

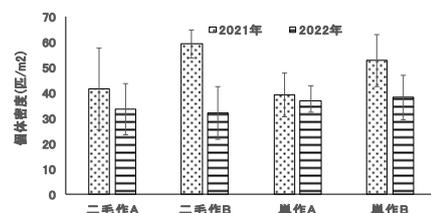


図2 生態園水田におけるタニシ類の個体密度の推移

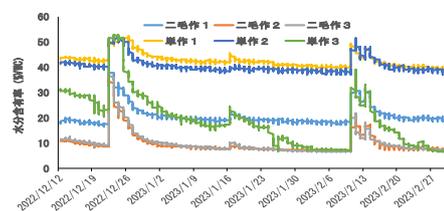


図3 野外水田における土壌(深さ5cm)の水分量の経時変化

## 4 今後の研究方向

マルタニシが確認された水田を重点的に調査・解析する。また、野外調査水田の地点の変更と追加によりさらなる解析を行う。

[自主研究]

# 埼玉県の水田地帯における水生動植物の生息状況に関する 基礎的調査研究

安野翔 角田裕志 米倉哲志 王効拳 三輪誠

## 1 目的

水田は、埼玉県の総面積の約11%を占めており<sup>1)</sup>、本県の代表的な景観の一つである。水田は、湿地性動植物の代替生息地として機能し、多数の絶滅危惧種の生息・生育地となっている。しかし、圃場整備や農薬使用等の人影響により、生息・生育環境の劣化が進んでいる。水田生態系を効果的に保全するためには、県内の水田地帯における希少生物の生息情報の収集が求められる。

本県の水田地帯では、水稻品種や農法の違いにより、田植え時期が5月から7月まで及ぶ。県北部や利根地域では、田植え時期の異なる水田がモザイク状に分布することも珍しくない。田植え時期が異なれば、種ごとの生活史の違いを反映して、田面水中に異なる生物群集が形成され、結果として地域レベルでの種多様性向上に寄与すると予想される。

本研究では、県内の水田地帯における希少動植物の生息状況を把握するとともに、田植え時期の違いが水生動物群集に及ぼす影響を明らかにする。

## 2 方法

### 2.1 水田地帯における水生植物の生育状況調査

県内の水田地帯において、絶滅危惧種を中心とする水生植物の分布状況を調査した。水田とその周辺の農業用水路やため池においても調査を行った。特に水域の環境指標性が高いトリゲモ類と車軸藻類の調査を重点的に行った。

### 2.2 田植え時期の違いが水生動物群集に及ぼす影響

たも網を用いて水田内の水生動物を定量的に採集し、田植え時期や単作、二毛作といった耕作条件ごとの水生動物群集の関係を調査した。2020～2022年の3年間で加須市内2地域(種足地、志多見地区)の水田計31枚にて調査を行った。同水田においても、田植えから起算して2、4週後、中干し直前(5～6週後)の計3回ずつ調査を行った。採集した水生動物の種個体数を集計し、各耕作条件の水田に特徴的に出現す



図1 生育が確認された希少な水生植物(左:チャボフラスコモ、中央:ニッポンフラスコモ、右:サガミトリゲモ)

る指標種をIndval法により抽出した。

## 3 結果

### 3.1 水田地帯における水生植物の生育状況

県内の水田とその周辺環境において、絶滅危惧種となっている水生植物の生育状況調査を行ったところ、3年間で合計108地点、39種の生育を確認した。特に車軸藻類の大部分は埼玉県内での確実な生育記録が約60年もの間皆無であったが、本研究においてニッポンフラスコモ、チャボフラスコモ、ハデフラスコモ(いずれも埼玉県レッドデータブック<sup>2)</sup>)において絶滅危惧I類)の生育を確認した(図1)。また、これまで県内で確実な記録がなかったミルフラスコモを県内の複数地域の水田において、ホソバミズヒキモを行田市内の農業用水路で確認した。県内での記録が限られていたサガミトリゲモについては、羽生市、横瀬町および当センター生態園内の水田において生育を新たに確認した(図1)。

### 3.2 田植え時期の違いが水生動物群集に及ぼす影響

3年間の調査を通じて、合計55分類群の水生動物を採集した。水田間の群集構造の違いを解析したところ、田植え時期、地域間で統計的に有意な差が認められた(PERMANOVA、 $p < 0.001$ )。Indval法を用いた解析の結果、早植え水田ではアキアカネの幼虫、ドジョウ、ニホンアマガエルおよびトウキョウダルマガエル(準絶滅危惧1型)<sup>3)</sup>の幼生が指標種として選ばれた。一方、二毛作水田では極めて多数のユスリカ幼虫が採集され、それを捕食する肉食性昆虫とともに指標種として選ばれた。

## 4 本研究の成果

県内の希少な水生植物について、約60年振りの再発見を含む貴重なデータを収集することができた。また、田植え時期と水生動物の関係を明らかにしたことから、田植え時期をコントロールすることで水生動物を保全できる可能性や耕作条件の異なる水田をモザイク状に配置することで、地域レベルでの生物多様性を向上させられる可能性が示唆された。

## 文献

- 1) 埼玉県(2017)2017年埼玉の食料・農林業・農山村。
- 2) 埼玉県(2011)埼玉県レッドデータブック植物編2011。
- 3) 埼玉県(2018)埼玉県レッドデータブック動物編2018。

[自主研究]

# 廃棄物最終処分場の雨水排除対策効果についての調査研究

長谷隆仁

## 1 背景と目的

一般廃棄物の最終処分場などでは、通常降雨が埋立地内部に浸透し、埋立地内の廃棄物から溶出した汚濁物質等を含む浸出水が発生する(図1)。こうした施設では発生した浸出水の処理が必要となるが、維持管理の長期化により、浸出水処理のライフサイクルコスト増大が懸念される。浸出水削減には雨水浸透を抑えた雨水排除が重要なことから、覆土やシート敷設等キャッピング等の研究もおこなわれてきた。一方、閉鎖後埋立地では太陽光発電の導入など跡地利用の多様化が進んでいるが、跡地利用地における雨水排除の実態は明らかではない。そこで、本研究では、廃棄物埋立地跡地利用地を中心に、雨水排除効果の実態調査を行った。

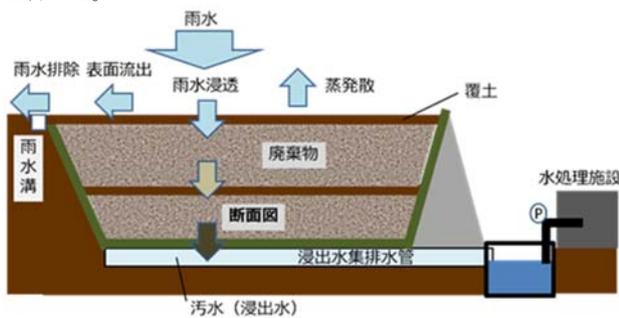


図1 廃棄物最終処分場の構造の一例と水収支

## 2 方法

調査処分場は、埋立終了後に逐次、埋立地供用を開始し、敷地内に複数の埋立地を有する。埋立終了後は運動場、駐車場、太陽光発電施設等、様々な跡地利用を行っており、跡地利用の異なる埋立地について雨水排除実態把握のための観測を同一敷地内で行うことができるが、麓の水処理施設で一括処理しているため、各埋立地の浸出水量は不明である。雨水排除実態把握のため、雨水溝での水位の測定、浸透能試験・散水実験、浸出水量観測等を実施した(図2)。

