

7 抄録・概要

7. 1 自主研究概要

- (1) 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
- (2) 地域気候変動適応策に資するための極端気象現象の長期再現実験……………河野なつ美、嶋田知英、大和広明、山上晃央
- (3) 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
- (4) 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
- (5) バイオエアロゾル観測研究基盤の構築：大気中微生物DNA濃度の計測……………村田浩太郎、市川有二郎、長谷川就一、松本利恵、佐坂公規、米持真一、渡邊圭司
- (6) 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
- (7) 一般廃棄物最終処分場の廃止に向けたガス調査方法の課題抽出及び情報発信……………長森正尚、長谷隆仁、鈴木和将、磯部友護
- (8) 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
- (9) 埋立地浸出水中窒素除去への吸着材の適用可能性の検討……………長谷隆仁
- (10) プラスチック資源循環施策における環境負荷量の定量と将来予測……………鈴木和将、磯部友護、長谷隆仁、川崎幹生、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……………竹峰秀祐、大塚宜寿、蓑毛康太郎、堀井勇一、渡辺洋一、落合祐介、高沢麻里、北島卓磨
- (12) 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浸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
- (13) 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、今泉実、谷脇夕希
- (14) 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
- (15) アナモックス反応を応用した実践的窒素除去方法の検討と課題整理……………見島伊織
- (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) 太陽熱と地中熱による複合システムの有効性の検証……………濱元栄起、石山高、柿本貴志、高沢麻里、嶋田知英、大和広明
- (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、遠藤崇浩*
- (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

* 大阪公立大学

[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の普及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、県民へ十分に周知や普及を行え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暑さ指数計による屋外の暑さ指数の観測は、令和5年、6年の夏季にそれぞれ24地点、30地点で実施した。

IoT暑さ指数計の測器の観測精度や機能の改良について、（株）渡辺製作所と共同研究を実施した。開発したIoT暑さ指数計と同等の精度を持つ測器の製品化に向けて観測精度検証を実施したところ、両者の暑さ指数の測定値は±1.0℃以内で測定できることが明らかとなった。（株）渡辺製作所の製作した測器（図1）は、SDカードで観測データの保存、リアルタイムクロックのIC搭載による時刻の取得機能、WIFI接続機能も搭載された製品の試作機が完成した。

IoT暑さ指数計の観測精度検証のため、環境省発表の毎時の暑さ指数と比較を行ったところ、概ね±1.5℃以内であったため、精度良く観測できたと考えられた¹⁾。

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に、県内の熱中症による救急搬送者数データとIoT暑さ指数計のデータを解析した。IoT暑さ指数計の観測データから、県南部から北部にかけて順番に暑さ指数が低下する日が見られたが、それ以外の変化をする日もあった。そのため、単純に海風が侵入して暑さが緩和する日以外も存在すると考えられた。また、県内の消防本部ごとに集計した熱中症による救急搬送者数データとIoT暑さ指数計の観測データの解析を県内高校生と共に解析した結果、統計的に県の北部で暑さ指数が低下する時間が遅く、搬送者数も多いことが分かり、その結果を学会の高校生ポスターセッションで発表した²⁾。



図1 （株）渡辺製作所が製作したIoT暑さ指数計

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

IoT暑さ指数計の情報発信については、SAI-PLATで公開した。公開ページの普及を進めるため、報道発表の実施、市町村適応センターの広報誌への掲載、県公式のSNS(X、Line、Facebook)での広報を実施し、令和5年で約7000回、令和6年で約1.1万回のアクセスがあった。

高齢者向けの熱中症対策の普及策として、県保健医療部健康長寿課主催の「熱中症アンバサダー研修」で講師を務め、県内市町村で熱中症対策を担当する職員約50名に対して、「国民参加事業で観測した屋内の暑熱環境のデータを元に、エアコンを使用しない場合に、室温が高くなり熱中症リスクが高い状態になること」を説明して普及に努めた。

文 献

- 1) 大和（2024），埼玉県内における熱中症リスクの地域性—暑さ指数の観測結果から考える熱中症対策—，日本地理学会2024年秋季学術大会．（2024年9月14、15日発表，南山大学）
- 2) 鬼澤（2025），埼玉県における若年層の熱中症リスク軽減に向けた地域性分析，日本地理学会2025年春学術大会 高校ポスターセッション．（2025年3月20日，駒澤大学）

[自主研究]

地域気候変動適応策に資するための極端気象現象の長期再現実験

河野なつ美 嶋田知英 大和広明 山上晃央

1 目的

県内で発生した極端気象現象として、2018年に熊谷で記録的な最高気温を、2022年には鳩山町を中心とする大雨をそれぞれ観測したのは記憶に新しい。気候変動の進行に伴う極端気象現象の激甚化・頻発化が懸念されることから、基礎自治体では今後発生する可能性のある気象災害リスクに対し、具体的で、なおかつ効果的な防災・減災対策を講じることは喫緊の課題である。

本研究では、極端気象現象（猛暑や短時間豪雨）によってもたらされる気象災害の被害推定やその被害を低減させる気候変動適応策立案（水災害、暑熱健康や農業）に資する基礎情報を整備する。そのため、関東地方の極端気象現象の発生頻度や洪水・渇水、熱中症リスクの長期的な傾向を把握し、県内市町村ベースのリスク情報を提供する。

2 方法

領域気象モデルを用いた再現実験では、一般的に広く用いられている気候再解析データを入力値とした時に極端気象現象の再現性が低いことが課題となっている。とりわけモデル再現性の低さが指摘されている日降水量を対象に水平解像度の異なる2種類の気候再解析データと観測値を比較し、再解析データの傾向の違いについて把握する。比較に用いる気候再解析データは、気象庁が提供する気象庁55年長期再解析データ（JRA-55）と、ヨーロッパ中期予報センターが提供する世界気候の第5世代のECMWF大気再解析（ERA-5）を選択した（表1）。JRA-55とERA-5はそれぞれ55 kmと30 kmの水平解像度を有する高解像度であり、過去60年以上の長期間再解析データが提供されている。

関東都市域で発生した降水を対象とするため、東京大手町において2014～2016年の夏季（6～8月）の日降水量の比較をアメダス観測値とJRA-55、ERA-5で実施した。

表1 気候再解析データ

データ名	水平・時間分解能	提供期間
JRA-55	55 km解像度、6時間毎	1958～2024年
ERA-5	30 km解像度、1時間毎	1940年～現在

3 結果

3.1 年別降水量の傾向

図1上図に観測値と気候再解析データの2014～2016年における日降水量を示す。その結果、日降水量の平均値に

着目すると観測値はそれぞれ15.3 mm、14.5 mm、15.5 mmだった。JRA-55の日降水量は、30.8 mm、19.5 mm、26.7 mmと2015年を除き観測値の2倍ほど過大評価傾向であった。一方のERA-5では、8.6 mm、5.1 mm、7.2 mmと観測値の半分ほどの日降水量を示すような過小評価傾向だった。また年毎の傾向に着目すると、2014年と2016年では同程度の日降水量が発生しているものの、再解析データにおいては2016年の日降水量が2014年比で13.1%、16.5%減を示しており、2016年夏季における降水量が過小評価されていた。

3.2 月別降水量の傾向

図1下図に6～8月における月平均降水量を示した。観測値はそれぞれ17.2 mm、11.8 mm、16.3 mmだった。JRA-55とERA-5の月平均降水量は、21.5 mm、27.3 mm、29.0 mmと5.7 mm、7.3 mm、7.5 mmであり、年別降水量と同じ過大・過小評価傾向を示した。特に観測と比較すると6月の中央値はJRA-55に、8月の中央値はERA-5と同じような値を示すことが判明した。

降水量の過大・過小評価の傾向としては、再解析データの水平分解能の違いが挙げられる。今度、領域気象モデルの入力値とした際に同様の傾向が現れるか、次年度以降に検討する。

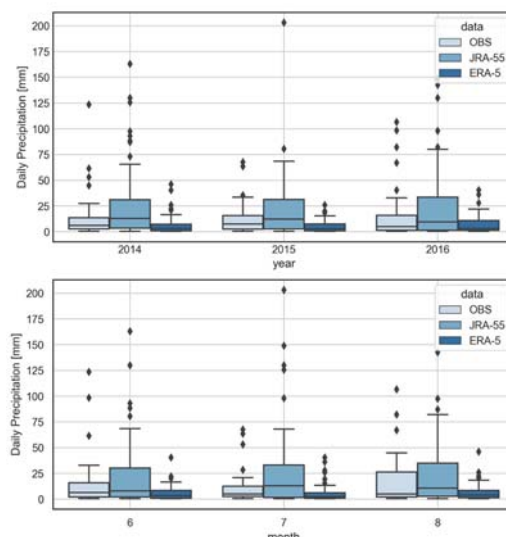


図1 観測値と再解析データの日降水量
(上図：年毎、下図：月毎)

文 献

- 1) Kawano et al. (2024), AGU24 Annual Meeting, A23R-06

[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、硫黄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。

