

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、昨年度までに引き続き、観測及びそのデータを用いた排出起源ごとの熱・CO₂排出量の定量化を行った。また、都市気象・建物エネルギーモデルによる対策も考慮したシナリオ実験、数理統計モデルによる高精度なインベントリ推計、簡易推計ツールの改良を行った。

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(株)、みずほリサーチ&テクノロジーズ(株)、京都大学

1 研究背景と目的

2020年10月、菅内閣総理大臣(当時)の所信表明演説において、2050年カーボンニュートラル、すなわち、温室効果ガス排出実質ゼロという長期目標が示された。脱炭素社会の実現可能性については、国内の研究機関が調査研究を進めてきたが、少子高齢化による働き手の減少や生産性の伸び悩み、人口の都市一極集中など、地域社会が抱える課題との関連については十分な議論が行われていない。本課題では、主に埼玉県を対象として、人口、経済成長率、エネルギー需要、温室効果ガス排出量の将来予測を行うとともに、2050年カーボンニュートラルと社会課題の解決を同時に達成するような未来像を提示する。

2 方法と結果

2021年度は、昨年度開発した都道府県マクロ計量モデルを改良するとともに、最新の統計資料に基づいて関東地域(1都6県)の経済成長率を2050年度まで予測した。今回のモデル改良により、労働生産性の上昇が各業種の経済生産額に与える影響を評価できるようになった。また、部門別エネルギー需要モデルを新たに開発し、都道府県マクロ計量モデルを組み合わせることで、エネルギー起源二酸化炭素(CO₂)排出量を予測するためのシステムを構築した。

少子高齢化に伴って働き手が減少するものの、県全体の労働生産性が過去のトレンドに従って上昇する未来を想定し、県内のCO₂排出量を2030年度まで推計した(注:2030年度の労働生産性が2018年度比1.1倍となるシナリオ。県による追加的な温暖化対策を考慮しないBAU推計)。労働集約的な第3次産業を主軸とする埼玉県において、働き手の減少が県内総生産に与える影響は大きく、経済成長率は徐々に低下して2030年代以降はゼロ成長となる見通しである。電力排出係数を2018年度の水準で固定した場合、2030年度のCO₂排出量は2013年度比で13%の減少となった。電力排出係数が国のエネルギーミックスに従って低下する場合でも、2013年度比の排出削減率は34%に留まった。計算結果は、省エネや電化を通じて化石燃料の直接消費を減らさないかぎり、CO₂排出量の大幅削減が困難であることを示唆している。

汚泥濃縮車を活用した浄化槽汚泥の収集・運搬・処理過程における環境負荷削減効果の網羅的解析および最適活用方法の提案

(独)環境再生保全機構環境研究総合推進費
(令和3～5年度)

見島伊織

共同研究機関:(公財)日本環境整備教育センター(代表:濱中俊輔)、東北大学

1 研究背景と目的

循環型社会の形成に向け、廃棄物からの資源・エネルギー回収、廃棄物の最終処分量の削減及び廃棄物の運搬・処理に係るエネルギー消費量の低減が必要不可欠である。分散型污水处理施設である浄化槽から排出された汚泥はバキューム車で汚泥処理施設に運搬されるが、今後、汚泥処理施設の統合・広域化が進むと汚泥処理施設での処理に係るエネルギー効率が向上する反面、汚泥の収集・運搬に係るコストやエネルギー消費量が増大することが懸念され、収集運搬及び汚泥処理の更なる高度化・効率化が必要となる。この問題を解決する一手法として、浄化槽汚泥を発生現場で濃縮し、運搬量及び汚泥処理量を1/3～1/4に削減できる浄化槽汚泥濃縮車(以下、濃縮車)の導入が挙げられるが、濃縮車の導入による汚泥の収集・運搬効率の向上やし尿処理施設での汚泥処理に及ぼす効果については知見が不足しており、導入実績はきわめて少ない。また、濃縮汚泥の性状が汚泥処理やエネルギー回収の効率に及ぼす影響に関する研究は不十分である。本研究の目的は、浄化槽汚泥の収集・運搬・処理・資源化に関する環境負荷の観点からの網羅的評価により濃縮車の最適活用方法を提案し、地域循環共生圏の形成に貢献することにある。その中で、当センターはサブテーマ3として、汚泥濃縮車の活用時のコスト及びCO₂排出量等を考慮した環境負荷の評価が算定可能な網羅的評価システムを開発するとともに、汚泥処理の広域化・共同化及び将来的な人口減少等の動向を想定したシナリオに分けた解析を行うことで、地域の低炭素化社会、低環境負荷型社会の構築に向けた濃縮車の最適な活用方法を提案することを目標とする。