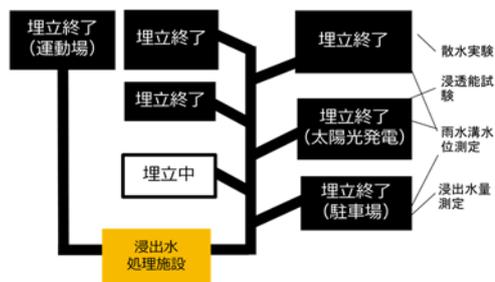


図2 対象処分場と観測

## 3 結果と考察

単位時間あたりの雨量(雨水強度)が雨水浸透速度を上回ったとき、表面流出( Horton 流)が生じることから、土壌浸透能は表面流出量に影響する要因である。現地浸透能試験により測定した最終浸透能は約20mm/hであったが、非常に浸透しにくい地点もあり同一ではない。散水実験では、表面流出量は12mm/hの散水速度ではゼロで、約25mm/hで生じたことから、一定の雨水強度以下では表面流出は生じない。ただし、散水実験では、より低い散水強度もしくはより初期に部分的に表面流出は生じており、表面の窪みに生じた溜まり水が越流した場合に表面流出量として観測されたことから、実際の処分場では浸透能は不均質であり、浸透以外に表面貯留という因子も考慮すべきと考えられる。こうした不均質さを考えた場合、局所的な観測には限界があり、雨水溝の水位観測等は、より広範囲の流出実態を把握する手段である。

浸透能と表面貯留能という因子と関連づけ、雨水溝の水上昇(表面流出)と最大雨水強度・累積雨量との関係を調べてみる。どの埋立地でも最大雨水強度が10mm/hを超えた場

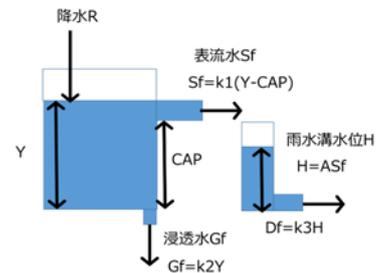


図3 タンクモデル

合には、水位上昇が認められる。ただし、それ以下の雨水強度でも累積雨量が大きい場合は表面流出が起こりえる。こうした特性を端的に表すために、タンクモデル(図3)による解析を行ったところ、程度の差があるが単純モデルのパラメータによって各埋立地の表面流出特性を示すことが可能であった(図4)。アスファルト舗装した駐車場跡地は貯留・浸透共に低く、雨水排除能は高い。アスファルト舗装による浸出水量は内部の保有水の存在により徐々に減少がみられたが、単年度ではなく複数年度での観測を要した。太陽光発電の埋立跡地は、駐車場より貯留・浸透は劣るが、雨水排除能は高く、施工時転圧などが寄与していると考えられた。

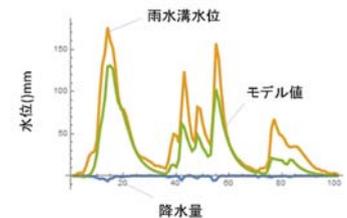


図4 雨水溝水位変動

[自主研究]

# 石膏粉の地盤工学的有効利用に関する研究

鈴木和将 磯部友護 長谷隆仁 川寄幹生 長森正尚

## 1 目的

我が国の廃石膏ボード排出量は、年間119万トン(平成28年度実績、新築系:54万トン、解体系:65万トン)であり、そのうち約3割程度が最終処分場への埋立と推計される<sup>1)</sup>。また、石膏ボード工業会の推計<sup>2)</sup>によれば、新築系廃石膏ボードの排出量は、将来的にはほぼ変わらないものの、解体系の排出量が右肩上がりに増加し、新築系・解体系をあわせた排出量は、2032年に200万トンを超え、2068年頃まで増大し続けるとされている。このまま今のリサイクル能力が変わらないとすれば、近い将来、多量の廃石膏ボードが最終処分場へ埋め立てられることが容易に予想される。そのため、廃石膏ボードを処理した再生石膏粉の再資源化を推進し、最終処分量を減らす必要がある。再生石膏粉の大口用途として、土木・建築分野における固化材等の利用が期待されるが、硫化水素ガス発生、フッ素溶出等の環境安全性の問題等で、現状、有効利用が思うように進んでいない。そこで本研究では、石膏粉の有効利用の促進を目的とし、固化材として利用する場合の硫化水素ガス発生評価試験方法の構築を行う。今年度は、硫化水素抑制資材の探索を行うとともに、再生石膏粉の土木利用を想定し、土壤混合物の硫化水素ガス発生ポテンシャル試験を実施した。

## 2 方法

### 2.1 試料

硫化水素ガス発生試験に供した再生石膏粉は、廃石膏ボードリサイクル施設から採取した二水石膏粉及び半水石膏粉を用いた。硫化水素ガス発生抑制材料として鑄鉄管のグラインダーダスト及びリモニド(日本リモナイト(株))を試験に供した。さらに、土木利用としてため池を想定した改質対象底泥試料は、山梨県、大阪等のため池底泥試料を用いた。

### 2.2 実験方法

植本試験では、500mLねじ口瓶に再生石膏粉試料を50g入れ、液固比(L/S比)で5となるよう、250g脱気水を加えた。さらに、試料中に含まれる気泡抜き及びヘッドスペース部分の窒素ガス置換の目的で、純窒素ガスの吹込みを行った。ガスの吹込み後、コックを閉じ、本実験装置を40℃に設定した恒温槽(恒温槽内実測温度35℃)に入れ所定の日数養生し、発生したガスの硫化水素濃度は、検知管法により、(株)ガステック製検知管及びガス採取器を用いて測定を行った。

## 3 結果

### 3.1 材料の安全性評価

再生石膏粉およびため池底泥試料の安全性評価を行うために「土壤の汚染に係る環境基準(環境省告示46号)」に規定されている重金属の分析を行った。分析を行った結果、ヒ素、クロム、水銀、カドミウム、鉛、セレンは、全ての試料において土壤環境基準値を下回っていた。さらに、性状評価を行うために、含有量分析を行うとともに、硫化水素ガス生成に主要な影響要因である溶出液中のTOC濃度分析を実施した。

### 3.2 ため池底泥と再生石膏粉の混合時の硫化水素ガス発生ポテンシャル

再生石膏粉とため池底泥との混合時における硫化水素ガス発生ポテンシャルを調べるため、ため池から採取した底泥試料に再生石膏粉を質量比10%又は20%配合した試料を用い硫化水素ガス発生試験を行った。また、土壤試料の比較対象として、試薬の二酸化ケイ素(関東化学(株))に再生石膏粉を配合した試料を用いた。