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。

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等排出ガス対策との関係を検討して、自動車由来NH₃の現状を明らかにすることを目的とする。

2 方法

2.1 県内濃度把握調査

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濃度は同常監局の速報値を用いた。同様の調査を2007年1月～2008年3月に美女木、鴻巣天神自排局で実施している。

2.2 幹線道路周辺の日内濃度変化調査

下南畑において2024年11月26日～12月10日に、3時間ごとに繰り返しフィルターに捕集することで、NH₃及び粒子状NH₄⁺濃度の日内変化を測定した。22:00-24:00は欠測である。

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
【2007年調査】	
鴻巣天神：鴻巣天神自排局	幹線道路周辺 (国道17号バイパス)
鴻巣：鴻巣一般局	市街地（対照）
さいたま：浦和久保合同庁舎	市街地（美女木の対照）

3 結果

3.1 県内濃度把握調査

NH₃、NO_x濃度の推移を図1に示す。2023-2024年度の各地点のNH₃平均濃度は、下南畑>美女木>CESS>富士見>戸田>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。

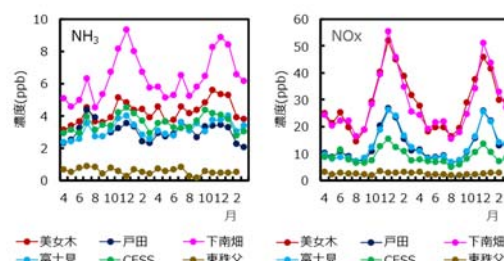


図1 NH₃、NO_x濃度の推移

NH₃とNO_xの幹線道路と対象地点の濃度差の関係を2007年の調査結果と合わせて図2に示す。2007年と比べると本調査ではNH₃、NO_x濃度はともに減少した。美女木と下南畑、鴻巣天神でNH₃/NO_x比に違いがみられた。これは、特に2007年当時においてNO_xを多く排出するがNH₃は排出しないといわれたディーゼル車の比率が美女木の方が多いことが一因と考えられた。

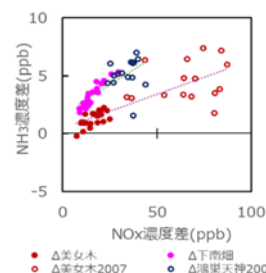


図2 NH₃、NO_x濃度差の関係

3.2 日内濃度変化調査

NH₃及び粒子状NH₄⁺濃度の日内変化を図3に示す。NH₃は6-9時と18-21時に、NH₄⁺は18-21時に高濃度となった。

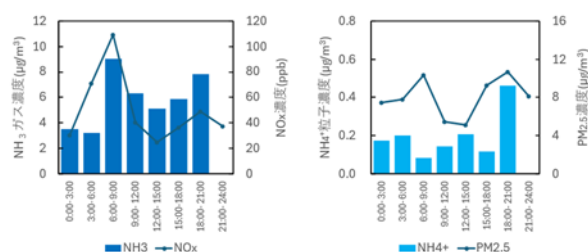


図3 NH₃、NO_x、NH₄⁺粒子、PM_{2.5}濃度の日内変化

[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

CH₄については、県内の大気汚染常時監視で2001年度以降、継続的に測定されている測定局のうち、都市部である県南(戸田・さいたま・川口・草加・所沢)と都市郊外・田園地帯である県北(幸手・鴻巣・熊谷・深谷・本庄)をそれぞれ平均化して用いた。また、必要に応じて長期継続測定されていない地点のデータも用いた。濃度についてはバックグラウンド濃度を反映していると考えられた東秩父の濃度との差を取り、これを地域排出による濃度と考えて解析・考察した。BCについては、騎西(当センター)における2011年からのPM_{2.5}自動連続測定データを用いた。また、2011年度からの四季のPM_{2.5}成分調査における元素炭素(EC;BCとほぼ同等の成分)の測定データ(継続測定地点の鴻巣、自排局の戸田美女木)を利用した。

3 結果と考察

CH₄の2001~2022年度の東秩父との濃度差の経年変化について、県北では6~8月(夏)に濃度差が大きく、県南では11~1月(冬)に濃度差がやや大きい(県北でもこの傾向は弱くみられた)という結果が昨年度得られており、これを掘り下げるため、この濃度差を夏は農業、冬は燃料の燃焼と下水処理の排出量推計値と比較した(図1)。その結果、濃度差は経年的に微増傾向であるのに対し、排出量はいずれも減少傾向であった。この相違の要因として、排出量推計において見積もりが少ないことや考慮されていない発生源の存在が一つの可能性として考えられる。また、県南で冬に濃度差がやや大きいことについて、風との関係

を解析したところ、弱風で高濃度になり、月別のCALM(風速0.4m/s以下)の割合と対応する傾向がみられた。県南5地点のほか、三郷において冬の濃度差が明確に大きかった。しかし、三郷での風向別濃度を調べたところ、冬に頻度が高い風向で濃度が高くなってはいなかった。三郷から約2kmのところに下水処理場があり、その風下となる風向でも濃度は高くはなかったが、一つの可能性として下水処理場で発生したCH₄が、風が静穏なときに近隣で滞留することで高くなったことが考えられた。

BCについては、寒候期に高くなる傾向だが、経年的に低下傾向がみられた。しかし最近では低下がやや鈍ってきている。鴻巣と戸田美女木のECとNO_xの経年変化(図2)からみて、BCの主要な発生源である自動車排ガスからの排出が下げ止まりつつある可能性が考えられた。

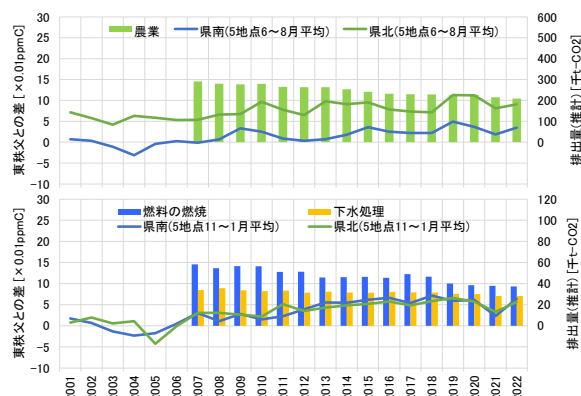


図1 県南と県北のCH₄濃度の東秩父との差の平均と県内CH₄排出量推計値の経年変化

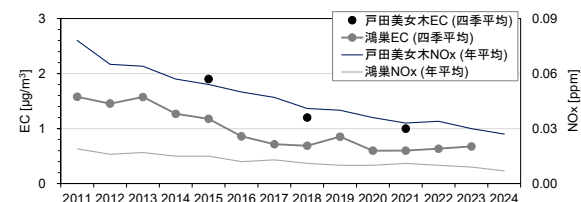


図2 鴻巣(一般局)と戸田美女木(自排局)におけるECおよびNO_xの経年変化

4 今後の課題

CH₄の東秩父との濃度差が県南で冬にやや大きくなる要因について、実態把握を検討する。また、BCの自動車排ガスの影響についても最近の実態を把握する。

[自主研究]

バイオエアロゾル観測研究基盤の構築：大気中微生物DNA濃度の計測

村田浩太郎 市川有二郎 長谷川就一 松本利恵 佐坂公規 米持真一 渡邊圭司

1 目的

バイオエアロゾルは生物起源物質が空气中に粒子として浮遊しているものであり、花粉や細菌、ウイルス、真菌胞子なども含まれる。環境中においてバイオエアロゾルは、(1) 大気汚染物質の一部、(2) アレルゲン、(3) 病原体、(4) 環境微生物叢の攪乱あるいは調整・維持、(5) 雲の凝結核・氷晶核としてはたらく。健康影響だけでなく、生物多様性や気候変動とも関係するため、分野を横断する新たな大気環境の研究対象である。

バイオエアロゾル研究は、従来の大気環境研究とは全く異なる分子生物学的手法を用いる。そのため、手法の検討はもちろんのこと新たな試薬・器具等の研究基盤構築が必要である。本研究では、埼玉県におけるバイオエアロゾル研究着手を目指し、まずは大気中DNAの取得手法の確立と実大気での濃度計測を行う。同時に、大気環境モニタリング調査事業で取得された予備のフィルター試料への応用も検討する。今年度は大気中細菌の定量法を検証した。

