

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) 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、渡辺洋一、落合祐介、高沢麻里、北島卓磨
- (3) 埼玉県内における暑熱分野の適応策の普及啓発手法に関する研究……………大和広明、嶋田知英、武藤洋介、河野なつ美、山上晃央
- (4) 道路周辺の大気中アンモニア濃度への自動車排出ガスの影響……………松本利恵、長谷川就一、市川有二郎、村田浩太郎、佐坂公規、武藤洋介、米持真一
- (5) 気候にも影響する大気汚染物質の地域排出実態の解明……………長谷川就一、米持真一、佐坂公規、松本利恵、市川有二郎、村田浩太郎
- (6) 低沸点HFCsの分析法開発と大気観測への応用……………市川有二郎、佐坂公規、松本利恵、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) 湛水開始時期を指標とした水田地帯における生物の生息適地推定……………安野翔、大和広明、角田裕志、米倉哲志、王効挙
- (9) ラベル台紙の循環利用促進に向けた実態把握と事業者意識調査……………川寄幹生、磯部友護、長森正尚、茂木守
- (10) 人工甘味料濃度および蛍光強度を利用した下水道不明水の侵入箇所 の推定手法の検討……………竹峰秀祐、池田和弘、大塚宜寿、蓑毛康太郎、堀井勇一、落合祐介、渡辺洋一
- (11) 放射性物質を指標とした燃焼由来ダイオキシン類の汚染源解明に関する研究……………落合祐介、大塚宜寿、蓑毛康太郎、堀井勇一、竹峰秀祐、渡辺洋一
- (12) 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
- (13) 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
- (14) 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
- (15) 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
- (16) 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、濱元栄起、高沢麻里
- (17) 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
- (18) 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
- (19) 環境水に含有されるペルフルオロアルキル化合物(PFASs)の高感度一斉分析法の開発……………高沢麻里、竹峰秀祐、茂木守、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、ドローンの応用範囲は広がっているが、上空大気の計測事例は少ない。我々はこれまで標高840mの東秩父局などで上空のO₃やPM_{2.5}などを計測してきた¹⁾。

本研究では、これまでに得られたドローンを活用した上空大気計測のノウハウを更に発展させ、計測事例の少ない上空の汚染物質の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)および令和6年2月2日(金)にドローンを用いて上空の大気調査を行った。調査は環境科学国際センター生態園でMatrice600をカスタマイズした機体に測器を搭載した。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O₃ (Model POM、2Bテクノロジー)、PM_{2.5} (SPS30、センシリオン)、温度、気温、風向、風速である。また、夏季は高度300mで、冬季は高度150mで加熱脱着チューブ(Air Toxic)とミニポンプ(MP-W5P)を使用したVOC採取を行った。採取は同時に地上でも行い、GC-MSを用いて56成分を分析した。更に、NO₂やCO₂の計測も試みた。O₃測定とVOC採取は、夏季は1日に4回行ったが、冬季は日没を回避するため3回行った。

3 結果

3.1 地上のO₃濃度

夏季調査は前報²⁾にて報告したため、本報では令和6年の冬季調査について記載する。2月2日の環境科学国際C局(CESS局)におけるO₃濃度の推移を図1に示した。O₃濃度は低濃度で推移し、日中の最高濃度は16時の38ppbであった。

3.2 上空のO₃濃度

図2に地上および150m、300m、500mのO₃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、夏季と同じく、全ての時刻で地上よりも上空でO₃濃度が高くなった。濃度差は6~24ppbであり、夏季と同程度であった。

地上のO₃濃度が低い理由は、NOとの反応によるO₃消滅が挙げられる。現在、十分な測定精度を持つNOセンサーが無いため、パッシブサンプラーによる手法も試みたが計測には至らなかった。

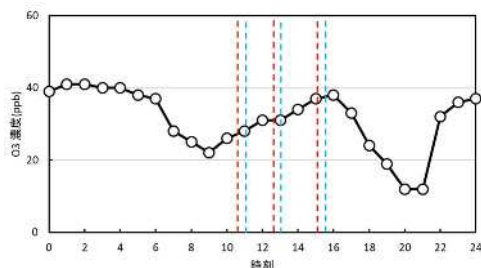


図1 2月2日のCESS局におけるO₃濃度の推移(赤線がVOC採取、水色線がO₃計測を示す)

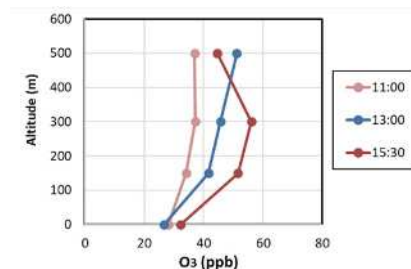


図2 O₃濃度の高度分布

3.3 VOC濃度

VOC8成分について上空150mと地上との濃度比を図3に示した。Toluene、Ethylbenzeneはどの時刻もほぼ同じ濃度であったが、n-Hexane、Trichloroethyleneは11時に地上が約2倍高い一方で、1,3-Butadiene、Isoprene、 α -Pineneは上空が約5倍高かった。これらの結果は反応性の高いこれらの物質が上空で消失する夏季とは異なっていた。

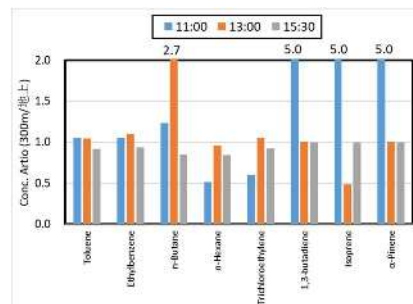


図3 個別VOCの上空300mと地上との濃度比

文献

- 1) 米持ら(2020), 第61回大気環境学会年會要旨集, O-A-005.
- 2) 米持ら(2023), 埼玉県環境科学国際センター報, 第23号, p.79.

[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 渡辺洋一 落合祐介 高沢麻里 北島卓磨

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を用いることとした。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 混合標準の作成

前年度までに収集し、標準溶液として調製した157物質について、混合標準を作成した。なお、官能基同士の反応性考慮するとともに、系統的な分析(GC/MS、LC/QTOFMS、ICP/MS等)が可能である物質をグループ分けし、グループ毎の混合標準とした。グループ数は17となった。

3.2 分析可能物質の確認

157種の物質について、想定する機器で144種の物質が分析可能(内訳: HSGC/MS: 29種、GC/MS: 74種、LC/QTOFMS: 66種、ICP/MS: 20種、IC: 3種、重複あり)であることが分かった。今回、分析できなかった物質については、個別分析法の情報収集に努める。

3.3 検量線情報の取得

HSGC/MSで分析可能な物質については、定量に適したイオン、保持時間、ならびに検量線情報を取得した。LC/QTOFMSで分析可能な物質について、最適な分析条件、定量に適したプリカーサーイオン、保持時間、ならびに検量線情報の取得を行った。GC/MSについては、AIQS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登録するための測定を実施した。ICP/MSについては、機器に登録されている元素ごとの検量線の定量性を河川水認証標準物質で検証し、問題ないことを確認した。

3.4 モニタリング地点の検討

河川で平常時の化学物質濃度レベルをモニタリングする10地点を選定した。調査地点は、集水域ごとのPRTR物質取扱量とそのリスク、人口、下水の影響、過去の化学物質の検出状況、水系等を踏まえて設定した。

3.5 NMFを用いたデータの解析

LC/QTOFMSによるSwathモード測定データに対しても、NMFを用いてピークを抽出し、得られた質量スペクトルをデータベースと照合できるようにした。

3.6 植樹帯中の農薬の分析

今回確立した分析条件(LC/QTOFMSおよびGC/MSを利用)で、植樹帯中の農薬のスクリーニング分析を実施し、迅速に結果を報告した。漏洩事故のみならず、緊急性の高い事案に対し、検討した手法が有効であることを示した。

4 今後の計画

- ①選定した10地点で河川水を年4回調査し、平常時の濃度レベルを把握する。
- ②NMF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]

埼玉県内における暑熱分野の適応策の普及啓発手法に関する研究

大和広明 嶋田知英 武藤洋介 河野なつ美 山上晃央

1 目的

埼玉県では気候変動等の影響で気温上昇が続いており、特に夏季の暑さが厳しくなっている。今後も気候変動の影響で夏の暑さは厳しくなることが予想されているため、暑熱分野の適応策として熱中症対策を考えていく必要がある。

そこで、令和2年度から4年度に自主研究「埼玉県における高温の出現状況の統計的解析およびモニタリング技術の開発」(以下、R02_04自主研究)及び、環境省事業「国民参加による気候変動情報収集・分析委託業務」(以下、国民参加事業)において、暑熱環境のモニタリング技術の開発のため、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IoT暑さ指数計の開発を行い、屋外の暑熱環境のモニタリング体制の構築を行った。さらに埼玉県気候変動適応センターのウェブサイト(以下、SAI-PLAT)で暑さ指数の情報の発信を行った。また、屋内の温湿度観測及び高齢者の熱中症対策についての調査も実施した。

しかし、これらの暑熱分野の適応策は、県民へ十分な周知や普及を行っていない現状がある。そこで、気候変動適応センターの活動の一環として、暑熱分野の適応策に必要な情報の整備を継続して実施しつつ、効果的な県民(主に小中高生及び高齢者)向けの情報発信及び普及啓発手法の検討を行うことを目的とする。

2 方法と結果

2.1 IoT暑さ指数計による観測と測器の改良

R02_04自主研究及び、国民参加事業で開発したIoT暑さ指数計を連携している県立大宮工業高等学校の課題授業で高校生に7台製作してもらい、環境科学国際センターが製作した17台と合わせた県内24か所に設置して、2023年7月から9月の期間、暑さ指数の観測、埼玉県気候変動適応センターのwebサイトでの情報発信を行った。情報発信を開始する際には、記者発表を行い、同時に埼玉県知事の記者会見で取り上げていただき、県民へ周知を図った。

