

7.2 外部資金による研究の概要

建物エネルギーモデルとモニタリングによる炭素排出量・人工排熱量の高精度な推計手法の開発

(独)環境再生保全機構環境研究総合推進費
(令和元～3年度)

原政之(代表)、武藤洋介、本城慶多、大和広明
共同研究機関:(国研)国立環境研究所、(国研)産業技術総合研究所、東京大学、明星大学

1 研究背景と目的

世界的な都市への人口集中に伴い、都市の気候変動対策はその重要性を増しつつある。その対策の設計に際しては、都市ヒートアイランド現象と地球温暖化の両気候変動の因子としての人工排熱量・炭素排出量(以下、熱・CO₂排出量)の正確な推計が必要である。そこで本研究では、この熱・CO₂排出量の新たな推計手法の構築に向け、都市域で、排出起源ごとの熱・CO₂排出量の定量化を行うための観測を行うこと、建物からの熱・CO₂排出量推計と他部門の既存の推計手法とを組み合わせ、高精度な熱・CO₂排出量のインベントリ推計を行うこと、また、簡易に全国で排出量インベントリ推計が可能となるツールを作成することを目的とする。

2 方法

本研究では、都市域で、CO₂と酸素濃度、放射性炭素同位体比、熱収支の同時観測を行い、排出起源毎の熱・CO₂排出量の定量化を行う。また、エアロゾル組成の連続測定を実施し、CO₂燃焼発生源の分別について検討を行い数値モデルの検証のための熱・CO₂排出量実測データを取得する。次に、上述データを検証資料とし、民生部門の熱・CO₂排出量を対象に、気象条件と建物空調エネルギー需要の動的関係を模擬可能な独自の都市気象・建物エネルギーモデルの改良・適用・検証を行い、気象条件への依存性や排熱フィードバックも考慮した建物由来の熱・CO₂排出量のモデル計算を行う。以上のモデル解析より得られた原単位等を利用し、建物からの熱・CO₂排出量推計と他部門の既存の推計手法とを組み合わせ、高精度な熱・CO₂排出量のインベントリ推計、及びこの知見に基づいた簡易に全国で排出量インベントリ推計が可能となるツールを作成する。

3 結果

本年度は、観測及びそのデータを用いた排出起源ごとの熱・CO₂排出量の定量化、都市気象・建物エネルギーモデルによるシナリオ実験、昨年度に作成した複数の既存手法による熱・CO₂排出量のインベントリ推計と比較検証しつつ新たな手法による高精度なインベントリ推計、簡易推計ツールのプロトタイプの実験を行った。

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

(独)環境再生保全機構環境研究総合推進費
(平成30～令和2年度)

本城慶多、原政之、嶋田知英
共同研究機関:(国研)国立環境研究所(代表:松橋啓介)

1 研究背景と目的

2018年12月に気候変動適応法が施行され、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。当センターは埼玉県および県内市町村の地域気候変動適応センターとして、気候変動が県民生活に与える影響と適応策に関する情報を発信していく必要がある。本課題では、県民生活に関連する気候リスク指標の予測モデルを構築するとともに、気候シナリオと社会経済シナリオをモデルに入力し、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、深刻な熱波に襲われている県の現状を考慮し、本課題では「エネルギーコスト」と「熱中症リスク」に注目する。2020年度はさいたま市の熱中症リスクについて詳細な分析を行った。

2 方法

さいたま市の月別熱中症救急搬送者数を予測するための統計モデルを構築するとともに、気候シナリオと人口シナリオをモデルに入力し、2050年までのリスク・シミュレーションを実施した。本課題では年齢3区分(0～14歳、15～64歳、65歳以上)と発症場所2区分(屋内、屋外)から構成される6グループについて個別に分析を行った。統計モデルは対数人口をオフセット項とするポアソン回帰モデルであり、説明変数はさまざまな気象・経済変数から機械学習アルゴリズム(エラスティック・ネット)で選択した。熱中症による救急搬送記録はさいたま市から取得した。気候シナリオは、筑波大学の犬塚浩司准教授が開発した統計的ダウンスケーリング気候データセットによる。本課題では、温室効果ガスの排出削減が進まないRCP8.5を仮定する。人口シナリオは、国立環境研究所が開発した日本版共通社会経済経路(Japan SSPs)の市町村人口データセットによる。

3 結果

リスク・シミュレーション結果から、気候変動と少子高齢化の複合効果によって65歳以上の熱中症救急搬送者数が大幅に増加することが分かった。MIROC5による中程度の気温上昇を仮定した場合、2040年代における65歳以上の熱中症救急搬送者数は、屋内と屋外を問わず2010年代と比べて2.5倍に増加する。65歳以上の増加率は、他グループの増加率(1.4～1.7倍)と比べて突出しており、高齢者を対象とする暑さ対策の必要性を示唆している。

社会と消費行動の変化がわが国の脱炭素社会の実現に及ぼす影響

(独)環境再生保全機構環境研究総合推進費
(令和2～4年度)

