

## 7.2 外部資金による研究の概要

### 埼玉県をモデルケースとする気候リスクの経済評価と中長期適応計画の作成

環境省環境研究総合推進費(平成30～令和2年度)

本城慶多、嶋田知英、原政之

共同研究機関:(国研)国立環境研究所(代表:松橋啓介)

#### 1 背景と目的

2018年6月に気候変動適応法が成立し、地方自治体は地域気候変動適応計画を策定する努力義務を負うことになった。法の施行(2018年12月1日)に伴って、埼玉県は当センターに地域気候変動適応センターを設置した。今後、中長期適応計画の策定に向けて、将来の気候変動が県の社会経済システムに及ぼす影響を定量的に評価する必要がある。本課題(推進費2-1805サブテーマ2)では、埼玉県に関連する気候リスク指標を対象として、将来予測のための統計モデルを構築する。さらに、気候シナリオ(防災科学技術研究所が文科省SI-CATで開発中)と社会経済シナリオ(国立環境研究所が推進費2-1805サブテーマ1で開発中)をモデルに入力し、気候変動の影響評価を実施する。気候リスク指標は多岐にわたるが、本課題では記録的な猛暑に襲われている県の現状を踏まえて「エネルギーコスト」と「熱中症搬送者数」に注目する。

#### 2 方法

2018年度は、2050年までに想定される気温上昇が県内18業種のエネルギーコストに与える影響を評価した。まず、経済指標と気温指標(冷暖房度日)から各業種の電力・燃料需要を予測する統計モデルを構築した。モデルの自由度と比べて標本サイズが小さいため、機械学習の一種であるエラスティック・ネット(L1/L2正則化)を用いてパラメータを推定した。次に、構築したモデルに10種類の気候シナリオ(RCP2.6&RCP8.5、5GCM、予測期間2026～2050年)を入力し、気温上昇に伴う電力・燃料需要の変動を計算した。ただし、社会経済シナリオは開発途中であるため、経済指標は2010年の水準で固定している。最後に、2010年の電力・燃料価格を用いて電力・燃料需要の変動を経済価値(コスト)に変換し、現在の水準と比較した。

#### 3 結果

気温上昇に伴って電力需要は増加し、燃料需要は減少する傾向が確認された。ただし、エネルギー利用形態の違いのため、需要の変化量は業種ごとに大きく異なっている。18業種全体のエネルギーコスト(5GCMの平均)は、RCP2.6のもとで年間162億円の増加、RCP8.5のもとで年間188億円の増加となる。業種別では機械製造業のコスト変動が顕著であり、RCP2.6のもとで年間88億円の増加、RCP8.5のもとで年間107億円の増加となる。

### 新規採取法及び細胞・動物曝露実験によるPM2.5の健康影響決定要因の同定

環境省環境研究総合推進費(平成28～30年度)

長谷川就一

共同研究機関:慶應義塾大学(代表:奥田知明)、京都大学、福岡大学

#### 1 背景と目的

本研究では、サイクロンを用いて実環境大気中の化学性状を保持しながらPM2.5粒子を大量に採取できる新規採取法を開発する。これにより、多地点で採取した化学性状の異なるPM2.5の成分分析と細胞・動物への曝露実験を実施し、その相関を解析することによりPM2.5の健康影響を決定する要因や化学成分を明らかにする。そのため、新規採取法の性能を評価するとともに、加須・横浜・福岡においてPM2.5粒子を同期して採取し、成分分析を行う。

#### 2 結果と考察

加須における夏季と冬季の粉体試料の炭素フラクション割合、夏季の加須、横浜、福岡における粉体試料の炭素フラクション割合を比較した。OCについては、OC2の割合が小さく、OC3の割合が大きいのが特徴である。これは微小も粗大も同様であるが、PM2.5フィルター試料による既知の知見では、これほどOC3の割合が高くないため、特徴的である。加須においてPM2.5ローボリュームサンプラーを用いて同期間に24時間ごとに捕集したフィルター試料の平均との比較でも、そのような違いがみられた。これは、粉体試料のOC2濃度がフィルター試料に比べて低いことによる。

加須における季節・粒径の違いに着目すると、微小・粗大それぞれのフラクション割合は、夏季と冬季で類似しており、微小ではOCPがある一方、粗大ではOCPがみられなかった。これは横浜や福岡でも類似した傾向であった。ただし、微小における横浜のOCPの割合が加須・福岡に比べて小さい。これらは、粒径や地点による何らかの有機組成の違いを表していることが考えられる。一方、横浜ではsoot-ECと呼ばれるEC2+EC3の割合が加須・福岡に比べてやや大きかったことから、横浜では化石燃料燃焼の影響が加須・福岡よりもやや大きい可能性が示唆される。

## 埼玉県の気候変動による課題を踏まえた、適応策に資する技術開発とその実装

文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム  
(SI-CAT) (平成27～令和元年度)

嶋田知英、原政之、本城慶多、武藤洋介、三輪誠  
共同研究機関：(国研)海洋研究開発機構(JAMSTEC)  
(代表：石川洋一)、九州大学、筑波大学

### 1 研究背景と目的

温暖化対策には、温室効果ガスの削減対策である緩和策と、温暖化影響の低減策である適応策がある。地球規模の大気中の温室効果ガスを対象とする緩和策に比べ、適応策は地域で異なる影響を対象とするため、地域や自治体の役割が大きいと考えられている。しかし、地域における適応策の取組や施策への実装は十分とは言えない。そこで、地域における温暖化適応策の社会実装を推進するため、文部科学省では、近未来を対象とした温暖化影響予測プログラムを平成27年12月より開始した。当センターは、本プログラムに参加し、海洋研究開発機構や国立環境研究所など技術開発機関と協力し、地域の気候予測や解析技術の開発や施策への実装を進める。また、埼玉県で問題となっている暑熱環境改善のため、広域緑地等の暑熱環境影響評価や、街区スケールで暑熱対策を行う際の評価を行う。

### 2 方法と結果

適応策の行政施策への実装を推進するため、適応策推進プラットフォームとして埼玉県庁内に組織した「適応策専門部会」や、「気候変動適応に関する市町村担当者会議」を通じ、統計ダウンスケールデータなど、SI-CATにより得られた成果を提供した。

また、適応法施行にあわせ、埼玉県では地域気候変動適応センターを埼玉県環境科学国際センターに位置づけたが、地域気候変動適応センターが提供するコンテンツとして、SI-CAT成果の活用準備を開始した。

暑熱環境緩和に関する取組としては、JAMSTECと共同で、ラグビーワールドカップ2019の会場の一つである「熊谷スポーツ文化公園」をモデルとし、詳細な暑熱シミュレーションによる対策の定量化と最適化への取組を進め、その成果を整理し、JAMSTECと共同で2018年6月21日に記者発表を行った。その結果、テレビ等11のメディアで取り上げられ、広く情報発信することが出来た。さらに、埼玉県では、平成28年度から緑化整備や環境性能舗装など、ヒートアイランド対策を追加的に行う街区開発に対し、モデル事業として3箇所支援事業を行ったが、それら街区を対象に、事業者などとともに対策効果検証のための観測を実施した。