結果を図1に示す。ため池底泥の混合試料では、二酸化ケイ素混合系と比較して、硫化水素ガス濃度は低い値で抑えられていた。これは、土壤による硫酸イオンの吸着や土壤緩衝能等の影響により硫酸塩還元菌の働きが抑制されたものと考えられ、土壤との混合時には硫化水素ガスの発生が抑えられる可能性が示唆された。

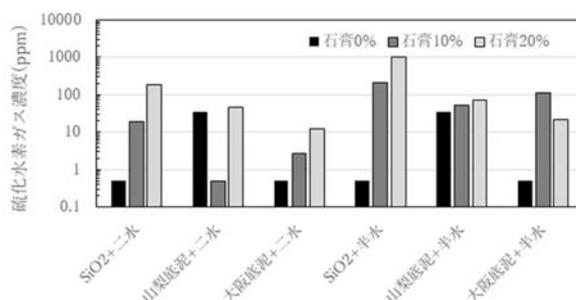


図1 底泥混合材料の硫化水素ガス発生ポテンシャル

## 文献

- 1) (国研)国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター(2019)再生石膏粉の有効利用ガイドライン(第一版), <https://www-cycle.nies.go.jp/jp/report/gypsumpowder.html>.
- 2) (一社)石膏ボード工業会(2016)石膏ボードハンドブック環境編, [http://www.gypsumboard-a.or.jp/pdf/Environment\\_P199-212.pdf](http://www.gypsumboard-a.or.jp/pdf/Environment_P199-212.pdf).

[自主研究]

# 漏洩事故を想定した有害化学物質のスクリーニング分析法の開発

大塚宜寿 蓑毛康太郎 堀井勇一 竹峰秀祐 野村篤朗 渡辺洋一

## 1 目的

工場・事業場で取り扱われる有害化学物質が、災害や事故によって水環境へ大量に流出した場合、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。近年、化学物質排出把握管理促進法(化管法)や埼玉県生活環境保全条例(県条例)により、一定規模以上の事業場における有害化学物質の排出・移動量や取扱量が把握できるようになった。そのため、事故等によって漏洩する化学物質の種類、量はある程度予想できるが、これら化学物質の多くは、分析の公定法が確立されておらず、漏洩時のリスク評価が困難である。また、緊急時に効率的にリスクを把握し、対策につなげるためには、様々な物質を一斉かつ迅速に分析することが求められる。本研究では、化学物質の漏洩事故等を想定し、県内でリスクが高いと考えられる化管法の対象物質について、物性に応じて系統化した迅速スクリーニング分析法を検討する。また、物質の同定率を向上させるデータ解析手法についても併せて検討する。

## 2 方法

埼玉県内においてリスクが高い化合物について分析法を検討する。なお、化管法の対象には、有機化合物だけでなく、金属元素およびその化合物もあり、それらにも対応できるスクリーニング分析法を整備する。

過去の分析例や物性等から適当と考えられる分析機器で分析法の検討を行う。分析機器はヘッドスペースGC(HSGC)/MS、GC/MS、LC/QTOFMS、ICP/MSを用いることにした。併せて、自動同定・半定量するためのデータベースを整備する。なお、誘導体化が必要な物質など本手法でのスクリーニング分析が不可能な物質については、個別分析法の情報収集に努める。

加えて、環境試料のGC/MSやLC/QTOFMS測定データから、非負値行列因子分解(NMF)という多変量解析手法を用いて、自動でピークを検出してスペクトルを取得し、ライブラリ検索を行って物質の同定率を向上させるデータ解析方法についても検討する。

## 3 結果

### 3.1 検討物質の物性情報および分析情報の収集

PRTRの対象であり、県内でリスクが高いと考えられる159物質について、過去の分析例(環境省化学物質環境実態調査で開発した分析法および公定法等)や物性(Log Pow, pKa)、分子構造情報を取得した。取得した情報から分析機器を選択した。金属およびその化合物はICP/MSで金属元素として測定

することとした。

### 3.2 標準原体の購入と標準原液の調製

これまでに157物質の標準原体を入手した。標準原体は、その物質の反応性や溶解性などを考慮して物質ごとに最適と考えられる溶媒で溶解し、157物質全ての標準原液を調製した。

### 3.3 分析機器での測定と検量線データベース法での定量

標準原液を用いて、各分析機器で測定の可能性について検討を行っている。対象物質のうち18種の金属およびその化合物はICP/MSで分析できることを確認し、検量線データベース法で定量可能であることを確認した。

HSGC/MS、GC/MS、LC/QTOFMSについては、既存のデータベース(AIQS-GC、AIQS-LC)の利用可能性について検討を行っている。データベースに搭載されていない物質については、データベースに追加するためのデータを得るための測定を行っている。

### 3.4 NMFを用いたデータの解析

これまでは、GC/MSのスキャン測定データを短い保持時間に分割し、それぞれのデータについてNMFで解析することにより、全測定時間のデータに含まれる物質の検出を行ってきた。ピークの存在する可能性のある保持時間を推測し、それを中心とする保持時間帯のデータを取り出すことでNMFによる解析の精度が向上した。

## 4 今後の計画

### 4.1 令和5年度

- ① 引き続き既存のデータベースである自動定量データベースシステムAIQS-GC及びAIQS-LCの利用可能性について検討を行う。
- ② 引き続き標準品を測定して、検量線等のデータを収集し、データベースに追加する。
- ③ 実試料を測定する際に行う前処理について検討する。併せて、実試料での測定を試行する。
- ④ NMFを用いたデータ解析手法の実用化に向けて改良等を進める。

### 4.2 令和6年度

- ① 河川水を年4回調査し、平常時の濃度レベルを把握する。
- ② NMFを用いた解析手法を実試料の測定データに適用して、同定率の向上について確認するとともに、対象外の化学物質の存在状況についても調べる。
- ③ 一連の分析について、マニュアルを作成する。

[自主研究]

# 原子力発電所事故10年後における生態園での環境放射能の現況及び変遷

落合祐介 伊藤武夫 大塚宜寿 蓑毛康太郎 堀井勇一 竹峰秀祐 渡辺洋一

## 1 目的

平成23年3月の福島第一原子力発電所事故により、ヨウ素131、セシウム134、セシウム137といった人工の放射性物質が環境中に飛散し、一部は埼玉県に到達した。事故から10年が経過した令和3年3月においても、半減期の長いセシウム137は環境中に残留しており、長期に渡る環境への影響が懸念されている。

事故後、埼玉県においても、放射性物質による環境への影響を把握するために環境放射能水準調査、県独自の環境放射能調査及び空間線量調査が実施されてきた。センター生態園では、平成23年度から土壌、水質、底質、動植物等多種に渡る環境試料について継続的に放射能濃度が測定されてきた<sup>1,2)</sup>。センターの研究事業としても、地目別の土壌における放射性物質の化学的形態及び深度分布状況<sup>2)</sup>、水系における放射能濃度の変動及び移行状況を調査しており、生態園にある放射性物質の環境動態についても知見が蓄積されている。そこで、これまでの調査内容について現況を確認するための調査をするとともに、深度方向や水平方向の放射性物質の分布についても詳細に調査をし、生態園での環境放射能の蓄積・移行状況について総括することを目的とする。