2 進捗状況

サブテーマ1で取り扱う浄化槽汚泥の収集・運搬・処理ステージ及びサブテーマ2で技術開発を進める資源化ステージを評価できるよう関連の情報収集に取り組んだ。特にし尿処理場等を対象とした環境負荷評価が行えるよう、既存の文献の情報を整理した。また、埼玉県水環境課と協働し、対象とした市の浄化槽の位置情報を取得した。これにより、運搬ステージにおける、近年の汚泥処理の広域化及び将来的な人口減少に着目したGISを用いたルート計算を行える環境を整備した。

先が読めない廃止期間を、半物理・半統計的に評価するための最終処分場エミッションモデルの構築

(独)環境再生保全機構環境研究総合推進費
(令和3～5年度)

磯部友護

共同研究機関:(国研)国立環境研究所(代表:石森洋行)

1 研究背景と目的

我が国の廃棄物最終処分場では、埋立終了後も水処理などの維持管理を継続し、最終的には法的なプロセスを経て廃止を行う。しかしながら、廃止基準を上回る自主基準設定による廃止期間の長期化や、それに伴う維持管理コスト増大といった課題が顕在化しつつあり、廃止期間を予測することは維持管理の適正化だけでなく正確な環境安全性評価のために非常に重要である。本研究では、これらの課題解決に資するべく、従来の均質系の物理シミュレーションではなく、埋立廃棄物の不均質・不確実性に起因する予測誤差を統計処理により補正する、理論と実測を組み合わせた実用的な予測モデルの構築を行う。

2 方法

予測モデルの構築にあたり、①処分場内部の水分浸透状況(水みち)の解明、②個々の処分場の構造データや浸出水データの収集、を行い予測誤差の類型化につなげる。①にあたっては環境整備センター13号埋立地を調査対象とし、比抵抗探査モニタリングを行う。②にあたっては、県資源循環推進課・環境整備センター・環境科学国際センターが県内市町村等の処分場担当者を対象として設置した「県内最終処分場設置団体連携会議」に参画し、処分場データの収集を試みるとともに、研究者と実務者が情報を提供しあえる対話プラットフォームの構築を行う。

3 結果

これまでも処分場における比抵抗モニタリングを実施してきたが、本研究では、探査頻度の高密度化による時間分解能向上を図るため装置のリモート制御化を行った。13号埋立地の一角に探査エリアを設置しモニタリングを開始した。さらに、散水車を用いた注水試験を行い、能動的な水分浸透における比抵抗モニタリングを実施した。

また、県内最終処分場設置団体連携会議において、対話プラットフォームに関する情報提供を行い、処分場担当者との連携を進めている。

今後は、台風などの強雨イベントのような受動的な水分浸透における比抵抗モニタリングを行うとともに、連携会議への継続的な参加を通じて複数の処分場におけるデータ収集を行っていく予定である。

各種発生源から大気中に放出される磁性粒子の特性解明

(独)日本学術振興会科学研究費(令和3～5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、吉野電化工業(株)

1 研究背景と目的

磁性粒子は、人体に悪影響を及ぼす可能性が指摘されており、様々な発生源や生成過程を経て大気中に放出されると考えられるが、その特性や発生源は十分に解明されてはいない。

本研究では、磁性粒子の生成が想定される発生源や発生過程の近傍で、大気粒子をフィルター上に採取し、磁気分離法を用いて磁性粒子を分離した上で、その形状や磁気特性、元素組成などを明らかにする。

2 方法

今年度は、自動車走行により発生する粒子状物質を対象とした。2021年12月～2022年1月に、国道16号指扇交差点および国道17号戸田美女木交差点近傍で4回の試料採取を行った。

試料採取にはナノサンプラー(KANOMAX社)を用い、10 μ m以上(PM \geq 10)、10～2.5 μ m(PM10-2.5)、2.5～1.0 μ m(PM2.5-1)、1.0～0.5 μ m(PM1.0-0.5)および0.5 μ m未満(PM0.5)の5つの粒径に分類採取した。

フィルター試料は、精密電子天秤を用いて質量濃度を求めたのち、1/2に分割し、1片は、磁気分離を行ったのちに顕微鏡観察と元素分析を行った。また、残りは、テスラメーター(TM-601)を用いて磁化率測定を行ったのち、振動試料型磁力計(VSM)を用いて磁気特性の測定を試みた。