2 方法

令和6年7月3日、9月26日、9月30日、10月1日、10月2日、10月7日、10月11日に環境科学国際センター中庭にて大気中浮遊粒子のサンプリングを実施した。ポリカーボネートフィルター(0.2 µm孔径、47 mm径、アイソポア、Millipore)を使用し、流量約9 L/minのローボリュームエアサンプラーを用いて、日中4時間の捕集を行った。得られたフィルター試料はメスで2分割して2種類のDNA抽出キットの比較を実施した。2種類のうち、秀でている方をさらに別のキットと比較してキットの選定を行った。比較に用いたDNA抽出キットはZymoBIOMICS DNA Microprep Kit (ZYMO RESEARCH)、DNeasy PowerWater DNA isolation Kit(Qiagen)、DNeasy PowerSoil Pro Kit(Qiagen)、FastDNA SPIN Kit for Soil (MP-Biomedicals)、DNeasy Blood & Tissue Kit (Qiagen)である。最後のBlood & Tissue Kitについてはフィルターからの抽出操作に向かないことが判明したため、残りの4つのキットの比較を実施した。抽出したDNAはApplied Biosystems QuantStudio Absolute Q デジタルPCRシステム (ThermoFisher Scientific) により細菌数の定量を行った。同メーカーが提供するTaqManアッセイ (16S pan-bacterial control、ThermoFisher Scientific) により計測を行った。

3 結果

例として、DNeasy PowerSoil Pro Kit (以下、PSキット) とDNeasy PowerWater Kit (以下、PWキット) の比較を行った結果を図1に示す。3種類の別日の試料とブランクフィルターからの結果を示している。いずれのDNA抽出キットにおいても、ブランクフィルターから多く細菌数が検出されることはなかったものの、一部のキットでは試料からもほとんど検出されない結果が得られた。図1の例では、PWキットによる結果の中にはわずかにブランク値を上回る程度の細菌数を検出できなかった一方で、PSキットではブランク値よりも明らかに高い細菌数が検出された。このような比較から、最終的にはPSキットが最も試料からの検出濃度が高く、ついでPWキット、ZymoBIOMICS DNA Microprep Kit、FastDNA SPIN Kit for Soilとなった。少なくとも、今回使用した大気のフィルター試料から細菌を定量する際は、PSキットを用いることが最適であることが分かった。ただし、より高濃度のDNAやマトリクスを含む試料からの抽出や、ダウンストリームで実施する解析の内容次第 (例えば、微生物叢解析など) では他のキットの方が有用である可能性は十分にあり得る。

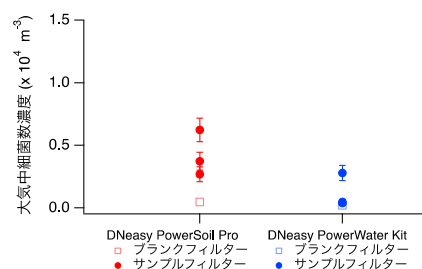


図1 キットの比較結果の一例

検証で用いたTaqMan Assayは配列情報が公開されておらず、細菌16S rRNA配列の増幅位置が未知であった。これは回収率の算出時に問題となるため、リアルタイムPCRで用いられるTaqManプローブとプライマーを参考に、独自のアッセイセットを用意した。細菌の16S rRNA配列のうち、V3-V4領域にあたる部分をPCRで増幅し、V4の開始領域にTaqManプローブをハイブリダイズさせることで蛍光検出する設計である。このアッセイセットを用いて検証に用いたDNA試料をデジタルPCRで計測したところ、検出数が低く出る結果となった。PCR条件の変更で改善が見られたことから、今後はPCR条件の最適化が必要である。

[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 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月下旬頃までと最大約2か月の差が見られる。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生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⁾。田植え時期の地理的情報が得られれば、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を推定することを目的とする。今年度は、カエル類の分布調査を取得し、生息適地モデル構築を行った。

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が無償公開しているSAR搭載衛星のSentinel 1(回帰日数12日、解像度10 m)を利用し、埼玉県北部・東部における各水田圃場の湛水開始時期を推定した。湛水直後の水田では後方散乱係数が顕著に低下することが知られており、湛水開始時期推定に用いることができる。湛水有無判定の閾値決定および正答率判定のための教師データとして、光学衛星Sentinel 2での同日撮影画像を用いた。2,344圃場を抽出してPタイル法による閾値推定および正答率評価を行ったところ、VH偏波で閾値を-23.1 dBとした場合に正答率85.1%であった。2022年の各水田圃場のポリゴンに4~7月のVH偏波後方散乱係数の平均値を格納し、対象期間内に初めて閾値を下回った時期を湛水開始時期とみなした。

2.2 カエル類の分布調査

2024年5~6月の夜間に上記の対象地域内の計121地点でカエル類の鳴き声による分布調査を行った。夜間に各地点で3分間鳴き声を聴いて種を判別するとともに、ICレコーダによる鳴き声の録音も行った。

2.3 生息適地モデル構築

対象地域内の500 mメッシュに上記で推定した湛水開始時期ごとの水田面積を格納し、市街地や森林、河川といっ

た土地利用ごとの面積についても格納した。今後、カエル類各種の分布データと併せ、MaxEntモデルを用いて種ごとの生息適地を予測する。

3 結果と考察

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。特に加須市、杉戸町、幸手市では4月中旬に湛水される水田が多数認められる一方で、西側の行田市、熊谷市では6月下旬以降に湛水される水田が多く、田植え時期の最も遅い米麦二毛作水田と推測される。

カエル類については、ニホンアマガエルと国内移入種のヌマガエルは対象地域内のほぼ全域で確認され、MaxEntによる推定でも広い範囲で生息適地と判定された。一方、トウキョウダルマガエルは湛水開始の遅い水田が集中する西側の地域において、鳴き声を確認できなかった地点が目立ち、MaxEntによる推定でも生息適地が少ない傾向であった。湛水開始が6月下旬以降の水田は、本種の繁殖にあまり適していない可能性が考えられる。



図1 水田の湛水開始時期を指標として推定したトウキョウダルマガエルの生息適地(白色部分)

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]

一般廃棄物最終処分場の廃止に向けたガス調査方法の課題抽出及び 情報発信

長森正尚 長谷隆仁 鈴木和将 磯部友護

1 背景及び目的

廃棄物最終処分場の廃止基準が平成10年に定められたが、省令には発生ガスの具体的な調査方法が示されておらず、「廃棄物最終処分場廃止基準の調査評価方法（平成14年、廃棄物学会）」が廃止基準適合を判断する資料として用いられている。廃止基準制定から25年間の知見から、発生ガスが少量であっても本報告書の濃度基準『全測定場所のメタンガス組成5%以下』が廃止できない要因の一つであることが分かった。さらに、本県においては「廃棄物最終処分場の廃止における発生ガス及び埋立地温度の測定に係る運用基準（平成11年3月29日、部長決裁）」の中で上乘せ基準『メタンガス組成0.5%未満』が厳しく、現状にあった見直しを行う必要がある。

本研究では、県内の幾つかの一般廃棄物最終処分場においてガス抜き管等からのガス放出量を「廃棄物最終処分場廃止基準の調査評価方法（改訂案、令和6年5月）」に沿って実調査することにより、廃止基準への適合可能性を確認するとともに、新たな課題を抽出・整理する。それら課題を解決するとともに、実務上の改善点や工夫などを情報発信し、廃止に向けたガス調査に関する技術支援を行う。

2 調査方法

県内のA及びB一般廃棄物最終処分場のガス抜き管や場内観測井からのガス放出量を年4回調査した。ガス組成についてはGC及びイオンクロマトグラフを用い、ガス流速については熱線式風速計（株テスト、testo440）を用いた。

3 調査結果

3.1 A処分場

場内観測井3か所においてタープを利用して日除け及び風除けをしつつ調査し（写真参照）、4回の調査結果が現基準・新基準ともに適合した。なお、夏季においてゲリラ豪風雨による数時間にわたる調査できない時間帯が生じた。

3.2 B処分場

ガス抜き管6か所、場内観測井7か所の多地点を調査するため、地点に合った機材を準備するなど工夫して時間短縮を図った（写真参照）。当該処分場では3回目の調査までは新基準に適合したが、4回目の調査で基準値を上回った。



写真 調査風景

4 情報発信

4.1 全国

本研究の調査結果を踏まえつつ、上述の「廃棄物最終処分場廃止基準の調査評価方法」の改訂作業を実施し、令和7年3月に報告書¹⁾を公表できた。今回の改訂により、廃止に向けたガス調査に対する理解が深まることが期待される。また、廃棄物資源循環学会から発生ガスに関する執筆依頼があったため、A処分場の調査事例を紹介しつつ、改訂の考え方などの主意を解説²⁾した。

4.2 県内

県内最終処分場設置団体連携会議等で処分場管理者や行政担当者に向けて、「廃棄物最終処分場廃止基準の調査評価方法」の改訂内容やガス調査の考え方等を解説した。また、A処分場での調査結果から近い将来に廃止基準の達成が見込まれることから、県・市・CESS合同で廃止に向けた打合せを実施し、方向性や手順について情報共有した。

文 献

- 1) 廃棄物資源循環学会 埋立処理処分研究部会（2025）廃棄物最終処分場廃止基準の調査評価方法改訂版（Rev.1），
<https://jsmcwm.or.jp/landfill/files/2025/03/0a82e735d7f59cad804413dc90abceca.pdf> .
- 2) 長森正尚（2024）廃棄物最終処分場から放出される埋立地ガスの評価，廃棄物資源循環学会誌，Vol. 35，No. 6，385-393，
https://www.jstage.jst.go.jp/article/mcwmr/35/6/35_385/_pdf/-char/ja .