## 機動観測を可能とする短時間計測地震波干渉法の開発

(独)日本学術振興会科学研究費(平成27～30年度)

白石英孝(代表)、八戸昭一、石山高、濱元栄起

### 1 研究背景と目的

本研究は、地震災害への対処や資源探査等で使われる地下探査技術の一つ、地震波干渉法について、その適用範囲を拡大する新理論の導出及び新たな解析法の開発を行うものである。この方法は観測点間を伝わる地震波や地盤の微振動(微動)の速度を測定し地下構造を推定する技術で、主に地震観測網を用いて広域の地下構造の推定に使われる。しかし数ヶ月間もの観測記録が必要なため、任意地点での短時間の調査(機動観測)は困難である。その背景には、観測記録に含まれる未知の震源特性の抑制に長期間の平均化が必要という計測上の制約がある。本研究では、この震源特性を申請者らの独自理論で抽出し、これを地震波干渉法に適用して機動観測に対応可能な新たな解析法を開発することを目的としている。

### 2 方法と結果

本研究では、過去に導いた2点アレイの複素コヒーレンス関数(Complex Coherence Function: CCF)を利用する。この関数を用いることで地震波干渉法の基本的な特性を表現できることが、代表者らによって確認されている(白石・浅沼、2007)。CCFには媒質の位相速度の他に、微動の震源の数、到来方向、強度比などの震源パラメータが含まれている。微動の主要な震源は海洋波浪や遠方の交通機関等であることから、CCFに含まれるパラメータをすべて正確に特定するのは困難である。ただし、仮に実際の震源と等価な震源モデルを少数のパラメータで表現することができれば、解析は容易になる可能性がある。

今年度は、昨年度までに導いた位相速度推定法を、2点アレイを複数連担した小規模リニアアレイに適用し、その特性について検討を行った。具体的には、リニアアレイに補助観測点を設けた疑似リニアアレイに対して本法及び直接同定法(白石・浅沼、2009)を適用して位相速度を推定し、それらの結果と空間自己相関法(Aki, 1957)による推定結果との比較を行った。

その結果、疑似リニアアレイに対して本法と直接同定法の両者を相補的に適用することで、位相速度及び等価的な震源パラメータの概略値を推定できる可能性があることがわかった。ただし、本研究の検討は少数の観測記録に限定されるため、より多様な観測記録を対象に検討を行い、一般化を図る必要があると考えられる。

## 都市大気環境におけるトレードオフの推計と機構解明

(独)日本学術振興会科学研究費(平成29～令和元年度)

原政之

共同研究機関:(公財)東京都環境公社東京都環境科学研究所(代表:常松展充)、千葉大学、筑波大学、神奈川県環境科学センター

### 1 研究背景と目的

大気化学輸送モデルに気候・大気汚染物質・緑地データを取り込んだ数値シミュレーションを実施するとともに、小規模緑地や街路樹を考慮した街区スケール大気シミュレーションを行うことにより、東京都市圏を対象として、今日の都市大気環境におけるトレンドである「高温化」(ヒートアイランドと地球温暖化)・「大気浄化」(大気汚染の改善)・「緑化」(都市緑化)の間に存在するトレードオフの実態を定量的に推計する。また、シミュレーションの結果や既存の観測データを用いて、トレードオフをもたらす種々のメカニズムを分析し明らかにする。さらに、それらの結果から、3者間のトレードオフをバランスさせるための最適解を試算する。

### 2 方法と結果

本研究は3つのステップを通じて実施する:

- 1) 過去約50年間を対象として、気候データ、大気汚染物質排出量データ、都市緑地・地物関連データを収集し、それらのデータを加工処理して各モデルに入力する。
- 2) 過去50年間を対象として大気化学輸送モデルによる気象及び大気汚染物質動態の再現シミュレーションと感度実験を実施し、また、東京都心を対象としてLES(Large Eddy Simulation)モデルと熱放射環境モデルによる街区スケールの大気シミュレーションを実施する。
- 3) それらの結果を用いることで、都市大気環境における高温化・大気浄化・緑化の間のトレードオフを定量的に推計するとともに、そのメカニズムを分析する。また、シミュレーション結果から得られる各変数を統計的に解析し、3者間のトレードオフをバランスさせる最適解を試算する。平成30年度においては、平成29年度に収集した気候・汚染物質・緑地関連データ・数値モデルへの入力データを活用し、大気化学輸送モデル等による数値シミュレーションを実施し、その精度を検証した。また、総観規模の気象が大気環境へ与える影響を評価するために、総観規模の気象場を自動で分類する手法の開発を行った。

## 人為起源粒子(PM<sub>1</sub>)の高時間分解測定と北東アジアの実態解明

(独)日本学術振興会科学研究費(平成29～令和元年度)

米持真一(代表)

共同研究機関:早稲田大学、さいたま市健康科学研究所センター、中国・上海大学、中国環境科学研究院、韓国・済州大学校

### 1 研究背景と目的

PM<sub>2.5</sub>には人為起源粒子のほか、主として土壌や海塩等の自然起源粒径も一部含まれる。これらは主に粗大粒子側に分布することから、PM<sub>1</sub>を調べることで除外でき、人為起源に特化した評価が可能と考えられる。我々は、2005年から一週間単位のPM<sub>1</sub>の通年測定を継続し、年間のPM<sub>1</sub>/PM<sub>2.5</sub>は約8割程度であることが分かってきたが、週単位では0.3~1.0と大きな差が見られた。本研究では、PM<sub>1</sub>の高時間分解測定を行い、人為起源粒子による濃度変動を明らかにする。

### 2 方法

平成29年度から当センターで、PM<sub>1</sub>の1時間値計測が可能PM714を稼働し、PM<sub>2.5</sub>と並行して1時間値の濃度変動を調べた。また、平成30年度は夏季に富士山頂でPM<sub>1</sub>の日単位採取を行い、化学組成分析を行った。

### 3 結果

日平均濃度のPM<sub>1</sub>/PM<sub>2.5</sub>が0.5未満となった日は2017年度に55日、2018年度は12月までに39日あった。猛暑であった2018年の夏季は7月に連日PM<sub>1</sub>/PM<sub>2.5</sub>が高値となる日が続いた。

富士山頂で採取したPM<sub>1</sub>に含まれる元素成分の濃縮係数(EFs)を図1に示す。比較として2015年夏季のEFsを示すが、PM<sub>1</sub>では自然起源粒子を大幅に抑制でき、人為起源と考えられる元素のEFsが上昇した。石炭燃焼の指標と考えられるAsを指標とし、As/V比の上昇した期間の後方流跡線は、中国内陸からの気塊の飛来を示唆するものであり、富士山頂でPM<sub>1</sub>を調べる有意性が示された。

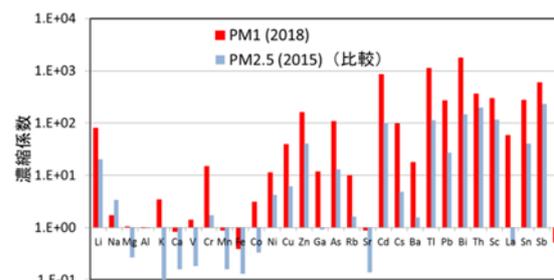


図1 富士山頂のPM<sub>1</sub>中元素成分の濃縮係数

## 中国の土壤汚染における環境リスク低減と持続的資源回復の実現に関する研究

(独)日本学術振興会科学研究費(平成28～令和元年度)

