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
Study for a method to public awareness activities of heat adaptation measures in Saitama Prefecture……Hiroaki Yamato, Tomohide Shimada, Yosuke Muto, Natsumi Kawano, Akio Yamagami

(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
Study of past long-term changes in the climate extremes for promoting the local climate change adaptations……Natsumi Kawano, Tomohide Shimada, Hiroaki Yamato, Akio Yamagami

(3) 天候パターン分類を用いた極端気象の発生率の統計的解析および予測可能性研究……山上晃央、大和広明、河野なつ美、嶋田知英
Weather pattern classification for understanding the occurrence and predictability of extreme weather……Akio Yamagami, Hiroaki Yamato, Natsumi Kawano, Tomohide Shimada

(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
Investigation of local emissions of atmospheric pollutants that affect climate……Shuichi Hasegawa, Shinichi Yonemochi, Koki Sasaka, Rie Matsumoto, Yujiro Ichikawa, Kotaro Murata

(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
Building the framework for bioaerosol research in CESS: Quantifying microbial DNA concentration in the atmosphere……Kotaro Murata, Yujiro Ichikawa, Shuichi Hasegawa, Rie Matsumoto, Koki Sasaka, Shinichi Yonemochi, Keiji Watanabe

(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、牧貴大、米倉哲志、王効挙
Estimation of distributions of frogs and herons in paddy fields based on time of starting irrigation……Natsuru Yasuno, Hiroaki Yamato, Takahiro Maki, Tetsushi Yonekura, Kokyo Oh

(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
Extraction of issues and transmitting of information on gas survey methods for the abolition of MSW landfill sites……Masanao Nagamori, Takahito Hase, Kazuyuki Suzuki, Yugo Isobe

(8) 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
Research on the applicability of adsorbents for nitrogen removal from landfill leachate……Takahito Hase

(9) 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、川嵜幹生、長森正尚
Quantification and prediction of environmental burden in plastic material cycle……Kazuyuki Suzuki, Yugo Isobe, Takahito Hase, Mikio Kawasaki, Masanao Nagamori

(10) ダイオキシン類の29TEF異性体を一斉に分離する測定条件の検討……蓑毛康太郎、大塚宜寿、落合祐介
Investigation of measurement conditions for the separation of the 29 TEF congeners of dioxins in a single injection……Kotaro Minomo, Nobutoshi Otsuka, Yusuke Ochiai

(11) オンライン前処理を用いる迅速かつ高感度な化学物質スクリーニング分析法の開発……堀井勇一、竹峰秀祐、髙沢麻里、大塚宜寿
Development of a rapid and highly sensitive chemical screening method using online sample pretreatment……Yuichi Horii, Shusuke Takemine, Mari Takazawa, Nobutoshi Otsuka

(12) ICP-MS測定のN_2ガスを利用したコリジョン法の検討……北島卓磨、竹峰秀祐
Development of methods using N_2 gas in the collision cell ICP-MS……Takuma Kitajima, Shusuke Takemine

(13) 希少種ムサシトミヨからのDNA放出特性に関する検討……木持謙、渡邊圭司、田中仁志
Study on DNA release characteristics from the rare fish “Musahitomiyo”, *Pungitius* sp. ……Yuzuru Kimochi, Keiji Watanabe, Hitoshi Tanaka

(14) 蛍光を用いた水質事故時の油検出法の構築と実用性評価……池田和弘、柿本貴志
Development of oil spill detection and identification method using fluoroscopy and evaluation of the practicality for river water……

……Kazuhiko Ikeda, Takashi Kakimoto

（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
Investigation and identification of challenges in practical nitrogen removal methods using the anammox reaction……Iori Mishima
（16） 抗菌剤を適用したフランボイダル黄鉄鉱の酸化抑制手法の開発……
……石山高、濱元栄起、柿本貴志、髙沢麻里、渡邊圭司
Development of method for suppression of framboidal pyrite oxidation with antibacterial agents……
……Takashi Ishiyama, Hideki Hamamoto, Takashi Kakimoto, Mari Takazawa, Keiji Watanabe
（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、髙沢麻里、嶋田知英、大和広明
Verification of the effectiveness of combined systems of solar heat use systems and ground source heat exchanger systems……
……Hideki Hamamoto, Takashi Ishiyama, Takashi Kakimoto, Mari Takazawa, Tomohide Shimada, Hiroaki Yamato
（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、髙沢麻里、濱元栄起、石山高、遠藤崇浩*
Estimation of area with difficulty in securing water during disaster and on its counter measures by expanding water supply well……
……Takashi Kakimoto, Mari Takazawa, Hideki Hamamoto, Takashi Ishiyama, Takahiro Endo*

* 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手法を考えていく必要がある。

令和2年度から4年度に実施した自主研究「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。

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つつ、効果的な県民（主に小中高校生及び高齢者）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した。

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、7年の夏季にそれぞれ24地点、30地点、33地点で実施した。

IoT暑さ指数計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（図1）。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）渡辺製作所により、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接続機能が搭載された製品が完成した。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の解析を実施した。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[1)]。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)]。

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。



図1　共同開発したIoT暑さ指数計

文　献

1) 大和（2025），埼玉県内における熱中症対策の取組事例の紹介―埼玉県気候変動適応センターを中心に―，保健医療科学，74(2)，pp.103－111.
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春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。そのために、関東地方における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WRFv3.7を用いて過去再現実験を実施した。本研究では、2種類の異なる再解析データを入力値として用い、関東地方で発生した豪雨事例に対する再現性の感度を評価した。入力値として採用した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、気象庁気象研究所と東北大学が提供する従来型観測を用いた日本域長期領域再解析（RRJ-Conv）である。RRJ-Convは、JRA-55の気候場に基づき、さらに領域気象モデルで観測値を同化することで、さらに時空間解像度を高解像度化した日本域の地域再解析データである。計算対象期間は2014年7月1日から8月30日までの2か月間とし、関東地方を対象に数値計算を実施した。（計算設定として、日本本州、広域関東圏、関東地方をそれぞれ覆う3領域（Domain 1～3）のネスティング手法を用いた。各ドメインの水平解像度はそれぞれ12 km、3 km、1 kmとした。

再解析データの降水量への感度を評価するため、以下の2ケースを設定した（表1）。土壌については両ケースともNCEP1データを用いた。物理過程の設定として、微物理スキームにはMorrison two-moment scheme、対流スキームにはGrell 3D schemeを採用した。

表1　気候再解析データ

ケース１	JRA-55（大気）
ケース２	RRJ-Conv（大気）, JRA-55（大気）

3　結果

降水レーダーを観測データとし、2014年7月1日～8月30日の総降水量に着目すると、両ケースとも都市域と郊外域で異なる再現特性を示した。都市域では、ケース1（JRA-55使用）が観測値に対して総降水量を約2倍過大評価した。一方、ケース2（RRJ-Convによる差替）は都市域の総降水量は観測値と概ね一致した。一方、郊外域では両ケースとも同程度の総降水量を示し、観測値を過大評価した。

降都市域と郊外域で感度が異なることを踏まえ、東京都心で豪雨が発生した2014年7月20日の事例を抽出した。降水レーダデータにおいては、東京都心を中心に日降水量100 mm以上、さらに都心から埼玉県へ延びる20～70 mmの降水帯が形成された。しかしながら、両ケースともにそのような降水分布を適切に再現できていなかった。ケース1では千葉県全域で40 mmを超える降水が広範囲に発生し、ケース2では南房総を横断する100 mm以上の帯状降水域が形成された。降水発生メカニズムに着目すると、ケース1の降水は主として対流起源であったのに対し、ケース2で形成された帯状降水域は主に非対流性過程に起因していた。このことは、入力再解析データの違いが降水発生メカニズムに影響を及ぼす可能性を示唆している[1)]。

文　献

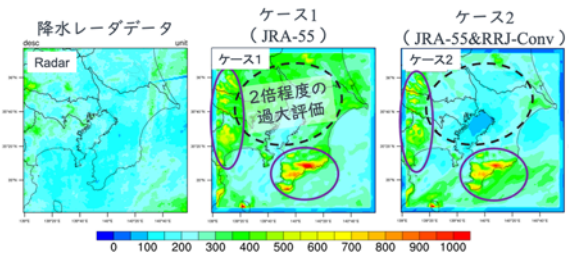


図1　降水レーダーと数値モデルの夏季総降水量

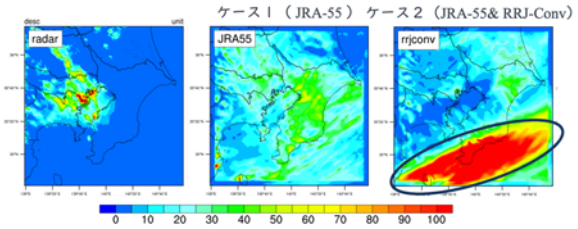


図2　2014年7月20日に発生した豪雨の総降水量

1)　Kawano et al (2025), AOGS2025, AS26-A016

［自主研究］

天候パターン分類を用いた極端気象の発生率の統計的解析および予測可能性研究

山上晃央　大和広明　河野なつ美　嶋田知英

1　背景と目的

地球温暖化による気温上昇は観測・モデルの両方から示されている。気温上昇の分布は全球一様ではなく地域によって大きく異なり、地域的な温暖化の影響を正確に理解することは適応・緩和策を行うために重要である。特に、夏季の埼玉県は高温になりやすく、熱中症リスクの高い地域の一つである。顕著な高温となる際は、フェーン現象などのローカルな現象が発生している。ローカルな現象は総観規模の変動に駆動され、さらに総観規模擾乱は赤道や極域を起源とするテレコネクションの影響を受けるため、全球的な自然変動との関連も考慮する必要がある。