3 結果

十分な量の粒子試料が得られた戸田美女木交差点近傍の粒径別濃度を図1に示す。最も濃度が高かったのは、PM10-2.5であり、いわゆる道路粉じんやブレーキダストなどが主成分と考えられた。

磁化率は、その粒径範囲の試料も0.01mT以下となった。現在、VSMによる磁化特性の測定中である。

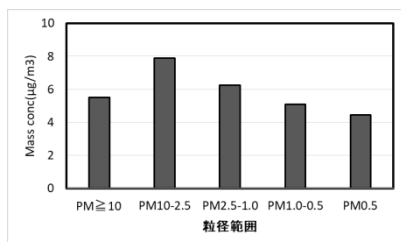


図1 戸田美女木で採取した大気粒子試料の濃度

雲内および上空に存在する難培養微生物由来の雲凍結核の観測

(独)日本学術振興会科学研究費(令和元～3年度)

村田浩太郎(代表)

1 研究背景と目的

我々が日常的に目にする降水の8割程度は、雲の水(氷晶)の形成が関係している。理論的に上空に浮かぶ微小な氷晶の形成には、相当な低温環境(-40 $^{\circ}$ C)が必要である。しかし、実際の大気中には、凍結核として氷形成を促進する微粒子(氷晶核)が存在するために、より低い高度(高い気温)で氷晶が形成される。鉱物粒子や生物起源粒子(微生物など)が氷晶核としてはたらくことが知られているものの、上空での情報が少なく不明な点が多いことから、富士山頂で観測を行なった。

2 方法

2021年7月12日から8月28日まで富士山測候所に試料採取装置を設置した。0.2 μ mのフィルターで空気を吸引濾過し、大気中微粒子を収集した。時間は、8時～16時(日中)と20時～4時(夜間)の8時間ずつに分けて採取した。試料は、冷蔵で保管・輸送し、実験室に持ち帰った後に分析を行なった。試料フィルターをカットし、超純水に浸すことで試料液を作製した。不純物の少ない超純水では、冷却しても-35～-34 $^{\circ}$ C程度まで凍結しない。しかし、試料液には山頂大気中に存在していた氷晶核となる微粒子が存在しているので、これよりもかなり高い温度で凍結する。この差を測ることで山頂大気中に存在していた氷晶核数を推定した。

3 結果

観測結果を他山岳サイトでの研究と比較すると、富士山の方が若干濃度の変動幅が広い傾向が確認できた。昼夜に明確な濃度差があったため日中の谷風の影響で大気中に氷晶核が放出されていることが推察された。富士山の表層堆積物を計測したところ、観測された大気中氷晶核濃度を説明できる程度に氷晶核としてののはたらしを有していた。山体自身が氷晶核の発生源となっている可能性がある。一方で、堆積物よりも能力の高い氷晶核も山頂大気中に存在していた。これらは、加熱処理によってほとんどが消失してしまったことから、熱変性しやすいといわれる生物起源氷晶核であることが示唆された。

山間部における夏季豪雨形成と大気汚染の相乗環境影響の解明

(独)日本学術振興会科学研究費(令和元～3年度)

村田浩太郎

共同研究機関:早稲田大学(代表:大河内博)、お茶の水女子大学、(一財)日本環境衛生センター、(国研)国立環境研究所、神奈川大学、熊本大学、北九州市立大学

1 研究背景と目的

記録的大雨による山地災害が多発している。地球温暖化に伴う水蒸気量の増大が指摘されているものの、山間部特有に生じる豪雨のメカニズムは、不明である。本研究では、山間部に豊富に存在すると考えられるバイオエアロゾル(微生物などの大気中生物粒子)由来の氷晶核の観測を担当した。しかし、新型コロナウイルスの問題で合同観測が困難となり、都市部でバイオエアロゾル観測の手法検討を行うこととなった。

2 方法

都市域におけるバイオエアロゾル変動とその背景的な要因を調査するため、2020年4月22日から6月13日までの52日間、東京都小金井市・東京学芸大学の屋上(地上13m)にて、毎日大気環境DNAのフィルター捕集を実施した。得られたDNAから、細菌の16S rRNAと真菌のITSの遺伝子配列をPCR増幅した後、次世代シーケンサーで解析した。環境要因として近隣のアメダスや大気測定局から得られた気温、相対湿度、降水量、日照時間、風速、TSP、PM_{2.5}、NO、NO₂、NO_x、O_xの観測結果も解析した。観測時は、緊急事態宣言解除前後であったため、携帯電話のGPSデータから推計された外出人数や首都高速道路の交通量も解析に含めた。