王効挙(代表)、米持真一、米倉哲志、磯部友護  
共同研究機関:中国・上海大学、中国・山西農業大学、中国・荷澤学院、中国・吉林省農業科学院

### 1 研究背景と目的

土壤汚染は数多くの国で深刻化・顕在化しており、食糧の汚染、土壤資源の喪失、生態系の悪化、水環境の汚染、人の健康被害など様々な環境リスクを高めることから、低コストで環境に優しい修復技術の開発と普及が世界的な喫緊の課題となっている。本研究では、申請者らが構築した、土壤の機能を破壊せず、コストも発生しない「有用な資源植物を用いた収益型汚染土壤修復技術」の普及に向けて、土壤汚染が深刻化している中国の多様な汚染サイトでの実証試験を行い、持続的な土壤環境保全及び環境リスクの低減に貢献することを目的としている。平成30年度では、中原地域(山西省・山東省)、東南部地域(上海市)、東北部地域(吉林省)において野外調査、実証試験を継続的に実施した。

### 2 方法

中原地域:山西省における銅汚染農地において、バイオ燃料に利用できるトウモロコシを用いた実証試験の調査を継続的に行った。山東省試験圃場においては油用牡丹を用いた修復試験の調査を行った。東南部地域:上海市において重金属汚染された2つの圃場で、それぞれ商用マリーゴールドとトウゴマを用いた実証試験の調査を実施した。東北部地域:吉林省の鉍山開発によるニッケル汚染農地において、トウモロコシを用いた実証試験を行った。

### 3 結果

中原地域の山西省圃場において、トウモロコシの総収量は50.4t/ha、実の収量は21.0t/haであり、昨年より大幅に高かった。Cuに対する修復能力は1134g/haであり、前年度より14%増加した。また、トウモロコシの粗収益は66.7万円/haで前年度より62%増益となった。土壤中のCuの平均濃度は434mg/kgとなり、前年度よりさらに低下し、土壤の浄化が進んでいることが示された。また、東南部地域では、マリーゴールドとトウゴマは良い土壤修復性と収益性を持つことを明らかにした上に、木酢液の施用によりトウゴマの浄化効率が向上したことも確認できた。東北地域のニッケル汚染地においては、トウモロコシの収穫量、土壤修復能力、収益性も高かった。

平成30年度の調査結果から、用いた資源植物は良い土壤修復効果があり、汚染土壤を再生可能な資源として有効利用し、収益を確保しながら土壤の浄化を同時に進めることが可能であることが示された。

## 水稲の収量に対するオゾンリスク評価とオゾン感受性の品種間差異に関する研究

(独)日本学術振興会科学研究費(平成29～令和元年度)

米倉哲志(代表)、王効挙

### 1 研究背景と目的

ガス状大気汚染である光化学オキシダントの大部分を占める成分はオゾンである。このオゾンは酸化性が非常に高いため植物毒性が強く、比較的高濃度のオゾンに曝されると成長や収量の低下が引き起こされたりする。日本の水稲の収量に対するオゾン影響には品種間差異が認められるが、その要因はあまり良く分かっていない

そこで本研究では、我が国の水稲品種を対象に、収量に対するオゾン影響を評価し、オゾンの悪影響を受けにくい品種や受けやすい品種を抽出すると共に、水稲生産性に対するリスク評価を行う。リスク評価には、欧米でオゾンリスク評価に用いられている、クリティカルレベル(明らかに収量減少が発現するオゾンレベル)等を検討する手法を用いる。さらに、品種間差異が発現する要因を検討する。

### 2 研究進捗

本研究では、オゾン濃度条件を変えられるガラス温室型オゾン曝露チャンバーを用いたオゾン曝露実験を平成29～31年の3作期に実施し、水稲十数品種の収量や収量構成要素などに対するオゾン障害の発現程度について検討する。

実施2年目の本年度は、水稲12品種(コシヒカリ、彩のかがやき、キヌヒカリ、彩のきずな、ふさおとめ、あきたこまち、ひとめぼれ、ヒノヒカリ、はえぬき、日本晴、朝の光、あさひの夢)を対象にオゾン曝露実験を実施した。オゾン処理区は、①オゾン除去した浄化空気を導入する処理区(対照区)、②野外の空気をそのまま導入する処理区(野外区)、③野外の空気のオゾン濃度の1.5倍になるようにオゾンを添加した処理区(1.5×野外区)の3試験区を設け、各品種とも各試験区で12個体ずつ育成した。育成期間終了時において、収量および収量構成要素を測定した。

それぞれの品種において、収量はオゾンによる若干の低下傾向を示したが、一元配置分散分析による有意なオゾンの収量に対する影響が認められたのは、12品種中2品種(はえぬき、朝の光)のみであった。収量がオゾンにより低下した2品種では、穂数の低下や結実率の低下による粒数の有意な低下が認められた。本年度の実験において多くの品種でオゾンによる有意な収量低下が認められなかった要因として、実験期間中の野外におけるオゾン濃度は比較的low、過去の研究結果に基づくと、水稲収量に対して明瞭に悪影響を及ぼすオゾンレベルに達していなかった点が考えられる。来年度もオゾン曝露実験を実施し、複数年の結果を統合して水稲収量に対するオゾンのクリティカルレベル検討を進めていく予定である。

## 位相幾何学的手法を用いた廃棄物埋立層の間隙構造と流体の相互作用の解明

(独)日本学術振興会科学研究費(平成28~30年度)

鈴木和将(代表)

### 1 研究背景と目的

種々雑多な廃棄物が埋め立てられている埋立地は、埋立層内部で起こっている現象も分からないまま、現在経験的な設計や管理が行われており、これが地域の住民にとっての安心を保障できない要因となっている。層内部での水・ガスの動きは、埋立地の洗い出しや安定化に大きく影響するため、浸出水・ガスの量を予測することは埋立地の設計・管理に非常に重要な課題である。埋立層内の間隙構造は、その中を流れるこれら流体特性に大きく影響するものと考えられている。しかし、従来の方法では、細孔分布や間隙率等を求めることはできるものの、埋立層間隙のような複雑な幾何構造の形を記述することは困難であった。

近年、このような形の記述に関して、数学の位相幾何学的な視点から、Topological Data Analysis(TDA)というデータ解析手法が新たに開発された(Edelsbrunner(2002) Discrete Comput. Geom., 28(4), 511)。その手法の一つとして、パーシステントホモロジーがあり、これは「穴」に着目した特徴づけを行うものである。そこで、本研究では、パーシステントホモロジー群という位相幾何学の道具を用いて、この幾何構造と流体挙動との関係を明らかにすることを目的とする。