本研究では、総観規模の気象場を分類する手法である天候パターン分類を用いて、関東域に極端現象をもたらすパターンを抽出し、極端気象の発生率との関係を調べる。また、気候データセットを用いて自然変動と温暖化影響という二つの視点から将来の極端現象の変化を調べ、防災・減災に資する知見を得ることを目的とする。

2　方法

気象庁第3次長期再解析データ（JRA-3Q）が提供する1979年から2024年までの夏季（6月から9月）の日々（00 UTC）のジオポテンシャル高度場と海面更正気圧（SLP）をパターン分類に用いた。気候値と気候学的標準偏差は1991年から2020年の期間で計算した。また、解析領域として、20º–60ºN、110º–170ºEの領域を用いた。

日本域の特徴的な循環パターンを抽出するために、*k*-meansクラスタリングを用いた。まず、日々の高度場から気候値を引くことで高度場偏差を計算した。次に、次元を削減するために、経験的直交関数（EOF）展開を用いて、支配的な気圧配置とそのスコア時系列を得た。最後に、スコア時系列に対してクラスタリングを適用することで、特徴的な循環パターンを抽出した。

3　結果

クラスタリングに用いる変数とクラスタ数を決定するために、SLPと、850 hPa、500 hPa、300 hPaの単一の高度場、850 hPaと300 hPa高度場の組み合わせを用いて、EOF展開と*k*-meansクラスタリングの結果を評価した。また、クラスタ数は、クラスタ中心間の相関係数、クラスタ間/クラスタ内の分散比、分類可能性（classifiability）、再現度（reproducibility）の4つの指標で評価した。

まず、単一の高度面を用いた解析では、EOF展開の第１モードとして、日本の北側に作用中心を持つモードが現れた。850 hPaとSLPでは、第2モードに日本の南側に作用中心を持つモードが現れた。一方で、850 hPaと300 hPa高度面を組み合わせてEOF展開を行うと、下層は日本南海上の太平洋高気圧から日本に向かって、上層はチベット高気圧付近から日本に向かって偏差が延びる構造が第1モードとして現れた。これはそれぞれ、太平洋高気圧とチベット高気圧の変動と対応していると考えられる。

続いて、得られたスコア時系列に*k*-meansクラスタリングを適用した。クラスタ数について、k＝2–8を上記の指標で評価したところ、k＝4でクラスタ間の相関が小さく、分散比と分類可能性が統計的に有意であり、再現度も高かった。各クラスタの構造（図1）を確認すると、850 hPaは太平洋高気圧が、300 hPaはチベット高気圧が日本を覆う構造が第4クラスタとして現れた。また、このクラスタの出現頻度が増加傾向を、他のクラスタは減少傾向を示した。

今後は、得られたクラスタと関東域の気温分布について、再解析データ、観測データを用いて調べる。また、気候モデル（d4PDF）でもこのクラスタが再現できているか、温暖化と非温暖化実験でクラスタの出現頻度の違いを調べ、極端現象への温暖化の寄与を調査する。

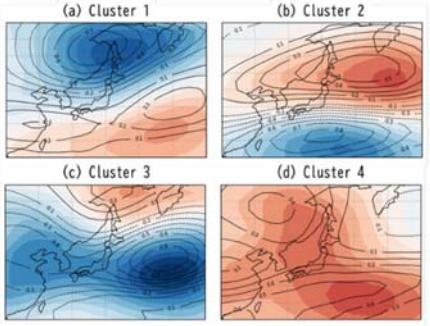


図1　850 hPa（シェード）と300 hPa（コンター）の高度場を用いて分類を行ったクラスタ中心の構造

［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（CH_4）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。CH_4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

CH_4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状炭素（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。さらに、2025年度に戸田美女木において$PM_{2.5}$成分調査と同様の方法でECの測定データを得た。

3　結果と考察

CH_4の2001～2023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かった（県北でもこの傾向は弱くみられた）。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ところ、濃度差は経年的に微増か横ばい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。7月と12月の濃度と風速の関係は弱風で高濃度になる傾向があり、月別のCALM（風速0.4 m/s以下）の割合と対応する傾向がみられた。農業からの発生の多くを占める水田からの発生がない12月に着目すると、東秩父との濃度差の日内変動は県南でも県北でも、風が弱くなる夜間から朝にかけて高くなるが、特に三郷ではそれが顕著で、逆に入間では変動がかなり小さかった（図1）。測定局間の濃度相関係数と測定局間の距離の関係を解析すると、距離が10数km以内でも相関が相対的に低い傾向が目立っていた。こうしたことから、冬は近傍での発生源の影響が大きい可能性が示唆された。その発生源として、都市ガス、河川・池・下水管などからの発生が可能性として考えられた。

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であり、最近はかなり緩やかだが低下傾向は続いている。4年振りに得られた戸田美女木のECはわずかな低下にとどまっており、鴻巣と戸田美女木のECとNOxの経年変化からみて、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ってきていることが示唆された（図2）。

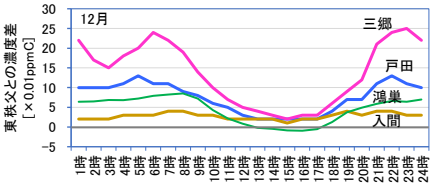


図1　CH_4濃度の東秩父との差の日内変動（12月）

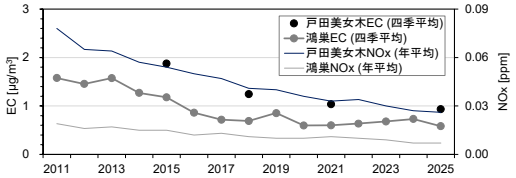


図2　鴻巣（一般局）と戸田美女木（自排局）におけるECおよびNOxの経年変化

4　まとめ

濃度データの解析からCH_4の地域排出は微増か横ばい傾向で、排出量推計と相違があった。また、冬は都市ガス、河川・池・下水管などからの発生が影響している可能性が考えられた。BCの主要な発生源である自動車排ガスからの排出は下げ止まってきていることが示唆された。

［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　はじめに

バイオエアロゾルは空気中に浮遊する生物起源の粒子であり、ウイルス・細菌・真菌胞子・花粉などを含む。大気汚染物質の一部をなすとともに、アレルゲンや病原体としての健康影響のほか、雲形成核としての気候変動への関与や微生物生態系の循環など、現代の環境問題を横断する新たな研究対象として注目されている。バイオエアロゾルの定量的モニタリングには分子生物学的手法が有効であるが、大気フィルター試料は含まれるDNA量が極めて少なく（低バイオマス）、適切な手法の確立が不可欠である。本研究では、埼玉県におけるバイオエアロゾル研究の着手を目指し、大気フィルター試料からのDNA抽出法の検討およびデジタルPCR（dPCR）を用いた大気中微生物定量ワークフローの構築を進めた。

2　調査方法

前年度7月、9、10月の計7日間、埼玉県環境科学国際センター中庭にてポリカーボネートフィルターとローボリュームエアーサンプラーを用いて捕集した大気中浮遊粒子試料を用いた。得られたフィルターを半裁し、バイオエアロゾル研究で広く用いられている複数のDNA抽出キットを段階的に比較した。抽出DNAの定量にはdPCRシステム（Applied Biosystems QuantStudio Absolute Q, ThermoFisher Scientific）を使用した。評価基準には、ポワソン統計に基づく95%信頼区間を用いたサンプル－ブランク間の分離を採用した。これは、低バイオマス試料では真のシグナルとコンタミネーション（操作による背景汚染）の区別が困難になりやすいことから、定量の信頼性を客観的に評価するうえで一つの指標となる。続いて、細菌16S rRNA遺伝子V3-V4領域および真菌18S rRNA遺伝子を標的とした独自のTaqManアッセイを設計し、dPCR条件の最適化を行った。最終的に、細菌・真菌を異なる蛍光色素で同時定量する手法（マルチプレックスdPCR）の実現可能性についても検討した。

3　結果

DNA抽出キットの比較では、キットによってサンプル－ブランク分離の程度に顕著な差がみられた。低バイオマス条件において、試料とブランクを統計的に分離できるキットとそうでないキットがあり、物理的細胞破砕の強度が定量性に大きく影響することが示唆された。