3 結果

気象条件がバイオエアロゾルの形成に有意な要因であり、特に風速は、細菌と、降水ならびに湿度は真菌の大気中への放出と関連していることが示唆された。観測期間の特徴は、都市域における人の往来、交通量、窒素酸化物(NO、NO₂、NO_x)が増加するトレンドにあったことである。この状況下において、NO_x、NO₂、交通量、外出人数が細菌の群集組成変動を、O_xが真菌の群集組成変動を説明する変数として見出された。また、PM_{2.5}やSPMと対応して増加する特徴的なバイオエアロゾル種を絞り込むことができた。このことは、都市域のバイオエアロゾルが大気汚染ならびに人間そのものから影響を受けて形成されていることを示唆する。同様のアプローチは山間部をはじめバイオエアロゾル観測に一般的に適用可能であると考えられる。

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

土壤汚染は、数多くの国で顕在化・深刻化しており、食糧の汚染、土壤資源の喪失、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、土壤の機能を壊さず、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」の普及に向けて、土壤汚染が深刻化している中国の汚染サイトでの実証試験を行い、持続的な土壤環境保全および環境リスクの低減に貢献することを目的とした。平成28年度から、中国の中原地域(山西省、山東省)、東南地域(上海市)、東北地域(吉林省)の汚染農地を対象に、野外実証試験の実施により、本技術の応用と普及を推進した。なお、本研究は新型コロナウイルスの影響により予定より2年間延長した。

2 方法

中原地域:山西省の銅(Cu)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を継続的に行った。山東省の試験圃場においては油用牡丹(ボタン)を用いた修復試験の調査を行った。東南部地域:上海市の2つの重金属汚染圃場で、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。東北地域:吉林省の鉱山開発によるニッケル(Ni)汚染農地において、バイオ燃料用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、平成28年～令和2年のトウモロコシの総収量は34.6～50.2t/ha、実の収量は9.7～16.5t/haであり、粗収益は28～67万円/haと推定された。また、Cuの除去量は674～1415g/haであった。その結果、土壤中のCuの平均濃度は当初の583mg/kgから347mg/kgまで低下し、土壤の修復が進んでいることが示された。

東南部地域では、マリーゴールドは高い土壤修復性と収益性を持つことにより、汚染土壌の修復を完了し、水田資源として回復させた。東北地域のNi汚染地においても、トウモロコシの高い土壤修復能力と収益性が認められた。

このように、本収益型汚染土壌修復技術の実証試験により汚染土壌のリスク低減と資源回復に進めることができた。

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、ハツカダイコン、コカブを対象に、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倍オゾン区のオゾン3段階で約1か月間育成した。5月~10月上旬にかけて2作物をそれぞれ5回、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、3回実施した。

CESSで実施したオゾン曝露試験では、オゾンによる有意な成長の低下は、コマツナでは5時期中3回の時期において認められ、ハツカダイコンの成長では2回の時期に認められた。一方、長崎大で実施したオゾン曝露試験では、コマツナとコカブの両作物において、実施した3回の試験においても浄化空気区、外気オゾン区の間にはオゾン曝露による有意な成長低下は認められなかったが、オゾンによる低下傾向は認められた。今後、更に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ス(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。

人口減少および気候変動に対する野生動物の行動・生態・生理的応答指標の確立

(独)日本学術振興会科学研究費(令和3~7年度)

角田裕志(代表)

共同研究機関:(国研)農業・食品産業技術総合研究機構、山形大学、日本獣医生命科学大学

1 研究背景と目的

本研究では、人口減少や気候変動に伴う中大型哺乳類の行動・生態・生理的な応答を明らかにし、将来の野生動物の分布変化や個体群動態への予測の基盤となる行動・生態・生理的指標の確立を目的とする。具体的には、人口減少に関して農山村の過疎化や放棄地の増加が野生動物の行動、生息地利用の変化と血中・糞中の各種ホルモン物質の量や動態に及ぼす影響を各種の野外調査や野外実験、室内実験を通して明らかにする。また、気候変動に関しては、猛暑や多雪などの極端気象に対する野生動物の行動的な応答と生理的影響に関してGPS発信器に体温ロガーを装着したバイオリギング法によって明らかにする。