令和4年度は、令和3年度調査で放射能濃度の減少傾向が確認されなかったマツモ及び林地の土壌について調査を行った。その他、動植物等の調査を実施し、生態園全体放射能濃度について総括をしたので、報告する。

## 2 方法

動植物は、網等を用いて採取し、前処理として乾燥及び灰化を行った。マツモは、時間を空け、3度試料の採取を行った。土壌は、生態園内の3地点(屋敷林、雑木林、社寺林)において採土器を使用し、地上からの深さ0-5cmの試料をそれぞれ8か所採取した。その後、前処理として乾燥、粉碎及び目開き2mmのふるいによる夾雑物の除去を行った。池水は、柄杓で採取し、前処理として濃縮を行った。底質は柄杓で採取し、前処理として乾燥、粉碎及び目開き2mmのふるいによる夾雑物の除去を行った。前処理後の試料はU-8容器に充填し、ゲルマニウム半導体検出器(GC-2520、キャンベラ社)を用いて放射能濃度を測定した。

## 3 結果

### 3.1 マツモの放射能濃度

マツモは土壌粒子等が付着しているため、水道水での洗浄が必要である。令和4年度は3試料採取しているが、1試料目は水道水でもみ洗いのちに、漬け込み洗浄したところ、試料がほとんど溶けてしまったため、測定できなかった。そこで、2試料目はもみ洗いのみ実施し、蒸留水で洗い流しを行った。3試料目は蒸留水で洗い流しのみ行った。3試料目の放射能濃度は2試料目と比較すると5.2倍高かった。過去に放射能濃度の減少が見られなかった要因として、水道水による洗浄の過不足が推測される。

### 3.2 土壌の放射能濃度

3地点で8か所ずつサンプリングした結果について、1m<sup>2</sup>あたりの放射能濃度(Bq/m<sup>2</sup>)の平均値及び標準偏差を算出した(表1)。同じ土地利用形態の土地でも水平方向で放射能濃度がバラついていることを確認した。植物の生育状況や地面の起伏等によって放射能濃度のバラつきが発生したと推測される。

表1 林地の土壌におけるセシウム137の放射能濃度

地点名	放射能濃度平均値 (Bq/m <sup>2</sup> )	相対標準偏差 (%)
屋敷林	2.7×10 <sup>3</sup>	31
雑木林	4.0×10 <sup>3</sup>	23
社寺林	2.8×10 <sup>3</sup>	41

### 3.3 その他全体の放射能濃度

動植物は、マツモの他にアブラセミ、アメリカザリガニ、ヘビ、カエル、ヒシの調査を実施した。また、土壌以外の環境試料としては、池の水質を調査した。全ての試料について、令和3年度の放射能濃度と比較すると概ね減少していた。

## 4 まとめ

マツモ以外の動植物及び池の水質は調査を開始時点から放射能濃度が減少していることを確認した。マツモの放射能濃度が減少しない要因は、前処理による影響と推測される。土壌は、年度ごとに測定値にバラつきがみられるが水平方向で濃度差が発生したことによるものと推測される。

## 文献

- 1) 三宅ら(2018)RADIOISOTOPES, 67, 225-232.
- 2) 山崎ら(2018)埼玉県環境科学国際センター報, 18, 75-80.

[自主研究]

# 埼玉県内水環境における水生動植物相の 高精度網羅的調査手法の開発

木持謙 渡邊圭司 田中仁志

## 1 目的

河川の水質は全国的に改善しており、近年は生物多様性の保全・回復も重要である。これに関連して、生息生物相に基づく新しい水環境総合指標(健全性・安全性指標)の導入等も検討されている(例:環境省・水生生物による水質評価法マニュアル)。本県でも、第5次埼玉県環境基本計画の新規施策・取組で、「(i)水辺空間の保全と共生 <水辺空間の生き物に関する情報収集・発信(新規)>」と記載しており、実施のためには、対象生物の生息実態の正確な把握が不可欠と考えられる。

従来の生物調査法(採捕や目視)は非効率だが生物の現認が可能、一方で近年急速に発展している環境DNA分析は生物の現認困難だが高効率、といった相互に補完し合う特徴を持つ。そして両手法の併用により、調査の効率化と精度の改善が期待される。本研究ではこの技術を応用し、主に県内水環境に生息する肉眼観察可能なサイズの動植物全般を対象とした網羅的調査手法を開発することを目的とする。

## 2 方法

### 2.1 マクロ生物DNAの選択的回収方法の検討

環境水中には(微小)藻類やアメーバ等の真核微生物のDNA含有量が多いため、ターゲットとする水生動植物が検出されにくい。そこで、従来法のろ過( $\phi 0.45 \mu m$ )に加えて、前段に予備ろ過( $\phi 10 \mu m$ )を行うことで、微生物由来のDNAの排除による、水生動植物のDNAの選択的な回収を試みた。

### 2.2 本県の主要水生動植物種のDNA情報整理とDB作成

既往の生物調査結果や埼玉県レッドデータブック等を元に、県内で生息が想定される主要な水生動植物種をリストアップするとともに、真核生物全般の一斉網羅的解析の技術的な可能性について検討を行った。

### 2.3 魚類eDNA分析と採捕調査の結果比較解析

新河岸川(川越市内)で魚類環境DNA網羅的解析と採捕調査を実施し、DNA不検出だが採捕された魚種、DNA検出だが不採捕の魚種等について、原因と分析精度の改善を検討した。試料の採取から分析に至る一連の操作は、環境DNA調査・実験マニュアルver.2.2に準じて行った。また、DNA塩基配列の解読にはMiSeq(illumina社製)を用い、解読後のデータ解析はPMiFish ver.2.4.18で実施した。

## 3 結果

### 3.1 2段ろ過によるマクロ生物DNAの選択的回収の検討

温暖期(5、8、11月)の公共用水域水質常時監視地点No.38(市野川・徒歩橋)の河川水を対象に検討した結果、抽出DNA濃度、最終的な取得DNAリード数ともに、2段ろ過による改善効果を確認することはできなかった。従って、作業効率の面から、従来の1段ろ過でよいと考えられた。

### 3.2 本県の主要水生動植物種のDNA情報整理とDB作成

令和4年度は、魚類を対象にリストアップとDB作成を検討した。その結果、放流等により、本来の生態や分布からは生息しないはずの魚種の捕獲事例が頻繁に報告されており、想定外の魚種の生息があり得ることもふまえ、DBはAll Nippon eDNA Monitoring Network (ANEMONE) DB等を活用する方向とした。

次に、真核生物全般の一斉網羅解析を検討した。その結果、魚類、甲殻類、水生昆虫類等のDNAの存在比率は異なる可能性が高く、真核生物全体にPCRをかけると元の比率のままで増幅され、相対的に比率の小さな生物種は検出感度が低いことが懸念された。従って、生物群(例えば、魚類、甲殻類、昆虫類)ごとに網羅的解析を実施するのが妥当と考えられた。