[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

川寄幹生 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。焼却ごみ量の削減は、CO₂排出量削減及び資源循環の推進につながる対策である。可燃ごみ量削減対策として、事業系可燃ごみ調査の中で頻繁に分別された状態で確認されていたラベル台紙に着目した。

ラベル台紙のリサイクルについて調べてみたところ、そのリサイクルに関わる2つの取組、循環型台紙を開発した資源循環プロジェクト（令和3年）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（令和5年）が活動を開始していた。しかし、両取り組みとも開始されて間もないため、その認知度は十分ではないと考えられた。

そこで、本研究ではラベル台紙のリサイクルにつながるこれら2つの取組を普及、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。令和5年度は主にユーザーと収集運搬業者に対するアンケート調査、令和6年度は主にヒアリング調査を実施することによって、取組の認知度を高めるとともに、普及促進方法についても検討した。

2 方法

ヒアリング調査は資源循環プロジェクトの説明に同行、打合せで同席、アンケート調査や研究事業紹介からの発展、及び資源循環プロジェクト担当者への依頼等、計17社に対して行い、結果をまとめた。その主な内容は、循環型ラベル台紙を採用するに至った状況や利点、欠点などである。

3 結果

3.1 循環型台紙を採用した企業の情報入手元

循環型台紙を既に採用した企業9社に対して、当該情報の入手先について調査を行った。結果を図1に示した。

展示会で情報を得た企業は5社、取引会社からの紹介が3社、社内からの紹介が1社であった。展示会では、目と耳で確かめ、かつ担当者から色々な情報を引き出すことができるところが良いという意見であった。

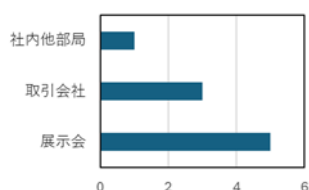


図1 情報の入手先

取引会社からの紹介の場合、長年の付き合いがあり、かつお互いに信頼できる間柄である場合には、情報提供が一つのき

っかけとなるとのことであった。特に廃棄物として処分している場合、“処理費が安価”よりも信頼できることが必要であるとのことである。

3.2 循環型ラベル採用の決め手及び利点

循環型台紙を既に採用した企業9社に対して、循環型ラベル採用の決め手及び利点について調査を行った。結果を図2に示した。

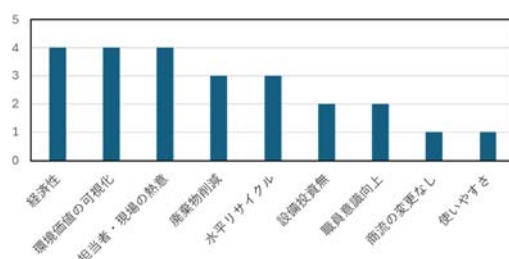


図2 採用した決め手及び利点

資材として使用する場合は、経済性は重要な要素になることがわかる。また、形や数値として示すことができない人の熱意も重要であることが分かった。

3.3 循環型ラベル台紙を採用しなかった要点

循環型台紙を採用するに至らなかった企業との話し合い等で得た情報から、採用しない要因を推察した。結果を図3に示した。

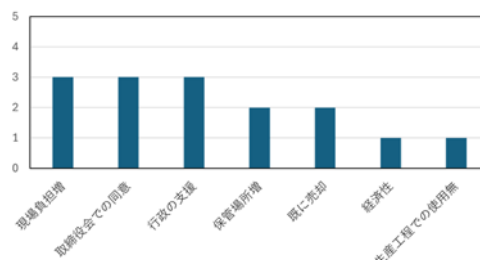


図3 進展しない要因

現場や上司との関係に依存することが推察された。作業の変更は、現場に対する負担増や費用の増加が見込まれるためと推察された。変更が経済的に優位であったとしても、分別という作業が製品製造への影響を心配する声があった。小さな作業場では、新たな分別・保管する場所を確保できないという物理的な課題もあることが分かった。

行政が推進＝補助金といった考えを持つ企業が少なからず存在するため、持続可能なシステムを構築するためには、自治体での処分に制限を加える、処理費の値上げ等の間接的な支援も考えられる。

[自主研究]

埋立地浸出水中窒素除去への吸着材の適用可能性の検討

長谷隆仁

1 目的

97年の法改正により、処分場に浸出水水質項目・ガス成分等の廃止基準が設置された。浸出水の汚濁成分の濃度は、埋立中に排出のピークを迎え、以降減衰していくといった工場排水とは異なる特徴がある。そのため、埋立終了後も、一部水質項目が廃止基準未達のため、あるいは、水質が基準達成しても、他の廃止基準が未達のため、維持管理の長期化に伴って、想定したピーク時水質と乖離し設備過剰となっていく事態が起こり得る。

廃止基準未達の一因は窒素であり、窒素の主成分であるアンモニア態窒素の吸着材としてはゼオライトが知られている。本研究では、上述したような特定の時期・状況におけるアンモニア態窒素除去の補完的な適用可能性を検討するため、ゼオライトの吸着性能試験等の基礎的な情報把握を行う。浸出水は高塩分のもも多く、塩分がゼオライトの吸着阻害となる事も知られていることから、特に塩分阻害の影響を中心に試験を行う。

2 方法

合成ゼオライトに対し、天然ゼオライトは安価ではあるが、純度等が異なり産地によって吸着能に差があるので、窒素吸着性能に影響する基礎情報の確認と試験法の確立とともに、本年度は、各産地(福島・山形・宮城・秋田・島根)より資材を調達し、実験に用いる資材選定を行った。

3 結果

3.1 資材選定

塩化アンモニウム溶液に各産地のゼオライトを添加し3時間振盪した吸着バッチ試験を行った。ゼオライトには粉碎試料(<0.5 mm)とNaCl溶液によりNa置換した2通りのものを用いた。図1には山形産の結果を示す。Na置換により吸着量は増加するが、山形産はNa置換との差が小さくNa置換しなくても吸着性能が比較的高かった。

3.2 実験系の確立：窒素吸着性能の影響因子

反応時間、粒径、反応液量、温度、アンモニア塩種類、窒素形態などの影響を調べた。粉碎試料では30分振盪で吸着平衡するが、粒径は平衡時間に大きく影響した。液量、温度、塩種類はほとんど影響しなかった。アンモニア態窒素に対し硝酸態窒素は吸着しなかった。

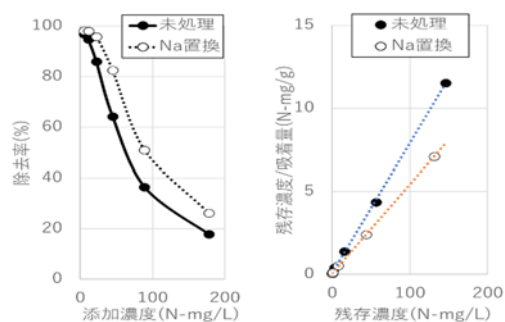


図1 ゼオライト除去率と吸着等温線

3.3 シリアルバッチ試験

アンモニア濃度・ゼオライト添加量・Na置換有無など複数条件下で、3時間振盪、遠心後ろ液を除去した沈殿物を繰り返し用いて吸着試験、シリアルバッチ試験を行った。最大吸着量は約20 mg/gで、破過曲線は、L/S約250で吸着能がかなり失われるが、L/S 600位まで直線的に増加した。破過時間は濃度に反比例し、吸着能力が高いNa置換体では、破過は遅れ、最大吸着量は約29 mg/gであった。

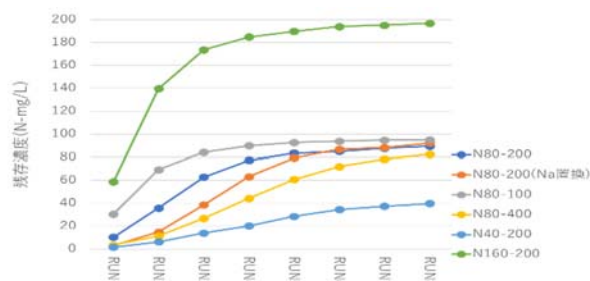


図2 シリアルバッチ試験

4 まとめ

産地の異なる天然ゼオライトについて、吸着バッチ試験結果を行い比較した結果、山形産はNa置換体との差も小さくベースとして吸着能が高かった。実験因子について検討を行ったところ、反応速度に対する粒径の影響が大きい事が確認された。シリアルバッチ試験により、最大吸着量は約20 mg/gであり、基準値前後の範囲(40-160 mg/L)では、L/S約250で吸着能がかなり失われた。ゼオライトの適用性について検討し、廃止基準達成に近い状況の生物処理の補助的用途や代替の用途についての可能性があると考えられた。次年度は塩分阻害の影響について確認し、適用性可能性への影響について検討する。