本城慶多、原政之

共同研究機関: (国研) 国立環境研究所(代表: 金森有子)、
日本電信電話、みずほ情報総研、京都大学

1 研究背景と目的

2020年10月、菅内閣総理大臣の所信表明演説において、2050年温室効果ガス排出実質ゼロ(カーボンニュートラル)の達成を目指す方針が示された。日本の脱炭素シナリオは国内の研究機関で検討が行われてきたが、少子高齢化や都市一極集中、生産性の伸び悩みなど、地域社会が抱える課題との関連については十分に議論されてこなかった。本課題では、脱炭素社会の実現と地域課題の解決を同時達成するという前提のもとで地域社会(特に埼玉県)の将来像を描く。具体的には、国の脱炭素社会シナリオと整合する地域の社会経済見通し(人口、経済生産額、エネルギー需給、温室効果ガス排出量など)を作成し、気候変動対策の基礎資料として活用する。

2 方法と結果

2020年度は、BAU(Business-As-Usual)ケースにおける埼玉県の経済成長を2100年まで予測し、その結果を踏まえて県が将来的に直面する社会課題を整理した。経済予測には、環境研究総合推進費2-1805の枠組で開発した都道府県計量経済モデル(Honjo et al. 2021. Heliyon 7, e06412)を使用した。国立環境研究所が開発した日本版共通社会経済経路(Japan SSPs)の市町村人口データセットによると、埼玉県では少子高齢化が長期にわたって進行し、人口は減少に転じる。県の経済成長は業務部門(特にサービス業)が主導してきたが、業務部門の全要素生産性は1975年以降横ばいで推移しており、労働集約的な生産体制となっている。そのため、就業人口の減少に対して脆弱であり、県内総生産は人口減少と連動して縮小する。埼玉県の県内総生産は2017年時点で全国5位だが、業務部門の衰退に伴い、静岡県や兵庫県にその座を奪われる可能性がある。比較的高い出生率や移民の大規模流入を仮定するシナリオでも県内総生産の縮小が見込まれることから、AIやロボットを活用し、業務部門の生産性を高めていく必要がある。

2021年度は、最新の統計資料を用いて都道府県計量経済モデルを更新するとともに、国立環境研究所が開発したExtended Snapshot Tool(ExSSツール)を用いて県内のサービス需要やエネルギー需要、温室効果ガス排出量の将来見通しを作成する予定である。

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ノ酸(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、下水処理場放流水など水環境中の存在実態を把握する。また、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

県内9か所の下水処理場で流入水と放流水を1回採取し、48種類の有機フッ素化合物濃度をLC-MS/MS、GC-MSで測定した。また、PFOS、PFOAは、過去に同様に行った調査結果と比較した。

3 結果

下水処理場の流入水又は放流水から22種類の有機フッ素化合物が検出された。PFOS、PFOAは、2020年に要監視項目として公共用水域及び地下水の指針値(暫定)(PFOS、PFOAの合計濃度50ng/L)が設定された。下水処理場の流入水、放流水は指針値(暫定)が適用されないが、この濃度を超える放流水はなかった。流入水、放流水の濃度は、前回(2013年)の調査よりも減少する傾向が見られたが、これはPFOS、PFOAがストックホルム条約の残留性有機汚染物質として世界的に規制されているためと考えられる。

下水処理場の流入水と放流水中のリン酸系有機フッ素化合物(12種類)について、初めて調査を行った。その結果、ペルフルオロオクタノリン酸(PFOPA)が流入水で<1~10ng/L、放流水で<0.2~7.1ng/Lの濃度で検出された。また、9か所全ての下水処理場の流入水から6:2フッ素テロマーリン酸ジエステル(6:2diPAP)が1.2~4.3ng/Lの範囲で検出された。

人為起源粒子(PM₁)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2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センター、中国・上海大学、韓国・済州大学校

1 研究背景と目的

PM_{2.5}には、人為起源粒子のほか、土壌や海塩等の自然起源の粒子も含まれる。これらは主に粗大粒子側に分布することから、PM₁を調べることで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1週間単位のPM₁の通年測定を継続してきたが、PM₁/PM_{2.5}は年平均値では8割前後である一方で、週単位では0.3～1.0と幅が大きいことが分かった。本課題では、PM₁の高時間測定を行い、PM_{2.5}の上昇要因が人為起源か自然起源か判断可能かを検討するとともに、中国上海市および韓国済州島においてもPM₁を調べ、日本周辺のPM₁の実態を明らかにする。

2 方法

2017年度から、PM₁の1時間値計測が可能なPM714を稼働し、PM_{2.5}と並行して1時間値の濃度変動を調べた。また、2019年度は夏季に富士山頂でPM₁の12時間単位採取を行い、無機元素分析を行った。中国、韓国においても夏季と冬季に同時採取を行った。なお、新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、研究に支障が出たため研究期間を延長したが、2020年度は富士山頂の試料採取、中国上海市、韓国済州島の試料分析を行うことはできなかった。

3 結果

2020年度は加須においてPM_{2.5}の環境基準値を超えた日はなく、加須におけるPM₁濃度も4.7 μg/m³とPM714で測定を開始してから最も低い濃度となった。日平均のPM_{2.5}濃度が20 μg/m³以上でPM₁/PM_{2.5}が最も低下したのは、日本全体に黄砂が飛来した2021年3月31日の0.19、次いで3月30日の0.29となり、PM_{2.5}濃度の上昇に自然起源粒子が大きく寄与した典型的な事例となった。