### 3.3 魚類eDNA分析と採捕調査の結果比較解析

魚類調査結果について図1に示す。環境DNA網羅的解析では37種のDNAが検出された。このうち、純海水魚5種、冷水魚2種を除外すると、生息可能性のある魚類は30種となった。一方、採捕調査では18種(全て生体)が確認された。「DNA検出かつ採捕」は17種であり、「DNA不検出だが採捕」が1種みられたことから採捕調査の重要性が明らかとなった。生息する可能性があり「DNA検出かつ不採捕」の魚類は13種存在し、継続的な調査の実施、既往調査結果や接続河川等における魚種情報の活用といった対応が考えられた。

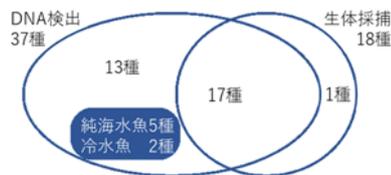


図1 魚類調査結果の分類

## 4 今後の方向性

引き続き、甲殻類等を対象に網羅的解析について検討すると同時に、分析精度の改善にも取り組んでいく。

[自主研究]

## 三次元励起蛍光スペクトル法で検出される 化学物質の同定と汚濁指標性の検討

池田和弘 竹峰秀祐

### 1 背景と目的

三次元励起蛍光スペクトル法は、迅速かつ簡便に水中のいくつかの有機物質群を検出し定量的な情報を得る分析手法である。平成28-30年度に実施した自主研究により、河川水中でタンパク質様物質由来の蛍光成分が検出され、生活排水流入の指標となることが確認された。しかし、この成分は藻類からも供給されるため、指標として危うい面もある。一方、河川や下水中には生活関連の化学物質由来と推測される蛍光成分が検出されることがある。本研究では、三次元励起蛍光スペクトル法で検出される、いくつかの化学物質由来の蛍光成分を同定し、それらにより負荷源を追跡する手法を提案することを目的とする。本年度は、入浴剤由来のフルオレセイン、洗剤由来のLAS、洗濯用洗剤由来の蛍光増白剤DSBPの蛍光成分に着目し、河川への生活排水混入の指標性を評価した。

### 2 方法

分析は、ろ紙(GF/B)によるろ液を対象とした。各化学物質の分光蛍光光度計による定量波長(Ex/Em)は、フルオレセイン(495/515nm)、LAS(224/285nm)、DSBP(345/430nm)とした。フルオレセイン濃度の測定は、C18カラムを備えたUPLCにより、ろ過試料を直接注入することで実施した。

### 3 結果および考察

#### 3.1 フルオレセイン蛍光の生活排水混入の指標性検討

県内38河川におけるフルオレセインの検出状況を調査した結果(5、8、11、2月)、平均濃度は $0.022 \pm 0.047 \mu\text{g/L}$ であり、下水処理水より1オーダー低い濃度であった。フルオレセイン定量波長における蛍光強度と比較したところ、非常に良い相関( $R^2=0.91$ ,  $n=152$ )が確認された。フルオレセインピークに重なる別の蛍光成分はなく、直接蛍光強度を読み取るだけで定量可能であることが分かった。

河川18地点におけるフルオレセイン蛍光強度とその地点における生活排水混入率の関係を調査した結果を図1に示す。1地点を除くと、両者に良い相関があり( $R^2=0.67$ )、フルオレセイン蛍光により河川への生活排水混入を検知・評価することが可能であることが分かった。

相関にバラつきや異常値がある原因の調査を実施した。まず下水処理場におけるフルオレセイン蛍光の除去率を調査し

た結果、7か所の平均値は $12 \pm 42\%$ であり、バラつきが大きく、フルオレセインの処理は不安定であることが分かった。

次に、下水放流水が流入する河川で、晴天時のフルオレセイン蛍光の消長を確認したところ、低減が確認され、その半減期は3時間であった。これらのことから、風呂から河川採水地点までの経路によって、残存性が異なることがバラツキの原因であることが推察された。

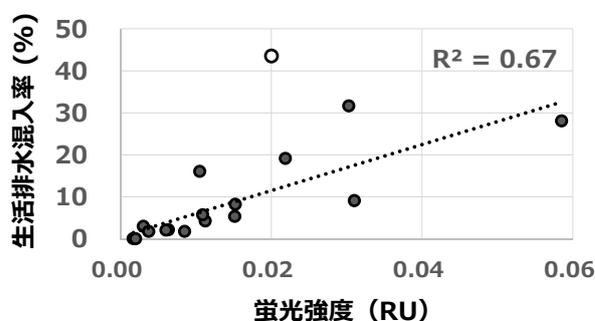


図1 河川におけるフルオレセイン蛍光強度と生活排水混入率の関係 (○は異常値と扱った地点)

#### 3.2 LAS蛍光の生活排水混入の指標性検討

LASは下水処理場で大幅に除去されるため、河川における未処理生活排水混入の指標に期待される。しかし、本研究で河川中LAS濃度と蛍光強度の関係を確認すると相関はなかった。LASと隣接するチロシン様物質の蛍光ピークが重なることが問題と考えられた。よって、ピークの定量にはPARAFAC解析が必要で、この指標は迅速性に劣ることが確認された。

#### 3.3 DSBP蛍光の生活排水混入の指標性検討

DSBPは県内河川への生活排水流入の指標として使用された実績がある。本研究で、近年の河川中DSBP濃度を調査したところ、生活排水の混入のある地点でも検出されないことがあり、平成14年度に比べ低濃度であった。よって、生活排水混入の指標として使用しにくいことが分かった。

### 4 まとめ

フルオレセインピークは河川への生活排水混入の指標となるが、汚水処理や水境中での光分解による消失により、指標とならない状況もあるので注意して使うべきである。

[自主研究]

# 県内水環境中から得たアナモックス集積系の特徴分析 および活用方法の検討

見島伊織

## 1 研究背景と目的

アナモックス(嫌気性アンモニア酸化 anaerobic ammonium oxidation)反応は、アンモニアの一部を直接窒素ガスへと変換する生化学反応であり、前段の部分硝化を含めてもエネルギーの消費が少ないことから新しい窒素除去方法として注目されている。この反応は高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った。研究担当者は、過年度の自主研究において埼玉県内の水環境中からアナモックス細菌を培養することに成功した。本研究では、アナモックスを発展的に活用するために研究課題を2つ設定した。

【課題1】水処理系におけるアナモックス処理を志向し、県内の水環境中に生息するアナモックス細菌の培養を続ける。培養したアナモックス細菌について詳細な特性試験や分子生物学的試験から生理学的特性や細菌叢を明らかにし、連続処理実験から実際の窒素処理への適用可能性を検討する。

【課題2】汚泥処理系直後の実際の高窒素濃度排水を対象としてアナモックス反応による処理特性を検討する連続試験を行い、実運用上の課題抽出や環境負荷の試算を行う。

## 2 研究方法

【課題1】過年度から継続している培養試験を継続し、県内の水環境中から採取したアナモックス細菌を低、中温条件にて高濃度にまで集積する。本年度は特に、得られたアナモックス細菌を担体へ付着固定化する手法について検討した。また、アナモックス細菌を用いて、県内の下水処理場の脱水ろ液を用いた連続の排水処理試験を行った。これにより、アナモックス細菌を用いた窒素処理の有効性を評価した。