[自主研究]

プラスチック資源循環施策における環境負荷量の定量と将来予測

鈴木和将 磯部友護 長谷隆仁 川寄幹生 長森正尚

1 研究の背景および目的

我が国では、2022年4月1日「プラスチック資源循環の促進等に関する法律」(プラ新法)が施行された¹⁾。プラ新法では、市町村に対し、家庭から排出されるプラスチック使用製品の分別収集・再商品化に努めることが求められ、今後のごみ処理政策に大きな影響を及ぼすことが予想される。また、2020年に菅内閣総理大臣(当時)が2050年カーボンニュートラルの実現を宣言しており、廃棄物・資源循環分野においてもカーボンニュートラル実現のための対策が必要不可欠である。特に、プラスチックのほとんどは、原料として化石燃料が用いられており、プラ新法は、脱炭素社会への移行と密接に関係する。今後、カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現に向けて、それぞれの地域に適したプラスチック資源循環システムを構築することが必要であるが、ライフサイクル的思考に基づき、環境負荷量を定量化し、システムを合理的に構築している事例は少ない。そこで、本課題では、埼玉県におけるプラスチック資源循環施策を対象として、マテリアルフロー分析(MFA)とライフサイクルアセスメント(LCA)を統合することにより予測モデルを構築する。そのモデルを用い、プラ新法により予想される一括回収等の分別収集の変更による温室効果ガス等の環境負荷削減量を定量的に評価する。さらに、マルチエージェントシミュレーション(MAS)を試みることにより、資源循環システムに関わる行動主体の目標や課題を明らかにしていく。

2 方法

2.1 LCA研究方法

2.1.1 廃プラスチック賦存量の推計

家庭ごみとして排出される一般廃棄物を対象とし、市町村の可燃ごみ量(直営+委託+許可)に、一般廃棄物中に占める廃プラスチックの割合を乗じて推計した。廃プラスチック割合は、2025年に埼玉県で実施した家庭ごみ展開検査の結果を用いた(図1)。

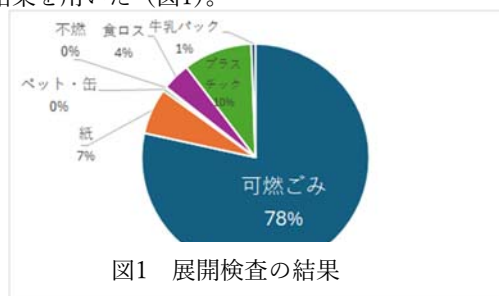


図1 展開検査の結果

2.1.2 家庭系廃プラスチックのLCA

本評価は、埼玉県のK市を対象とし、廃プラスチックの再利用方法としては、マテリアルリサイクル(パレット製造)、ケミカルリサイクル(高炉還元)、サーマルリカバリー(焼却発電)のケースを想定し、これらの環境負荷削減効果を算出した。LCAは、JIS Q 14040: 2010およびJIS Q 14044: 2010に基づいて実施した。

2.2 MAS研究

ごみ問題など社会的ジレンマの解決を目指し、ゲーム理論を用いた研究が行われている。本研究では、住民のごみ分別行動を対象に、ゲーム理論の一種であるn人囚人のジレンマゲームシミュレーションを実施し、ごみ分別行動への協力要因について検討を行った。

エージェントベースシミュレーションソフトNetLogoを用いて、住民(エージェント)の行動ルール、エージェント間の相互作用のモデルをコーディングし、マルチエージェントシミュレーションを実施した。

3 結果

LCAによる評価結果を図2に示す。結果は、ケミカルリサイクル>マテリアル>サーマルリカバリーであり、鉄鋼業と連携した高炉還元への利用が最も削減効果が高かった。

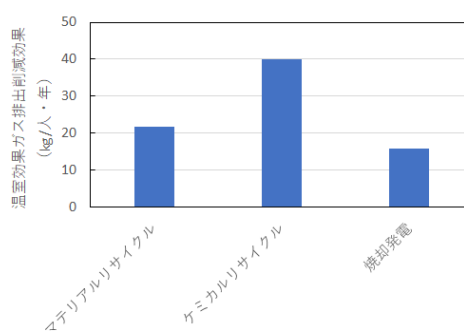


図2 LCA結果

4 今後の研究方向性

本研究では、特定の地域を対象に、廃プラスチック量の推計を行い、LCAによる評価を行った。今後、評価範囲を拡張するとともに、サーキュラリティの測定等を実施し、サーキュラエコノミー視点を加えた評価の枠組みを構築していく。

[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

竹峰秀祐 大塚宜寿 蓑毛康太郎 堀井勇一 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った。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。あわせて、自動同定・半定量するためのデータベースを整備した。なお、本手法で分析が不可能な物質については、分析法の情報収集に努めた。

加えて、GC/MSやLC/QTOFMS測定データから、非負値行列因子分解（NMF）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検討した。

3 結果

3.1 埼玉県内河川10地点の平常時濃度把握

埼玉県内河川10地点において、平常時の濃度を把握するため、4季（5月、8月、11月、2月）に採水し、河川水試料とした。試料は各分析機器に適した前処理を系統的に実施

し、分析を行った。

HSGC/MS：河川水試料をHSGC/MSで分析した。環境基準や指針値を下回るもののテトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、クロロホルムが検出された。

LC/QTOFMS：河川水試料を固相抽出し、逆相モードでの分析に供した。また、河川水試料20 mLを凍結乾燥し、溶媒で再溶解したのち、HILICモードでの分析に供した。分析対象とした物質のうち、カフェンストロール等の農薬12種、キノリン等の主に工業用途で用いられる化学物質5種、およびポリ（オキシエチレン）＝アルキルエーテル等の界面活性剤4種が検出された。

GC/MS：河川水試料を固相抽出し分析に供した。対象とした物質で検出と判断されたピークはなかった。

ICP/MS：河川水試料を硝酸処理し分析を実施した。測定対象とした元素で、環境基準や指針値を超える値は検出されなかった。

3.2 個別分析法の情報収集

対象とした159種の化学物質のうち、20種は今回の方法では分析が難しいと判断し、分析法の情報収集を行った。

3.3 下水処理場での処理異常の原因物質に係る分析

埼玉県内の下水処理場で突如、下水処理が安定しなくなる状況が続いた。確立したスクリーニング分析法を応用し、埼玉県環境科学国際センターで分析を実施し、原因物質と考えられる物質を検出した

3.4 NMFを用いたデータの解析

試料で検出されるピークには、ブランク由来のものもある。ブランク由来の物質がスペクトルDBに登録されていない場合、ブランクピークが誤同定されることもあり、ブランクかどうか判断が難しい。そこで、ブランクで検出されたピークの質量スペクトルのデータベースを作成し、これを併用することにより、検出されたピークがブランク由来であるか判断できるようになった。

4 結論

HSGC/MS、GC/MS、LC/QTOFMS、ICP/MSを用いたスクリーニング分析法およびMFを用いたデータ解析法を確立した。また、確立した方法を応用することで、環境異変時や処理異常等の原因物質を特定できることを示した。

[自主研究]

人工甘味料濃度および蛍光強度を利用した 下水道不明水の浸入箇所 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 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体にとって、不明水対策は大きな課題となっている。対策には浸入箇所を特定する必要があるが、想定される浸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浸入箇所を推定する方法について検討する。

2 方法

2.1 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。

不明水が多いと推測される元荒川第4号と熊谷第2号がスクラロース濃度ならびにフルオレセインの蛍光強度が低く令和5年度と同様の傾向が得られた。スクラロースおよびフルオレセインは、不明水のマーカーとして機能することを改めて確認した。

年度毎の傾向として、令和6年度の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令和5年度物に比べて低い傾向にあった。令和6年度は令和5年度に比べて雨量が多く、それに応じて不明水も増加したためと考えられる。

2.2 統計解析

流量と計画汚水量の差、流量のパターン等から、不明水の侵入の影響が少ないと考えられる接続点を選定し、スクラロース濃度ならびにフルオレセインの蛍光強度の分布を確認した。

各測定値(n=50)について外れ値と考えられるデータを除外し(スクラロース:n=46、オレセイン:n=48)、Q-Qプロットを作成したところ、直線的な関係が見られた。また、正規性の検定(ダゴスティノの歪度/尖度検定、オムニバス検定、コルモゴロフ=スミルノフ検定、シャピロ=ウィルク検定)も行ったところ、いずれの検定でも正規性を否定するものではなかった。これらから、抜粋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の対数値は正規分布を前提とした基本統計量の算出、ならびに統計解析ができる可能性を示した。平均値および標準偏差は表1の通りである。