また、IoT暑さ指数計の製品化に向けた実証実験等に関して共同研究を実施している(株)渡辺製作所と共同で、IoT暑さ指数計の観測精度検証を実施した。

2.2 暑熱分野の適応策に必要な情報の整備

熱中症リスクマップの作成のため、IoT暑さ指数計の観測データ、及び県内の27消防本部ごとの熱中症の救急搬送者数データの解析を行った。日中の9～15時の平均暑さ指数は30～31℃前後であった(図1)。川口市～さいたま市～熊谷市の中心部を通るJR高崎線沿いで暑さ指数が高く、県西部の秩父市と県南部の三郷市、新座市では低かった。平均で暑さ指

数が31℃を超える地点では、熱中症予防ガイドブックによると、「運動は原則中止」ランクであるため、学校における屋外活動や農作業は危険であることがわかった。また、典型的な夏の晴天日での暑さ指数の日変化は、県南部で日最高の暑さ指数を観測する時間が早く、北部ほど遅い傾向にあった。

2016年から2021年の気温(令達の温度実態調査で観測しているデータ)と熱中症による搬送者数の日変化を解析したところ、双方の日変化が類似しており、県北部ほど気温と搬送者数のピークが遅い時間帯であったことから、海風の影響を受けていると考えられた。

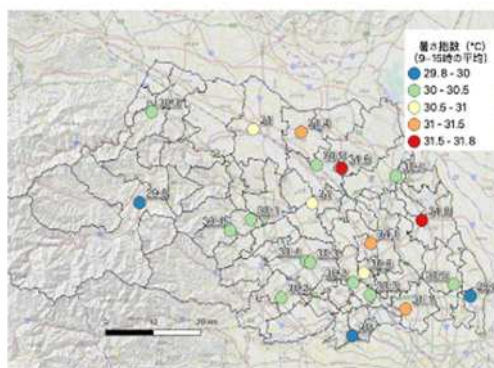


図1 IoT暑さ指数計で観測した暑さ指数 (7月10日から8月9日までの期間における9時から15時までの観測データの平均)

2.3 暑熱分野の適応策の効果的な県民向けの普及啓発方法の検討

これまで実施してきたSAI-PLATでの暑さ指数の情報発信は、webサイトへ県民自身がアクセスしないと情報が得られない欠点があった。そこで、SNSを活用したプッシュ型の情報発信方法を検討し、SNSでも情報発信を行う予定である。また、暑さ指数の過去の変化傾向を可視化できるツールを運用している(株)建築技術研究所との連携に向けて、調整を行っており、情報発信ページそのものの改良作業も進める予定である。

3 今後の研究方向

令和6年度は、国民参加事業で検討してきた高齢者の適応策の普及をはかるため、調査結果の論文化を行う予定である。さらに、IoT暑さ指数計の情報発信の普及啓発の方法検討(SNSの活用等)も併せて実施する。

リスクマップ作成に向けて、県内の暑熱環境の地域性をもたらしている海風の影響をより詳細に解析できるデータを取得するため、IoT暑さ指数計を屋上に設置するとともに、海風の吹きやすい地表面粗度の低い地域にも設置地点を拡大する予定である。

[自主研究]

道路周辺の大気中アンモニア濃度への自動車排出ガスの影響

松本利恵 長谷川就一 市川有二郎 村田浩太郎 佐坂公規 武藤洋介 米持真一

1 目的

アンモニア(NH₃)は、大気中の主要な塩基性物質であり、硫酸化物や窒素酸化物などの大気中の酸性物質の中和に大きな役割を果たしている。その結果、PM_{2.5}等微小領域の二次粒子の生成に寄与している。このように、環境の酸性化や生態影響を検討する上でも極めて重要な物質である。

NH₃の主な発生源として、家畜排泄物や農地への施肥などがよく知られているが、自動車(主にガソリン車の三元触媒)からも排出されており、都市部においては自動車が重要な発生源と考えられる。当所では、2000年～2007年に埼玉県内の幹線道路周辺等で調査を実施し、自動車由来のNH₃が周囲の大気濃度に影響を及ぼしていることを確認している。この調査から約15年が経過し、NO_x濃度が大きく低下するなど自動車排出ガスの組成や総量が大きく変化した可能性があるが、国内の自動車由来NH₃の測定例は少なく、その実態については不明な点が多い。

本研究では、①幹線道路周辺等のNH₃濃度について現状を把握し、②この15年間の道路周辺のNH₃濃度変化の有無と低公害車普及状況等との関係を検討して、自動車由来NH₃の現時点における重要度を明らかにすることを目的とする。

2 方法

調査地点は表1に示すとおり、大気汚染常時監視測定局(常監局)の敷地内に設置した。NH₃濃度は、短期暴露用拡散型サンプラー(小川商会)により、測定した。NO_x(NO、NO₂)PM_{2.5}濃度は同常監局の速報値、降水量は近隣のアメダス(CESSは鴻巣、東秩父はときがわ、その他の地点はさいたま)の測定結果を用いた。美女木、CESS、東秩父は、同様の調査を2007年1月～2007年12月にも実施している。

表1 調査地点

調査地点	地域区分
美女木 (戸田美女木自排局)	幹線道路周辺 (国道17号バイパス)
戸田 (戸田一般局)	市街地 (対照)
下南畑 (富士見下南畑自排局)	幹線道路周辺 (国道463号)
富士見 (富士見一般局)	市街地 (対照)
CESS (環境科学国際C一般局)	農業地域
東秩父 (東秩父一般局)	山地

3 結果

NH₃、NO_x、NO₂濃度及び降水量の推移を図1に示す。各地点のNH₃平均濃度は、下南畑>美女木>CESS>戸田>富士見>東秩父となった。幹線道路周辺の美女木、下南畑は、それぞれの対照地点である市街地の戸田、富士見と比べて高濃度となった。しかし、下南畑がNO_xと同様に他の地点に比べて明らかに高濃度で推移したのに対し、下南畑より交通量の多い美女木は濃度差が小さかった。

東秩父を除く地点で7月にNH₃濃度が上昇したのは、降水量が平年よりかなり少なく、水溶性のNH₃が大気中に存在しやすかったためと考えられる。

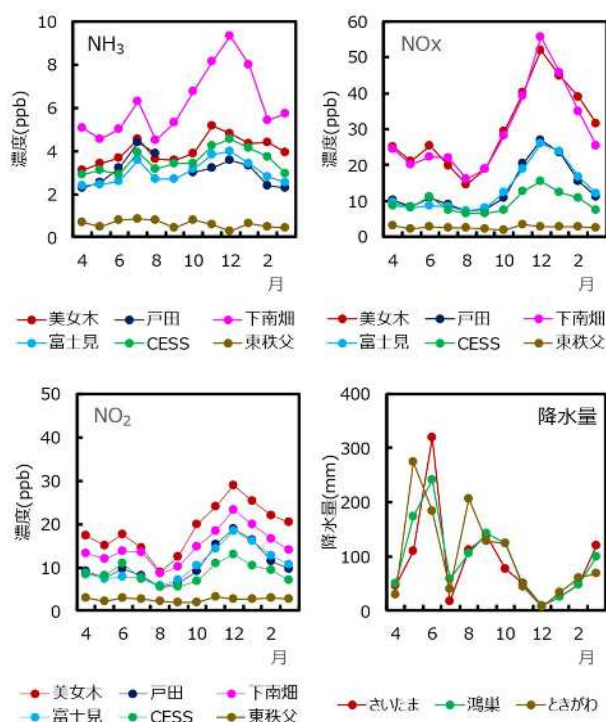


図1 NH₃、NO_x、NO₂濃度及び降水量の推移

4 今後の展開

幹線道路周辺の美女木と下南畑でNH₃濃度の挙動に違いが見られた原因について検討を行う。また前回調査結果との違いや低公害車普及状況等との関係について検討を行う。

[自主研究]

気候にも影響する大気汚染物質の地域排出実態の解明

長谷川就一 米持真一 佐坂公規 松本利恵 市川有二郎 村田浩太郎

1 背景と目的

大気中のガス状及び粒子状の汚染物質の中で、メタン(CH₄)や黒色炭素(BC)などは、気候にも影響する物質(短寿命気候影響因子;SLCF)として大気汚染だけでなく気候変動(温暖化)の観点からも、大気中での挙動や排出実態を把握する必要がある。CH₄は全球規模で上昇傾向が観測されており、また、国内におけるPM_{2.5}中のBCの濃度は最近下げ止まってきている。そこで、本研究では、こうしたSLCFについて、地域レベル(ここでは埼玉県を主とした関東地方)での時間的・空間的な排出実態の推定やその手法の検討などを行い、地域スケールでのSLCFの排出実態を明らかにし、今後の気候変動緩和策(排出対策)に寄与することを目的とする。

2 方法

県内の大気汚染常時監視で2001年度以降、継続的にCH₄が測定されている一般環境大気測定局(一般局)12局と自動車排出ガス測定局(自排局)11局(一部の年度のデータが欠けている局も含む)を中心として解析に用いた。各測定局の年平均値や月平均値、月別時刻平均値により、経年変化や季節変化(年内変動)、経時変化(日内変動)などを求めた。

3 結果と考察

2001～2022年度の東秩父のCH₄の経年変化を、気象庁が観測しているバックグラウンド地点(綾里(岩手県)、与那国島)と比較すると、濃度レベルや上昇傾向が同様であることが確認でき、東秩父は埼玉県のCH₄を考察する上でバックグラウンド濃度と位置付けてよいと考えられた。そこで、各測定局と東秩父との濃度差を地域排出による濃度と想定した。一般局と自排局のCH₄濃度は、いずれも概ね東秩父と同様に経年的な上昇傾向であった(図1)。また、東秩父との濃度差は、測定局個別にばらつきはあるものの、一般局と自排局とで違いはみられず、他の汚染物質のような自動車排ガスの影響はないと考えられたため、一般局と自排局の区別なく扱うこととした。

東秩父との濃度差(=地域排出による濃度)の経年変化は、都市部である県南や都市郊外・田園地帯である県北とで目立った地域的な特徴はなく同様に微増傾向であったが、これは県内のCH₄排出量推計値の経年的な減少傾向と異なっていた(図2)。東秩父との濃度差を月別に見ていくと、県北では6～8月に濃度差が大きく、県南では11～1月に濃度差がやや大きかった(県北でもこの傾向は弱くみられた)(図3)。県北の6～8月については、水田の影響であると考えられるが、県南の11～1月については影響している発生源は今のところ不明