継続的に観測が行えた韓国済州島(ハルラ山)の夏季2週間のPM₁では、これまでにPM_{2.5}中、石炭燃焼の指標成分として着目してきたAs/V比は2017年(0.30)、2018年(0.17)、2019年(0.06)と経年的な低下が見られた。またPb/Zn比でも2017年(0.51)、2018年(0.22)、2019年(0.05)と低下が見られ、中国の石炭燃焼の影響が小さくなっている可能性が示唆された。

中国の土壌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3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

土壌汚染は数多くの国で顕在化・深刻化しており、食糧の汚染、土壌資源の喪失、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。そのため、低コストで環境に優しい修復技術の開発と普及が大きな課題となっている。

本研究では、研究代表者らが構築した、土壌の機能を破壊せず、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壌修復技術」の改良と普及に向けて、土壌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、持続的な土壌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。令和2年度は、中国中原地域(山西省)で野外実証試験を継続的に実施した。

2 方法

中国山西省の銅による汚染農地においてバイオ燃料用の資源植物であるトウモロコシを栽培し、植物の収量、銅等の重金属に対する蓄積能力、バイオ燃料に利用する場合の収益性を検討した。今年度はコロナウイルス感染拡大のため、収穫量と収益性のみの評価にとどまった。試験圃場で栽培したトウモロコシを生育後に収穫し、根、茎、葉、子実等の部位別乾重量を測定し、トウモロコシのバイオマス総収量と実収量を評価した。また、実収量に市場価格を乗じて算出した金額により収益性を評価した。

3 結果

銅汚染地で育てたトウモロコシのバイオマス総収量は42.3t/ha、実収量は14.1t/haであった。昨年に比べ、それぞれ約11%および15%低かったが、地域の平均的な収量と比べ少なくはなかった。これにより、本研究が対象とした重金属汚染農地におけるトウモロコシの生育は良好であることが示された。

本研究で栽培したトウモロコシはバイオ燃料の原料として利用可能であり、その粗収益は62.9万円/haと試算された。昨年の粗収益より約20%が増加した。これは、令和2年度のトウモロコシの価額の高騰によるものと考えられた。

このように、トウモロコシを資源植物としての利用することにより、収益性を持つことから、汚染土壌を有効利用しつつ、土壌修復を同時に進めることができると考えられた。

オゾンの農作物影響評価モデルの構築と広域的リスク評価

(独)日本学術振興会科学研究費(令和2～4年度)

米倉哲志(代表)、王効挙

共同研究機関:長崎大学

1 研究背景と目的

ガス状大気汚染物質のオゾンは、光化学オキシダントの主成分である。近年、オゾン濃度上昇問題が再び顕在化してきている。オゾンは、植物毒性が非常に高く、様々な悪影響を及ぼす。そのため、オゾンの植物影響に関する科学的知見の蓄積や農作物生産などへのリスク評価が求められている。

本研究では、比較的短期間で栽培する近郊野菜を対象にして、オゾン曝露試験を埼玉(CESS)と長崎(長崎大)で実施し、農作物に及ぼすオゾンリスク評価モデルを構築し、オゾンの影響閾値(クリティカルレベル)を検討する。併せて、確立したモデルと地理情報システムを用いて、過去～現状レベルのオゾンやオゾン濃度上昇が農作物に及ぼす悪影響についてのリスク評価等について、主に関東地方をモデル地域として広域的に評価し、地図化する事を目的とする。

2 方法と結果

埼玉(CESS)と長崎(長崎大)において、オゾン濃度条件の変化可能な3連の自然光型オゾン曝露オープントップチャンバー(大OTC)と小型オープントップチャンバー(小OTC)を用いて、コマツナ、コカブとハツカダイコンを対象に、成長などに対するオゾン影響を調べた。

オゾン曝露実験は、CESSでは、大OTCで浄化空気区、外気オゾン区、外気オゾン濃度の1.5倍になるように添加した1.5オゾン区のオゾン3段階で育成し、3回(7月上旬、8月下旬、10月上旬からそれぞれ約1か月間)、長崎大では小OTCで浄化空気区、外気オゾン区の2処理区で、2回(9月上旬、10月上旬からそれぞれ約1か月間)、実施した。

CESSでのオゾン曝露試験では、8月下旬と10月上旬の試験でコマツナの成長にオゾンによる有意な低下が認められたが、コカブとハツカダイコンの成長にはオゾン影響は認められなかった。一方、長崎大でのオゾン曝露試験では、コマツナとコカブにおいて、実施した2回の試験ともオゾン曝露による有意な成長低下は認められなかった。

今後、更に2年にわたり、同様なオゾン曝露試験を両地点で実施し、「作物のオゾンに対する成長などの応答」と「様々なオゾン指標(日平均オゾン濃度や様々なオゾンドーズ(AOT40、SUM06、W126など))」、更に、生育時の気温などの気象要因との関係性について検討し、オゾン被害のリスク評価モデルを構築する予定としている。

外来水生植物が水域・陸域の生物群集及び食物網に及ぼす影響の解明

(独)日本学術振興会科学研究費(令和元～2年度)

安野翔(代表)