独自アッセイのPCR条件最適化では、アニーリング温度と伸長時間の組み合わせによってサンプル－ブランク分離の程度が異なり、最適条件ではメーカー推奨のデフォルト条件と比べて明確に改善された。マルチプレックスdPCRでは、細菌・真菌それぞれの蛍光クラスターが良好に分離し、単独定量結果との整合性も確認された。なお、ブランクフィルターからの検出値はいずれの条件でも低く抑えられており、操作上のコンタミネーションが適切に管理されていたことが確認された。



図1　大気中微生物定量法のワークフロー

4　考察とまとめ

本研究により、低バイオマス大気フィルター試料の定量において、DNA抽出法の選択がdPCRプラットフォームそのものと同等以上に測定精度を左右することが明らかとなった。また、dPCRにおいても製品デフォルトのPCR条件が低バイオマス試料に対して必ずしも最適ではなく、経験的な条件最適化が重要であることが示された。最適化した抽出・定量ワークフローを用いることで細菌・真菌の同時定量が実現可能であり、今後の大気中微生物の定量モニタリングに向けた基盤が構築された。本研究で構築したワークフローは特定の試薬や機器に依存するものではなく、サンプル－ブランク分離を主要な品質管理基準とする評価ロジック自体が他の研究機関や異なる採取条件にも応用可能なものだと期待される。今後は大気環境モニタリング調査事業で採取された各種試料への適用や、他地点への展開についても検討する。

［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　牧貴大　米倉哲志　王効挙

1　はじめに

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7月上旬頃までと最大約2か月以上もの差が見られる。これまでの研究の結果、湛水開始時期によって水生動物群集に影響することを明らかにしている[1)]。

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[2)]。湛水開始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、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。本研究では野外調査で得られた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、過去に取得したサギ類の分布データを用いて、生息適地モデルを構築し、季節ごとのサギ類の採餌適地を可視化した。

2　調査方法

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ため、湛水開始の指標として利用できる[3)]。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80.2%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　サギ類の季節ごとの採餌適地推定

サギ類の採餌適地推定のために、まず対象地域内の1 km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、背景データとして利用した。サギ類の分布については、過去に取得したデータを用いた。2021～2022年の5～8月にかけて、サギ類の分布状況を把握するために毎月自動車走行によるラインセンサス調査を行っている。以上の背景データと分布データを用いて、MaxEntにより採餌適地を5～8月の月ごとに推定した。

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。

MaxEntによる採餌適地を推定したところ、優占種であったチュウサギ、ダイサギともに5～7月の採餌適地は湛水開始とともに東から西へとシフトする傾向が認められたが、8月はより広範囲に分散する傾向が認められた（図1）。7月までは湛水開始からあまり時間の経過していない水田で採餌していたが、8月になるといずれの地域でもイネが伸長して水田内での採餌が難しくなり、畦や水路等の水田外での採餌が中心となったためと考えられる。

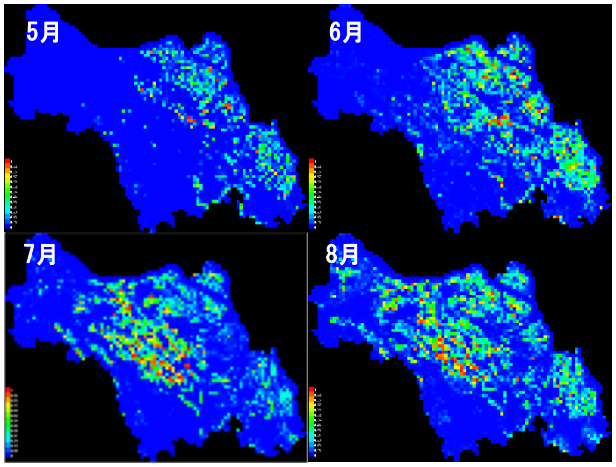


図1　チュウサギの採餌適地の季節変化

文　献

1）Yasuno (2025), Ecological Indicators, 181, 114432.
2）石濱（2017），保全生態学研究, 22(1), pp.21-40.
3）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

本研究の調査結果も踏まえ、廃棄物資源循環学会埋立処理処分研究部会から「廃棄物最終処分場廃止基準の調査評価方法改訂版（Rev.1）」[1]が令和7年3月に公表された。今後も本調査法を活用・改善するために、県内外の関係者に技術を広めるとともに、情報共有を図る必要がある。

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、廃止に向けた埋立地ガスの調査に関する技術支援を行う。

2　調査方法

県内のC、D及びE一般廃棄物最終処分場のガス抜き管からの埋立地ガス主成分放出量を調査した。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（㈱テストー、testo440）を用いた。

3　調査結果

3．1　C処分場

予備調査としてガス抜き管2か所、本調査としてガス抜き管6か所で調査を実施した。予備調査の1か所で埋立地ガス主成分放出量が1 L/分を上回ったが、メタンガスが定量下限値未満のため内部は好気的な雰囲気であると考えられた。本調査においては、低温・強風の環境下であったため、熱線式風速計の電池の消耗が著しく、1か所でデータ保存ができない事態も生じた。なお、その1か所を除けば埋立地ガス主成分放出量が1 L/分未満であった。

3．2　D処分場

埋立跡地の上部利用のためガス抜き管を横引きしている処分場で調査した。地点数は17か所と多いため、地点に合う機材を準備するなど工夫して時間短縮を図った。調査を実施した際に、一部の横引き管で手前方向に向かって穏やかな下り勾配があり、雨水が管内に溜まる構造であることが判明した。他処分場で横引き管を敷設する計画があったため、本調査を踏まえた設計案を提示できた。なお、調査は秋期と春期の3日間で実施したが、日によって埋立地ガス主成分放出量が大きく変動し、多いときは埋立地ガス主成分放出量が1 L/分を上回ることが分かった。

3．3　E処分場

当該処分場は埋立面積が広くガス抜き管が39か所あるため、調査は2班に分かれて2日半を要した。埋立地ガス主成分放出量は最大で0.41 L/分と少なかったが、管内をカメラで確認したところ、ほとんどの管で目詰まりがあることが判明した。廃止確認の調査にあたっては、予め高圧洗浄などでスケールを除去する必要がある。

4　情報発信

4．1　全国

調査評価法の改訂により、廃止に向けたガス調査に対する理解が徐々に浸透しているが、一般廃棄物最終処分場の管理者である市町村や一部事務組合の職員への認知度が低いと思われた。そこで、多くの自治体が購読している全国都市清掃会議が出版する「都市清掃」において、ガス発生非増加基準の調査・評価方法の要点をまとめた[2]。特に、廃止を許可する側の都道府県知事等と処分場管理者のコミュニケーションの重要性を盛り込みつつ、改訂の考え方などの主意を解説した。

4．2　県内

平成10年6月の基準省令改正以降、埼玉県内で初めて一般廃棄物最終処分場が廃止された。昨年度から県庁内で方法を検討していた現地確認を実施し、技術上の基準に適合していることを通知できた。さらに、県内最終処分場設置団体連携会議において、当該廃止事例を三者三様の視点で発表することによって、廃止手続きに係る具体的な手順や重要な項目等を全体で共有することができた。

文　献

1）廃棄物資源循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）.
2）長森正尚（2026），ガス発生非増加基準の調査と評価，都市清掃，Vol.79, No.389, pp.26-31.

［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

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。一方、1997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ことにより、全窒素など一部の項目のみが廃止基準未達であるような低負荷の浸出水を、ピーク時の高負荷の水質に対応した設備過剰で処理するといった事態が生じている。このように設備と水質が乖離した状態における水処理が長期化し、設備の老朽化による修理費等が増大する中、水質に対応した設備の簡易化が課題となっている。

全窒素が浸出水中の廃止基準未達の一因であるような場合、全窒素の主成分はアンモニア態窒素である事が多い。アンモニア吸着材としてゼオライトが知られているが、浸出水処理に普及しているとはいえない。しかしながら、適用範囲を、水質が低負荷となる埋立後期のような特定の時期・状況に限れば、補完的な技術として利用可能性があると考えられる。浸出水は高塩分のものも多く、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、本研究では、塩分阻害の影響を中心に、吸着性能試験等、基礎的な情報把握を行い、吸着材の利用可能性を検討する。

2　方法

吸着材としては安価な天然ゼオライトを利用する事として、前年度は、塩類阻害影響評価を行う準備としてバッチ試験（3時間振盪）等の吸着実験法の確立（実験因子等の検討等含む）と天然ゼオライトの選別を行った。本年度は、塩類（Na、K、Ca）共存時のNH_4^+吸着実験を行った。