【課題2】アナモックスプロセス導入による環境負荷の試算のため、調査対象施設の現状の処理条件に加え、汚泥脱水の後段にアナモックス槽を導入すること想定し、曝気槽、アナモックス槽それぞれにおいて処理に必要な必要酸素量を算定した。次いで、曝気槽、アナモックス槽の必要酸素量の合計値から酸素溶解効率などを勘案することで必要曝気量を試算した。一連の試算の検証や効率的な運転条件の検討のため、酸素溶解効率および脱水ろ液のT-N濃度を变化させた条件下で必要曝気量を計算した。

## 3 結果

【課題1】アンモニアと亜硝酸の同時処理が確認され、河川底質からアナモックス細菌の集積培養に成功していることを確認

した。アンモニア態窒素の除去量に対する亜硝酸態窒素の除去量および硝酸態窒素の生成量から反応比を算出した結果、文献値に近い値を示した。得られたアナモックス細菌を担体へ付着固定化させた場合の窒素処理性能変化を図1に示す。窒素負荷(NLR)を徐々に増加させ、34日目に窒素変換速度(NCR)として1.0kgN/m<sup>3</sup>/dに到達した。その後アナモックス活性は上昇し、NCRは56日目の4.2kgN/m<sup>3</sup>/dまで急激に増加した。56日目以降に関して、NCRの平均は4.3kgN/m<sup>3</sup>/dと高い値で維持したことから、実用に耐え得る高い窒素処理変換速度を確認した。

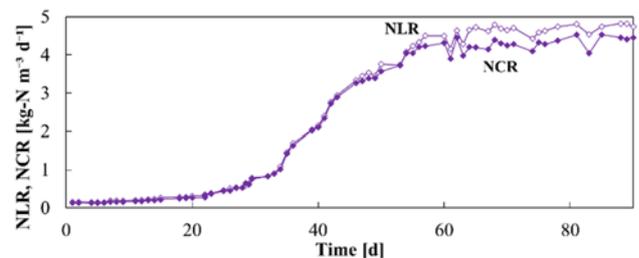


図1 窒素処理性能変化

【課題2】現状およびアナモックス導入の条件で、曝気槽、アナモックス槽それぞれにおいて処理に必要な必要酸素量を算定した結果は、図2のとおりである。必要な酸素量の合計はアナモックス導入後で低いことが確認され、アナモックスプロセスの導入により必要酸素量を低減できることが示唆された。必要な酸素量の内、曝気槽では硝化に必要な酸素量が、アナモックス槽では亜硝酸化に必要な酸素量が、それぞれ支配的であることが明らかとなった。また、酸素溶解効率や脱水ろ液のT-N濃度などを变化させたシミュレーションを行い、アナモックスプロセスの導入が効果的な条件を検討した。

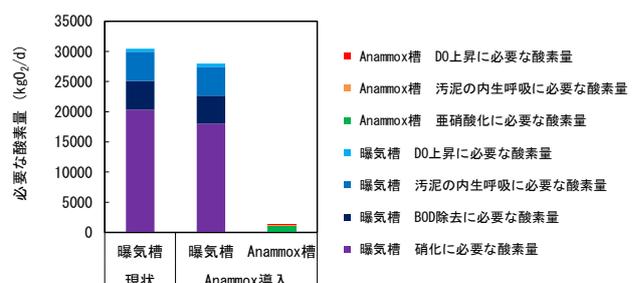


図2 対象処理場における必要な酸素量の算定結果

[自主研究]

# 埼玉県内河川で高い大腸菌数を示す地点の傾向とその原因究明

渡邊圭司 池田和弘 見島伊織 木持謙 田中仁志 柿本貴志 宮崎実穂

## 1 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)のふん便である。これまで長きにわたり、ふん便汚染指標は、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、ふん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、ふん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、より直接的なふん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、特定酵素基質寒天培地法が考案された。このような測定技術の進歩を基に、令和4年度から、大腸菌数が新たなふん便汚染の指標(衛生指標)として環境基準項目に加えられた。

大腸菌数の環境基準値として、河川では、90%値でAA類型は20CFU/100mL(自然環境保全)および100CFU/100mL(水道1級)、A類型は300CFU/100mL及びB類型は1000CFU/100mL以下の基準が示された。今後、環境基準値を超過した地点については、行政による負荷削減対策が求められる。そこで本研究では、県内の大腸菌数の環境基準超過地点の特徴を明らかにし、さらにその上流域の大腸菌数を詳細に調査することで、汚濁負荷原因を特定し、負荷削減対策のための基盤情報を収集することを目的とした。

## 2 方法

県では、平成25年度から公共用水域における大腸菌数の測定を開始し、現在まで継続して行っている。このデータを基に環境基準値適合性を調べたところ、環境基準超過が21地点で認められた。なお、年12回以上測定されていない地点(国土交通省及び市が管轄している地点に多く見られる)については、90%値が最大値をとるため、今回の解析対象から外している。令和4年度は、環境基準点18地点について上流域(支川等)の大腸菌数の詳細調査を行った。調査時期については、各地点の経月変化を調べ、基準超過回数の多い月を中心に各地点調査を行った。

採水は、500mL容量のポリプロピレン製容器(アズワン)で行い、試料はクーラーボックスに入れ持ち帰った後、速やかに培養に供した。メンブレンフィルターは平均粒子保持径0.45 $\mu$ mの直径47mm格子入りセルロース混合エステルフィルターを用い(メルクミリポア製)、特定酵素基質寒天培地はクロモアガー

ECC(関東化学製)を用いた。測定方法については、環境省の資料<sup>1)</sup>に従った。検水の希釈は、原液、10倍及び100倍の系、もしくは100倍、1000倍及び10000倍の2系列とし、各地点の大腸菌数に合わせ希釈倍率を選択した。各試料につき、3回の繰り返し試験を行った。大腸菌に由来する青色コロニーの計測には、拡大鏡を用いた。

## 3 結果及び考察

令和4年度については、環境基準超過地点を含む52地点の大腸菌数の測定を行った。赤平川・赤平橋では、10km以上上流に上がった地点で測定しても、大腸菌数はわずかに環境基準値を上回っていた。同様に、越辺川・今川橋および入間川・富士見橋でも、10km以上上流の地点で測定しても、大腸菌数はわずかに環境基準値を上回っていた。また、それらの中間地点でも何地点か測定を行ったが、他の地点と比較して大腸菌数が著しく高い地点は見られなかった。以上の結果より、これらの環境基準点における大腸菌数の超過は、特定の汚染源が存在している可能性は低いと推定された。

小山川・新明橋とその支川である唐沢川・森下橋の大腸菌数を、平成25年から令和3年度までのデータを並べて比較したところ、大腸菌数の変動パターンが非常に類似していることから、小山川・新明橋では、支川である唐沢川の水質の影響を強く受けていることが示唆された。

水浴が大腸菌数に与える影響を調べるため、令和4年8月15日に日高市の巾着田の流入と流出(高麗川)の大腸菌数を測定した。採水時は、お盆の期間であることから駐車場は満車で、高麗川の巾着田の区間では多くの人が水浴を楽しんでおり、大変な賑わいを見せていた。高麗川の巾着田入口の大腸菌数は、600CFU/100mLで、出口は150CFU/100mLであった。以上の結果より、水浴は河川水の大腸菌数の増加には影響しないことが明らかとなった。

## 4 今後の研究方向

今後は、得られたデータを基にさらなる詳細調査を行い、環境基準超過の究明を進める予定である。

### 文献

- 1) 環境省(2021)水質汚濁に係る水質環境基準の見直しについて(概要), <http://www.env.go.jp/press/files/jp/116882.pdf>.