1 研究背景と目的

外来水生植物は、水流阻害や貧酸素化、在来水生植物との競合等、水域生態系に負の影響を及ぼすことが知られている。これまでは主に沈水性の外来植物に関する研究が進められてきた。しかし、近年では水上葉を展開するオオフサモ等の抽水性の外来植物も分布を拡大しており、沈水植物とは異なる影響が生じると予想される。外来水生植物は、在来水生植物と形態的に大きく異なることが多く、植物体上に貝類や甲殻類といった外来水生動物が優占する懸念がある。本研究では、特定外来生物に指定されているオオフサモが、水生及び陸生生物の群集・食物網に与える影響を解明する。

2 方法と結果

2.1 オオフサモに付着する水生動物群集

坂戸市小沼地区の農業用水路において、外来水生植物のオオフサモ、コカナダモ、在来水生植物のホザキノフサモを対象に、植物の乾燥重量当たりの付着性水生動物の種構成、個体数密度を調査した。いずれの水生植物においてもユスリカ科幼虫が優占していたが、水生植物間での付着性ユスリカの種構成に違いが見られた。さらに、オオフサモ、コカナダモでは微小巻貝の個体数が多く、付着動物全体の個体数の10.0～64.9%を占めたのに対し、ホザキノフサモに付着する巻貝の個体数は全体の3.3%以下に留まった。

2.2 外来水生植物ポテンシャルマップの作成

特定外来生物に指定されているオオカワヂシャ、オオフサモ、ミズヒマワリの関東地方における分布情報を整理し、ポテンシャルマップを作成した。分布情報については、埼玉県で実施した「侵略的外来生物県民参加モニタリング調査」、千葉県がweb公開している「ちば情報マップ」、国土交通省実施の河川水辺の国勢調査のデータを用いた。3次メッシュごとに水生植物の分布情報と環境データ(暖かさの指数、年間降水量、各土地利用形態の面積割合、平均傾斜角)を格納し、MaxEntモデルを使用して分布予測を行った。その結果、分布予測モデルの精度の指標であるAUC値は、オオカワヂシャでは0.912、オオフサモでは0.886、ミズヒマワリでは0.947といずれも高い値であった。いずれの水生植物においても河川・湖沼の面積割合、森林面積割合、暖かさの指数が寄与度と重要度が特に高い環境要因であった。すなわち、気温の高い平野部の開けた河川周辺では、分布可能性が高いことが示唆された。

田植え時期の違いが水田の生物群集及び生物多様性に及ぼす影響の解明

(独)日本学術振興会科学研究費(令和2~4年度)

安野翔(代表)

1 研究背景と目的

水田は、元来自然湿地に生息していた生物の代替生息地として機能していると考えられる。水田への入水・田植え時期は地域や水稻品種によって異なるが、田植え時期に応じて田面水中の水生動物群集やサギ類等の水鳥による水田の利用状況も異なると考えられる。そのため、地域内で田植え時期が様々であれば、地域レベルでの生物多様性が向上すると予想される。本研究では、水生動物の群集構造やサギ類による水田の利用形態が、田植え時期によってどのように異なるかを解明する。

2 進捗状況

2.1 田植え時期の異なる水田間での水生動物群集の違い

加須市内での水田において、田植え時期の異なる単作水田(5月植えと6月植え)及び米麦二毛作水田(6月後半に田植え)において、たも網での掬い取りにより水生動物を定量的に採集した。水田ごとに、田植え日から起算して2、4週間後、中干し直前の計3回ずつ調査を行った。採集された水生動物については、種ごとに個体数を集計した。田植え時期、地域間による水生動物の群集構造の違いをPERMANOVAによる検定を行ったところ、田植え時期、地域間いずれも統計的に有意な差が認められた(PERMANOVA、 $p < 0.001$)。絶滅危惧種のトウキョウダルマガエルの幼生は、5月植えの水田のみで確認された。一方、米麦二毛作水田では、ユスリカ幼虫が単作水田に比べて10~100倍ほどの個体数が採集され、さらに捕食性の水生昆虫の個体数、種数も多く確認された。現段階では、調査地点数が十分ではないものの、水田ごとの特性に応じて、田面水中の水生動物群集が異なることが明らかになった。

2.2 サギ類による採餌場としての水田利用の調査

田植え時期の異なる水田3か所に自動撮影カメラ(水田1枚につき2台、計6台)を設置し、タイムラプス撮影(撮影間隔:1分)を行った。その結果、田植え時期に関わらず、サギ類が水田内を利用していたのは、田植えから起算して概ね5週間後までであった。イネがある一定の高さまで伸長すると、サギの採食効率が低下するため、水田内を利用しづらくなると考えられる。そのため、田植え時期が異なる水田が混在すれば、地域内でサギが水田を利用できる期間が長くなると考えられる。現段階では詳細な解析まで行っていないが、1時間ごとの気温や風向風速といった気温データを取り込んだモデル構築を行う予定である。

廃棄物処分場内部の複雑系数理構造解明に向けた連成シミュレーション手法の構築

(独)日本学術振興会科学研究費(令和2~4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、最終的な行き場として最終処分場に埋め立てられる。それら廃棄物から放出された汚染物質は、水や空気といった流体に伴って環境中を移動していくが、廃棄物の多様性ゆえに、様々な物理・化学プロセスが相互に影響しあっている。汚染物質の環境への影響を制御するためには、そのような現象の定式化を行い、数学的バックボーンを与える必要がある。しかしながら、廃棄物分野において、現象間の相互作用が十分に解明されているとは言い難い。