である。7月と12月の東秩父との濃度差の経時変化を調べると、7月と12月いずれも相対的に昼間は濃度差が小さく、夜間から朝にかけては濃度差が大きい変動を示した。これらの要因として、夜間から朝に排出が増加する発生源、昼間の消失過程、夜間および昼間の気象条件などが可能性として考えられる。

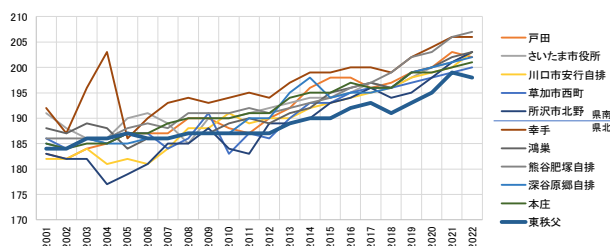


図1 県内各地におけるCH₄年平均値[0.01ppmC]の経年変化

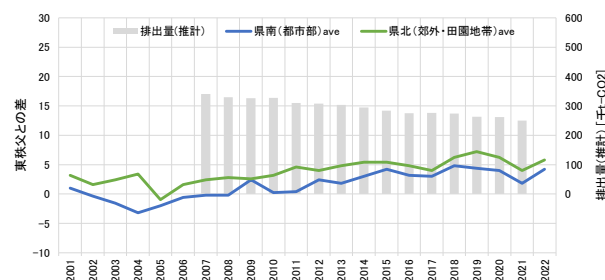


図2 県南と県北のCH₄濃度の東秩父との差[0.01ppmC]の平均と県内CH₄排出量推計値の経年変化

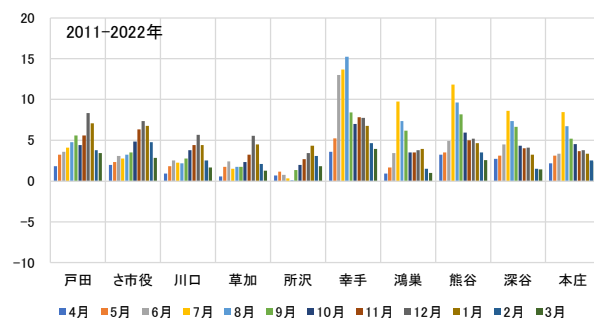


図3 CH₄濃度の東秩父との差[0.01ppmC]の年内変動

4 今後の課題

東秩父との濃度差の経年的な微増傾向と排出量推計値の減少傾向という違いの要因、東秩父との濃度差が県南で11～1月にやや大きくなる要因について、風や大気安定度などの気象条件、都市ガスの漏出や下水からの発生の影響の可能性などを検討する。

[自主研究]

低沸点HFCsの分析法開発と大気観測への応用

市川有二郎 佐坂公規 松本利恵 長谷川就一 村田浩太郎

1 背景と目的

HFCs(ハイドロフルオロカーボン、代替フロン)は、オゾン層破壊物質(ODS)であるCFCs(クロロフルオロカーボン)およびHCFCs(ハイドロクロロフルオロカーボン)の段階的廃止後に、冷凍、電子部品の洗浄、潤滑油のキャリア化合物などの用途に適した産業用代替物として開発・普及した。HFCsはODSではないものの、地球温暖化係数(GWP)がCO₂の数10~1万倍以上の温室効果ガス(GHG)であることから、モントリオール議定書第28回締約国際会議(ギガリ改正)でHFCsも規制対象とされ、先進国はHFCs排出量を2036年までに2019年度比85%減で合意した。ギガリ改正による規制が正常に機能すれば、今世紀末までに約0.5℃の温暖化が回避されると試算されている。

日本では2019年から規制が開始されたものの、既に多くのHFCs充填機器が市場に流通しており、今後、それら機器の廃棄が行われていく。機器廃棄時のフロン回収率は10年以上3割程度で推移(直近でも4割弱)している。未回収分の多くは環境中へ排出・漏洩し、地球温暖化の進行に大きく関与していると懸念されることから、HFCs排出・漏洩状況を監視するためにも大気中HFCsの観測を強化する必要がある。しかしながら、HFCsの多くは低沸点化合物で測定困難であることから、国内外の既往研究ではカスタマイズされた特殊装置を持つ研究機関のみで測定が行われている^{1), 2)}。

以上の研究背景に基づき、本研究では大気中HFCsの実態把握と排出・漏洩を見据えた監視体制を準備するため、低沸点HFCs多成分同時分析法の開発を目的とする。

2 方法

2.1 測定パラメータの最適化

令和4年度に更新された「揮発性有機化合物分析システム」は、低沸点化合物に対する前処理能力が旧機種と比べて強化されている。本装置の冷却部に内蔵されている3つの冷却モジュール(M1、M2、M3)の温度、「M1からM2」と「M2からM3」のサンプル移送量・移送速度、M3からGCMSへのサンプル導入時間、オーブンクライオを用いたGCオープンの昇温条件、各成分の定量・定性用質量数の選定等の各種パラメータについて最適化を図った。

2.2 分析対象

国連気候変動枠組条約(UNFCCC)のHFCs成分別排出量インベントリデータ³⁾から排出量が多く、モニタリングの必要性の高いHFC-134a、32、152a、125、143a、23の6成分を対象とした。

3 結果

測定パラメータの最適化を行った結果、6成分の分離分析が可能となった(図1)。さらに、図2のとおり各成分の標準ガスから作成した検量線の決定係数(R²)は0.99以上であり、良好な分析方法が開発された(検出下限値は全成分で2.5ppt以下)。2024年1月~3月の期間における県内複数地点で採取した実大気試料を試験的に本分析法で測定したところ、良好にHFCs成分を定量することができた。

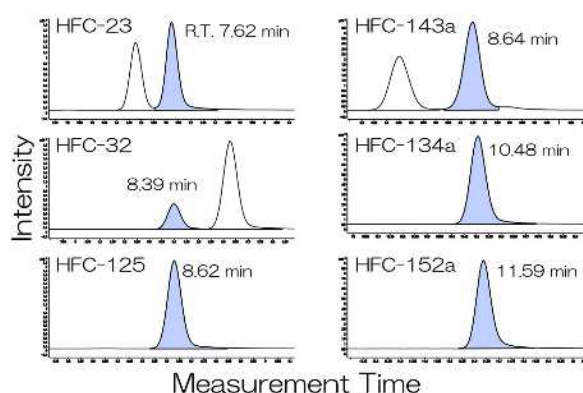


図1 多成分HFCs分析法により得られたクロマトグラム

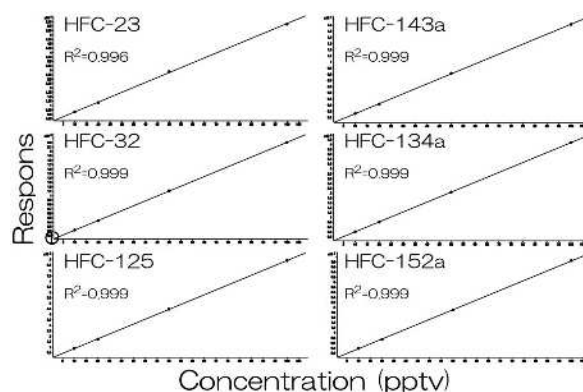


図2 多成分HFCs分析法により得られた検量線 (濃度範囲10~100pptv)

4 成果の発展性

本研究成果は、時・空間的に観測事例の少ない大気中HFCsの観測を強化することによって、排出・漏洩状況の実態が把握でき、今後の温室効果ガス対策やフロン排出抑制対策に資することができる。

文献

- 1) 榎本ら(2005), 大気環境学会誌, 40(1), 1-8.
- 2) Miller et al. (2012).
- 3) UNFCCC National Inventory Submissions (2022).

[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ひとつであり、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

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と単作5はR3年度とR4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。各調査水田内にコードラート(方形枠:50cm×50cm)を9か所設置し、コー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、各調査水田の土壌水分状況について、非灌漑期(2021年12月から翌年3月)において、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(Spectrum Technologies Inc., USA)により測定した。

3 結果と考察

各調査水田におけるタニシ類の生息状況は、二毛作2と二毛作3以外の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。

タニシ類の個体密度を図1に示す。単作水田では16.0~34.2個体/m²であった。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6.7個体/m²であり、単作水田より著しく低かった。また、単作4と単作5を事例とした単作水田非灌漑期土壌中のタニシ類個体密度の年間変化について、概ね安定的

水準を維持していることが示された(図2)。

野外調査水田6か所における土壌の水分含有率の経時変化を図3に示す。水分含有率は非灌漑期の同じ時期でも、水田により大きく異なった。最も低いもので10%前後、最も高いもので50%近いものもあった。タニシ類の個体密度が高い単作水田での水分含有率が二毛作水田より明らかに高かった。また、ヒメタニシ類の生息が確認された二毛作1の水分含有率はタニシ類が確認されなかった他の二毛作水田より高かった。

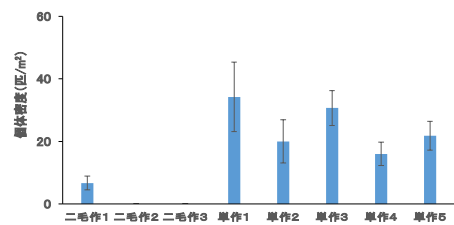


図1 各野外調査水田のタニシ類の生息個体密度

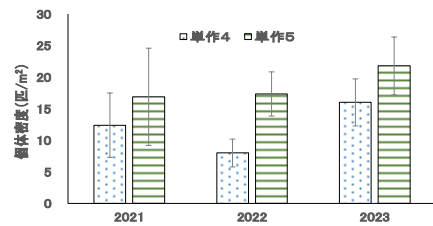


図2 水田単作4と単作5におけるタニシ類の個体密度の推移

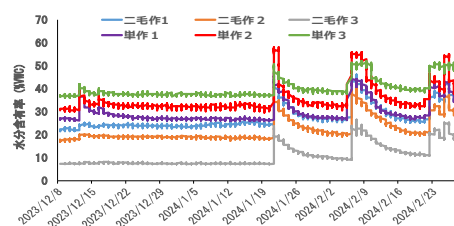


図3 野外水田における土壌(深さ5cm)の水分量の経時変化

4 まとめ

本研究では、同一農家の管理する水田において、ほとんどの水田ではヒメタニシが優占していたが、絶滅危惧種のマルタニシの生息も確認された。埼玉県平野部での記録は乏しいため、貴重な記録である。非灌漑期の土壌含水量は水田間で大きく異なったことが分かった。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。二毛作水田は単作水田に比べて含水量が低い傾向にあり、タニシ類の個体密度も明らかに低かった。