3　結果

80[N-mg/L]になるよう調整したNH_4Cl溶液から作成した希釈系列に対し粉砕した（＜0.5 mm）ゼオライト（山形産）の吸着バッチ試験を行った。その際、濃度の異なるKを共存させた結果を図1に示した。共存K濃度の上昇に伴い、漸減的に除去率が低下し高濃度では最大で9割除去率が低下した。Naも同様にNa濃度の上昇に伴い、漸減的に除去率が低下したが、最大でも約3割であったのに対し、最大の阻害効果で比べるとKの方が強い。KとNaが共存するような実験系でも、同様にKによる阻害が優勢である。

図2には、80[N-mg/L]になるよう調整したNH_4Cl溶液に、濃度の異なるNa、Kを共存させて吸着バッチ試験を行った結果を示す（図中のカッコ内数字は濃度[mg/L]）。吸着量が大きい産地ほど、阻害があっても吸着量は大きい傾向がある。ただし、吸着量塩類の吸着阻害効果は、濃度によるので、Kの濃度によっては、Naと同程度の吸着阻害を示す事もある。従って、浸出水への利用を考える場合、K濃度がどの程度かが重要となる。

4　まとめ

塩類阻害は濃度に応じて漸減的に増加し、高濃度では一定となる。阻害塩が同時共存する場合は、阻害塩単独時の阻害を加算したものではない。Kは単独時で最大9割の吸着阻害、Na・K同時共存時でも優勢的に阻害する。共存K濃度のほか、浸出水中のNH_4^+濃度が低い時期（埋立後期）という期間限定の使用、浸出水量の削減（雨水排除施工）、処理方法の改善（吸着量の再生・除去能力の改良・吸着量の改良）等、処分場の特徴を生かした条件・方策等によって利用可能性の向上し適用可能であると考えられる。

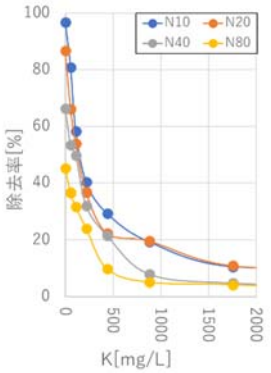


図1　K^+による吸着阻害実験

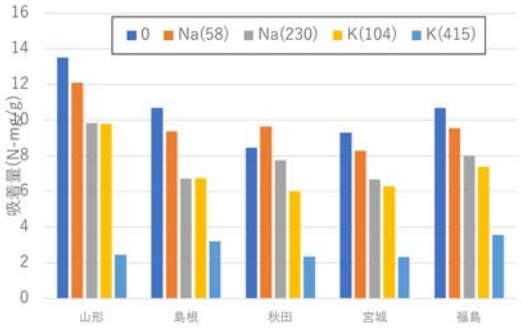


図2　塩類の吸着阻害実験（産地別）

［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　川嵜幹生　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）等を行うことにより、温室効果ガス等の環境負荷量を定量的に評価するとともに、合理的な循環利用シナリオを提案することを目的とする。昨年度は、LCAにより、プラスチックの各種再商品化手法（マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリカバリー）の評価を行った。そこで、今年度は、さらに、システム境界を拡張し、収集運搬を含む総合的なプラスチックリサイクルシステムに対し、埼玉県内の自治体をケーススタディとしたLCAを実施した。

2　LCA研究方法

2．1　修正グリッドシティモデル

収集輸送距離の計算は、Ishikawa[1)]により開発されたグリッドシティモデルを、Fujiiら[2)]がより一般的に適用が可能な形にモデルを修正した修正グリッドシティモデルを用いた。以下に式を示す。

$$L=\sum_{i=1}^{n}\left(F\times\alpha\times\sqrt{\frac{P_i}{P_{sta}}}\right)+\frac{W\times\sum_{i=1}^{n}\{2\times P_i\times(|x_i|+|y_i|)\}}{B}$$

Lは収集運搬距離、nは収集範囲内のメッシュ数、Fは収集回数、αはメッシュ一つの大きさ、P_iはメッシュiに含まれる人口、P_{sta}は収集範囲の人口、Wは一人あたりの廃棄物発生量、x_i、y_iはメッシュiにおける廃棄物処理施設までのx軸の距離、y軸の距離、Bは収集車の容量を表す。

2．2　システム境界

システム境界は、収集から処理・リサイクルまでの下流プロセスを対象とした。代替される品目については、下流プロセスに加えて原料採掘から製造までの上流プロセスを含めた。LCAは、JIS Q 14040: 2010およびJIS Q 14044: 2010に基づいて実施した。

3　結果

LCAによる評価結果の一例を図1に示す。本ケースでは、広域化により、CO_2排出量が削減した。これは、広域化した際の焼却施設の発電による削減効果が大きかった。

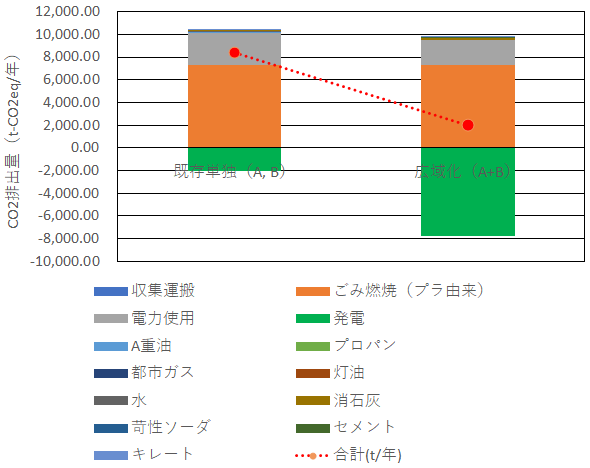


図1　LCA結果

4　今後の研究方向性

本研究では、特定の地域を対象に、修正グリッドシティモデルを用いて収集運搬距離を計算し、LCAによる評価を行った。今後、評価するシナリオを増やしていくとともに、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。

文　献

1) Ishikawa (1996), 日本包装学会誌, 第5巻, 第2号, pp.119-130.
2) Fujii et.al. (2014), Journal of Cleaner Production, Vol.78, pp.208-215.

［自主研究］

ダイオキシン類の29TEF異性体を一斉に分離する測定条件の検討

蓑毛康太郎　大塚宜寿　落合祐介

1　はじめに

ダイオキシン類は重要な監視項目の一つであり、特定施設からの排出監視や環境モニタリングの対象である。ダイオキシン類は多数の異性体の総称で、通常、四塩素化物以上の148異性体が測定の対象である。排出基準や環境基準はダイオキシン類の総合的な毒性の指標である毒性等量（TEQ）で評価される。148のうち29の異性体に毒性等価係数（TEF）が定められており、これら29の異性体濃度と対応するTEFを乗じて合計したものがTEQである。したがって、ダイオキシン類分析においては、29のTEF異性体を正確に定量することが求められる。

ダイオキシン類は、キャピラリーカラム（以下カラムと略す）を装着したガスクロマトグラフ質量分析計で測定される。現在のところ、29のTEF異性体を一斉に分離できるカラムは確認されておらず、29異性体の濃度を得るためには異なるカラムで複数回測定する必要がある。1回の測定で29異性体の濃度が得られれば、カラム購入コスト削減、カラム交換の簡略化、複数データ統合作業の省力化、データ取違いによる誤判定リスクの低減等により、分析の効率化・信頼性の向上が期待される。

我々は、DB-17ms、VF-17msの両カラム（いずれも長さ60 m、内径0.25 mm、膜厚0.25 μm）について、ダイオキシン類の溶出順序を確認している[1,2]。さらに、VF-17msカラムを2本継いで120 mにしたもので確認したところ、60 mカラムでは分離できなかった異性体の分離が改善され、一斉測定の兆しが見出せた[3]。このことから、市販のカラムでも、長さや内径等の条件を変えることで、十分な分離が得られる可能性がある。本研究では、29のTEF異性体を一斉に分析できるカラム、測定条件を探索した。

2　方法

DB-17msおよびVF-17msについて、長さや内径等を変えて検討し、29のTEF異性体を一斉に分離できる測定条件を探索した。得られた条件で実試料を測定し、通常の測定による結果と比較して、妥当性を確認した。

3　結果と考察

検討の結果、DB-17ms（長さ80 m、内径0.18 mm、膜厚0.18 μm）を用いることで、測定時間118分と時間はかかるものの、29のTEF異性体を一回の測定で分離できることが確認できた（図1）。認証標準試料や各種環境試料でも、妥当な定量結果が得られた。29のTEF異性体を一回の測定で分離できるカラムの報告は、本研究が初めてである。これまでに溶出順序が確認されている他のカラムでも、サイズを変えることでより効果的に分離できる可能性がある。本研究の結果は論文にまとめているので[4,5]、詳細はそちらを参照されたい。

文　献

1）Minomo et al. (2024), Environ. Monit. Contam. Res., Vol.4, pp.117-125.
2）蓑毛ら（2025），環境化学, Vol.35, pp.16-23.
3）蓑毛ら（2024），第32回環境化学討論会, P-032.
4）Minomo et al. (2025), Environ. Monit. Contam. Res., Vol.5, pp.83-88.
5）蓑毛ら（2025），環境化学, Vol.35, pp.47-55.