そこで、本研究では、最終処分場内部で起こる連成問題のうち主要なものを取りあげ、個別の現象の解析とその相互作用の解析の精度・効率の追求を目指し、マルチスケールという複雑な問題を解決する連成解析に適切な数値シミュレーション手法を構築することを目的とした。連成解析の際に動的に変化する間隙に対しては、パーシステントホモロジー等のトポロジー解析により、幾何学的形状の定量化を行う。次いで、開発した連成シミュレーションによる最終処分場内部のダイナミクス評価を通して、既存数理モデルの不十分さを明らかにする。さらに、そこから得られた結果をトポロジーの視点から統一的に整理・解析し、最終的には、間隙構造に由来する微細な流れの影響を組み込んだ新しい数理モデリングと内部系の数理解理解を目指す。

2 方法と結果

最終処分場内部の汚濁物質の溶脱着等に関与する降雨由来の浸透流の挙動解明及びモデル化は極めて重要である。埋立層中では、水は不飽和状態で流れるが、不飽和水分移動に関する研究の数は少ない。そこで、本研究では、土槽実験の埋立層内の不飽和流れについて数値シミュレーションを試みた。支配方程式は、Navier-Stokes方程式、連続の式、水分量移動の式を用いた。水分量の移流方程式に対しては、精度の高い数値解法スキームであるCIP(Cubic Interpolated Profile)法を用いた。

また、廃棄物層の間隙情報を取得する際に、廃棄物試料のマイクロフォーカスX線CT画像の二値化が大きな問題となる。そこで、その二値化手法を検討するとともに、パーシステントホモロジー解析用のデータ取得に努めた。

シロキサン類の環境中存在実態及び多媒体挙動に関する研究

(独)日本学術振興会科学研究費(令和元～3年度)

堀井勇一(代表)、大塚宜寿

共同研究機関:(国研)国立環境研究所、富山県立大学、
(公財)東京都環境公社東京都環境科学研究所

1 研究背景と目的

本研究では、特異な物性を示すシロキサン類について、多媒体中の濃度分布を実測により明らかにするとともに、地理的分解能を有する多媒体環境動態モデル(G-CIEMS)による予測を行い、排出を含めた環境挙動の全体像を明らかにすることを目的とする。具体的には、シロキサン類負荷量の膨大な東京湾流域を対象とした実測調査、排出源解析、生活系及び産業系の排出量推定、環境動態モデルによる多媒体挙動の予測、実測値とモデル計算値との比較・照合等を実施する。さらに、G-CIEMSの最大の特長である地理的分解能を活用することで、シロキサン類排出量の増減を仮定した単位流域ごとの濃度分布を予測し、実測ベースのみでなく排出シナリオに応じたリスク評価を実施する。

2 今年度の実施内容

シロキサン類の水質モニタリングとして、東京湾流域の主要河川について調査を実施した。調査地点は、既往調査の空白地域を含む多摩川水系、利根川水系上流から中流部、千葉県主要河川等の32地点である。ほぼすべての河川水からシロキサン類が検出され、濃度組成の最も高かったD5の濃度範囲は $<5\sim 528\text{ng/L}$ であった。今年度の調査において、河川水から検出されたD5濃度は、すべての地点において予測無影響濃度を下回った。

大気中シロキサン類の濃度分布把握のため、関東広域の9地点において、2021年1月から12月の期間に月1回の頻度で、通年モニタリングを実施した。大気中の濃度レベル及び化合物組成は調査地点により特徴がみられ、点源の影響とみられる季節変動が観測された。また、得られた測定結果に非負値行列因子分解法を適用し、シロキサン類の排出源の種類及びその寄与率を推定した。

共同研究機関では、大気系・水系の環境への排出量推定として、日用品の使用(生活系)及びシリコーン製造工場(産業系)からの排出係数を検討した。また、G-CIEMSによる環境動態予測として、東京湾流域を対象に代表的な化合物(D4、D5、D6)についてモデル計算を実施した。これら排出量を含むモデルの信頼性評価として、実測値との比較・照合を行い、推定精度の高度化を図った。

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3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、生活排水、農業排水、畜産排泄物が挙げられ、その浸透水が地下水汚染を引き起こす。本研究では、生活排水、農業排水、および畜産排泄物の浸透水のそれぞれに特異的に含まれる化学物質をマーカー(以下、化学物質マーカー)として選定し、その分析法を確立し、地下水の各種浸透水からの影響評価に適用可能か検証する。さらに、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試験を行う。

2 今年度の実施内容

化学物質マーカーの候補物質の土壌カラムリーチング試験を行った。試験対象物質はスクラロース、アセスルファム、クレアチニン、デオキシコロール酸、カフェイン、ジノテフラン、クロチアニジン、イミダクロプリド、およびスルファメトキサゾールである。

土壌カラムリーチング試験はOECDガイドライン(OECD 312)を参考に行った。園芸用の黒土を土壌カラムリーチング試験用の土壌とした。土壌は、2週間程度自然乾燥した後、2mmのふるいにかけたものを試験に供した。内径4cm、長さ30cmのカラムに土壌を充填し、土壌カラムとした。土壌カラムに試験対象物質を添加したのち、 $0.01\text{M}\text{CaCl}_2$ を約 $0.2\text{mL}/\text{min}$ の流速で送液した。送液量は700mL程度とした。浸透水を50分ごとにフラクションコレクターで分取した。分取液をアセトニトリルで希釈し、LC/MS/MSの測定に供した。比較用として、塩化物イオンを添加($1\text{M}\text{CaCl}_2 \times 1\text{mL}$)し、同様の条件で土壌カラムリーチング試験を行い、浸透液の塩化物イオンをICで測定した。