表1 平均値と標準偏差

	スクラロース ($\mu\text{g/L}$)	フルオレセイン (Log RU)
平均値	15.6	-0.652
標準偏差	5.30	0.324

2.3 不明水が多い処理区分での詳細調査

不明水が多い処理区分2か所において、主要な幹線とその合流地点で採水し、スクラロース濃度およびフルオレセインの蛍光強度を測定した。

スクラロース濃度とフルオレセインの蛍光強度は、表1の平均値と標準偏差からz-scoreに換算し、マップ化した。調査対象の処理区分では、下水管きよの実地調査を行っている区画もあり、不明水の浸入がある箇所も判明している。その地点では、スクラロース濃度およびフルオレセインの蛍光強度のz-scoreは低く、測定値から不明水の浸入箇所を推定できる可能性を示した。また、それ以外にもz-scoreが有意に低い地点が存在しており、不明水の浸入が疑われる箇所が判明した。

3 結論

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とともに、不明水の浸入箇所 の推定に活用できる可能性を示せた。

[自主研究]

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 今泉実 谷脇夕希

1 背景と目的

我々は環境試料における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、大気降下物中のダイオキシン類における主たる汚染源は廃棄物焼却炉の燃焼に由来するもので、降水当たり換算すると、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⁾。降下物における燃焼由来ダイオキシン類の起源としては、焼却炉の排ガス及び地表面からの再浮遊（図1）による影響が考えられる。つまり、平時における降水中の燃焼由来ダイオキシン類濃度でさえ、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。過去には、環境整備センターの雨水排水口を流れる水におけるダイオキシン類濃度が運営協定基準（1 pg-TEQ/L）を超えたという事案も発生している。仮に、これが廃棄物の流入に起因するものであれば、由々しき問題である。しかし、我々が開発した汚染源解析手法では、燃焼に由来するダイオキシン類量は推定できても、燃え殻やばいじんなどが混入しているか否かを判断することはできない。

一方、我々は福島原発事故以来、環境中の放射能測定を行ってきた。原発事故から14年以上経過している今日においても環境試料では、原発事故に由来するセシウム137（Cs-137）が検出されている。Cs-137は原発事故以降に新たな環境放出はなく、大部分が地表面に蓄積していることから、過去に沈着したCs-137が再浮遊によって大気中に舞い上がっていると推測されている。つまり、Cs-137は再浮遊による影響を評価する指標として活用できる可能性があると考えた。そこで、Cs-137を指標として、降下物における燃焼由来ダイオキシン類の寄与把握及び降雨中の燃焼由来ダイオキシン類の推定を検討した。

2 方法と結果

2.1 試料の採取

大気降下物の採取は1回あたりの採取期間を1か月とし、毎月行った。なお、ダイオキシン類とCs-137の測定を行うために、ステンレス製の採取容器を2つ用意し、それぞれで試料採取を行った。試料採取期間中に、採取容器の中が乾かないように適宜蒸留水（ダイオキシン類測定用の試料においては、ヘキサン洗浄品を用いた）を加えた。

2.2 Cs-137及び燃焼由来のダイオキシン類降下量

本研究において、Cs-137と燃焼由来のダイオキシン類に

関して良好な相関関係が見られた。排ガス中にはCs-137がほとんど含まれていないと考えられることから、両者の相関には再浮遊が寄与していると推測した。そこで、2013年から2014年に実施した降下物におけるダイオキシン類調査²⁾及び同年におけるダイオキシン類総排出量推計を基に燃焼由来ダイオキシン類の再浮遊による寄与を推定すると37%であった。次に、本研究における降下物中のCs-137と燃焼由来ダイオキシン類のデータを基に再浮遊による寄与を推定すると36%であり、前者と良好に一致した。よって、Cs-137を用いた燃焼由来ダイオキシン類の再浮遊の推定は可能であると判断した。これにより、排ガス及び再浮遊による影響を考慮した雨水における燃焼由来ダイオキシン類濃度を推定することができた。これは、前述の雨水排水口における基準超過時において、廃棄物の流入有無の判断に資する可能性がある。また、本研究期間における雨水中の燃焼由来ダイオキシン類濃度は0.56 pg-TEQ/Lであり、運営協定基準の1/2以上の値で検出されていることから管理項目として適切でない可能性が示唆された。

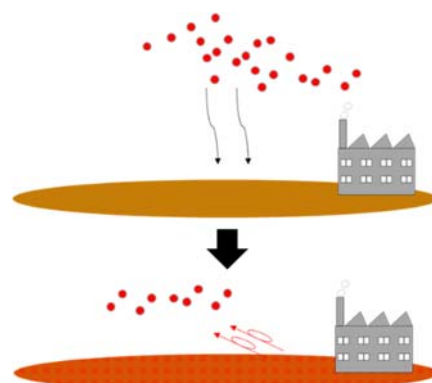


図1 再浮遊のイメージ

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.

[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の開発を目的とする。

令和6年度は、内部標準魚種DNAを添加することにより、試料中の魚類環境DNA濃度（コピー数）を評価し得る定量メタバーコーディング法を用いた魚類環境DNA定量網羅的解析による検討を行った。また、県内河川に広く分布するオイカワ（*Opsariichthys platypus*）に着目して環境DNA種特異的解析を実施し、定量網羅的解析で得られた結果と比較検討した。

2 方法

2.1 魚類環境DNA定量網羅的解析

2024年10月に埼玉県内河川17地点において採取した河川水をSterivexフィルターでろ過後、抽出したDNA試料を検討に用いた。分析は、環境DNA調査・実験マニュアル¹⁾とUshioらの定量メタバーコーディング法（qMiFish法）²⁾に基づき実施した。qMiFish法により検出魚種の環境DNA濃度を定量するため、内部標準として、日本には生息しない3種類の魚種DNAを1st PCR反応液に異なるDNA量で添加した。qMiFish法では、魚類の分類に広く使用されているミトコンドリアDNAの12SrRNA領域を増幅する。最終的に、添加した内部標準魚種の解読リード数と添加DNAコピー数から回帰直線（検量線）を作製し、各魚種のDNAコピー数（環境DNA濃度）を決定した。

2.2 オイカワDNAの種特異的解析

2.1と同じDNA試料に対して、環境DNA調査・実験マニュアル及びKitanishiらの手法³⁾を用いて、オイカワDNAの種特異的解析を実施した。なお本手法では、系統地理学的研究や集団遺伝学的解析によく用いられるミトコンドリアDNAのシトクロムb領域を増幅する。

3 結果と考察

まず、qMiFish法により地点ごとの各魚種のDNA濃度のデータが得られた。本調査地点での優占魚種は、オイカワ、コイ、フナ類、タモロコ等であった。qMiFishとqPCRそれぞれの方法によるオイカワのDNA濃度の関係を図1に示す。qPCRの方がqMiFishに比較して大きな値が得られた（3.0～24倍、平均8.2倍）ものの、全体の傾向は類似していた。従って、DNA濃度値自体の解釈は今後の課題として、qMiFish法を用いて異なる試料間の比較検討が可能であると期待された。

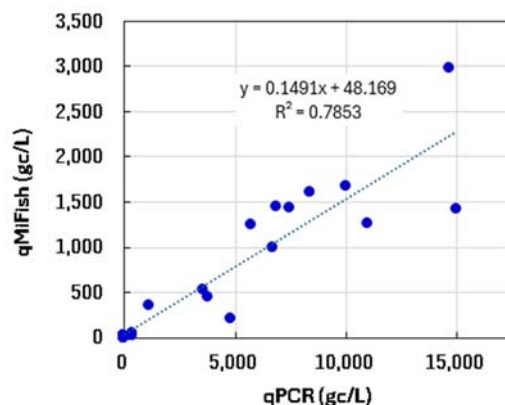


図1 qMiFishとqPCRによるオイカワのDNA濃度の関係

文 献

- 1) (一社)環境DNA学会 (2024), 環境DNA調査・実験マニュアル(ver.3.0).
- 2) Ushio, et. al. (2018), DOI:10.1101/113472
- 3) Kitanishi, et. al. (2018), DOI:10.1371/0191731

[自主研究]

アナモックス反応を応用した実践的窒素除去方法の検討と課題整理

見島伊織

1 目的

アナモックス反応は、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消費が少ないことから、新たな窒素除去技術として注目されている。しかしながら、国内の下水処理場におけるアナモックス反応を利用した窒素除去の実用例は、極めて限定的である。研究担当者らは、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の集積培養に成功し、その細菌が中温域において十分な窒素除去活性を示すことを明らかにした。さらに、下水処理場の実試料を用いたアナモックス処理の室内実験にも成功している。

これらの成果を踏まえ、本研究では、下水処理場におけるアナモックス反応の実用化を志向し、アナモックス反応を応用した実践的な窒素除去方法の検討と、導入に向けた課題の整理を目的とする。

本年度においては、とくにアナモックス細菌の集積系において長期間の活性評価を行うとともに、動力学的解析により基質親和性を評価した。

2 方法

県内の河川公共用水域のモニタリングポイントである新泉橋 (Run1,4)、道橋 (Run2,5)、荒川合流点前 (Run3,6) で採取した底質から集積培養したアナモックス集積系を用いた。培養温度はRun1～3は18℃、Run4～6は25℃であり、反応容積165 mLの円筒型リアクターに不織布が充填されたリアクターを用いている。集積培養のための供試排水として硫酸アンモニウムおよび亜硝酸ナトリウムを窒素源とする無機合成排水を用いた。窒素濃度は70～105 mg-N L⁻¹に設定した。