[自主研究]

# 硝酸-亜硝酸性窒素による汚染地下水の水質特性と帯水層の解析

石山高 柿本貴志 高沢麻里 濱元栄起

## 1 背景と目的

埼玉県内には、硝酸-亜硝酸性窒素による地下水汚染が多数存在する(図1)。これらの汚染井戸のなかには、互いに近接して存在する井戸が存在するため、地下水質監視の効率化と合理化という観点から、水質特性などに基づいた汚染調査井戸の絞り込みが強く求められている。

本研究では、埼玉県北西部の汚染地域を調査分析対象に設定し、汚染井戸の深度測定や地域一帯の地質柱状図から汚染されている帯水層の特定を試みた。また、水質測定データを基に窒素汚染の濃度レベルと関連性のある化学的因子についても併せて検討した結果について報告する。



図1 県内における窒素汚染井戸の分布状況

## 2 実験方法

本研究では、埼玉県北西部地域(深谷市及び本庄市)の窒素汚染井戸(40地点)を調査対象とした。井戸深度の調査については、井戸所有者に対するヒアリングとともに、井戸蓋を外すことが可能な調査井戸については、巻き尺の先端に錘を付けて井戸深度を実測した。

硝酸-亜硝酸性窒素などの無機成分の濃度測定では、採水した地下水(一定時間放水後の地下水を採取)を0.2μmメンブレンフィルターでろ過した後、イオンクロマトグラフィーを使用した。また、汚染地下水の水質特性を比較検討する目的から、地下水のpHや電気伝導度(EC)も併せて計測した。

## 3 結果と考察

汚染地下水の井戸深度を測定した結果を図2に示す。汚染井戸の井戸深度は浅く、ほとんどの井戸において深度は10m未満と浅いことが分かった。今回の調査では井戸深度が不明な箇所も存在したが、これらの地下水の多くはpHが6~7と低く、井戸深度が実測できた他の汚染井戸と同等のpH領域を示したことから、同様に浅井戸である可能性が考えられる。

調査地域一帯の地質柱状図を確認したところ、本地域は表層から深度5m付近までローム層や凝灰質粘土層が堆積しており、その下に厚く砂礫層が存在することが判明した。砂礫層は比較的厚く、ところどころ縞状にシルト層が存在するものの、深度30m付近まで連続して堆積していることが分かった。汚染井戸の深度実測結果と地質柱状図の結果から、県北西部地域では深度5~30m付近の帯水層が窒素で汚染されていることが判明した。

本調査地域の窒素濃度は主に10~20mg/Lであったが、なかには90mg/L付近の窒素が検出された汚染井戸も存在した。そこで窒素濃度と関連性のある化学的因子について調べたところ、窒素濃度と地下水のECとの間には良好な相関性が認められることが判明した(図3)。なかでも高濃度の窒素が検出された汚染井戸A、B、Cについては、複数年度の測定結果を図示した結果、地下水ECの増減に対応して窒素濃度も大きく変動することが分かった(図3)。本調査地点は涵養域が近くに存在し、年間降水量や汚染源における窒素負荷量の影響を受けて地下水のECと窒素濃度が変動する可能性が示唆された。窒素濃度とECが高い地下水では、明瞭な相関性は確認されていないものの、硫酸イオン濃度も比較的高い傾向が認められた。

櫛挽台地に位置している本調査地域は、県内でも有数の畑作地域であるばかりでなく、鶏舎や豚舎などの畜舎も数多く存在する。窒素汚染が施肥由来であるのか、家畜糞尿由来であるのかを識別することは行政施策上も重要であることから、今後は、窒素の発生源を特定するため、地下水中の無機成分の種類と相関関係などを詳細に解析して汚染原因について検討を試みる。

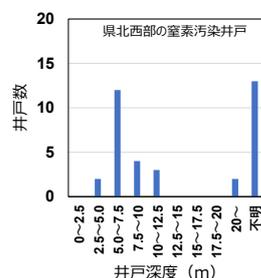


図2 井戸深度実測値

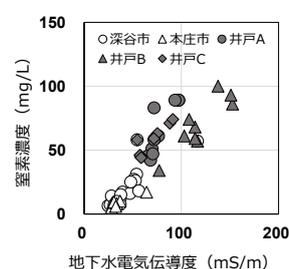


図3 窒素濃度とECの関係

## 4 行政施策への貢献

本研究成果を基に作成した窒素継続監視井戸の絞り込み案を水環境課に提示し、令和6年度の水質監視事業から継続監視調査の合理化を図ることになった。

[自主研究]

# 埼玉県における地中熱利用の総合的評価

濱元栄起 石山高 柿本貴志 高沢麻里 八戸昭一

## 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。埼玉県の再生可能エネルギーの賦存量のうち、地中熱エネルギーは、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3,000件(うち埼玉県は約120件)にとどまっております。国内では約3,000件(うち埼玉県は約120件)にとどまっております。その原因として、認知度の低さや導入コストの高さが挙げられる。地中熱利用システムは、クローズド式とオープン式に分けることができる(図1)。国内では、その割合は、クローズド式が多く用いられている。これまで県ではエネルギー環境課が地中熱実証事業を立ち上げ、当センターもこの事業に参画し研究的な視点から解析してきた。一方で、オープン式は、地下水を揚水し熱交換を行うことから、熱交換効率がクローズド式に比べて高く、今後の普及が期待される。ただし広域的に多数の普及のためには地下水資源への影響を総合的に評価する必要がある。そこで本研究でもオープン式の利用可能量や地下水資源への影響がない適正利用に関する評価を進めつつある。

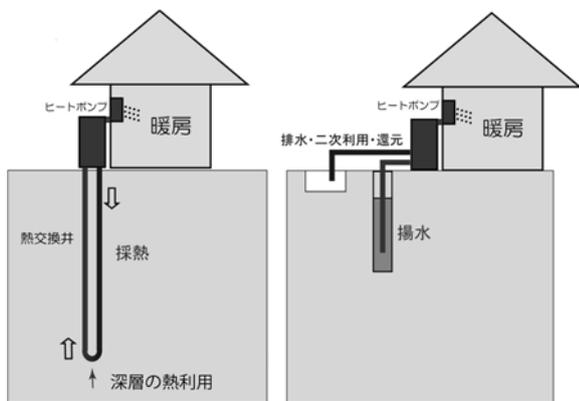


図1 クローズド式とオープン式概念図

## 2 内容と成果

### 2.1 クローズド式における実証データ解析

地中熱実証試験は、2019年度から実施し2021年夏季までに冷房運転試験3回、暖房運転試験2回のデータが得られた。これらのデータをもとに期間平均の運転成績係数(SCOP)を算出すると、試験場所による違いはあるが、空気熱利用ヒートポンプは2.8~4.0、地中熱利用ヒートポンプは5.2~5.7となり、地中熱利用ヒートポンプのほうが、効率が有意に高いことが分かった。詳細な分析を行うため瞬間ごと(1分ごと)のSCOPを