### 2 方法と結果

本研究では、複雑な間隙形状内の流れの数値解析を行うため、複雑な形状の解析に容易に適用することができる有限要素法(Galerkin法に基づく)を用いて、支配方程式の三次元非圧縮性Navier-Stokes方程式と連続の式を解いた。また、有限要素法の安定化手法として、移流項の卓越による数値不安定性に対しては、SUPG(Streamline Upwind/Petrov-Galerkin)法を適用し、下限上限条件を満たさないことによる数値不安定性に対しては、PSPG(Pressure Stabilizing/Petrov-Galerkin)法を導入した。

また、マイクロフォーカスX線CT装置を用いて撮影した廃棄物層のCT画像を位相幾何学解析用に白黒画像ファイルに変換した。その後、パーシステントホモロジー群を用いた定量化を行った。さらに、計算により得られたパーシステンス図の逆問題を解き、幾何的特徴の抽出を行った。

## 水環境におけるフッ素テロマー化合物の汚染実態と生分解挙動の解明

(独)日本学術振興会科学研究費(平成29~令和2年度)

茂木守(代表)、竹峰秀祐、堀井勇一

### 1 研究背景と目的

生物に対する有害性が指摘されている難分解性有機フッ素化合物のペルフルオロオクタンスルホン酸(PFOS)、ペルフルオロオクタン酸(PFOA)などに環境中で変化する前駆物質(これまで国内環境中の報告例がほとんどないペルフルオロスルホンアミドエタノールリン酸エステル類(SAmPAP、diSAmPAP)、フッ素テロマーリン酸エステル類(PAP、diPAP)、ペルフルオロアルキルリン酸類(PFPi))などについて、河川水、底質、下水処理場放流水など水環境中の存在実態の把握や河川水、底質を用いたラボスケールの好氣的長期生分解実験により、水環境におけるこれらの前駆物質の汚染実態と生分解挙動を解明する。

### 2 方法

PFOSの前駆物質であるSAmPAP、diSAmPAPについて、河川水-底質を用いた好氣的生分解実験系で、長期生分解試験を実施し、PFOSなど有機フッ素化合物の生成量を液体クロマトグラフ/タンデム四重極型質量分析計(LC/MS/MS)を用いて調べた。

### 3 結果

100ngのSAmPAPまたはdiSAmPAPを実験系に添加したところ、168日間でSAmPAPから41%、diSAmPAPから25%のPFOSが生成した(モルベース)。滅菌系において、SAmPAPはほとんどが*N*-エチルペルフルオロオクタンスルホンアミドエタノール(*N*-EtFOSE)に変化するが、diSAmPAPは168日目でも約90%がそのまま残っていた。PFPeAやPFOAなどフッ化アルキル基の末端がカルボン酸に変化した物質も生成した。これまで、*N*-EtFOSEの生分解過程でスルホンアミド基がカルボキシル基に置換することを確認してきたが、SAmPAPやdiSAmPAPにおいても同様な現象が起こることがわかった。また、添加量に対して生成した物質の総計が少ないため、未知物質の存在が示唆された。

今後はSAmPAP、diSAmPAPの生分解試験を252日目まで継続する。また、フッ素テロマーリン酸エステル類やペルフルオロリン酸類について生分解試験を行い、水環境中における挙動を把握する。

## ネオニコチノイド系殺虫剤の下水処理場からの排出実態解明と河川水における排出源解析

(独)日本学術振興会科学研究費(平成27～30年度)

大塚宜寿(代表)、藁毛康太郎

### 1 研究背景と目的

先行研究において、ネオニコチノイド系殺虫剤が河川水から高頻度で検出されることを報告した。本殺虫剤は、直接的・間接的な生態系へのリスクが懸念されているが、農業だけでなく家庭でも広く使用されているため、排出実態の把握が困難となっている。水道水や尿からの検出も報告されており、生活排水や尿中の本殺虫剤成分が下水処理施設を経由して河川へ放流される可能性があるが、その実態は未解明である。本研究では、分解物を含めた分析法の開発を行い、これを用いて下水処理場から河川への排出実態を明らかにする。さらに、河川水の測定データについて非負値行列因子分解(NMF)を行うことにより、他の排出源の構成比と寄与率を得て、本殺虫剤の排出源解析を行う。

### 2 方法

本研究において、すでに開発した河川水に対するネオニコチノイド系殺虫剤7化合物とフェニルピラゾール系殺虫剤フィプロニルの同時分析法を基に、3つの分解物も測定対象とする分析法に改良した。県内の35河川38地点について、平成28年8月、平成29年4月および8月の計3回、採水を行った。改良した分析法を用いて得られたこれらの濃度データに対してNMFを行うことにより、本殺虫剤の排出源推定を試みた。また、下水処理水の測定データを補完するために、農業集落排水施設からの放流水を調査した。

### 3 進捗状況

下水処理場および農業集落排水施設の放流水の測定結果から下水処理放流水の濃度構成比を得た。

従来のNMFでは、下水放流水の影響が予想される調査地点でイミダクロプリド、チアメトキサム、フィプロニルを主とし、アセタミプリドやその分解物であるデスメチルアセタミプリドも構成成分とする濃度構成比の因子が得られた。しかし、これは下水放流の濃度構成比とは異なっており、農業で使用し河川に移行したものと下水処理放流水との濃度構成比の差異が得られたと考えられる。

そこで、一つの因子の濃度構成比を、実測で得た下水放流水のそれとし、これを変化させない条件下でNMFを行った。下水処理場の上下流、放流水の濃度データに適用したところ、良好な結果が得られ、本法の有効性が確認された。県内35河川38地点の濃度データに適用したところ、県内の河川水中濃度の約1割が下水処理放流水に由来すると推算された。

## 化学物質の包括的モニタリングを可能にする質量分析法の応用に関する研究

(独)日本学術振興会科学研究費(平成29～令和元年度)

大塚宜寿

共同研究機関:(国研)国立環境研究所(代表:橋本俊次)、ほか3機関

### 1 研究背景と目的

本研究では、環境中への化学物質の漏洩等による影響をいち早く検知するため、ガスクロマトグラフ-高分解能飛行時間型質量分析法(GC-HRTOFMS)を用いて、環境試料中の異常(定常状態との差異)を迅速に検出し、未知物質を含む化学物質を網羅的にモニタリングする手法の実用化を目指している。GC-MSにより、スキャンモードで測定して得られる測定データは、各保持時間における質量スペクトルで、一般に環境試料では多くの化学物質の情報が含まれており、物質の検出が困難な場合がある。近年、注目されるようになった多変量解析の手法に非負値行列因子分解(NMF)があり、これは非負の要素のみからなる行列を、非負制約の下で2つの行列に分解する方法である。GC-MSで得られた測定データにNMFを適用することにより、化学物質のピークを検出し、それに対応する質量スペクトルを発掘できる可能性がある。

### 2 方法

水試料中の化学物質を、ポリジメチルシロキサンをコーティングした攪拌子に吸着させ、この攪拌子を加熱して脱着させることでGC-HRTOFMSに直接導入し、スキャンモードで測定した。得られた測定データにNMFを適用した。