動力学的解析として、RunにおいてNO₂⁻またはNH₄⁺を添加する回分試験を行った。NO₂⁻添加回分試験において、窒素濃度はRun1～3では15または20 mg-N L⁻¹、Run4～6で70 mg-N L⁻¹とし、経過時間あたりのNO₂⁻-Nの処理速度から評価を行った。NO₂⁻-N濃度 (S) と窒素変換速度 (V) の

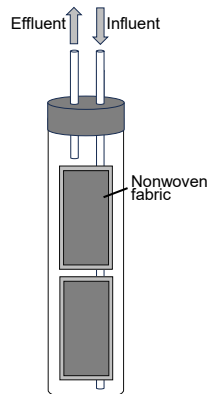


図1 リアクター概要

関係をミカエリス・メンテン式に近似し、最大速度 (V_{max}) と半飽和定数 (K_m) を求めた。NH₄⁺添加回分試験においても同様にNH₄⁺-Nについて基質親和性の評価を行った。

3 結果

3.1 NO₂添加回分試験

Run1における、経過時間とSの関係を図2 (左) に示す。時間経過とともにSが減少し、試験開始113分後にSはほとんど処理された。さらにSとVの関係をミカエリス・メンテン式に近似した結果を図2 (右) に示す。V_{max}は0.32 kg-N m⁻³ d⁻¹、K_mは1.0 mg-N L⁻¹と算出された。

Run1～Run3 (18℃) のK_m値は0.58～1.0 mg-N L⁻¹であり、Run4～Run6 (25℃) のK_m値は9.3～10 mg-N L⁻¹であった。採取した底質の違いによるK_mの大きな差は確認できなかったが、集積培養時の温度条件の違いがK_m値に影響を与える可能性が示された。

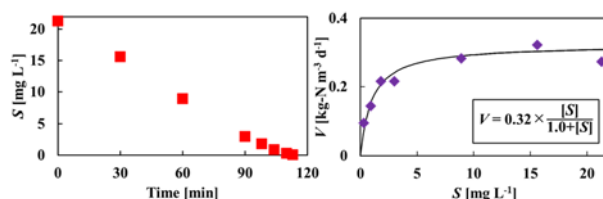


図2 窒素濃度の変化 (左) と窒素変換速度 (右)

3.2 NH₄⁺添加回分試験

NH₄⁺-Nへの親和性について検討すると、Run4のK_mは4.5 mg-N L⁻¹とやや高いものの、他のRunは1.7～2.5 mg-N L⁻¹と比較的低い結果となった。NO₂⁻添加回分試験の結果と比較すると採取した底質や集積温度による影響は小さいことが示された。

4 まとめ

18℃、25℃条件においてアナモックス細菌の長期活性維持を行い、そのアナモックス集積系を回分試験に供し、動力学的解析により基質親和性を評価した。NH₄⁺-Nへの基質親和性は、植種源や集積培養時の温度条件による影響は小さいが、NO₂⁻-Nへの基質親和性は、集積培養時の温度条件により大きく影響を受けることが示された。

[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

現在、日本各地では様々な化学成分（砒素、ふっ素、鉛や硝酸性-亜硝酸性窒素等）による地下水汚染が報告されている。特に、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素（以下、「硝酸性窒素等」という）による地下水汚染事例は非常に多く、環境基準超過率は全国で3%に達している¹⁾。

現在、埼玉県内でも100地点以上の窒素汚染井戸が確認されており、毎年1回の地下水継続監視調査を通じて窒素汚染の状況を監視している。本調査では、検出される窒素濃度が環境基準値を下回るまで継続する必要があるため、これに関連する業務は担当する行政職員にとって非常に大きな負担となっている。

本研究では、この行政課題を解決するため、硝酸性窒素などに汚染されている帯水層の特定や汚染原因の解明を試み、継続監視調査井戸を絞り込むための調査を行った。

2 方法

2.1 調査対象地域

本研究では、窒素汚染井戸が集中する埼玉県北西部地域（深谷市、本庄市、美里町など）を調査対象とした（図1）。櫛引台地に位置する本地域は、県内でも有数の畑作地帯で、ネギやブロッコリーなどの農作物のほか、多種多様な花卉類が栽培されている。



図1 埼玉県の地形概略図と本調査地域

2.2 調査方法

本研究では、県北西部に設置されている地下水窒素汚染継続監視井戸（43地点）を利用して調査を行った。

井戸深度の実測値及び調査地域周辺の地質柱状図から汚染帯水層の特定を試みると共に、地下水に含まれている無機成分（ Na^+ 、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} など）の相関関係を解析する濃度相関マトリックス法²⁾を用いて汚染原因を検討した。

3 結果

3.1 汚染帯水層の特定と発生原因の解析

地質柱状図を解析したところ、本調査地域には深度3 m付近までローム層が堆積し、その下に帯水層（地下水）が分布していることが確認された。この帯水層は、深度10 m付近まで連続していた。開放系の井戸を対象として井戸深度を実測したところ、井戸深度は10 m以下のものが多く、深度20 mを超える井戸は確認できなかった。以上の結果から、本調査地域の窒素汚染地下水は、深度3～10 m付近の帯水層に分布していることがわかった。

窒素汚染の原因を特定する調査手法としては、キーダイアグラム法、ヘキサダイアグラム法、窒素安定同位体法、濃度相関マトリックス法が利用されている²⁾。ここでは、 NO_3^- と無機成分（ Na^+ 、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} など）の相関性から汚染原因を解析する濃度相関マトリックス法を採用した。

環境省によると、 NO_3^- と Ca^{2+} や Mg^{2+} の相関が高い場合、あるいは SO_4^{2-} と Ca^{2+} や Mg^{2+} の相関性が高い場合、施肥による汚染が考えられるとされている²⁾。

濃度相関マトリックス法による解析の結果、本調査地域の窒素汚染は施肥（窒素肥料）の影響を顕著に受けている可能性が高いことが明らかになった。

表1 NO_3^- と各種無機成分との相関性

	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	EC
NO_3^-	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

3.2 行政施策への貢献

埼玉県では、本研究結果をもとに『埼玉県地下水常時監視実施方針』を一部修正し、『同一帯水層・発生源と認められる調査井戸は集約することができる。』と改定した。これにより、令和7年度からは県北西部の窒素汚染井戸の調査密度及び調査頻度を大幅に削減することになった。

文 献

- 1) 環境省（2024），令和4年度地下水質測定結果。
- 2) 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

[自主研究]

太陽熱と地中熱による複合システムの有効性の検証

濱元栄起 石山高 柿本貴志 高沢麻里 嶋田知英 大和広明

1 目的と背景

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。とくに空調や給湯などの熱は利用量が多いため再エネ熱に転換することが重要である。埼玉県で利用可能な再エネ熱として太陽熱や地中熱が有望である。太陽熱はエネルギー効率が高いエネルギー源である反面、天候や昼夜などの条件によって、利用可能性が大きく変動することが課題である。一方で地中熱は、天候などの環境条件に対して安定的な熱供給が可能な反面、冬季の暖房で使用する熱エネルギーを全て地中熱で供給しようとする、多数の熱交換井が必要となりコストがかかることが課題である。そこで、本研究ではこの両者を連結した複合システム（図1）を検討し、各エネルギー源を相補的に利用した高効率かつ低コストである再エネの熱供給システムの可能性を検証する。このシステムは、地中を蓄熱槽として活用できる可能性があり、単に連結する以上の効果が見込めると期待できる。

2 内容と成果

本研究は太陽熱と地中熱の複合利用を検討する場合に必要な太陽熱に関する特性を調べた。具体的には、埼玉県環境科学国際センターのエコログに設置されている太陽熱パネルの取得熱量を調べるため温度モニタリングを実施した。このパネルは研修宿泊施設の温水利用の目的に2000年に設置され実使用に供されている。真空管方式の

太陽熱パネルであり、全容量は2.5 m³である（図2）。この温度データを利用することで、太陽熱パネルの1 m²当たりの単位時間当たりの取得熱量や水平面に投影した場合の熱量を解析することができる。当センターでは、気象観測の一環として全天日射量も測定しており、これと比較したものが図3である。これによると全天日射量と太陽熱パネルの取得熱量は高い相関があることがわかった。ただし一部のデータはこの相関から外れているが、これは時間帯によって建物の陰に太陽熱パネルが入ったことにより全天日射量から期待される取得日射量よりも低い値になったと解釈している。引き続きモニタリングを行うとともに、地中熱との複合利用についても検討を進める予定である。