浸透水から、スクラロース、アセスルファムが検出された。ほかの物質は、浸透水から検出されなかったため、土壌カラムに留まっていることや分解していることが考えられる。また、スクラロースおよびアセスルファムは、塩化物イオンの溶出液量と大きく変わらず、土壌に非常に浸透しやすいことを確認した。

3 今後の展望

浸透挙動について更なる基礎的な知見を得るため、土性の違う土壌を用いて土壌カラムリーチング試験を行う。

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3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、埼玉県および東京都の下水処理場を対象として環境負荷を算定した。また、ゲーム理論を用いた解析の情報基盤を整備した。

2 方法と結果

埼玉県および東京都の中川流域に位置する下水処理場を対象として、2010年度から2016年度の7年間で、環境負荷の解析を行うこととした。対象とする下水処理場にヒアリングをすることで、処理に要したユーティリティなどのデータを入手した。このデータセットに対し、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NH₄-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。

結果として、埼玉県内の下水処理場においては、高度処理の導入後においても、処理コストを抑えながらも処理水の環境負荷が削減されたことが明らかとなった。また、全環境負荷の中で、NH₄-N由来の環境負荷は一定程度存在したことにより、NH₄-N由来の環境負荷算定の重要性が明らかとなった。

これまでに構築した下水処理ゲーム(流域全体の下水処理コストを関係自治体に対して効率的に配分する協力ゲーム)の精緻化を行った。また、これまでの解析データと今後のゲーム理論を使用する観点から、解析を実施する上で必須となるデータセットに関して提案を行った。

生物学的電気化学技術を利用した汚染底質の改善メカニズムの解明とその応用技術の創成

(独)日本学術振興会科学研究費(令和2～4年度)

見島伊織

共同研究機関:群馬大学(代表:窪田恵一)、(国研)国立環境研究所、金沢大学

1 研究背景と目的

本研究は、底質改善技術である堆積物微生物燃料電池(SMFC)の最大活用を目的として、その底質内部での影響範囲の把握やメカニズム解明を行うとともに、装置のスケールアップや異なる汚染状況への適用を試みる。堆積物微生物燃料電池を汚染が進む底質へと適用することによって、浄化に伴う発電のみならず、窒素やリンの再溶出、硫化水素生成抑制等の効果も得られることが知られているが、そのメカニズムや効果的な利用方法は確立されていない。本研究では、栄養塩であるリン・窒素やそれらの溶出に深く関連する鉄の底質内部での変化の解明により、本技術の効果的活用に向けたスケールアップ・技術確立に向けた展開を試みる。

本年度は主に、SMFCの適用による底質内への影響の把握を目的として、SMFC適用による底質内のリンの変化を、間隙水分析および微小電極測定により調査した。さらにリンの溶出に密接に関係するといわれる鉄の形態変化について放射光を用いたX線吸収微細構造(XAFS)分析で評価した。

2 方法と結果

SMFCの実験には全容積0.8Lの装置を用い、底質には霞ヶ浦で採取した底質を、直上水にはろ過した桐生川の河川水を使用した。アノードとカソードはカーボンフェルトを使用し、チタン線により1,000Ωの外部抵抗と接続し運転を行った(閉回路)。また、対照系として閉回路と同形状で回路接続を行わない条件の運転も行った(開回路)。各装置は恒温槽を用いて25℃の暗所にて運転を行った。SMFCの効果を評価するために、電位差の測定と、直上水と間隙水の陰イオン濃度の分析を行った。運転開始から約12週目に微小電極の測定とXAFS分析を行った。

閉回路では実験開始から発電が観察され、10週目以降、約42mVの電位差で安定した。また、SMFCの適用によって、閉回路では開回路と比較して、リン酸濃度が間隙水中で約98%、直上水で約25%低下しており、SMFCによる栄養塩溶出抑制効果が確認できた。

XAFSの解析結果、閉回路のスペクトルの方が開回路のものよりも高エネルギー側にシフトしており、底質表層で鉄の酸化が進んでいる可能性が示唆された。また、閉回路ではアノード近傍においてもわずかに鉄の酸化が進んでいる可能性が示唆された。

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3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の利用により、河川への汚濁の流入を検知し、水質悪化を評価するとともに負荷源を推定する新しい水質モニタリングシステムの構築が期待できる。しかし、既存の手法では、生活雑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。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、汚濁負荷源の指標性を評価し、さらに生分解性等環境中での挙動を把握することで、蛍光分析により汚濁を検知し、起源を推定する手法を開発する。

2 方法と結果

内部遮蔽効果の影響を最小化するため試料を適切に希釈し蛍光分析を実施した。各種負荷源および河川の“短波長領域”の蛍光分析を実施し、新たに610個の蛍光データを取得した。PARAFAC解析により蛍光波長400nm以下の短波長領域に、6成分を分離検出することができた。成分名とピーク波長(励起/蛍光:nm)は、B1(<200/296)、B2(<200/320)、B3(224/296)、T1(204/370)、T2(240/360)、T3(230/346)であった。蛍光側1nm、励起側2nmピッチでデータを取得する高分解能の分析を行うことで、これまでチロシン様ピークとされていた領域とトリプトファン様ピークとされていた領域にそれぞれ3個の成分を検出することができた。