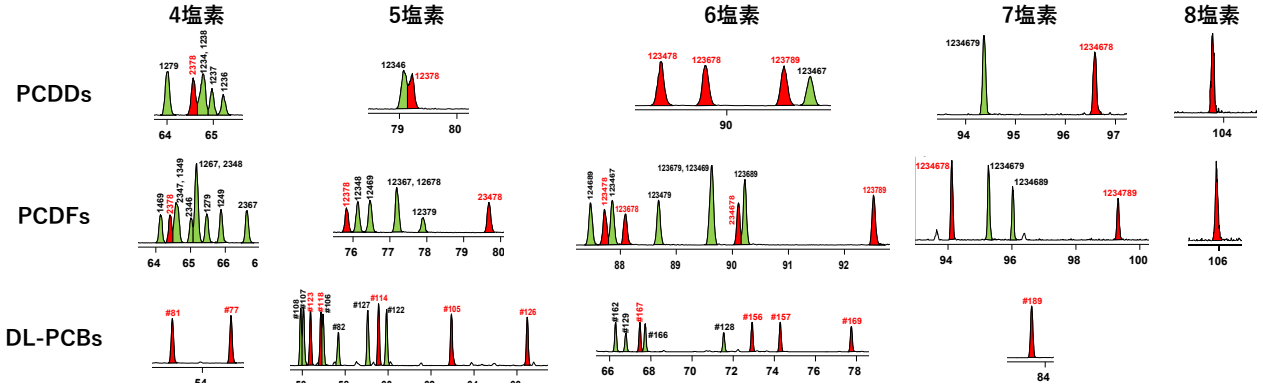


図1　DB-17ms（長さ80 m、内径0.25 mm、膜厚0.18 μm）による29TEF異性体（赤色のピーク）の分離

［自主研究］

オンライン前処理を用いる迅速かつ高感度な化学物質スクリーニング分析法の開発

堀井勇一　竹峰秀祐　髙沢麻里　大塚宜寿

1　はじめに

近年、多様化する化学物質の環境中挙動を把握するため、迅速かつ網羅的なスクリーニング分析法のニーズが高まっている。自動同定定量システム（AIQS）は、化学物質データベースに基づき多成分の一斉検出および定量を自動で行う手法であり、環境省からはAIQSを用いた化学物質スクリーニング分析法の暫定マニュアル[1)]が公表されている。中でも、ガスクロマトグラフ質量分析計（GC-MS）用AIQS（AXEL-Naginata, 西川計測）は、1000種以上の化学物質を対象とした自動同定・定量が可能なシステムである。しかしながら、従来法では試料前処理に時間を要することや、夾雑ピークの干渉を受けやすいといった課題がある。そこで本研究では、オンライン固相抽出を組み込んだGC-MS測定（オンラインSPE-GC-MS）とAIQSによる自動同定定量を組合せ、さらにin-silicoクリーンアップを追加することで、迅速性と高感度を両立した新たな分析手法の確立を試みる。

2　試料と方法

オンラインSPE-GC-MSとAIQSを用いる化学物質のスクリーニング分析法を検討した。オンラインSPEには、アイスティサイエンス社のSPL-P100を使用した。オンラインSPE-GC-MSの分析は、暫定マニュアル[1)]を参考に、固相の種類・充填量、溶出溶媒、GCへの大量注入の条件等を検討した。固相カートリッジは、市販品（Flush SPE MAP, SDB/C18）に加え、HLBと活性炭（AC）又はグラファイトカーボン（GC）の積層カートリッジを試作して検討した。対象物質は、水質汚濁防止法の法規制物質や要調査項目等のうち、GC-MSで測定可能な物質とした。分析法の適用範囲は、水試料を用いる添加回収試験により評価した。

3　結果と考察

大量注入（90 µL）条件の最適化：溶出溶媒に用いる混合溶媒（①アセトン/ジクロロメタン/ヘキサン＝2：1：1、②アセトン/ジクロロメタン/ヘキサン＝1：1：1、③アセトン/ジクロロメタン＝1：1）について、初期温度、パージ時間を最適化した。3種の混合溶媒について、システムパフォーマンス項目を満たす条件を見出した。

固相の種類・充填量の検討：3種の固相カートリッジ（①HLB（2.5 mg)/GC（0.5 mg)、②HLB（2.5 mg)/AC（0.5 mg))、③Flush SPE MAPと溶出溶媒①②③の組合せについて、66種農薬成分（富士フィルム和光純薬）の添加回収試験を実施した（図1)。固相①③では、許容範囲（50~200%）外の化合物は少なく、概ね良好な結果が得られた一方で、暫定マニュアル[1)]と同じ固相②では、全体的に回収率が低かった。その原因として、ACの吸着力が強く溶出が不十分であったと示唆された。化合物の適用範囲、検出感度、暫定マニュアル条件等を勘案し、固相①と溶出溶媒②の組合せを暫定条件とした。

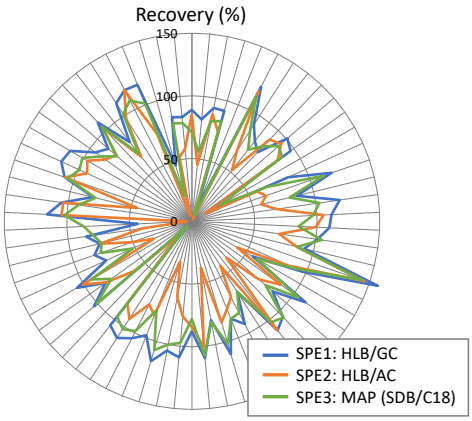


図1　添加回収試験における66種農薬成分の結果：溶出溶媒②の場合

4　まとめ

本法は、処理した水試料の全量をGC-MSへ注入することから、少ない試料で高感度を達成できる。また、試料・資材の小スケール化により、分析に係る環境負荷を低減でき、持続可能な環境監視ための分析法として期待される。

謝　辞

株式会社アイスティサイエンスには、オンラインSPEに係る条件検討においてご協力いただいた。

文　献

1）環境省（2023), AIQS-GCによるスクリーニング分析法暫定マニュアル, https://www.env.go.jp/content/000123882.pdf.

［自主研究］

ICP-MS測定のN2ガスを利用したコリジョン法の検討

北島卓磨　竹峰秀祐

1　背景・目的

誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS）はアルゴンガス（Ar）から生成したプラズマを利用し、霧状に導入した水試料中の元素をイオン化して質量分析計で検出する手法である。原子の質量数はそれぞれに固有であるため、得られた質量スペクトルにより、種類や濃度を特定できる。また、測定濃度範囲が広く、多元素一斉分析が可能であるため様々な分野で利用されている。

ICP-MSによる元素分析において、Arやマトリックス等に由来する複合体から干渉を受ける場合がある。このような干渉は$ArCl^+$などの多原子イオンや酸化物イオンが測定対象のm/zに干渉し過大評価をする。干渉を除去または低減する手段の一つにヘリウム（He）ガスを用いたコリジョン法があり、精確な測定に必要な技術となっている。しかし、Heガスの供給が不安定であることが大きな問題となっており、今後の安定的な環境監視の為に、代替的な測定技術の確立が望まれている[1)]。

そこで本研究では代替ガスを用いたコリジョン法によるICP-MSの測定法を検討した。代替ガスとして、入手が容易な不活性ガスである窒素（N_2）を用いた[2)]。河川水の測定を想定し、水質基準に対して十分な定量下限を得られる測定法の確立を目的とした。

2　研究内容

2．1　対象元素の選定

本研究の対象とする元素は、バナジウム（^{51}V）、クロム（^{52}Cr）、鉄（^{56}Fe）、ヒ素（^{75}As）とした。これらの元素は環境中に多数存在する元素（酸素、塩化物イオン）やArの多原子イオンによるスペクトル干渉を受けやすい。当センターでは、V、Cr、FeについてはHeによるコリジョン法、AsについてはO_2を用いたリアクション法により干渉除去を行っている。Heの使用を避け、干渉除去方法を統一することでスクリーニング分析の効率化を試みた。

2．2　N2ガスによるコリジョン法の測定条件の検討

研究では、埼玉県の河川水を模した合成水溶液と河川水認証標準物質（日本分析化学会）を使用した。合成水溶液の測定によって、ガス種による干渉物質の変化を検証した。さらに、ガス流量の変化による定量下限値の変動から最適な条件を推測した。本研究は安定的な河川等の環境監視を背景にしているため、目標とする定量下限値を水質基準の1/10とした。また、標準物質の測定によって、河川水の測定値の妥当性について検討を行った。