図2 太陽熱パネル（真空管方式）

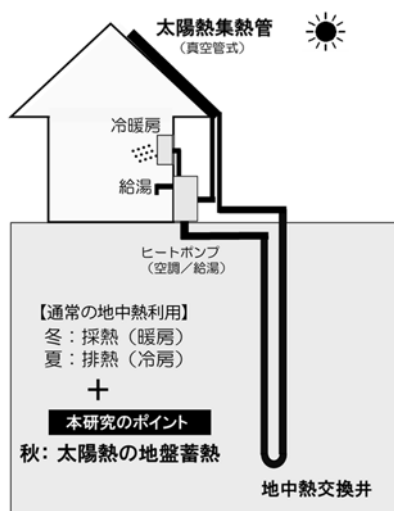


図1 太陽熱と地中熱の複合利用の概念図

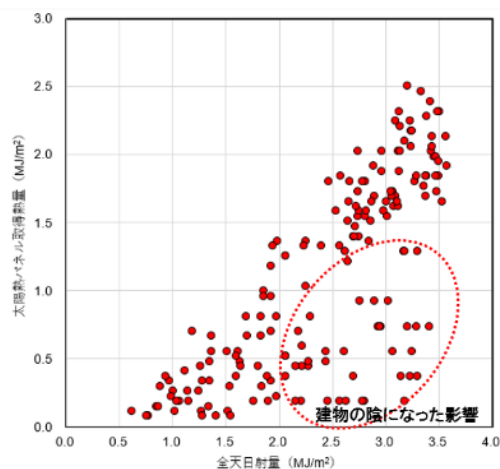


図3 全天日射量と太陽熱パネルの取得熱量

[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 遠藤崇浩*

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る影響の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。本研究課題において、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調査を、2023年度は県内の揚水規制対象事業場を対象とした災害時協力井戸登録制度に対する認識を調査した。2024年度は埼玉県内のある自治体をモデルとして、災害による断水時の飲料水、生活用水の需給バランスについて試算をした。

2 調査方法

埼玉県内のA市を対象として、災害による断水時の飲料水、生活用水の需給バランスを検討するため、地域防災計画を入手し、当該自治体における飲料水、生活用水に関する対応を整理した。その結果、飲料水は備蓄されているペットボトル、避難所の受水槽に加え、浄水場の配水池の水を用いることとなっていた。生活用水は「迅速な確保に努める」ことが示されているのみであり、具体的な記述がなかった。そのため、ボトル水と受水槽、配水池の水は飲料水に優先的に使われると仮定し、生活用水はその他の地域の水資源を活用すると仮定して試算した。

試算に用いる断水人口は同計画（約8万人）と、全域断水（約11万人）とし、飲料水供給目標は3 L/人・日とした。

3 結果と考察

A市内における断水時の飲料水需給バランスの試算結果（全域断水）を図1に示す。ボトル水と避難所の受水槽の水のみを水源とした場合は、1.5日で水が枯渇してしまうことが分かった。避難所の受水槽データとして簡易専用水道のデータを用いたため、避難所の受水槽のうち10 m³以下のものは集計されていない。しかし、それらが仮に10 m³の受水槽を有していたと仮定しても、水確保期間は3日程度と推定され、結果に大きな違いはないと思われる。

ボトル水と受水槽の水では、水資源量として不十分であったため、配水池の水を飲料水として活用するケースの試算をした。その結果、配水池容量の約3割（約8300 m³）を市民の飲料水として活用できれば、20日以上飲料水が確保できると試算された。

受水槽の水を活用することで市民の飲料水（3 L/人・日）は確保できる一方で、日量約300 m³/日の運搬給水が必要となる。この運搬量は、令和6年能登半島地震の被災地である七尾市において展開された運搬給水の日最大値と同レベルである¹⁾。この時に七尾市に投入された給水車は33台であり²⁾、A市だけに同レベルの給水車を投入できることは考えにくい。したがって、A市における飲料水の需給を均衡させることを考える際、水資源の確保のみならず、その運搬方法についても合わせて検討することが重要であることが示唆された。

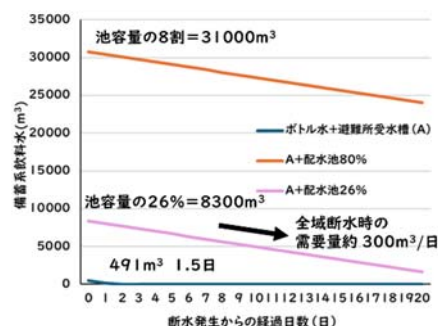


図1 A市内の断水時の飲料水需給バランス試算結果

4 まとめ

埼玉県内のA市をモデルとして、断水時の飲料水の需給バランスを試算した。その結果、浄水場の配水池の水を使えば市民の飲料水は賄えるが、運搬に多くの給水車等が必要になると考えられた。このため、生活用水は大規模な運搬を前提としない地元の水利用活用が重要であるとともに、その運搬を担う主体を検討することが重要になると考えられた。

文 献

- 1) 遠藤崇浩（2025），非常時地下水利用指針（案）
- 2) 日本水道協会（2024），令和6年能登半島地震への対応について

[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 사용되는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7年3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「暫定指針値」が設定されている(合算値50 ng/L以下)。環境汚染原因の究明のためには、PFOSやPFOAに加え、類縁物質等も同時に測定できることが望ましい。本稿では(1) 機器分析法の開発、(2) 試料前処理法の開発、(3) 分析マニュアルの作成について報告する。

2 方法

オンラインSPE-LC-MS/MSを用いて全自動分析法を開発した。測定対象はPFOS、PFOA及びその類縁物質を含む45物質である。これらは環境省公定法、EPA²⁻⁴⁾及びISO⁵⁾で測定対象とされている物質群を網羅している。

3 結果

機器分析法の開発: 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。既報ではデータ取得に複数回の測定が必要等の理由で15~60分程度要するところ、本法では1回の測定に集約し12~20分に短縮できた。PFOA及びPFOSの定量下限値は両者とも0.03 ng/Lであり、環境省公定法で定められている目標下限値(PFOA: 0.1 ng/L、PFOS: 0.2 ng/L)を十分満たすことができた。

試料前処理法の開発: 河川水を用いた添加回収試験の結果を図2に示す。一部の中性PFASを除き、物性の異なる短鎖から長鎖までを一斉に回収が見込める分析法を確立できた。本法で回収率が80%を上回っているのは前駆物質を含む37物質であり、当初の目標(30物質)を達成できた。

分析マニュアルの作成: 所内の分析体制の強化を目指してPFASの分析マニュアルを作成し(図3)、分析経験の異なる3名による実測を行った(図4)。通常業務における分析担当者(高沢)を含む4名の分析誤差はCV値で4.2~8.2%であり、担当者でなくても十分測定が可能な分析マニュアルを作成できた。

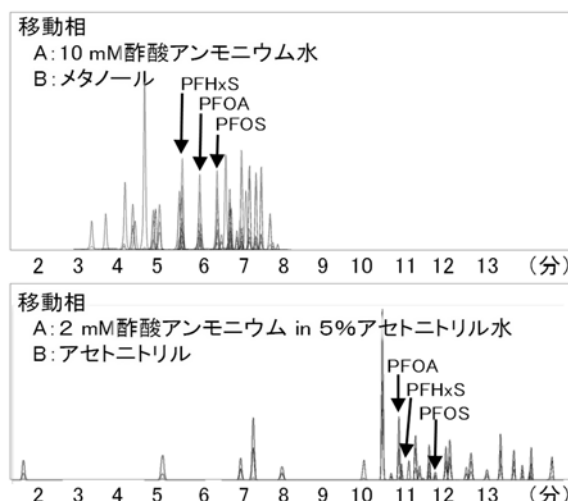


図1 本研究で開発した測定法で取得したクロマトグラム
(上) メタノール移動相 (下) アセトニトリル移動相

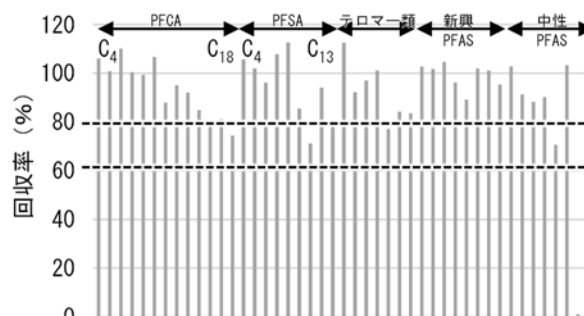


図2 河川水を用いた添加回収試験の結果



図3 本研究で作成した分析マニュアル

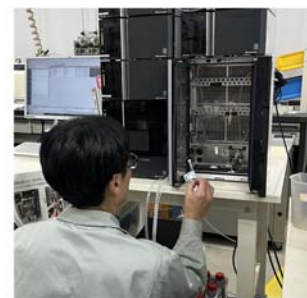


図4 分析風景

文 献

- 1) S. Ullah et al. (2011), J. Chrom. A, 1218, 6388-6395.
- 2) EPA533, 3) EPA537.1, 4) EPA1633, 5) ISO21675