### 3 進捗状況

GC/MSスキャンデータからのピークの発掘におけるカラムブリード等からの悪影響を軽減するためにアルゴリズムを改良した。さらに、複数の因子数について行うNMFの計算時間の短縮を図るため、NMFで得られた結果を、因子数を1つ増加させてNMFさせる際の初期値の一部として利用するようにした。また、得られたピークの質量スペクトルからNISTライブラリを利用して化学物質を検索できるようにした。測定データを短かい保持時間で分割することで、分割前の測定データにそのままNMFを適用する場合に比べて、NMFにおける因子の設定数が少なくなり、計算時間を短縮することができた。本法を河川水の測定データに適用したところ、除草剤成分等が検出され、標準物質を用いてこれらが正しいことを確認した。

TICでは複数の化合物のピークが重なって検出が困難な場合でも、本法を適用することにより、ピークを単独で得ることができることから、本法は化学物質の包括的モニタリングに有効である。

## 水環境における環状シロキサン及びその類縁化合物の残留特性評価と有機ケイ素収支

(独)日本学術振興会科学研究費(平成28～30年度)

堀井勇一(代表)

### 1 研究背景と目的

近年、環境リスク評価の優先化学物質として注目される揮発性環状メチルシロキサン(CMS)及びその類縁化合物について、東京湾流域を対象とした水環境モニタリングを実施した。得られた濃度プロファイルに全有機ケイ素成分の情報を追加することで、各媒体における環状シロキサン及びその類縁化合物の残留特性評価及び人工化合物である有機シリコン化合物全体(つまり有機ケイ素成分:TOSi)の環境内収支の推定が可能と考えられる。欧州REACH規則では、一部CMSについて使用制限が開始されることから、国内においても近い将来にCMSの用途や環境への排出量が激変する可能性があり、シロキサン類全体について環境内分布の現状を捉えることが重要である。平成30年度は、県内河川底質調査から得られたシロキサン類及びTOSiの濃度分布について報告する。

### 2 結果及び考察

県内河川の環境基準点(23地点)から採取した底質について、CMS(3～9量体)及び直鎖状メチルシロキサン(LMS:3～15量体)をGC-MSを用いて定量した。CMS及びLMSの総濃度は5.3～4120ng/g-dryであり、調査地点により大きな濃度差が確認された。概して、上流の急流部では低値を示し、中流から下流の都市部(特に綾瀬川水系)ではppmオーダーと高値であった。底質中のシロキサン類濃度と強熱減量の間には有意な相関( $r=0.728$ ,  $p<0.001$ )が得られ、疎水性を有するシロキサン類の濃度が有機物の堆積状況に大きく依存することが示唆された。最も高い濃度割合を示したCMSの5量体(D5)の濃度は、諸外国の底質中濃度の範囲内であった。

底質中の全有機ケイ素成分(TOSi)は、GC/MS分析と同様に底質試料からのヘキサン抽出液をICP発光分光分析計で測定した。底質中TOSiの平均濃度は1.51  $\mu\text{g/g-dry}$ 、その濃度範囲は $<0.03\sim 6.62\ \mu\text{g/g-dry}$ であった。GC/MS分析から得られた全20種のシロキサン類がTOSi濃度に占める割合は7.5～30%であり、底質中には約7割以上の未同定の有機ケイ素成分が存在する実態が初めて示された。GC/MS分析では低分子成分を対象としていること、さらにシロキサン類の主な分解物であるシラノール類はヘキサンにほぼ溶出しないことから、未同定成分にはヘキサンに可溶性高分子シロキサンが多く含まれると推測された。

## 第三の極における強太陽光照射が有害物質長距離輸送に与える影響評価研究

(独)日本学術振興会科学研究費(平成27～令和元年度)

堀井勇一

共同研究機関:(国研)産業技術総合研究所(代表:山下信義)

### 1 研究背景と目的

本研究では、地表に比べて40%も強い太陽光照射によりオゾン層破壊・地球温暖化の影響が急速に進行している「第三の極(the Third Pole)」であるヒマラヤ山脈・チベット高原等の高山環境において、残留性有機汚染物質の太陽光照射分解・二次生成反応とその環境影響の解明を試みる。また中東砂漠等を起源とし、ヒマラヤ山脈を超えて中国上空の有害物質を取り込み日本へ飛来する粒子状物質とガス成分の一斉分析を行うことで、第三の極における環境内構造変換が有害物質の広域環境動態に与える影響を解析する。このうち、環境科学国際センターでは、近年、新規の環境汚染物質として注目される揮発性メチルシロキサン(VMS)について、その大気中バックグラウンド濃度の把握を担当する。平成30年度は、自由対流圏に位置する富士山頂測候所で大気調査を前年度に引き続き実施した。また、5月にインド北部の高地(ヒマラヤ山脈)において大気調査を実施した。

### 2 研究進捗

富士山頂測候所での調査を2018年7月24日～8月6日及び8月6日～8月21日の2回に渡り実施した。また、並行してナノサンプラーを用いて粒径別粒子を採取し、共同研究機関における残留性有機フッ素の分析に供試した。VMSの日間濃度変動を調査するため、ミニポンプと電磁弁の流路切り替えによるサンプリングを試みたが、機械的なトラブルにより欠測となった。VMS濃度測定の結果、富士山頂における大気中デカメチルシクロペンタシロキサン(D5)濃度は $121\text{ng/m}^3$ 及び $48\text{ng/m}^3$ であり、前年の観測値( $70\sim 96\text{ng/m}^3$ )と同等であった。インド北部の高地における大気中D5濃度は、Lea市街地(約3500m)で $126\text{ng/m}^3$ 、山岳部(約5000m)で $1.2\text{ng/m}^3$ であった。観測された山岳部のD5濃度は、対象地点として調査したデリー都市部の大気中D5濃度( $408\sim 1490\ \text{ng/m}^3$ )と最大で3桁の濃度差が確認された。シロキサン類は長距離移送性を有するとの報告があるものの、バックグラウンド大気、特に山岳部での観測例は非常に限られる。今後、共同研究機関で得られる残留性有機汚染物質のデータと比較・検証することで、物性の違いによる環境動態を解析する予定である。

## 生活や農畜産活動から排出される化学物質をマーカーとした地下水の由来と汚染源の推定

(独)日本学術振興会科学研究費(平成30～令和2年度)

竹峰秀祐(代表)

### 1 研究背景と目的

地下水保全上の現在の課題の一つとして、環境基準の超過率が最も高い硝酸および亜硝酸性窒素(以下、硝酸性窒素等)による汚染が挙げられる。主な汚染源として、生活系、農業系、畜産系が挙げられ、その浸透水が地下水汚染を引き起こす。本研究では、生活系、農業系、および畜産系の浸透水のそれぞれに特異的に含まれる人工化学物質をマーカー(以下、人工化学物質マーカー)として選定し、その分析法を確立し、地下水の由来判別、すなわち各種浸透水の影響評価に適用可能か検証する。さらに、人工化学物質マーカーの地下浸透に係る基礎的知見を得るために各種実験を行う。