2．3　埼玉県の河川水試料への適用性の検討

本研究では、環境試料として埼玉県内10地点で採取した河川水試料を用いた。従来と新手法の測定値の乖離率を算出し、環境試料への適用性を検討した(図1)。

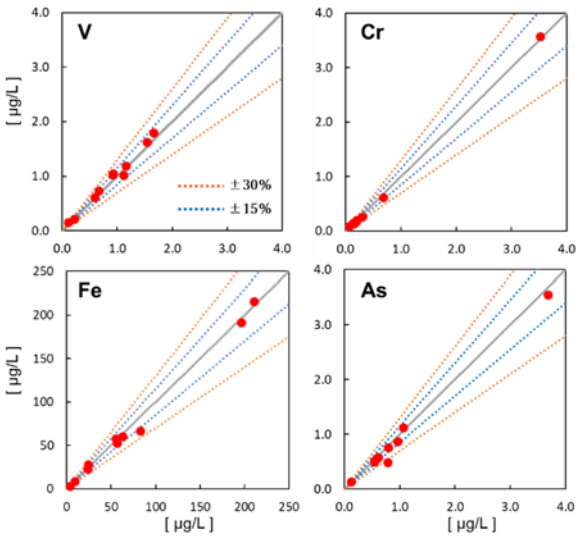


図1　環境試料における新手法の従来法との乖離率（%）
縦軸：新手法の測定値、横軸：従来法の測定値

3　結果と考察

測定条件の最適化により、すべての元素で目標の定量下限値を下回る結果を得た。また、ガス種による干渉物質の生成の相違は見られなかった。環境試料を用いた従来法との乖離率は非常に良好であり、適用性が示された。

本研究でN_2コリジョン法は水質基準の監視に十分な定量下限を示した。さらに、県内の河川水試料において、従来の測定と同等の測定結果を示した。これらから、本手法は河川試料の金属元素の測定においてHeコリジョン法を代替できることを示した。

文　献

1）埼玉県（2024），令和6年度国の施策に対する提案要望.
2）Nakamura et al. (2020), J. Anal. At. Spectrom, 35, pp.2142-2147.

［自主研究］

希少種ムサシトミヨからのDNA放出特性に関する検討

木持謙　渡邊圭司　田中仁志

1　目的

熊谷市及び埼玉県の魚であるムサシトミヨ*Pungitius* sp.はトゲウオ科トミヨ属に属し、体長3～6 cmの小型の淡水魚である。かつては東京都や埼玉県の湧水や湧水からの細流での生息記録があるが、現在は埼玉県熊谷市内の元荒川最上流域のみ生息が確認されている。

本種の保護保全を進める上では生息状況の把握が重要であり、捕獲による本種の個体数調査は概ね5年ごとに実施されている。しかしながら、捕獲調査は調査行為が生息環境を破壊する恐れがあるため、調査頻度を増やすことは難しい。一方で近年急速に発展している環境DNA分析は、水質分析であるため生息環境の非破壊な調査ひいては調査頻度の増大が可能となる。一般に、捕獲調査と環境DNA分析は相互に補完し合う特徴を持つことから、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、本種の生息調査への環境DNA分析の将来的な適用を見据え、本種からのDNA放出特性について、環境DNA種特異的解析を用いて明らかにするとともに、フィールド調査への実用可能性の検討を行う。

2　方法

2．1　ムサシトミヨDNA検出・定量法の構築

基本的な分析フローは環境DNA調査・実験マニュアル[1)]に準ずる。まず、既往研究等も参考にムサシトミヨDNAの検出系を構築した。ターゲット配列の取得は、当センターで展示飼育し死亡した本種の組織片の配列を解読して実施した。そしてこの情報を基に種特異的プライマー及びプローブを設計し、性能を確認した。定量法は、リアルタイムPCR（qPCR）を検討した。なお、環境DNA分析の適用先である元荒川ムサシトミヨ生息地では、qPCRで十分に検出可能な本種の環境DNA濃度が存在すると想定される。

2．2　水槽連続実験

熊谷市ムサシトミヨ保護センターに設置してある、地下水掛け流しによる飼育水槽10槽の排水から本種のDNAを採取し、個体（生物量）あたりのDNA放出速度の導出を試みた。試料ろ過量は500 mLとし、分析に供試した。また、大まかな個体サイズ、飼育匹数、地下水流入量も計測し、DNA放出速度の算出に用いた。

3　結果と考察

3．1　ムサシトミヨDNA検出･定量法の構築

本種の種特異的プライマー及びプローブを複数候補設計し、計算による特異性チェックにより、最も特異性の高いと考えられるものを選択した。次いで、インターカレータ法（蛍光色素：SYBR Green）によって、本種の人工合成遺伝子を用いて増幅を確認するとともに、特異性･検出感度を含む性能評価が完了した。よって、本種のDNA検出系が構築できた。

3．2　水槽連続実験

生後約12か月（17試料）、6か月（10試料）の分析結果を基に1個体あたりのDNA放出速度を算出したところ、前者の方が大きな値となり、成長段階により異なる可能性が明らかとなった（図1）

この結果の検証目的も含め、同じ試料を用いた他の定量法の分析結果との比較や、異なる成長段階（トミヨの繁殖期は主に6～8月）の試料のデータ蓄積を測っていくこととする。

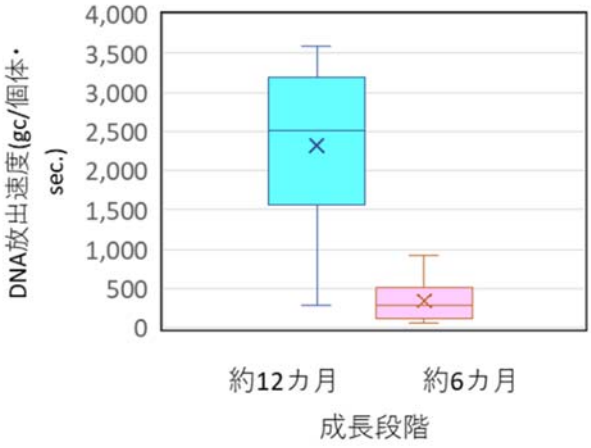


図1　個体あたりDNA放出速度（成長段階別）
（インターカレータ法(SYBR Green)）

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).

［自主研究］

蛍光を用いた水質事故時の油検出法の構築と実用性評価

池田和弘　柿本貴志

1　はじめに

埼玉県の河川水質事故の半数近くを占める油流出は、浄水場での水処理工程でも障害となる重要な問題であり、早期の検知や発生源の特定が望まれる。発生源調査においては、油種（重油、軽油、灯油、ガソリン、潤滑油）判定が必要となることがあり、これまではGC/MSによるTPH試験が実施されてきた。しかし、迅速性あるいは分析の習熟者が必要など課題もある。そこで、本研究では、試料を蛍光分析することで、油に含まれるPAHsを検出し、スペクトルの形状から油種を推測するという手法を提案する。前処理がほとんど不要な蛍光分析は迅速性に優れ操作も簡便という特徴がある。自動化も可能であり、早期警戒システムとして実装できれば、リアルタイムでの油検知も可能となり、水源監視と事故対応を助けるものとなる。

本研究では、蛍光による油分析手法を開発し、河川水に適用可能で実用レベルにあるのか評価する。R7年度は、油種判定能力を検証し、判定手法を開発し、実河川水への適用性を評価した。

2　実験方法

油試料は、標準油を純水あるいは河川水に溶解させて作成した。油を1 Lのガラス瓶中の純水あるいは河川水に加え、暗所で1.5時間スターラー撹拌した。その後、中層からピペットで慎重に試料を取り出し、蛍光分析（日本分光株式会社FP-8500）に供した。三次元励起蛍光スペクトル法で分析を行い、得られたスペクトルにはブランク補正を実施した。内部遮蔽効果は補正しなかった。

3　結果と考察

純水中の各油種の蛍光分析結果を図1に示す。各油種に特徴的なスペクトルが見られた。重油や軽油には、灯油やガソリンより長波長側にピークが確認され、重油や軽油がそのような特徴を持つ多環芳香族を含むことと調和した結果となった。詳細な検討により各油種には6個の主要なピークが同定され、その強度比を油種間で比較したところ、励起/蛍光波長が268/290 nmの位置のピークeと224/331 nmの位置のピークcの強度比c/eが油種判定の良い指標となることが分かった。すなわちc/e（以下、油種判定指標とする）は、重油：88、軽油：25、灯油：2、ガソリン：7と各油種を特徴づけるものとなった。

次に水質が多様である河川水11種に重油を添加し、蛍光分析を行った。河川水のTOCは1.0～5.2 mg/L、TNは1.0～10 mg/Lであり、ろ過後に実験に供した。重油の添加濃度は0.5 mg/Lとした。検出されたピークcの蛍光強度は、油添加前の河川水由来のピーク強度の7～200倍と十分高く、この濃度であれば、河川への油流入を検知できることが確認された。一方、スペクトル形状をみると、短波長領域のピークが消失あるいは低減していた。河川水には硝酸イオンなど短波長領域に吸光を持つ物質があり、それらによる内部遮蔽効果の影響と考えられた。結果として、実試料に対する油種判定指標は17～68となり、重油であるにも関わらず、軽油と誤判定されるリスクが確認された。