[自主研究]

湛水開始時期を指標とした水田地帯における生物の生息適地推定

安野翔 大和広明 角田裕志 米倉哲志 王効拳

1 背景と目的

水田は多様な生物の生息環境として機能する。埼玉県内の水田では、田植え時期が4月下旬から6月下旬頃まで最大で2か月程の差が見られる。これまでの研究の結果、田植え時期がカエル幼生を含む水生動物群集やサギ類の水田への飛来時期に影響することが明らかになった。

近年、土地利用等の地理情報と生物の分布データの整備が進むにつれて、生物の生息適地推定が盛んに行われている¹⁾。田植え時期の情報が得られれば、カエル類やサギ類等の生物の生息適地推定が可能となり、生物多様性保全に貢献できると期待される。本研究では、田植え前の湛水開始時期を、天候の影響を受けない合成開口レーダ(SAR)で撮影された衛星画像から推定する。野外調査で得られるサギ類とカエル類の分布データを用いて生息適地モデルを構築することを目的とする。今年度は、衛星画像を用いた湛水開始時期の推定を行った。

2 方法

2.1 SAR画像を用いた湛水開始時期の推定

ヨーロッパ宇宙機関(ESA)のSAR衛星Sentinel-1および光学衛星Sentinel-2が無償公開している衛星画像を利用し、水田圃場ごとの湛水開始時期を推定する。Sentinel-1の回帰日数は12日、解像度は10mである。先行研究において、湛水直後の水田では後方散乱係数の顕著な低下が認められており²⁾、湛水開始時期の指標として用いることができる。Sentinel-1と同日に撮影された光学衛星Sentinel-2の画像データを併用することで、湛水田の後方散乱係数の閾値を決定するとともに、湛水有無判定の正答率を評価する。

2.2 閾値推定と正答率評価

SAR画像による湛水有無判定の閾値設定と正答率評価を行うため、光学衛星Sentinel-2で水田圃場ごとに修正正規化水指数(MNDWI)を求め、教師データとして利用可能か検証した。まず、2022年5月22日撮影画像から加須市志多見地区の水田圃場内のMNDWI平均値を求めるとともに、現地踏査結果と照合したところ、閾値を0.1に設定すると正答率95.6%と高精度で湛水有無を判定できることを確認した。次に、Sentinel-1、2が同日に撮影した2018年6月2日のデータを用い、SAR画像の閾値を推定した。検証用圃場は、湛水して間もない地域および湛水開始前の計10地域から合計2,344圃場を抽出した。2値化処理の1種であるPタイル法を応用して²⁾、閾値推定および正答率評価を行った。VV偏波では閾値-13.8dB、正答率80.8%、VH偏波では閾値-23.1dB、正答率85.1%であったため、VH偏波の値を以後の湛水開始時期推定に用いる

こととした。

2.3 湛水開始時期の推定

2021年および2022年の各水田圃場のポリゴンに4~7月に撮影された衛星画像のVH偏波とMNDWIの平均値を格納することで、圃場ごとに時系列データを用意した。対象期間内に初めてVH偏波の値が閾値を下回るか、あるいはMNDWIが閾値を上回った時期を湛水開始時期とした。なお、湛水開始が5月後半以降である熊谷市と行田市については、耕うん後の整地に伴う誤判定を避けるため、5月20日以前はすべて非湛水とみなすこととした。

3 結果

湛水開始時期の推定結果を地図上で可視化したところ、湛水開始が早い水田ほど東側、遅い水田ほど西側に分布していることが確認できた。特に4月中旬に湛水される水田は加須市北川辺地区と杉戸町、幸手市に集中する傾向が認められた(図1)。一方で、湛水が6月下旬以降の水田は行田市と熊谷市に集中しており、主に米麦二毛作水田と推察される。2021年と2022年では、衛星の観測日が若干異なるが、上記の傾向は概ね同様であった。

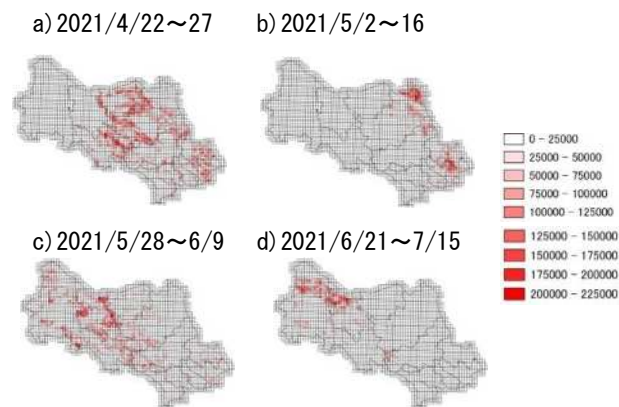


図1 2021年の湛水開始時期ごとの水田の分布状況。各4次メッシュ(500mメッシュ)内における各湛水開始時期の水田面積(単位:m²)を色の濃度で表す。

4 今後の研究方向

令和6年度は対象地域においてカエル類の鳴き声調査を行い、分布データを収集する。さらに、上記の湛水開始時期の地図データと組み合わせ、生息適地モデルを構築する。

文献

- 1) 石濱(2017), 保全生態学研究, 22(1), 21-40.
- 2) 福本(2020), 農業農村工学会論文集, 88(1): pp.II_21-II_28.

[自主研究]

ラベル台紙の循環利用促進に向けた実態把握と事業者意識調査

川崎幹生 磯部友護 長森正尚 茂木守

1 目的

気候変動抑制対策としてCO₂排出量削減及び資源循環を促進することは、行政にとって喫緊の課題である。その対応策の一つとして、焼却ごみ量の削減がある。しかし、近年自治体の焼却ごみ量はあまり減少していない。そこで、可燃ごみ減量対策として、事業系可燃ごみの中に分別された状態で廃棄されていることが多いラベル台紙に着目した。また、近年、ラベル台紙のリサイクルにかかわる二つの取り組み、循環型台紙を開発した資源循環プロジェクトと従来のラベル台紙のリサイクルを推進するラベル循環協会が始まった。しかし、両取り組みが開始されて間もないため、十分普及しているとは言えない。

そこで、本研究ではこれらのラベル台紙の循環利用にかかわる取り組みを普及・促進し、焼却ごみ量削減につなげることを目的として実施した。初年度はラベル台紙にかかわる現況を調査し、かつ、ステークホルダーに啓発するために、ラベル台紙を廃棄するラベルユーザー及びラベル台紙を紙資源として回収可能な古紙回収業者に対してアンケート調査やヒアリングを実施したので報告する。

2 方法

2.1 ユーザーアンケート調査

アンケート対象とした企業は、彩の国工場一覧からラベルの使用が考えられる企業200を抽出、各企業のホームページの「お問い合わせ」からアンケートを発信した(7月末から11月上旬)。アンケートは簡易なものとした。内容は、目的「事業系焼却ごみ削減の対策の一環として、ラベル台紙の処分に関する現況の把握するため」、及び設問①ラベル台紙の処理・処分方法、②おおよその廃棄量、③資源循環プロジェクトまたはラベル循環協会の取組を知っているかである。アンケートを発信した企業は145社である。回答の返信は41社(回答率28%)であった。なお、資源循環プロジェクトやラベル協会の説明はアンケート内には記していないが、回答のあった企業に対してはそれぞれの簡単な紹介およびホームページのアドレスを返信した。

2.2 古紙回収事業者アンケート調査

アンケート対象とした企業は、廃棄物再生事業者登録一覧から県内に本社がある古紙回収事業者20社を抽出、各事業者のホームページからアンケートを発信した(7月末)。その内容は、①ラベル台紙収集の有無、②リサイクル方法、③循環協会の取組を知っているか、及びCESSが県の公共研究機関であることを記した。回答の返信は7社(回答率35%)であった。

2.3 ヒアリング

ヒアリング調査は資源循環プロジェクトの説明に同行して実施(3社)、アンケート調査や研究事業紹介からの発展(6社:1社は古紙回収事業者)、計9社に対して実施した。その内容は、ラベル台紙処理処分の現況、通常の廃棄物処理やリサイクルにかかわる情報の入手手段、ラベル台紙の循環利用を進める上での課題、民間に情報を啓発する手段等である。

3 結果

3.1 ユーザーアンケート調査

処分方法について調査結果を図1に示した。約5割の会社がラベル台紙を焼却ごみとして処分していることが分かった。一方、燃料としてのリサイクルも約1割。既にラベル台紙を製紙原料として分別・リサイクルしている会社も約1割(4社)あることが分かった。また、廃棄量を概ね把握している会社は、産廃として焼却処分しているか、またはリサイクルしている会社の割合が多い。これは、産廃処理費やリサイクル費が従量制であることに起因すると考えられる。一方、廃棄量を把握していない会社は、一般廃棄物として焼却処分している会社の割合が多く、事業系ごみの料金設定が定額制を選択している会社が多いことが示唆された。



図1 ラベル台紙の処理処分方法

ことが示唆された。ラベル台紙の循環利用の取組を知っていると答えた約1割の会社はいずれも大企業であったが、採用に至った会社は今のところはない。

3.2 古紙回収事業者アンケート調査

6社がラベル台紙を収集していない。その理由として、製紙会社より禁忌品として混入禁止されているとのことであった。しかし、1社は既に分別収集し、製紙原料として製紙会社に搬入しているとのことであった。県内の一部では既にラベル台紙のリサイクルルートが確立されていることが分かった。