2 今年度の実施内容

野生動物の行動や生息地利用と人為攪乱強度との関係を明らかにするために、埼玉県秩父市の奥山地域および福島県南会津町の里山、奥山地域において自動撮影カメラを設置し、ニホンジカやイノシシを中心とした中大型獣の調査を行った。2021年11月までに回収できたデータについては、撮影動画を確認して獣種や撮影時間などを記録・集計し、またニホンジカ(*Cervus nippon*)に関しては先行研究のプロトコルを参考にして行動分析を行った。

気候変動影響に関しては、次年度から本格的に開始するバイオリギング調査に向けて、捕獲用罠や捕獲場所を選定し、捕獲予定地での自動撮影カメラによる予察調査などの事前準備を進めた。

3 来年度の予定

秩父市と南会津町における自動撮影カメラによる調査を継続するとともに、人為攪乱強度が異なる他地域においても野外調査を計画する。前年度までに収集した自動撮影カメラデータについては動物種の出没状況や行動生態の分析を順次進める。また、糞中ホルモン解析のための糞サンプルの採集プロトコルを確立して、各調査地域における自動撮影カメラの調査時に糞サンプル採集を行う。

野生動物の気候変動応答に関する研究については、動物の捕獲と追跡調査を順次開始する予定である。

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。入水・田植え時期は地域や水稲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、地域内での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採餌場としての利用が、田植え時期によってどのように異なるかを明らかにする。

2 今年度の実施内容

2.1 田植え時期間での水生動物群集の比較

加須市内の水田において、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週後、4週後、中干し直前(5~6週後)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、いずれも統計的に有意な差が認められた(PERMANOVA, $p < 0.001$)。アキアカネの幼虫および絶滅危惧種のトウキョウダルマガエルの幼生は、5月植えの水田で特徴的に出現した。一方、二毛作水田では、多数のユスリカ幼虫が採集され、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箇所(3箇所)に自動撮影カメラを設置し、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44~50日後までであった。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、水田内での採餌が困難になったと考えられる。また、加須市から杉戸町までの概ね20km四方のエリア内で、サギ類のセンサス調査を5~8月にかけて毎月3日間行った。5~6月にかけては田植え時期の早い加須市大根地区や杉戸町の水田地帯にサギ類が集中していたが、7月にはこれらの地域でのサギ類は減少し、6月植えの水田が多い加須市南部や久喜市南部地域等に分布が集中する傾向が認められた。

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的理解を目指す。

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した。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・照合等を実施した。

2 今年度の実施内容

シロキサン類の水底質モニタリングとして、東京湾流域河川の追加調査を、多摩川水系及び隅田川水系等で実施した。既往調査を含む河川水中の主要シロキサン類(環状シロキサンのD4、D5、D6)濃度は、それぞれ $<0.4\sim 160\text{ng/L}$ 、 $<1\sim 1510\text{ng/L}$ 、 $<0.2\sim 209\text{ng/L}$ の範囲であった。過去8年間の定点観測結果から、いずれの環状シロキサンについても緩やかな減少傾向が確認された。底質中濃度は、それぞれ $<0.09\sim 142\text{ng/g dry weight (dw)}$ 、 $0.26\sim 5330\text{ng/g dw}$ 、 $<0.4\sim 445\text{ng/g dw}$ の範囲であった。底質については、全有機ケイ素成分とGC/MS測定化合物の比較により、マスバランスを評価した。全体に占めるGC/MS対象化合物の割合は平均で13%であり、全有機ケイ素成分の大部分を未知成分が占めると判明した。

環状シロキサン(D4、D5、D6)の環境リスクを、環境中環状シロキサン濃度の95%タイル値と水生生物に対する無影響濃度(NOEC)の5%タイル値の比較(これをHQ-NOEC5%とする)により評価した。河川水及び底質のHQ-NOEC5%は、それぞれ0.02~0.39及び0.03~0.51の範囲であり、いずれの環状シロキサンにおいても、水生生物に対する環境リスクは低いと示唆された。

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)及びシリコン製造工場(産業系)からの排出を検討した。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・照合を行ったところ、底質について濃度差がみられるものの、大気、河川水については、実測とモデル予測の濃度はおおむね一致することが確認された。

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。

2 今年度の実施内容

これまでの調査・研究で、埼玉県では人工甘味料のスクラロースが生活排水のマーカーとして適用可能であることが分かった。そこで、スクラロースが生活排水のマーカーとして全国で適用可能か検証を行った。