4　まとめ

純水中の重油、軽油、灯油、ガソリンの蛍光スペクトルには特徴があり、油種判定に利用できる可能性が示された。河川水中では、内部遮蔽効果の影響をうけて、スペクトルの形状が変化したが、重油は0.5 mg/Lでも検出可能であった。一方、油種判定では、重油を軽油と誤認するリスクも確認された。

今後は、内部遮蔽効果の原因物質を除去可能なヘキサン抽出を前処理として導入する。なお、ヘキサン中でも各油種は水中と似た特徴的な蛍光スペクトルを持つことを確認済みである。簡易抽出キットの適用も検討する。

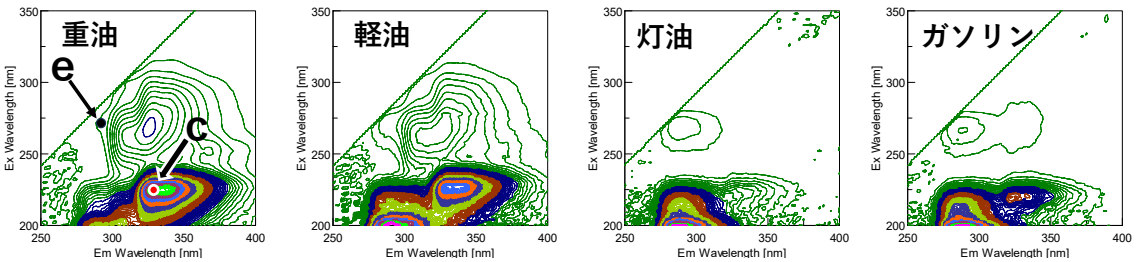


図１　各油種による蛍光スペクトルの違い：図中の丸印は油種判定に使用したピーク位置を示す

［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　はじめに

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、とくに一槽型アナモックスプロセスの連続試験系において窒素処理性能およびN_2O排出量の評価を行うとともに、微量元素（Mn(II)、Co(II)）の制限が反応挙動に及ぼす影響を検討した。

2　調査方法

一槽型アナモックスプロセスの連続試験系を構築した（図1）。供試排水としてNH_4Cl（500 mgN/L）を窒素源とする無機合成排水を用い、微量元素はEDTA錯体として添加した。試験系はMn(II)系およびCo(II)系の2系を準備し、各系において安定運転を確認した後、各元素の添加濃度を0 μg /Lとすることで制限条件を設定した。また、Co(II)系については、制限後に段階的に添加濃度を増加させた。反応装置は反応容積1.44 Lの連続試験装置とし、ポリビニルアルコール担体に硝化細菌およびアナモックス細菌を付着固定化した担体をそれぞれ72 mL充填した。槽内温度は30℃、pHは7.6に制御した。評価項目として、処理水中のNH_4^+-N、NO_2^--N濃度、硝化速度（NTR）、窒素変換速度（NCR）およびN_2O転換率を測定した。

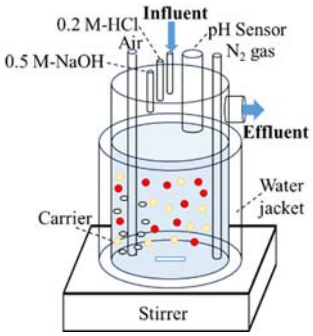


図1　実験リアクター

3　結果と考察

Mn(II)系においては、制限前のN_2O転換率は0.87%であり、Mn(II)添加濃度を0 μg L^{-1}として60日間運転を継続したが、処理水質およびN_2O転換率に顕著な変化は見られなかった。一方、Co(II)系では、制限前の処理水NH_4^+-NおよびNO_2^--N濃度はそれぞれ87.5 mgN/Lおよび4.74 mgN/Lであったが、Co(II)無添加条件ではそれぞれ121 mgN/Lおよび16.9 mgN/Lまで上昇し、処理性能の悪化が確認された。また、N_2O転換率は制限前の0.91%から1.7%へ増加した。Co(II)添加濃度を10 μg /Lまで回復させると、処理水質およびN_2O転換率は制限前と同程度に回復した（図2）。さらに、処理水質データを基にNTRおよびNCRの相対比を解析した結果、Co(II)制限は硝化活性には影響を与えず、アナモックス活性のみを低下させることが明らかとなった。また、一槽型アナモックスプロセスにおけるN_2O転換率は約0.9%と、従来の二槽型プロセスと比較して低い値を示した。

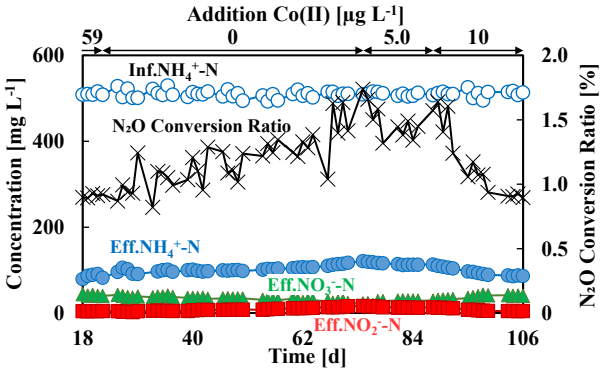


図2　Co制限試験の窒素濃度とN_2O転換率の変化

4　まとめ

一槽型アナモックスプロセスにおいて、微量元素の制御が窒素除去性能およびN_2O排出量に大きく影響することが明らかとなった。特にCo(II)の制限はアナモックス活性の低下を引き起こし、処理水質の悪化およびN_2O排出量の増加を招くことが確認された。一方で、適切な濃度のCo(II)を添加することで、安定した処理性能と低いN_2O転換率を維持可能であることが示された。以上より、微量元素制御は一槽型アナモックスプロセスの安定運転および温室効果ガス排出抑制において重要な要素であり、実用化に向けた有効な制御手法となる可能性が示された。

［自主研究］

抗菌剤を適用したフランボイダル黄鉄鉱の酸化抑制手法の開発

石山高　濱元栄起　柿本貴志　髙沢麻里　渡邊圭司

1　はじめに

海成堆積物に含まれるフランボイダル黄鉄鉱（FeS_2）は、酸素や水と接触すると、堆積物中の硫黄酸化細菌や鉄酸化細菌の働きにより鉄と硫酸に分解する。硫酸の生成により酸性化した堆積物からは、カドミウム、鉛や砒素など有害な重金属類が溶出することが知られている。

現在、海成堆積物の対策手法としては、遮水工封じ込めや吸着層工法など、黄鉄鉱と酸素や水との接触を遮断するとともに重金属類の溶出を防ぐ方法が採用されているが、これらの方法は多大な労力と時間を要するため、簡便で迅速な対策技術の開発が切望されている。

本研究では、フランボイダル黄鉄鉱を含む海成堆積物に抗菌作用を有する物質（石灰石および銀イオン）を添加し、堆積物中の硫黄酸化細菌や鉄酸化細菌の活性を低下させることで黄鉄鉱の酸化を未然防止する技術を開発する。

2　実験方法

2．1　本研究に用いた海成堆積物

本研究では、埼玉県南部の荒川低地で掘削採取した海成堆積物を使用した。硫黄含有量から海成堆積物を識別し、ここでは硫黄含有量0.6～0.7wt%レベルの海成堆積物を用いることにした。

2．2　風化試験

乾燥した海成堆積物に石灰石と銀溶液を添加し、35℃に設定した保温庫内で風化試験を実施した。一定時間ごとに海成堆積物を採取し、土壌溶出量試験を行った。土壌溶出液中の硫酸イオンをイオンクロマトグラフィーで測定し、硫酸イオン濃度の経時変化から黄鉄鉱の酸化抑制効果を評価した。

2．3　微生物解析試験

抗菌剤の効果を評価する目的から、微生物解析試験を実施した。具体的には、寒天培地法で鉄酸化細菌や硫黄酸化細菌を含む土壌微生物の増殖挙動を解析した。

3　結果と考察

3．1　銀担持型ゼオライトを用いた黄鉄鉱の酸化抑制

NH_4型合成ゼオライトに銀イオンを担持させた抗菌剤を海成堆積物に添加して風化試験を行ったところ、試験開始から約半年間、硫酸イオンの増加は認められなかった。抗菌剤を添加していない実験系と比較した結果、硫酸イオンの生成量は1/100未満に抑制することに成功した。この結果は、銀担持ゼオライトの添加で、黄鉄鉱の酸化分解が1/100未満に抑えられたことを示唆している。

3．2　対策技術の低コスト化

銀担持型ゼオライト添加法（3.1項）は、優れた機能性を有しているが、大量の銀を用いるため多大な処理コストを要する。そこで、銀担持型ゼオライトの代わりに銀溶液を添加して黄鉄鉱の酸化分解を抑制する方法を試みた。