3.3 ヒアリング

ヒアリングを行った会社は分別せずに“ごみ”として排出していた。ごみに関する情報の入手先としては、ベンダー会議、展示会、信頼できる人からの伝達であった。今後進める上での課題は、費用、現場の同意である。

4 今後の展開

今年度は、郵送やセミナーによる調査、啓発を行い、今後の啓発手法について検討する。

[自主研究]

人工甘味料濃度および蛍光強度を利用した下水道不明水の侵入箇所 の推定手法の検討

竹峰秀祐 池田和弘 大塚宜寿 蓑毛康太郎 堀井勇一 落合祐介 渡辺洋一

1 背景と目的

雨水や地下水の侵入による下水道の不明水の増加は、水処理への影響、汚水の溢水、道路の陥没等、様々な環境問題を引き起こす。埼玉県内の関係自治体および下水道事業者にとって、不明水対策は大きな課題となっている。対策には侵入箇所を特定する必要があるが、想定される侵入箇所付近での流量の長期的な観測や目視調査等が必要であり、容易ではない。

これまでの研究で、人工甘味料や蛍光強度が生活排水の混入の有無や程度を示すマーカーとして有効であることを明らかにしてきた。また、元荒川水循環センターの流入水・放流水を定期的に採水し調査した結果、降雨が集中する夏から秋にかけて人工甘味料濃度および蛍光強度が低下していた。雨水等の不明水により、生活排水が希釈されたためと考えられる。

そこで、本研究では、比較的簡便に測定できる人工甘味料濃度や蛍光強度を利用し、下水管きよの不明水の侵入箇所を推定する方法について検討する。

2 方法と結果

2.1 接続点の流量解析

令和4年度の実測日平均流量と計画日平均汚水量を比較した。その結果、元荒川第4号と熊谷第2号は、計画日平均汚水量に対して実測流量が顕著に多く、不明水の多い接続点であることが推測された。

2.2 接続点の人工甘味料濃度および蛍光強度

接続点の下水を採水し、人工甘味料濃度(スクラロース、アセスルファム、およびサッカリン)、ならびに蛍光強度(フルオレセイン、チロシン、トリプトファンに由来する波長帯)を測定した。人工甘味料濃度は、LC/MS/MSで測定し、蛍光強度は蛍光分光光度計で測定した。接続点は流量を常時観測している。採

水時流量と計画日平均汚水量との比をとり、不明水の混入率の目安となる値を算出した。スクラロース濃度ならびにフルオレセインの蛍光強度と採水時流量/計画日平均汚水量の散布図を示す(図1)。

スクラロース濃度ならびにフルオレセインの蛍光強度は、不明水が多いと推測される元荒川第4号と熊谷第2号で低かった。また、それらの接続点では、採水時流量/計画日平均汚水量が高く、採水時に不明水が侵入し生活排水が希釈されていることが推察された。これらから、スクラロース濃度とフルオレセインの蛍光強度は、不明水のマーカーとして機能することを示した。

2.3 元荒川水循環センターでの調査

濃度の季節変動等を調査するため、流入水・放流水を月別(12か月)および時間別(24時間、2回)に採水し、人工甘味料濃度ならびに蛍光強度を測定した。

月別採水では、スクラロース濃度は降雨の影響等で濃度の変化があったものの季節的な濃度変動は大きくなかった。流入水のフルオレセインの蛍光強度は、冬季に高い傾向にあった。時間別採水では、流入水はスクラロース濃度およびフルオレセインの蛍光強度ともに時間変動がみられたのに対し、放流水は時間変動がみられなかった。

3 令和6年度の計画

令和6年度は、引き続き基礎的なデータを取得するため、以下の項目の調査を実施する。

- ・公共幹線での採水(30地点、60検体程度)
- ・不明水が多い処理区分の付近での調査(隔月、2地点)
- ・流入水・放流水を月別採水(12検体)
- ・流入水の時間別(24時間)採水(5月、8月、流入:48検体)
- ・人工甘味料濃度および蛍光強度を利用した不明水侵入箇所の推定の可能性の検証

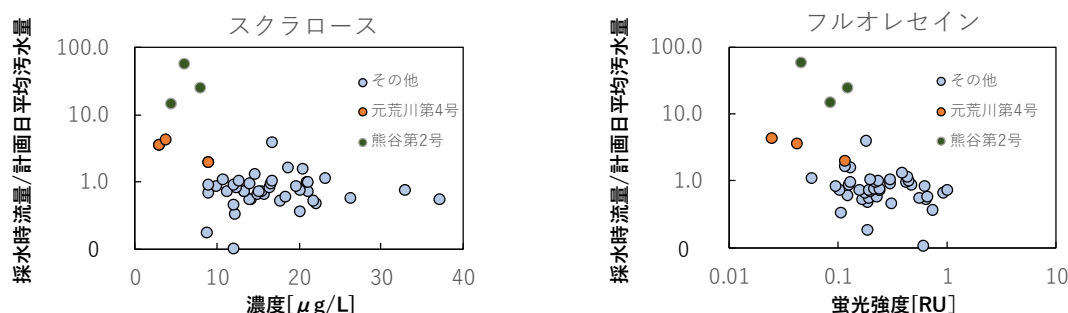


図1 スクラロース濃度およびフルオレセインの蛍光強度と採水時流量/計画日平均汚水量

[自主研究]

放射性物質を指標とした燃烧由来ダイオキシン類の 汚染源解明に関する研究

落合祐介 大塚宜寿 蓑毛康太郎 堀井勇一 竹峰秀祐 渡辺洋一

1 目的

我々は環境中のダイオキシン類の汚染源解析手法を開発している¹⁾。この手法により、大気降下物中ダイオキシン類の多くは廃棄物焼却炉の排出ガスとして大気に放出された燃烧由来成分で、降水当たりに換算すると、水質の環境基準を超過する濃度になることを明らかにした²⁾。このことは、降水中の燃烧由来ダイオキシン類が、小規模河川や水路の水質に少なからず影響を与え得ることを示唆している。ただし、実際の水試料中の燃烧由来ダイオキシン類が、排出ガスに由来し、大気を経由してきたものなのか、あるいはそれ以外の燃え殻やばいじん等の混入によるものかを特定する手法は見出せていない。

一方、我々は福島原発事故以来、環境中の放射能の測定を行ってきた。環境中には事故に由来するCs-137といった人工核種の他に、宇宙線に由来するBe-7や地殻中のラドンに由来するPb-210といった自然核種が存在し、大気や大気降下物から検出されている。これら2核種の半減期は大きく異なっている(Be-7:約53日、Pb-210:約22年)ことから、存在の有無や存在比は、環境試料が大気に由来するかどうかの指標となる可能性がある。そこで、自然核種のBe-7とPb-210をダイオキシン類と併せて測定することで、水試料中の燃烧由来ダイオキシン類の汚染源特定が可能か検討を行い、その評価を行うことを本研究の目的とする。

2 方法と結果

2.1 サンプルング手法の検討

現在、ダイオキシン類の測定に係る環境大気サンプルングは100L/minの流速で7日間採取する方法が一般的である。一方、環境中の放射性物質をモニタリングするために実施している環境放射能水準調査事業に基づく降下物の採取期間は1か月である。本研究は、同一条件で採取した降下物及び大気浮遊じんの放射性物質濃度とダイオキシン類濃度を測定する必要があるため、ダイオキシン類を測定する上で、大気の長時間サンプルングが可能か検討を行った。検討の結果、100L/minの流速で1か月試料採取を継続してもダイオキシン類が捕集できていることを確認した³⁾。

2.2 降下物及び大気浮遊じん

降下物及び大気浮遊じんの試料採取期間は1か月とした。それぞれの試料について、放射性物質濃度とダイオキシン類

濃度を測定した。今回の調査では、自然核種の放射性物質濃度と燃烧由来ダイオキシン類濃度に関して、有意な相関は認められなかった。Be-7は、半減期が短いため、1か月のサンプルング期間が適切でない可能性がある。一方、Pb-210の半減期は長い、当所で保有する機器では、十分な検出感度を満たせなかった。

2.3 ばいじん及び燃え殻

廃棄物焼却炉で廃棄物を焼却した際に発生するばいじんや燃え殻について、自然核種が検出されるか、高純度Ge半導体検出器を用いて測定を行った。ばいじん4検体及び燃え殻5検体の計9検体を調査した。調査の結果、Be-7は検出されたものの、降下物のBe-7濃度と比較して非常に低濃度であることを確認した。

3 令和6年度の研究計画

令和5年度は、降下物、大気浮遊じんの採取期間を1か月としていたが、1週間採取4回と比較したところ、1か月採取では半減期の短いBe-7濃度が低く評価され、採取期間として適切でない可能性が判明した(図1左)。期間を短くすることでこの点が解消されることから(図1右)、令和6年度は採取期間を1~5日間として調査を継続する。Pb-210は当所のGe半導体検出器では、正確な定量ができないので、対象から外すこととした。また、得られた結果を基に、本手法に関する評価を行う。

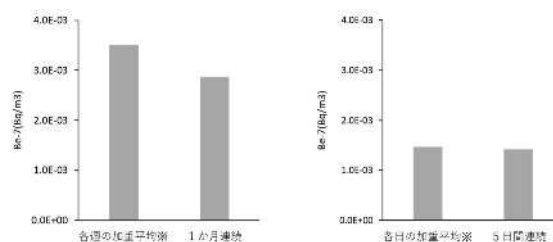


図1. サンプルング期間の違いによるBe-7の濃度差
左: サンプルング期間1か月、右: サンプルング期間5日
※各試料の採取終了日時時点の濃度を加重平均した値

文献

- 1) 大塚ら (2007), 環境化学, 17, 377-386.
- 2) Minomo et al. (2018), *J. Environ. Sci.*, 64, 245-251.
- 3) 落合ら (2024), 環境化学, 34, 21-29.