負荷源別に比較するとB1とB2の強度は生下水や単独処理浄化槽地域の水路水で高かった。下水処理工程において、これらの強度は生物処理で大幅に下がった。一方、T2は生下水、単独処理浄化槽地域の水路水、合併処理浄化槽地域の水路水、下水処理水で同程度であった。また、これらの強度は河川水よりも大幅に大きかった。一方で、疎水性樹脂への吸着性をみると、下水処理水中のB2と河川水中のB2とは異なっており、両者は同一のものとならなかった。このことからB1は未処理生活排水の指標、T1は全生活排水の指標となることが分かった。

さらにいくつかの河川水を明暗条件で培養し、藻類の増殖と確認した後、ろ液の蛍光分析を行い、藻類由来の蛍光成分を調査した。その結果、試料に共通する藻類由来の蛍光成分が確認できた。

河川の浮遊細菌を介した新たなリン循環プロセスとその地球化学的意義の解明

(独)日本学術振興会科学研究費(令和元～3年度)

渡邊圭司(代表)

共同研究機関:(国研)理化学研究所、(公財)東京都環境公社東京都環境科学研究所

1 研究背景と目的

河川に生息している浮遊細菌の多くが、リンを細胞内にポリリン酸として高濃度に蓄積するための遺伝子をゲノム上に保持している。これは、河口・沿岸域の生態系にとって河川から輸送された浮遊細菌がリンの供給源として重要な役割を担っているとともに、河川から河口・沿岸域にかけた生態系に、未知のリンの循環プロセスが存在することを意味する。そこで本研究は、河川の浮遊細菌を介した新たなリン循環プロセスの全容解明と河口・沿岸域の生態系に与える影響を解き明かすことを目的としている。本年度は、淡水圏(河川及び湖沼)から分離された浮遊細菌のゲノム解析を行い、これまでゲノム解析が進んでいなかったグループに属する浮遊細菌について、細胞内のポリリン酸の蓄積に関与する*ppk*(ポリフォスフェートキナーゼ遺伝子)をゲノム配列上に有しているか調べた。

2 方法と結果

淡水圏から分離した2株のFlavo-A3、11株のbetIII-A1(GKS98)及び4株のJanb(LiUU-5-340)に属する浮遊細菌からゲノムを抽出し、次世代シーケンサーによるゲノム解析を行った。2菌株を除き1つの環状DNAを形成した。Flavo-A3の2株はゲノムサイズが2.26～2.40Mbp、DNA G+C含量が34.4～35.1mol%、LiUU-5-340の4株はゲノムサイズが3.00～3.73Mbp、DNA G+C含量が53.9～62.2mol%、GKS98の11株はゲノムサイズが2.47～3.16Mbp、DNA G+C含量が50.9～55.2mol%であった。全ての株にゲノム上に*ppk1*様配列が見られ、そのうち5株については*ppk2*様配列も見られた。

現在、分離された各浮遊細菌について、単位細胞当りの細胞内リン蓄積を調べているところである。

浅層型地中熱システムのための適地評価手法の開発～リモートセンシングの活用～

(独)日本学術振興会科学研究費(令和元～3年度)

濱元栄起(代表)、八戸昭一、石山高、柿本貴志
共同研究機関: 神奈川県温泉地学研究所

1 研究背景と目的

地球温暖化やエネルギー問題に対応するために再生可能エネルギーへの転換が求められている。特に「地中熱エネルギー」は広域的に活用できるエネルギーとして有望である。これを利用した地中熱システムは、海外では多数の導入実績があるが、国内では、コスト面による課題で2千台程度に留まっている。しかし、国内でも小型の掘削機械で施工でき従来の深層型に比べて掘削コストが低減できる「浅層型クローズド式」の導入が進められつつある。また、既存の井戸から浅層地下水を揚水し、直接利用する「浅層型オープン式」も農業分野で有望視されている。ただし「浅層型地中熱システム」の広域的な適地評価をする場合には、浅層における温度変動による影響などの課題がある。そこで本研究では浅層型地中熱システムを対象として、地下温度と地下水質を考慮した広域的な適地評価手法を確立し、社会(行政機関や事業者団体等)に発信することで社会実装に役立てることを目的とする。

2 方法

本研究では、浅層における地下環境情報を評価するために関東平野中央部で温度モニタリングと温度検層、水質分析用の地下水解析を行う。また人工衛星によって得られるMODISデータを検証する。このデータは地表面温度(毎日4回撮影)の画像データであり、これを解析する。具体的には温度モニタリング地点で実測したデータと比較し、浅層型システムの評価に活用できる精度であることを検証する。さらに浅層オープン式における課題のひとつとして配管や熱交換器内におけるスケールの問題がある。そこで地下水質(主要イオン成分や微量重金属含有量)を分析し、室内実験(温度依存性試験)や化学反応シミュレーションによってパイプ内部に付着する析出物の析出条件を検討する。長期運転効率評価としては、代表地点のデータを基に長期運転効率等の評価手法を確立する。