求めると地中熱利用ヒートポンプは時系列的な値のバラつきが大きいことが分かった(図2)。このようなバラつきの原因として、詳細な解析を行ったところ、機器の運転開始直後と停止時にSCOPが平均から大きく乖離することがわかった。これは、SCOPの算出の基礎となる2次側の循環液の循環開始及び停止時の測定のタイミングのズレが一因であると解釈している。そのことから、SCOPの時系列プロットで、循環液の流量変化がない安定運転時のSCOPの時系列グラフを作成すると、バラつきが小さくなることが分かった。したがって、より精度の高い評価を行うためには、安定して運転している時間帯を抽出して

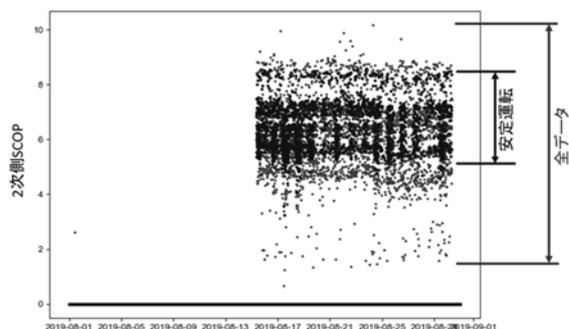


図2 地中熱実証試験における解析例

平均化することが重要であることが分かった。

### 2.2 オープン式における地中熱利用可能量の検討

オープン方式は、地下水を揚水して熱を利用するシステムであるが、埼玉県では現時点において日量70万トンもの地下水が産業分野や農業分野など様々な用途でくみあげられている。このほとんどは、水利用として使われているが、地下水温は年間を通じて安定していることから、熱交換によって熱利用することも可能である。しかし現実には地下水熱としての活用はほとんどなされていない。本研究では、県の水環境課の協力のもと現時点の市町村別の揚水量データから未利用の地下水熱エネルギー量を把握するための解析をおこなっている。この解析において地下水の適正な揚水量を把握することも重要である。そのひとつの視点として、地盤沈下を引き起こさない揚水量の推定が目安と考えられる。そこで、市町村別の単位面積当たりの揚水量と埼玉県が測定した過去30年間の水準測量による地盤変動量データの整理を進めている。本年度は、水環境課と連携し、過去データの整理(電子化を含む)を開始した。データがまとまり次第、詳細な解析を行う予定である。

[自主研究]

# 震災時生活用水確保困難地域の推定と 防災井戸拡充による対応に関する研究

柿本貴志 高沢麻里 濱元栄起 石山高

## 1 はじめに

南海トラフ地震や首都直下地震の発生確率は、30年以内に70%と言われており、災害への備えを着実に進めることが求められている。各種災害の発生に伴うインフラ被害により、社会生活は様々な影響を受けるが、このなかでも災害時の水不足(特に生活用水の不足)は、避難者の生活の質や、業務の継続性に及ぼす影響が大きい。社会機能の迅速な復旧・復興を目指すためにも、飲料水とともに生活用水の供給に対する備えを十分に進めておく必要がある。

地域防災計画における生活用水の確保のための備えとしては、水道施設の耐震化に加え、応急給水のための体制整備、貯水タンク、防災井戸の整備等が挙げられている。このなかで防災井戸は、既に存在する井戸を防災井戸として指定・活用するソフト的な対応により、生活用水の供給拠点を増やすことができる特性があり、短期間に生活用水の確保手段を広範囲に提供することができる可能性がある。

本研究では、災害発生時における生活用水確保に脆弱性を有する地域を推定し、当該地域における生活用水需要を充足させるための手段の一つとして防災井戸の活用とその有用性を評価することを目的としている。令和4(2022)年度は、県内市町村における生活用水確保のための取り組みの現状把握を行うことを目的として、アンケート調査を実施した。

## 2 調査方法

埼玉県内市町村の防災関連部局のアンケート調査への協力意思を確認するため、アンケート実施前に電話を行い、意向聴取を行った。その結果63市町村のうち、59市町村から協力する旨の回答を得た。その後、同59市町村向けに2022年10月にアンケートを送付し、12月中旬までに得た回答(回答数56)を検討対象とした。

## 3 結果と考察

### 3.1 生活用水確保のための取り組みの有無

災害時に住民に対して生活用水供給を行うための取り組みが行われているか否かを尋ねた結果を図1に示す。取り組みがあるとした自治体数は42(75%)であった。一方、何ら取り組んでいない自治体数は13(23%)であった。これら13自治体のうち9自治体は町村であり、取り組みが行われていない理由として「優先して検討するべき課題が他に存在すること」や「職員数不足」を理由に挙げている。これより、業務量に比べて職員数が

少ないという状況が、特に町村の生活用水確保の取り組みに影響を及ぼしていることが示唆された。

### 3.2 生活用水確保の取り組みに対する自己評価

生活用水確保のための取り組みを行っている42市町村を対象として、その供給目標の有無と生活用水の備えが十分か否かについて尋ねた。その結果、水の供給目標を設定しているのは15市町村であり、24市町村は供給目標を決めていなかった。また現在の取り組みにより災害時の需要に対応できるか否かを尋ねたところ(図2)、24市町村(42%)は評価不能と回答した。その主な理由は、災害時の水需要が予測できず、現在の対応で十分かを評価できないというものであり、水需要の予測方法を明らかにすることが、自治体の生活用水確保の取り組みを進めていくために必要であることが示唆された。

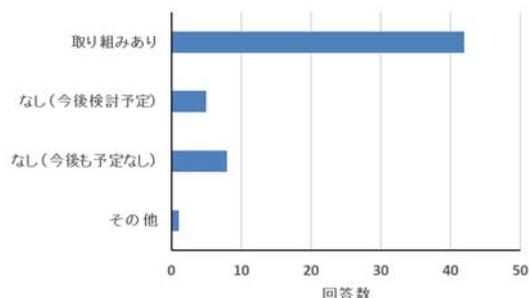


図1 県内市町村における生活用水確保の取り組み

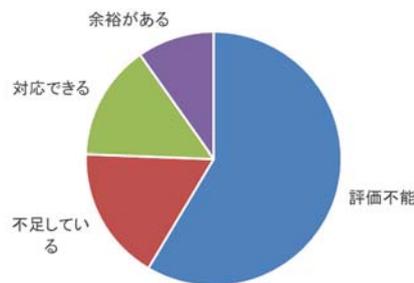


図2 生活用水確保の取り組みに対する自己評価

## 4 まとめ

県内市町村における生活用水確保の取り組み状況についてアンケート調査を行った結果、多くの自治体で何らかの取り組みが行われているが、震災時の生活用水需要量の予測ができないため、取り組みの評価が難しいとのことであった。