### 2 方法と結果

人工化学物質マーカー(人工甘味料2種、動物用医薬品3種、ネオニコチノイド系農薬6種)を選定し、埼玉県の地下水試料を分析した。

濃度の空間的な分布の特徴について解析したところ、検出率が高かった人工甘味料のスクラロース、アセスルフアム、およびネオニコチノイド系農薬のジノテフランは、河道近くで濃度が高い傾向にあった(図1)。河道近くは河川水が地下水に涵養される地域や浅層地下水と河川水の水交換が起きている地域がある。河道近くは、河川水中のマーカー物質が地下水に浸透している地域がある可能性が考えられる。

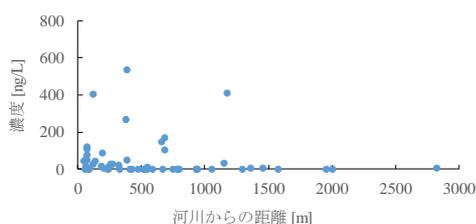


図1 アセスルフアム濃度と最も近い1級河川から調査井戸までの距離

### 3 今後の計画

河川からの浸透も踏まえて、人工化学物質マーカーの適用限界について検証するためには、河川の実態についても把握しておく必要がある。今年度は人工化学物質マーカーの河川の実態調査も行う。

加えて、地下の浸透挙動を推定するために必要な土壌吸着係数の算出を行う。日本の代表的な土壌(黒ボク土、低地土、褐色森林土、赤黄色土など)を用いてバッチ平衡試験を行い、吸着係数を算出する。

## 持続的水環境保全に向けた中国山西省における生物による水質調査と環境教育への適用

(独)日本学術振興会科学研究費(平成27～30年度)

田中仁志(代表)、木持謙、渡邊圭司、王効挙

共同研究機関:東北工業大学、中国・山西省生態環境研究センター、中国・太原理工大学、中国・山西科城環保産業協同創新研究院、中国・山西農業大学

### 1 研究背景と目的

埼玉県の姉妹県省である中国山西省は、河川の水質汚濁対策や生態系修復が求められている。当センターでは平成27年度から、東北工業大学(仙台市)や山西省生態環境研究センターをはじめとする中国の研究機関との山西省における持続的水環境保全に向けた水質指標生物調査と環境教育への適用に関する共同研究を実施している。研究最終年度の本年度は、4年間実施した太原市桃園小学校における環境学習のほか、県内の一般市民を対象にした研究成果報告会を実施した。

### 2 方法

環境学習教室は、2018年11月22日に太原市桃園小学校の講堂で実施した。室内学習では、水の汚れについての理論的学習と水をきれいにする実験やカードゲームを実践した。カードゲームは、生物学的水質階級の指標生物と水質保全に望ましい行動について、楽しく学べるように開発した。中国語版の作成では、山西省の沁河や汾河における水生生物調査結果に基づいた指標生物と、山西省での生活様式を踏まえることで水質保全に望ましい行動について理解できるよう独自の工夫を加えた。また、一般市民を対象にした研究成果報告会を浦和コミュニティセンター(さいたま市)で2019年2月27日に実施した。

### 3 結果

カードゲームは、宮城県角田市枝野小学校で実施した結果、ゲーム後に川の生き物や学びに対して児童の関心が高まり、教材として有効であった。桃園小学校においても児童はカードゲームに対して関心が非常に高く、環境学習教材として有効であることが示唆された。日本の水生生物調査法「川の生きものを調べよう」(環境省・国土交通省編)では、指標生物は生物学的水質階級Ⅰ～Ⅳに計29種が選定されている。山西省の河川の調査結果から、日本の指標生物と同種又は同等と考えられる種類は、水質階級Ⅰでは4種、水質階級Ⅱでは3種、水質階級Ⅲでは4種、水質階級Ⅳでは1種をそれぞれ提案した。本研究で実施した一連の環境学習は、桃園小学校建校60周年記念誌に取り上げられ、小学校の歴史的行事として評価されることになった。

研究成果報告会は、約40名の参加者に加え、新聞2社による報告会の紹介記事化という成果を得た。

## 放射光分析の応用による鉄電解型浄化槽の直接および間接リン除去機構の解明

(独)日本学術振興会科学研究費(平成28~令和元年度)

見島伊織(代表)

### 1 研究背景と目的

既存のリン除去型浄化槽に採用されている鉄電解法は、浄化槽内に設置した鉄電極に通電し、電極より溶出した鉄イオン(Fe)を水中のリン酸イオンと反応させ、不溶化することで水中のリン酸イオンを除去する方法である。しかしながら、本法のリン除去の安定性には課題も残る。実際にFeは2価や3価の状態を取り、リンとの結びつきにも変化が生じるため、リン除去の解析のためにはFeの形態解析が有効となる。よって本研究では、XAFS(X-ray absorption fine structure)測定などによるFe形態解析を用い、リン除去機構を明らかにすることで、本浄化槽におけるリン除去の安定化に寄与する情報を整理することを最終目的とした。本年度は、浄化槽汚泥中の鉄に対して、XAFS解析とメスbauer分光分析の両方を実施し、鉄形態の評価を行った。

### 2 方法と結果

鉄電解法を組み込んだリン除去型浄化槽を対象とし、処理水および好気槽蓄積汚泥試料(汚泥)を10ヶ月間、月に1回の頻度で採取した(試料A~J)。処理水の水質分析をすると共に、汚泥を直ちに凍結乾燥した上でデシケーター内に保存した。立命館大学SRセンターBL-3において透過法にて汚泥試料のXAFS測定を行った。信頼性のあるスペクトルを得るため、各試料に付き3回以上の測定を行い、スペクトルを加算、平均することに努めた。別途、標準物質として、 $\text{FeCO}_3$ 、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\alpha\text{-FeOOH}$ 、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FePO}_4$ のスペクトルも測定した。なお、試料、標準物質ともに窒化ホウ素と混合し、錠剤成形したものをXAFS測定に供した。パターンフィッティングの整合性評価にはR(%)を用いた。メスbauer分光分析はデルフト工科大学のReactor Institute Delftで行った。

試料中の鉄形態の割合を、 $\text{FeCO}_3$ 、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FePO}_4$ のスペクトルからパターンフィッティングして求めると、Rは最小で0.014%、最大で0.059%となった。これらのRは既存の報告のRと比べて低いことから、信頼性のあるフィッティングができたと考えられた。試料によればばらつきはあるものの、 $\text{FePO}_4$ の割合が概ね最も高く、 $\text{FeCO}_3$ の割合は少なかった。すべての試料において $\text{FePO}_4$ の存在が推察されたことは、リン除去が良好であったことと整合していた。また、メスbauer分光分析結果のフィッティングから2価鉄の割合を求めたところ、XAFS解析の結果と整合していた。

今後は、この調査で得た試料及び室内実験で得た試料の放射光分析等を進める予定である。

## 下水高度処理に係る費用・便益配分不均衡の解決に向けた政策決定・合意形成手法の開発

(独)日本学術振興会科学研究費(平成30~令和2年度)

見島伊織、本城慶多

共同研究機関:東洋大学(代表:大塚佳臣)