[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、生物の現認が困難だが高効率、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。

令和5年度は、より生命反応に由来する環境RNAの分析を開始した。また、令和4年度の検討により、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ことから、十脚甲殻類の網羅的解析を検討した。

2 方法

2.1 魚類環境RNA網羅的解析の検討

川越市内河川等において、環境DNA/RNAの分析と同時に捕獲調査を実施した。試料の採取～分析・解析の一連の作業は、基本的に環境DNA調査・実験マニュアル¹⁾に準じて実施した。環境DNA/RNA分析用の試料を個別にカートリッジフィルタでろ過・抽出(抽出キットはそれぞれ異なる)後、環境RNA試料についてはゲノムDNAの除去およびcDNAへの逆転写反応を行った。以降の分析は、環境DNA/RNAの両者共通である。

2.2 十脚甲殻類の網羅的解析の検討

既往研究²⁾に基づき、十脚甲殻類の網羅的解析を試みた。プライマーセット(MiDeca Primer F/R)やPCR等の条件は、文献²⁾に準ずる。また、人工合成したヤシガニ(*Birgus latro*)の遺伝子を用いて、PCRによるDNA増幅を確認した。ターゲットDNAの増幅は、アガロースゲル電気泳動によるバンドの確認によって行った。なお、ヤシガニは、オカヤドカリ科に属する陸生最大の甲殻類である。インド～西太平洋の熱帯・亜熱帯域の島しょに分布し、本県には生息しないことから、DNA増幅確認の対象に選定した。

3 結果

3.1 魚類環境RNA網羅的解析の検討

環境DNA/RNA分析いずれも純海水魚は不検出であるとともに、コイ科魚類が最も多く検出された。また、両手法とも、捕獲調査による確認魚種は全て網羅していた。しかしながら、試料により異なるものの、DNAとRNAの検出魚種には違いが見られたことから、DNA/RNA同時抽出キット等を用いた検討や、さらなるデータの蓄積が必要と考えられた。

3.2 十脚甲殻類の網羅的解析の検討

まず、甲殻類(ヌマエビ類)が確認されている河川水サンプルについて試験分析したところ、DNA増幅はみられなかった。そこで、人工合成した*B. latro*の遺伝子を用いて再度分析したところ、試料中にDNAが100gc/μL以上あれば増幅可能なことが確認できた(図1)。今後さらに、甲殻類の飼育水や環境水試料等の検討に展開が期待された。

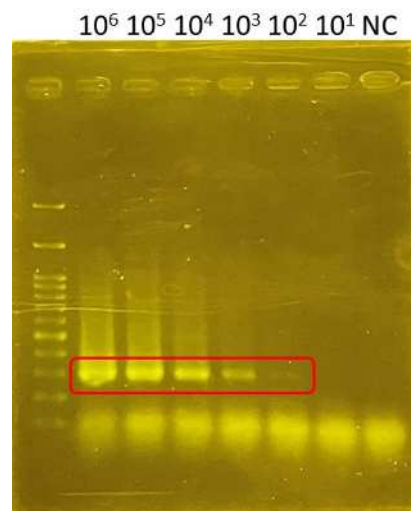


図1 *B. latro*人工合成遺伝子の分析結果

4 今後の方向性

環境RNA分析を引き続き検討し、生物調査方法の方向性の提案を目指す。また、十脚甲殻類の網羅的解析手法の検討と同時に、分析精度の改善に取り組んでいく。

文献

- 1) 一社環境DNA学会(2020), 環境DNA調査・実験マニュアル, ver.2.2.
- 2) Komai et al. (2019), *Metabarcoding Metagenom.*, 3, e33835.

[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で検出されるタンパク質様蛍光成分は生活排水混入の指標として有用である。しかし、この成分は藻類や畜舎排水からも供給されるため、指標として使用できる水域に制限がある。また、蛍光強度を定量するにはPARAFAC解析が必要であり、流入の迅速検知には不向きである。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。そこで本研究では、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した。本年度は、入浴剤由来の色素フルオレセイン、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比較・評価した。

2 方法

調査対象は埼玉県内河川とし、2022年4月から2023年12月まで月1回採水した。ろ紙(GF/B)によるろ液を分析対象とした。各化学物質の蛍光分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。DSBPの蛍光ピークに重なる腐植物質の影響は計算により除去した。フルオレセインの有機物への収着は回分式収着平衡実験により、活性汚泥による除去性はフラスコ内でのばつ気実験により評価した。光分解実験は冬季の晴天時に屋上で、石英蛍光セルを利用して実施した。

3 結果および考察

3.1 生活排水混入の指標性の比較・評価

河川20地点の調査期間中平均蛍光強度を算出し、生活排水混入率との関係を調査した。各蛍光成分の強度は生活排水混入率が高いと高くなる傾向が確認された。相関性はDSBP($R^2=0.80$)、フルオレセイン(図1)($R^2=0.73$)、LAS($R^2=0.59$)の順となった。DSBPとフルオレセインの蛍光強度の相関性は高く($R^2=0.94$)、両者の由来と環境中動態が類似していることが推察された。測定の容易さの観点からは、励起蛍光波長1点の計測でよいフルオレセインが、3点必要なDSBPや測定前の希釈が必要なことがあるLASより優れており、より実用的であると考えられた。またDSBPの検出濃度は平成14年度の調査と比べ低下しており、使用量の減少の影響と推察された。

計測したフルオレセイン蛍光強度と流量データから河川における蛍光成分のフラックスを算出し、河川38地点の平均値

の季節変動を調査した(図2)。フラックスは冬季に増大し、入浴剤の使用量に関連していると考えられた。フルオレセインの蛍光から河川への生活排水混入量を算出する際は、季節毎に異なる原単位を使用する必要があることが分かった。

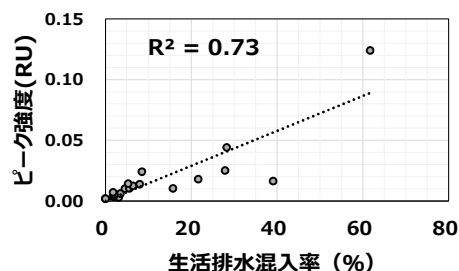


図1 フルオレセイン蛍光強度と生活排水混入率の関係

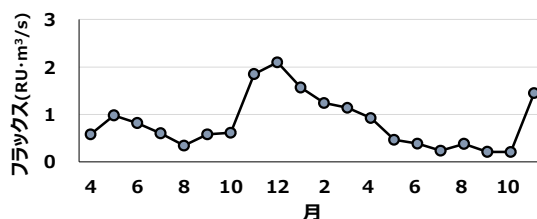


図2 河川におけるフルオレセイン由来蛍光成分フラックスの経月変動(2022年4月~2023年11月)

3.2 フルオレセイン蛍光の実環境中での残存性

下水処理水以外の流入がほとんどない浅い河川におけるフルオレセイン蛍光の消長を調査した結果、その半減期は3時間であった。溶存有機物への収着定数を、スワニー川NOMやアルドリッチ社フミン酸など5種類の溶存有機物で調査したが、収着は確認されなかった。また活性汚泥と混和しても、33時間で約10%の減少にとどまった。一方、光分解実験では1時間で95%以上減少した。これはDSBPも同様であった。これらより、実環境中でフルオレセイン蛍光は光分解により比較的早く消失することが予想された。フルオレセイン蛍光は比較的近い負荷源からの生活排水の流入検知に有効と考えられた。

4 まとめ

フルオレセイン由来の蛍光ピークは、河川への生活排水混入に検知に有効であるが、光分解による消失や季節による使用量変化を考慮して使用する必要がある。雨天時の河川への生下水流入の迅速検知、小流域での生活排水混入率調査、地下水への生下水の漏洩調査等に特に有効と考えられる。

[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で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温(18℃)、中温(25℃)条件にて高濃度にまで集積した。本年度は特に、得られたアナモックス細菌の温度特性を調べることにした。リアクターの温度を4段階に変更して、回分的に窒素除去速度を求めた。アレニウスの式を用いて活性化エネルギー(Ea)を算出した。これにより、アナモックス細菌を用いた低、中水温処理への適用を評価した。

【課題2】脱水ろ液の負荷変動試験では、脱水ろ液のNH₄⁺-Nが3つのPhaseに分けて徐々に増加したため、それに合わせて負荷が増加した。高窒素除去率維持試験では、脱水ろ液を用いた実験を長期にわたって実施した。アナモックス菌と硝化菌をそれぞれポリエチレングリコール製のゲルで包括固定化した担体(約3mmの立方体)を用いた。反応容積1.44Lのリアクターを用い、槽内水温を30℃に維持した。また、アナモックス担体10%、硝化担体10%の計20%となるようにした。

3 結果

【課題1】実験開始1553日目から流入水中のNH₄⁺-N、NO₂⁻-N濃度を上げて運転を行ったところ、処理水中の平均NH₄⁺-NおよびNO₂⁻-N濃度はそれぞれ、8.4、0.65 mg L⁻¹を示し、高い

処理性能を維持した。25℃条件においても、培養試験期間の途中から流入水中の窒素濃度を上げて運転を行ったが、水質の悪化は見られず試験開始後と同等の処理性能を維持した。

温度特性を調べた試験では、低温(18℃)、中温(25℃)条件において図1に示すアレニウスプロットからEaを得た。低温(18℃)条件がEa = 117 kJ mol⁻¹(13~25℃)、中温(25℃)条件がEa = 40.4 kJ mol⁻¹(15~30℃)と算出された。両条件共に接種源は同様でも、異なる温度条件で培養するとEaも異なることが示された。本試験においては両条件間で温度範囲や菌体密度が異なるが、中温(25℃)条件で培養した方がEaは小さく、温度依存性が低い結果となった。