3．3　銀錯イオン添加法を応用した黄鉄鉱の酸化抑制

海成堆積物に銀溶液を添加して微生物解析試験を実施したところ、抗菌機能が発動しないことが判明した（図1）。銀イオン（陽イオン）が土壌粒子（陰イオン）に吸着して抗菌機能が発動しない可能性が考えられたため、銀錯陰イオン（チオスルファト銀錯イオン）の形態で海成堆積物に添加することにした。その結果、抗菌機能が発動するとともに、黄鉄鉱の酸化も抑制することが判明した（図1、2）。本手法は銀担持型ゼオライトを用いる方法よりも黄鉄鉱の酸化抑制効果が若干劣るものの、銀使用量が低減され、処理コストの大幅な削減を実現することができた（図3）。

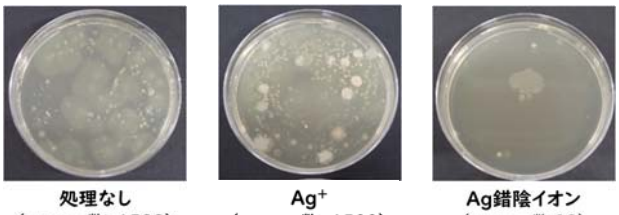


図1　微生物解析試験の結果
（コロニー数が少ないほど抗菌性機能が高い）

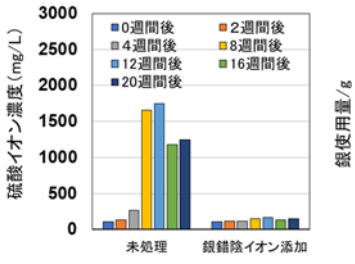


図2　黄鉄鉱の酸化抑制効果
（左 未処理　右 銀添加）

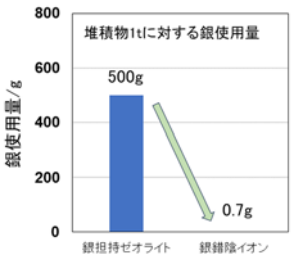


図3　銀の削減効果
（左 銀ｾﾞｵﾗｲﾄ 右 銀溶液）

［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　髙沢麻里　嶋田知英　大和広明

1　はじめに

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、利用可能量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と、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　調査方法

本研究は太陽熱と地中熱の複合利用を検討する際に必要な太陽熱に関する基礎特性を調べた。具体的には、埼玉県環境科学国際センターの宿泊棟に設置されている太陽熱パネルの温度モニタリングを実施した。このパネルは温水利用の目的に2000年に設置され実使用に供されている。真空管方式のパネルであり、全容量は2.5 m^3である。

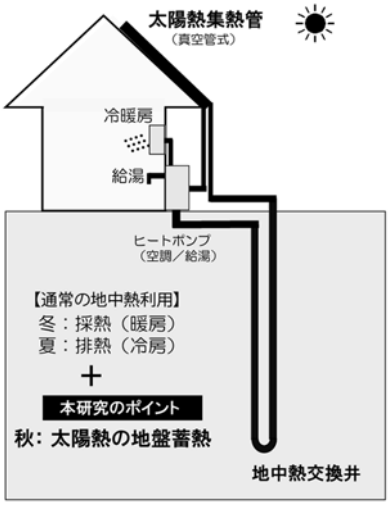


図 1　太陽熱と地中熱の複合利用の概念図

3　太陽熱と地中熱の複合システムの数値モデル

太陽熱と地中熱の複合システムの有効性を検証するため、数値モデルを作成した。本モデルは、地中熱と太陽熱を組み合わせた空調・給湯システムの性能を、数値シミュレーションによって予測・評価するものである。解析は大きく分けて、建物側での「熱需要の算定」と、地盤側での「熱移動の予測」の二段階で構成されている。

第一段階では、建物が快適な室温を維持するために必要なエネルギー量を算出する。ここでは、地域の詳細な気象データ（気温や日射量）に基づき、建物の断熱性能や広さ、換気量、さらには生活に伴う家電や人体からの発熱などを考慮している。また、ヒートポンプの成績係数（COP）を考慮したうえで、太陽熱集熱器による集熱で得られた余剰熱エネルギーを地中に蓄える効果も計算に含めることで、システム全体のエネルギー収支をモデル化している。

第二段階では、算出された熱エネルギーが地中へ送られた際の、地盤や地下水の温度変化を予測する。コンピュータ上で地盤を3次元メッシュに離散化し、深さごとに異なる土や岩の熱物性値（熱伝導率等）、および地下水の熱移流効果を再現している。地中に埋設されたパイプ（熱交換器）内部の構造や材料の特性まで詳細に考慮することで、長期的な運転に伴う地中温度の推移やシステムの持続可能性を、より精緻に評価することができる。図2に本シミュレータで解析した出力結果例を示す。U字管内の温度分布や出入口温度、地盤の温度分布を計算することが可能である。このシミュレータを用いて次年度以降で太陽熱パネルによる温度モニタリングデータ等の実測データを用いて詳細に太陽熱と地中熱の複合利用の有効性を検証する。

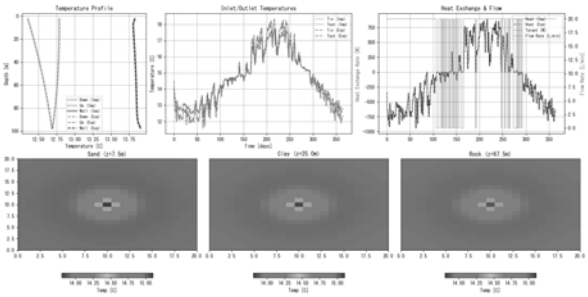


図2　数値シミュレータの解析結果例

［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　髙沢麻里　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。このため本研究課題では、断水時に生活用水が得やすい地域を形成する施策を明らかにすることを目的として、2022年度は埼玉県内自治体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。当初の予定では、2025年度は生活用水の需給バランスの試算結果を基にして、当該自治体内におけるケーススタディーを行う予定であったが、事情により、当該自治体を対象とした検討の継続が困難になった。このため、2025年度は、民間井戸を活用した生活用水提供の仕組み（災害時協力井戸など）を運用している埼玉県内自治体村に対してアンケート調査を実施したので、その結果を報告する。

2　調査方法

埼玉県内で「災害時協力井戸」などの民間井戸の活用制度を導入している自治体村をインターネット検索等により調べたところ、県内で19自治体が当該制度を導入していることが分かった。これらの自治体に対して、アンケート調査（Microsoft Formsによる）への協力依頼を行った。その結果、16自治体から回答が寄せられた。

アンケート調査では、①災害時協力井戸の取り組み開始時期、②登録井戸数、③登録井戸数を増やしたいか否か、④災害時の水利用の施策推進にあたっての困難や不足情報、⑤水需給バランス試算に対する興味、⑥井戸所有者情報の調査実績、⑦井戸所有者への登録勧誘方法、⑧効果的な勧誘方法、⑨災害時の水確保に係るお考え等について回答を求めた。

3　結果と考察

2025年10月末時点における登録井戸数を尋ね、回答の得られた16自治体について自治体別井戸登録数と情報収集の関係を表１に示した。その結果、登録井戸数は、最大300本（自治体A）、最小0本（自治体P）となった。また多くの自治体は登録井戸数を増やしたいと考えていることが分かった。

自治体G、J、K、O、Pでは、市内の井戸所有者情報を保有しておらず、これが施策推進にあたっての困難・不足情報として挙げられた。

調査対象自治体のうち、登録井戸件数が多い自治体では、井戸所有者の情報を、災害時協力井戸制度の開始前、または開始後に収集している。その情報源の多くは、自主防災会や町会など地域住民に由来するものであった。

自治体G、J、K、O、Pを含む、登録井戸件数が比較的少ない自治体では、住民からの情報収集が行われておらず、ホームページや広報誌による勧誘が中心になっている。筆者らの過去の調査では、HPや広報誌による勧誘では、井戸所有者にメッセージが届かない場合もあることから、電話・メール・チラシの郵送など、プッシュ型の広報が効果的であることを述べている。登録件数が少ない自治体において、登録井戸数を増やすためには、自主防災会等の協力を得て井戸所有者情報を収集することに加えて、プッシュ型の広報をすることが、重要であると考えられた。

表１　自治体別井戸登録数と情報収集の関係

自治体	登録件数	登録井戸増加希望	井戸情報がない	井戸所有者情報収集	情報源	勧誘方法
A	300	○		○	自主防災会	自主防災会の協力
B	251	○		○	井戸所有者による申請	HP
C	175			○	町会	現在は勧誘なし
D	125	○		○	自主防災会	地域への回覧
E	95	○		○	登録申請書	HP、チラシ
F	91			○		市広報誌
G	73	○	○			市HP
H	61	○		○	自主防災会	水質検査
I	46	○				なし
J	30	○	○			広報誌
K	18	○	○			HP
L	17			○	町会	町会長に説明
M	17					無回答
N	7			○	アンケート	勧誘なし
O	4	○	○			HP、広報誌
P	0	○	○			HP、広報誌

*大阪公立大学