### 1 研究背景と目的

湖沼や内湾などの閉鎖性水域での富栄養化防止、水道水源の品質向上等の観点から、下水処理では、窒素・リン成分除去を目的とした高度処理の導入が推進されている。高度処理による便益は主にその下流域で発生することから、コスト負担の適正化、行政界を超えた流域全体での整備の最適化が大きな課題となっている。本研究では、流域全体での高度処理システムの最適化ならびに高度処理がもたらす流域内自治体間の費用と便益の不均衡解消を同時に実現するための政策決定手法と、政策に関する合意形成を実現できる手法を開発し、中川流域をモデルとして、それらを実践することを目的とする。高度処理がもたらす便益を貨幣換算する技術、協力ゲーム理論の手法をもとに流域単位での便益を最大化し、埼玉県と東京都での合理的なコスト配分案を提示する技術、これらの政策案の合意形成実現を容易にするICTを活用した市民討論会手法の開発を行う。本年度は主に、高度処理導入のコストと、もたらす多様な便益を貨幣価値で示すこととした。

### 2 方法および結果

埼玉県南部に位置する中川水循環センターを対象とし、高度処理がもたらす環境負荷の変化とその便益を評価することとした。過去10年分の下水処理場の水質データ、運転管理データを下水道局から入手した。このデータに対し、IDEAデータベースを用いた環境負荷原単位をもとに処理場の環境負荷を算定した。次いで、我々が開発したLIME2に $\text{NH}_4\text{-N}$ の生態毒性評価モデルを組み合わせて環境負荷統合評価モデルを使用し、高度処理がもたらす被害額(円)の変化を算出した。

放流水のCOD、T-N、T-Pについては、解析期間において明確な変動はなかった。しかしながら、 $\text{NH}_4\text{-N}$ はH22年頃までは変動が激しく、近年において減少していた。これは、水温変化に伴った硝化効率の増減や段階的の高度処理を含めた高度処理の導入によるためと考えられた。これらの4つの水質項目から環境負荷(円)を計算したところ、放流水においては $\text{NH}_4\text{-N}$ の負荷の割合が高く、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の低減が環境負荷低減に直結すると考えられた。

今後は、さらに過去の情報を収集して環境負荷を算定するとともに、高度処理がもたらす中川、東京湾の水環境の快適性改善価値について住民アンケートデータをもとにコンジョイント分析によって貨幣価値の形で推定する予定である。

## 短波長領域に絞った蛍光分析で検出されるピーク群を利用した汚濁起源推定手法の開発

(独)日本学術振興会科学研究費(平成30～令和2年度)

池田和弘(代表)

共同研究機関:京都大学

### 1 研究背景と目的

三次元励起蛍光スペクトル法は自動化が可能な分析手法であり、汚濁の流入を検知し負荷源を推定する新しい水質モニタリング手法として期待される。しかしながら、既存の手法では、未処理生活排水と下水処理水および藻類による汚濁を区別することはできない。一方、短波長領域に絞った蛍光分析とPARAFAC解析を行うことで、従来の研究よりも多くの蛍光成分を分離・定量することができる。そこで本研究では、負荷源ごとの短波長領域の蛍光成分のデータを取得し、環境中での挙動を室内実験により把握することで、蛍光分析により汚濁を検知し、起源を推定する新しい水質モニタリング手法を開発する。

### 2 方法

3年間の研究計画と方法は以下の通りである。①各種負荷源および河川の“短波長領域”蛍光成分の強度データの獲得及び水質指標との関係性把握。②リアクター実験による短波長領域蛍光成分の環境中での残存性(生物分解性、光分解性)評価。③樹脂分画および膜分画による短波長領域蛍光成分に対応する有機物の特性解析。④短波長領域蛍光成分の流域内空間分布の把握と起源推定の手法の構築と有効性の検証。

本年度は、埼玉県内の下水処理場放流水や河川水等の蛍光分析を行い、PARAFAC解析により短波長領域の蛍光成分の検出を行い、BOD値との相関性を評価した。また攪拌加圧型膜処理装置と2種のUF膜を用い、試料に含まれる蛍光成分の分子量特性を把握した。

### 3 結果

下水処理水と河川水の蛍光分析により、蛍光波長400nm以下短波長領域にB1、B2、T1、T2、Nという5成分を分離検出することができた。それぞれのピーク波長は、275/303、245/303、280/342、<230/345、305/363(励起/蛍光:nm)であった。このうち、B1とT1はBODと比較的よい相関が確認されたが、その他の成分の相関性は低かった。

様々な試料の蛍光成分の分子量特性を評価したところ、試料ごとに特徴的な結果が得られた。下水処理水では水質がやや悪い時、500Da以下の画分にチロシン様ピークが強く検出された。

## 地質地下水統合型地下環境情報システムの構築とそれを活用した地下水の最適管理

(独)日本学術振興会科学研究費(平成26～令和元年度)

八戸昭一(代表)、石山高、濱元栄起、柿本貴志、

白石英孝、原政之

### 1 研究背景と目的

本研究では、地質・地下水情報を収集・解析し、地理情報システム上で稼働する統合型データベースを構築するとともに、地盤沈下や地下水汚染を抑制するための地下水の最適管理を目指すものである。今年度は、これまで研究を進めるにあたり収集してきた情報をとりまとめた書籍「埼玉県地質地盤資料集」を刊行するとともに、ウェブGISを拡充した。また、荒川低地周辺のボーリングデータを使用して、荒川低地地下立体モデルを作成したのでその内容について報告する。

### 2 埼玉県地質地盤資料集

本資料集では、埼玉県内約6,000カ所のボーリング柱状図、さらに県内各地620地点のpH(水素イオン濃度指数)・電気伝導度・酸化還元電位・鉄濃度・マンガン濃度などの基本的な地下水質データをとりまとめた。ボーリング柱状図は、深度毎の土質(地層)の状態や硬さの情報などが記述されており、帯水層となり得る地層の位置が分かり易く表示されている。資料集は、大学を始めとする研究機関や公立図書館など約300カ所の施設に対して無償頒布することとした。また、資料集にとりまとめた約6,000カ所のボーリング柱状図は、より更に詳しい情報が記述されている標準様式の柱状図に加工し、県で運用するウェブGIS「Atlas Eco Saitama (<https://cessgis.maps.arcgis.com/home/index.html>)」でダウンロードすることができる。各機関が個別に保管していたボーリングデータを一括管理することで、帯水層に代表される地下構造を三次元的に推定するなど、より高度な解析が可能となった。

### 3 荒川低地地下立体モデル

荒川低地周辺のボーリングデータを参考として、地表付近の軟らかい地層をはぎ取り地下構造をモデルに表現した。荒川低地の地下には氷河期に作られた谷が埋まっており、モデルでは東京湾へ向かって連続的に深くなっていく様子が分かる。また、埋められている谷は一律でなく、溝状に連なる深い部分やテーブル状の浅い部分があることが分かる。谷底に堆積している砂礫質の地層は、地下水を豊富に含むことから、地下水汚染調査に役立つ情報となる。なお、本立体モデルの作成には、(国研)産業技術総合研究所の協力を得ている。

## 貝殻が有する黄鉄鉱の風化抑制機能を利用した海成堆積物の低コスト汚染対策手法の開発

(独)日本学術振興会科学研究費(平成28~30年度)