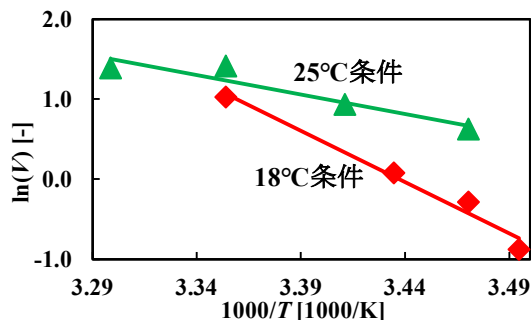


図1 温度特性試験の結果

【課題2】負荷変動試験の水質の経日変化は図2に示したとおりである。Phase Iでは、処理活性に多少のばらつきが確認されたが、高い活性の維持が可能であった。Phase II~IIIでは、Phase Iよりも高い負荷であったにもかかわらず、活性のばらつきはほとんど確認されず、Phase Iと比較して高い窒素除去率を維持することができた。窒素濃度の上昇に伴いNLRが約1.5kg-N(m³ d)⁻¹までの範囲であれば、高い処理性能を維持することが示された。高窒素除去率維持試験においても高い処理速度の維持が確認された。

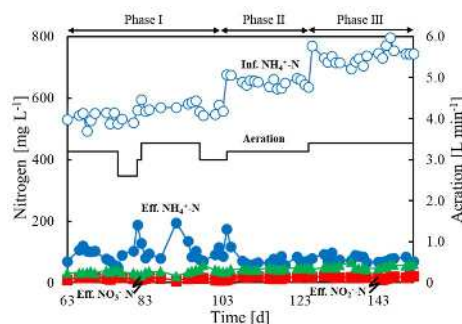


図2 負荷変動試験の水質変化

[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5年度は、環境基準点12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0.45μm

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¹⁾に従い行った。検水の希釈は、原液、10倍及び100倍の系、もしくは100倍、1,000倍及び10,000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5年度については、環境基準超過地点を含む55地点で大腸菌数の測定を行った。赤平川・赤平橋では(AA類型[水道1級])、上流域に牧場が存在するが、その上流地点で測定しても、大腸菌数は環境基準値を上回っていた。小山川・新元田橋では、5km以上上流の最上流地点においても、大腸菌数は環境基準値を上回っていた。同様に、越辺川・山吹橋(補助地点[A類型])でも、5km以上上流の地点においても、大腸菌数は環境基準値を上回っていた。荒川では、これまでの調査結果より、中津川合流点前(AA類型[自然環境保全])の上流に位置する三十穂橋のさらに上流および親鼻橋(A類型)と秩父橋の間に排出源があると推定されたが、令和5年度の測定では全ての地点で環境基準値未満の値であった。同様に、高麗川・天神橋(補助地点[A類型])の上流地点でも、調査した全地点で環境基準値未満の値であった。

埼玉県では、大腸菌数はAA類型およびA類型における環境基準非達成が多い。それらの地点では、上流域に民家が存在し、また公共下水道に接続できない場所に位置している場合がそのほとんどである。令和3~5年度の3年間で、環境基準超過地点の上流域を詳細に調査したが(合計190試料)、特定の汚濁負荷源が見られた地点はほとんどなく、上流域に民家が存在すると、Aタイプの基準値である300CFU/100mLを上回る傾向が見られた。これらの地点では、古い家屋も多く見られたことから、老朽化した浄化槽の交換、単独処理浄化槽から合併処理浄化槽への転換推進、保守点検および法廷検査の徹底により、環境基準を達成できる地点が増える可能性が高いと考えられる。

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 濱元栄起 高沢麻里

1 目的

埼玉県北西部の楡引台地には、硝酸性-亜硝酸性窒素による地下水汚染が数多く存在している。窒素汚染の原因としては、農用地における化学肥料の散布や家畜排せつ物の影響が考えられるが、当該地域はネギやブロッコリーなど畑作が盛んで畜産事業所も多数存在することから、汚染原因の明確な特定までには至っていない。

地下水窒素汚染の汚染原因調査手法としては、キーダイアグラムによる方法、ヘキサダイアグラムによる方法、窒素安定同位体比による方法、濃度相関マトリックスによる方法が環境省から提示されている¹⁾。本研究では、地下水に含まれる様々な無機イオン類濃度の相関性を解析する濃度相関マトリックス法¹⁾により、埼玉県北西部の地下水窒素汚染の原因を検討した結果について報告する。

2 実験方法

本研究では、埼玉県北西部地域から採水した40地点の地下水試料を分析した。地下水試料は、0.2 μmの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て硝酸性及び亜硝酸性窒素のほか、地下水中の無機イオン類(Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻)を測定した。また、補足データとして地下水のpH、電気伝導度(EC)、アルカリ度も計測した。地下水に溶解している有機物量を把握するため、溶存性有機物(DOC)濃度も計測した。

地域一帯の帯水層構造を把握するため、調査地域周辺のボーリング柱状図を入手して地質構造解析を行った。

3 結果と考察

調査地域周辺のボーリング柱状図を調べたところ、当該地域には深度5m付近から層厚約20mの砂礫層が堆積していることが分かった。井戸深度の実測値も5~10m付近が多く、井戸所有者に対するヒアリング調査でも概ね同様の回答が得られた。地下水試料のキーダイアグラムを作成したところ、1地点だけ深井戸であることが判明したが、残りは浅井戸の特徴を有していることが分かった。

各無機イオン類の相関関係を調べた結果、窒素成分濃度(硝酸性窒素+亜硝酸性窒素)とカルシウム濃度及びマグネシウム濃度は相関性があることが判明した(表1)。また、同様に窒素成分濃度と地下水のECとの間にも良好な相関関係が認められた。環境省の硝酸性窒素等による地下水汚染対策マニュアルでは、窒素成分とカルシウムイオンやマグネシウムイオンの相関が高い場合には、窒素肥料による汚染の原因が考えられると報告されている¹⁾。本調査地域の地下水試料を分

析したところ、同様の相関性が認められていることから、本汚染地域の原因は窒素肥料の可能性が考えられる。家畜糞尿からは、アンモニア性窒素とともに大量の有機物が排出される。窒素成分とDOCの関係を調べたところ、両者の間に相関性は認められなかった(R²=0.039)。この分析結果からも明らかのように、当該地域の窒素汚染では家畜糞尿の影響はほとんどないと推察される。

化学肥料の場合、窒素肥料の多くは硫酸アンモニウムの形で散布されることが多い。そこで、窒素成分濃度と硫酸イオン濃度の関係を調べることにした。窒素成分と硫酸イオンの濃度には、一定の相関性が認められた(図1左)、窒素成分濃度が高い3地点の井戸は相関性のグラフから大きく乖離する結果となった(図1右)。この3地点は近接して存在することから、この地域では窒素負荷が高い肥料を用いている可能性が認められた。

表1 窒素と無機イオン類との相関

	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	EC
N	0.21	0.02	0.71	0.72	0.28	0.68	0.17	0.79
Na ⁺		0.02	0.28	0.39	0.45	0.09	0.00	0.30
K ⁺			0.01	0.00	0.04	0.03	0.02	0.01
Ca ²⁺				0.67	0.14	0.42	0.00	0.88
Mg ²⁺					0.34	0.50	0.01	0.89
Cl ⁻						0.14	0.02	0.44
SO ₄ ²⁻							0.05	0.51
HCO ₃ ⁻								0.00

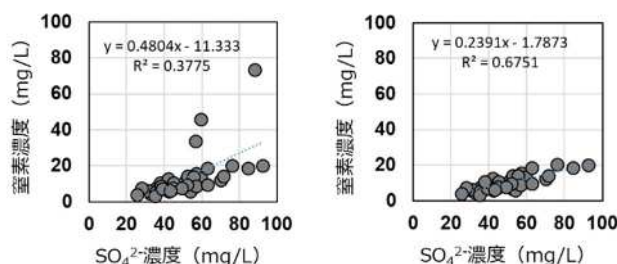


図1 窒素濃度と硫酸イオン濃度の関係 (左:全地点、右:3地点を除外)

4 まとめ

埼玉県北西部地域の地下水窒素汚染は、農用地における窒素肥料が主たる原因と考えられる。北西部の一部地域には、窒素負荷が高い井戸が存在した。

文献

- 1) 環境省(2016)硝酸性窒素等による地下水汚染対策マニュアル, <https://www.env.go.jp/content/900539354.pdf>.

[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3,200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3,200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。いっぽうで、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への影響を総合的に評価する必要がある。本年度はこれまで実証試験等を通じて得られた成果を利用しコスト面での評価や、農業用実証試験が終了した後のフォローアップ調査を実施した。

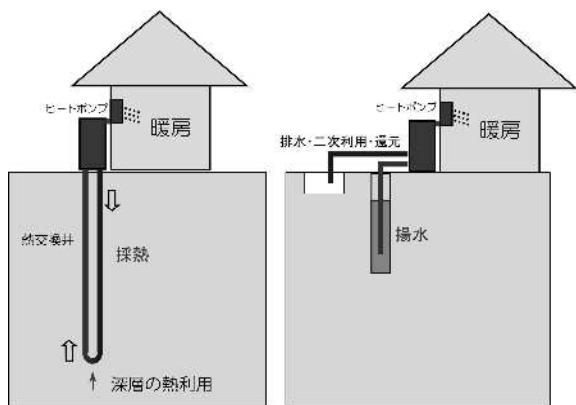


図1 クローズド式とオープン式概念図

2 内容と成果

2.1 地中熱システムのコスト評価

地中熱利用システムの普及のためには、コスト面での評価も重要なポイントである。近年、石油価格や電気料金が上昇しており、最新の価格も踏まえてその評価を行った。本研究では住宅用の地中熱で、埼玉県でも広く普及しているクローズド方式を用いた場合について評価した。

コスト評価を行うにあたっては、設置等のインシヤルコストとして、地中熱交換井の掘削費、Uチューブなどの材料費、ヒートポンプなどの機器費などが、ランニングコストとして、電気料

金や機器更新費などが挙げられる。また、それと比較する対象として本研究では冬季の暖房に灯油ストーブを利用した場合や、ガスヒータを使った場合についても比較した。

このような空調のコスト評価を行う場合には、地域によって異なる熱負荷計算を行う必要があり、その計算には気象条件や建物条件などが必要である。本研究では、気象条件として埼玉県中央エリアを事例に計算した。