3 結果

研究対象地域における浅層温度(地表から1mまでの複数深度)の測定を埼玉県加須市と神奈川県小田原市の2か所で継続し、データ収集を行った。またドローンを活用した赤外面像撮影を行った。

都市域地下熱環境の持続性評価に向けた地下温暖化の実態解明と定量評価

(独)日本学術振興会科学研究費(令和元～3年度)

濱元栄起
共同研究機関:(国研)産業技術総合研究所(代表:宮越昭暢)、総合地球環境学研究所

1 研究背景と目的

地下熱環境は、地下深部からの熱流量に支配されているだけでなく、地球温暖化や都市化の影響により変化している。このような地球温暖化や都市化の影響は地下浅部に留まらず恒温層以深にも影響を及ぼすため、大深度かつ広域に地下熱環境の長期変化が引き起こされる。例えば、従来から地球温暖化に伴う地表面温度上昇が地下温度の上昇を引き起こしていることが知られている。

本研究の目的は、我が国の12対象都市域における地下温暖化の実態を解明し、都市化に伴う地下蓄熱量を推定することである。着目するのは、これら都市域に設置されている地盤沈下・地下水位観測井と、これら観測井における地下温度データの数年以上の長期間隔繰返し測定的重要性である。

2 方法

我が国の地下温暖化の実態解明するため、観測井が複数設置されており、過去データの存在が確認される札幌市・石狩市、秋田市、仙台市、新潟市、長岡市、千葉市・市原市、川崎市・横浜市、さいたま市、名古屋市、大阪市、佐賀市、熊本市を研究対象地域に選定する。

まず対象都市域における過去データを収集・整理する。さらに観測井における地質情報および地下水位情報を収集するとともに地下温度プロファイルを実測する。次に蓄熱量推定とメカニズムを検証し実測データに基づいて対象都市域の地下熱環境を時系列で復元する。数年間隔の時系列で地下熱環境を復元し、地下温度上昇率と深度分布、上昇率の経年変化を明らかにする。また、地下水位や地質情報と併せて地下蓄熱量の推定を行い、これら結果を都市域間で比較検討し、我が国における地下温暖化の特徴と地下熱環境変動メカニズムを検討する。

3 結果

国内における温度検層データを収集した。さらに埼玉県では、温度検層の繰返し測定を4地点で実施した。

極小微動アレイ探査を応用した高密度地下水位モニタリングによる地下水・湧水評価

(独)日本学術振興会科学研究費(令和元～3年度)

濱元栄起

共同研究機関:神奈川県温泉地学研究所(代表:宮下雄次)、(国研)防災科学技術研究所

1 研究背景と目的

水循環基本法では、基本理念の一つとして「流域の統合的管理」が明示されている。地下水資源を管理する上で地下水位のモニタリングが重要であるのは言うまでもないが、水資源を統合的に管理するためには、河川から地下への浸透や、地下水や湧水による河川の涵養などの河川水と地下水の交流を、高密度な地下水位モニタリングにより把握する必要がある。しかし、従来の地下水位の調査は、既存井戸や観測井孔内の水位を直接測定するため、井戸のない場所では地下水位を測定することができない。観測井を高密度に設置することは限界があるため、地形の起伏や調査目的に適した井戸が設定できない場合、適切な地下水位は得ることが出来ない。そこで本研究では、地盤のS波速度を測定する「極小微動アレイ探査」を新たに応用し、井戸を用いることなく土壌中の飽和/不飽和境界面となる地下水位を検出する方法を開発し、従来不可能であった高密度な地下水位モニタリングを行い、地下水や湧水の評価を行う。

2 方法

本研究の主な調査地域は関東甲信越(埼玉県を含む)及び東北南部とし、まず各調査地域における既存地下水位・地温情報・微動探査データの収集を行う。次に各調査対象地域において土壌水分・地下水位が異なる2時期に同一地点における微動探査を実施する。得られたS波速度構造から帯水層を把握し、2時期におけるS波速度の差と温度補正から、地下水面を検出する。地下水面のほかにもS波速度を変化させる要因となる地温の鉛直構造を把握するため、地温の鉛直構造の測定と温度ロガーによるモニタリングを行う。以上の調査・解析結果を基に、各調査地域における地下水面の広域的な形状や、湧水付近の局所的な地下水面形状を明らかにし、地下水資源の評価を行う。

3 結果

研究対象地域である関東平野中央部(埼玉県)において、GNSS測位を行い微動探査測定点の精密な位置を明らかにした。また、地下水位のモニタリングを継続し、データ収集及びロガーの再設置を行った。

ベトナムにおける建設廃棄物の適正管理と建設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

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(平成30～令和4年度)

磯部友護、川寄幹生、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、ベトナム国立建設大学

1 研究背景と目的

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関わらず、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、以下の活動を実施しており、環境科学国際センターでは主に活動1を担当している。

- 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

本年度は新型コロナウイルス感染拡大による影響のため、日越の研究メンバーの渡航及び各種の活動が制限されたものの、オンライン会議などを通じ解体現場における建設廃棄物分別ガイドラインの最終案の作成、及びガイドライン普及促進のための解体デモンストレーションをハノイ市内で実施するための情報共有を行った。

今後はガイドラインの最終化を進めるとともに、ハノイ市におけるリサイクル推進協議会設置に向けた支援活動も行う予定である。