石山高(代表)、八戸昭一、渡邊圭司、濱元栄起

### 1 研究背景と目的

近年、海成堆積物由来の土壤汚染が大きな環境問題となっている。この土壤汚染では、掘削直後における砒素やふっ素の溶出(短期リスク)と黄鉄鉱の風化後に発生するカドミウムや鉛などの溶出(長期リスク)が報告されている。

本研究では、貝殻が有する黄鉄鉱の風化抑制効果を活用した海成堆積物の低コスト汚染対策法を開発する。最終年度は、海成堆積物の短期・長期汚染リスクの同時抑制について検討した結果を報告する。

### 2 実験方法

埼玉県内で掘削採取した海成堆積物(未風化)にホタテ貝の貝殻片を添加し(添加率5.0wt%)、これに各種の不溶化剤を加えた系を用意し、恒温(35°C)湿潤条件で4ヶ月間、風化実験を実施した。実験開始から2ヶ月後までは2週間に1回、それ以降は1ヶ月に1回の間隔で土壤試料を採取し、土壤溶出量試験を行った。土壤溶出液中の砒素、ふっ素、硫酸イオン濃度を測定した。また、補足データとして、土壤溶出液のpH、電気伝導度を計測した。

### 3 結果と考察

本研究で用いた海成堆積物からは、基準を上回る砒素及びふっ素の溶出が認められた(溶出濃度 As:0.11mg/L、F:2.2mg/L)。ホタテ貝の貝殻片を添加した海成堆積物に鉄系不溶化剤とリン酸カルシウムを加えたところ(添加率:どちらも2.5wt%)、砒素、ふっ素の溶出濃度は環境基準値未満(基準値:As:0.01mg/L、F:0.8mg/L)となった。鉄系不溶化剤は砒素の不溶化、リン酸カルシウムはふっ素の不溶化に効果を発揮した。鉄系不溶化剤やリン酸カルシウムが共存した状態でも、硫酸イオンの溶出濃度の増加は認められなかったことから、これらの不溶化剤の共存は貝殻片による黄鉄鉱の酸化抑制効果を妨害しないことが分かった。ホタテ貝の貝殻片、鉄系不溶化剤とリン酸カルシウムを海成堆積物に添加することで、短期汚染リスクと長期汚染リスクを同時に抑制できることが分かった。水酸化セリウムは砒素、ふっ素の他、セレンやほう素にも適用できる優れた不溶化剤であり、ホタテ貝の貝殻片と水酸化セリウムを海成堆積物に添加することで(水酸化セリウムの添加率:5wt%)、短期・長期汚染リスクが同時に抑制できることが判明した。ホタテ貝が有する黄鉄鉱の酸化抑制効果を利用する本手法は、不溶化剤と組み合わせることで様々な海成堆積物に適用できることが分かった。

## 地中熱利用システム普及による地下熱環境への影響予測と監視手法の確立

(独)日本学術振興会科学研究費(平成28~30年度)

濱元栄起(代表)、八戸昭一

共同研究機関:(国研)産業技術総合研究所

### 1 研究背景と目的

地中熱利用システムは、地球温暖化対策や都市のヒートアイランドの抑制など環境負荷低減効果があり、また政策的な支援もあって今後急速な普及が予測されている。一方、地中の人為的な採排熱による環境への影響も懸念されているが、これまで地下熱環境への評価はほとんどなされていない。本研究では、関東平野を対象に自然状態の地下環境を把握する調査を実施し、これを基に環境負荷を最小化する最適設置法およびシステム普及に伴う地下熱環境の変化を監視するための地下熱監視手法を提案する。本成果を活用することにより長期的な都市計画やエネルギー政策の立案に役立つ適切なシステムの普及支援が可能となる。

### 2 研究方法

地中熱利用に関する評価を行う上で「地質情報」、「地下水特性」、「地下温度情報」を知ることが重要である。このうち地下温度情報の整備が遅れている。本研究では関東平野を対象として地下温度構造を把握したうえで、数値シミュレーション等によって適切な監視手法を検討する。

### 3 結果と考察

地中の熱環境の変化を調べる方法として、地盤沈下観測井などの内部に精密な温度計を設置することでその変化を検知する手法がある。これを用いて地表面温度の上昇を観測井内の温度計でとらえる研究は多数なされてきた。そこで同様の原理を用いて、地中熱システムによる温度影響をとらえることが可能かを数値実験によって確認した。その結果、地中熱システムによる影響は、120日程度の運転では熱交換井から数メートルの範囲に留まることが分かった。一般に地盤沈下観測井は熱交換井から数km以上離れたところに位置しているため検知することが難しいことが分かった。その監視手法に代わるものとして本研究で新たな手法を検討した。具体的には地中熱交換のU字パイプ内の出入口温度と流量をモニターし、地中へ排熱または採熱した熱量を調べ、場所ごとに適正な基準を設ける方法が現実的であるとの結論に達した。将来的には無線通信回線を通じて影響を監視するデータセンターへ逐次情報を送信することで広域的な地中の熱環境の監視も可能である。

## ベトナムにおける建設廃棄物の適正管理と建廃リサイクル資材を活用した環境浄化およびインフラ整備技術の開発

(国研)科学技術振興機構地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)(平成30～令和4年度)

磯部友護、川崎幹生、長森正尚

共同研究機関:埼玉大学(代表:川本健)、(国研)国立環境研究所

### 1 背景と目的

急速な人口増加と経済成長が進行している開発途上国では、廃棄物の排出量が増加しているにもかかわらず、廃棄物管理やリサイクルに関する法整備や施策が不十分であり、一般環境や生活環境への影響が顕在化している。特に、都市部においては都市開発や工業化の進行により増大している建設廃棄物(以下、建廃)の適正管理やリサイクル推進が重要な課題となっている。そこで本研究では、ベトナムのハノイ市を主な対象とし、建廃の適正管理とリサイクルの持続的発展のための資源循環システムの構築・整備を目的とし、技術開発と社会実装の両観点から、各種の活動を実施していく。

### 2 活動内容

本研究では、ベトナム国家戦略で掲げている2025年までに建廃リサイクル率60%以上の数値目標達成を支援するために、以下の活動を実施する。

活動1:建廃の排出・管理実態を把握するとともに、建廃の各種取り扱いガイドラインを整備する

活動2:建廃から製造されるリサイクル資材の品質管理基準を整備する

活動3:環境浄化・インフラ整備分野における建廃リサイクル資材を活用した技術開発を進める

活動4:建廃リサイクル推進のためのビジネスモデルを提案し、現地事業での試験的導入と有効性の検証を行う

### 3 これまでの結果

環境科学国際センターが主に担当する活動1では、これまでにベトナム建廃管理に関する法令やリサイクルに関する動向を整理するとともに、ベトナム側参加機関である国立建設大学、建設省、ハノイ市建設局、ハノイ市都市環境公社らとガイドライン策定委員会を設立した。これまでに3回の委員会を実施し、建築物の解体現場における分別解体推進のためのガイドラインを作成していく合意を得た。他方、ハノイ市内の解体現場における建設廃棄物の排出・管理実態調査を進めているところである。今後は、ハノイ市・埼玉県の合同ワークショップを開催し、情報共有や連携を強化していく予定である。