以上のような、コスト評価を行った結果、地中熱ヒートポンプを冷暖房に使用した場合には、そのほかの条件に比べると10年～15年程度使用すればいずれもトータルコスト(イニシヤルコストとそれまでのランニングコストの総和)において優位であることが確かめられた。さらに二酸化炭素排出量は、年間2トン程度に抑えることができ、他の熱源を利用した場合にくらべると半減できることが推測された。埼玉県の住宅数は約300万戸あり、単純計算すると概ね年間600万トン程度削減できる可能性がある(より詳細な推計を行うためには、住宅種類や面積、構造、地域など多様な条件下で熱負荷シミュレーションを行う必要がある)。

2.2 農業用地中熱実証試験のフォローアップ調査

地中熱利用システムは農業分野においても非常に有望であり、県のエネルギー環境課とともに熊谷のイチゴ農家の協力をえて、地下水を直接利用するヒートポンプを設置し、イチゴ栽培に適用した(図2)。実証試験終了から約2年経過したことから、フォローアップ調査を実施した。この結果、地中熱ヒートポンプは、問題なく稼働しており、その有効性に変化はないとのことであった。栽培面では、イチゴの根元を加熱冷却するクラウン栽培から、土中埋設方式に変更していた。この結果、生育の際に茎などが傷つけられたり、作業時に管を傷つけたりすることがないため運用上メリットが大きいとのことであった。



図2 農業用地中熱システム

[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、様々な影響を受けるが、中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。

2022年度は埼玉県内市町村の生活用水確保対策の概要を把握するためのアンケート調査を実施した。その結果、災害時協力井戸制度を運用する市町村では、制度登録者数を増やしたいとする回答が多かったが、民間の井戸所有者の制度登録に対する考え方を把握したうえで、施策を提案している例は見られなかった。このため2023年度は、災害時協力井戸制度に対する民間井戸所有者の認識や登録に対する考え方を把握することを目的として、アンケート調査を実施した。

2 調査方法

埼玉県加須市内の揚水規制対象事業場を対象としてアンケート調査を実施することを計画した。揚水規制対象事業場のうち、災害時協力井戸制度に既に登録している事業場に対するアンケート(調査1)と、同制度に未登録の事業場を対象としたアンケート(調査2)を実施した。調査1では、制度を認識した切っ掛けや登録動機について尋ね、調査2では、制度の存在を知っていたか否かを尋ねた後、制度登録に対する意向を尋ねた。

3 結果と考察

3.1 制度既登録事業場へのアンケート調査(調査1)

災害時協力井戸制度に登録している事業者に、同制度を認識した切っ掛けを尋ねたところ、「市からの直接の呼び掛け」との回答が多数を占め、制度創設時に市内の井戸保有事業者に勧誘をしたことが登録に繋がったことが分かった。次いで登録理由を尋ねたところ、9割が「地域社会への貢献」と回答しており、地域社会貢献に対する想いの強さが、制度登録の背景にあることが示唆された。しかし、登録して良かったかを尋ねたところ、54%が「わからない」と回答し(図1)、登録動機であった「地域社会への貢献」が、満足できる成果に繋がっていないことが示唆される結果となった。

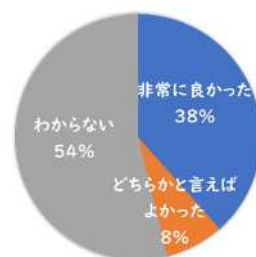


図1 制度登録に対する評価結果(既登録事業場を対象)

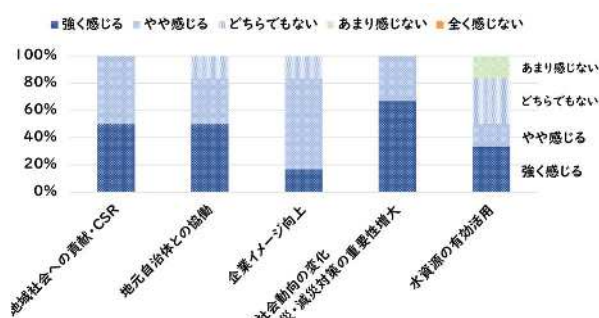


図2 制度未登録事業場の制度登録に前向きな理由

3.2 制度未登録事業場へのアンケート調査(調査2)

災害時協力井戸制度未登録事業場に、同制度の認識の有無を尋ねた結果、84%が「知らなかった」と回答した。制度創設時の呼び掛けが、井戸管理者に届かなかったことや、制度のPRが不足していたことが原因であると考えられた。制度未登録の事業場に対して制度登録への意向を尋ねたところ、24%が「登録しても良い」と回答した。その理由として、「社会動向の変化」や「地域社会への貢献」が挙げられており、社会貢献に対して積極的な企業が、制度登録に前向きな姿勢を示していることが分かった(図2)。

4 まとめ

2023年度は災害時協力井戸制度に対する民間井戸所有者の認識や登録に対する考え方を把握することを目的として、アンケート調査を実施した。その結果、災害時協力井戸制度への登録に対して前向きな姿勢を示す事業場の登録動機として「地域貢献」が挙げられた。しかし、地域貢献を期待して登録した事業場に対する調査結果からは、制度登録後に期待に沿った成果が得られていないことが示唆された。よって、制度に登録した企業の地域貢献意欲が満たされるような施策が必要であると考えられた。

[自主研究]

環境水に含有されるペルフルオロアルキル化合物(PFASs)の高感度一斉分析法の開発

高沢麻里 竹峰秀祐 茂木守 石山高

1 目的

有機フッ素化合物の一つであるペルフルオロアルキル化合物(PFASs)は、様々な工業製品や商業製品で使用される合成化合物群であり、環境汚染物質として世界的に問題視されている¹⁾。令和5年7月現在、日本国内では環境基準値は設定されていないが、PFOSおよびPFOAについては「指針値(暫定)」が設定されている(合算値50ng/L以下)。PFOSおよびPFOAには前駆物質が存在し、環境中で生成されることが報告されている²⁾。汚染原因の究明のためには、PFOSやPFOAに加え、前駆物質も同時に測定できることが望ましい。これまで当センターでは、PFASsの一斉分析法について研究を実施してきたが、PFOSおよびPFOAの指針値を満たし、かつそれら前駆物質を一斉分析できる分析法はまだない。本研究では、これまでの一斉分析法の高感度化を目指し研究を実施する。加えて近年ではグリーンケミストリー化の観点から、全自動固相抽出装置の利用が着目され始めている。全自動固相抽出装置をPFASs分析へ活用することを目標とし、高感度分析に向けた基礎検討を行う。本研究では、目標達成のために下記3つの課題を掲げた(1)分析環境整備、(2)高感度分析法開発、(3)所内向けの分析マニュアルの作成。本稿では(1)及び(2)について報告する。

2 方法

LC-MS/MSを用いた分析法を開発した。測定対象はPFOSとPFOAとその類縁物質及び前駆物質を合わせた47種である。メタノール移動相及びアセトニトリル移動相の両者についてメソッドを構築した。その他の条件については表1に示す。

表1 機器分析条件

装置		Shimadzu LC-40D シリーズ
L C 部	分析カラム	Delay Column for PFAS (3.0 x 30 mm) Inert Sustain C18 Swift (1.9 μm, 2.1 x 50 mm)
	装置	Shimadzu 8060-NX
M S 部	イオン化モード	ESI (-)

3 結果

分析環境の立ち上げにあたり、PFAS研究を遂行する国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構の実験室を訪問し、ブランク低減に関するヒアリングを行った。空間的な汚染及び作業中・器具からの汚染の両者について抑制する必要があり、ほこり(ハウスダスト)の除去や髪・手・衣服や実験器

具の消耗品等からの汚染を徹底排除する必要があった。

本研究で構築したメソッドで取得したクロマトグラムを図1に示す。一斉分析が可能であったPFAS類は47種であり、環境省公定法、EPA³⁻⁵⁾及びISO⁶⁾で測定対象とされている物質群を網羅し、かつ一度の測定でデータ取得が可能なメソッドを構築できた。環境省公定法では移動相にアセトニトリルを、EPA等ではメタノールを使用することが推奨されている。調査方針や試料特性等によって柔軟に対応できるよう、両者のメソッドを構築した。既報ではデータ取得に複数回のインジェクションが必要等の理由で15~60分程度要するところ、本法では12~20分に短縮できた。定量下限値は0.003~50ng/Lの範囲であった。PFOAおよびPFOSの定量下限値については両者とも0.03ng/Lであり、環境省公定法で定められている目標下限値(PFOA: 0.1ng/L, PFOS: 0.2ng/L)を十分満たすことができた。

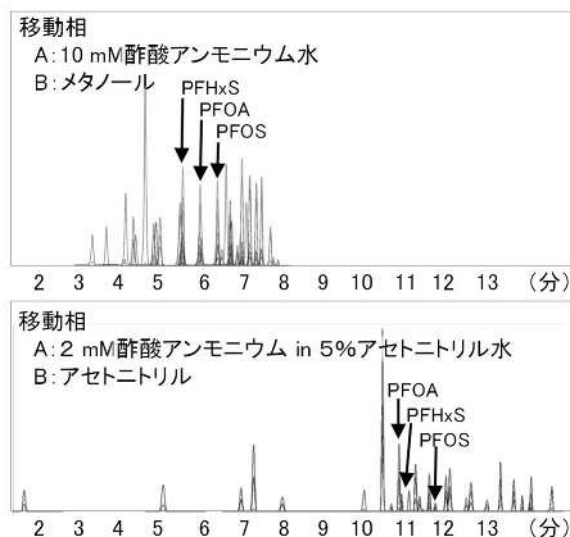


図1 本研究で開発した測定法で取得したクロマトグラム (上)メタノール移動相 (下)アセトニトリル移動相

4 今後の展望

今年度は、環境水を対象とした前処理の自動化及び機器操作マニュアルを作成する。分析の簡便化および所内共有を進めることで、事故対応等への対応能力の向上を目指す。

文献

- 1) S. Ullah et al. (2011), *J. Chrom. A*, 1218, 6388-6395.
- 2) F. Ye et al. (2015), *Chemosphere*, 127, 262-268.
- 3) EPA533, 4) EPA537.1, 5) EPA1633, 6) ISO21675