日本各所の河川83地点で採水し、101試料(冬季:46試料、夏季:55試料)を得た。試料を固相抽出後、LC/MS/MSで測定対象物質を測定した。測定対象物質はスクラロースに加え、人工甘味料のアセスルファムおよびサッカリンとした。

101試料中、スクラロース:98試料、アセスルファム:100試料、サッカリン:72試料から検出された。スクラロースとアセスルファムが検出されなかった地点は、生活排水の影響が小さいと思われる地点であった

スクラロースおよびアセスルファム濃度と生活排水の混入率との相関性を検証した。生活排水混入率は生活排水量を河川流量で除することで算出した。生活排水量は試料採取地点の上流の流域人口から推計した。

スクラロース濃度と生活排水混入率の間に正の相関($r=0.88$, $p<0.01$)が認められ、アセスルファム濃度と生活排水混入率の間には相関($r=0.087$, $p>0.05$)は認められなかった。これは、埼玉県の河川を対象とした結果と同様であり、スクラロースは全国でも利用可能な生活排水の混入の程度を示すマーカーとなることを確認した。アセスルファム濃度と生活排水混入率の相関が認められなかった理由としては、下水処理場と浄化槽等で除去率が異なることや河川流下過程で分解された可能性が考えられる。

リン除去型浄化槽における微生物燃料電池の適用によるリン溶出抑制効果の検討

(独)日本学術振興会科学研究費(令和3～5年度)

見島伊織(代表)

共同研究機関:群馬大学

1 研究背景と目的

小規模排水処理において、BODに加え窒素およびリンを除去可能としたリン除去型浄化槽が開発されている。本浄化槽においては、浄化槽内に設置した鉄電極に通電し、電極より溶出したFeイオン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ことができる。しかしながら、本法のリン除去の安定化のためには、槽内におけるFe還元に伴うリン放出なども検討する必要がある。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の形態解析がカギとなる。Feの形態解析には、XAFS(X-ray absorption fine structure)測定とそのスペクトルの解析が有用である。湿潤試料のXAFS測定が可能である点が利点のひとつである。前処理として凍結乾燥などで試料の酸化状態を保存できるのであれば、一連の実験で採取した試料を保存しておき、ビームタイムが得られた際に保存試料のXAFS測定も可能となる。

本研究では、室内にて連続実験を行い、発生した汚泥のXAFS測定を行い、前処理方法によるスペクトルの相違を検討したので報告する。

2 方法と結果

浄化槽を模した無酸素槽、好気槽からなる排水処理リアクターを作製し、人工下水を連続通水した。鉄電解法でFeを添加することとし、好気槽の上部に鉄電解装置を挿入し、流入リン量に対してモル比1となるように定電流装置にて通電した。無酸素槽、好気槽に堆積した汚泥を採取し、ろ過もしくは凍結乾燥の前処理を行い、XAFS測定用の試料とした。XAFS測定は、KEK物質構造科学研究所フロンファクトリー(つくば市)にて行い、FeのK吸収端のXAFSスペクトルを得た。無酸素槽、好気槽の汚泥試料の規格化したXAFSスペクトルはいずれも7,110～7,120eV付近に吸収端があった。好気槽汚泥のスペクトルはろ過および凍結乾燥でほぼ等しかった。これは、好気槽ではFeがすでに十分に酸化されており、前処理方法によらず、Feの形態が保持されているためであると考えられた。無酸素槽の汚泥においては、凍結乾燥のスペクトルがろ過のスペクトルよりも高エネルギー側にシフトしていた。一般に、高エネルギー側にスペクトルがみられる試料はより酸化的とされている。よって、凍結乾燥の作業中に空気中の酸素によって試料の一部が酸化されたことが示唆された。

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。

本年度は、中川流域の住民(東京・埼玉)を対象とした下水道高度処理に関する市民討議会を実施し、討議による高度処理や費用負担のあり方に関する合意形成のプロセスならびに参加者の意識変容を明らかにした。

2 方法と結果

調査会社のモニターを活用し、スクリーニング調査を行うことで、デモグラフィック(性別・年齢層・居住地)サイコグラフィック(水辺への意識)が均等になるように討議グループ(5人×5班)を構成した。シナリオは中川流域の4つの処理場での栄養塩除去レベルを変化させることで合計7つを生成し、S7以外は東京湾流総の栄養塩削減目標を流域単位で達成できることを前提として、各条件における費用と便益を推定している。討議およびアンケートを実施し、合意形成のプロセスならびに参加者の意識変容を調査した。

討議1終了後は、費用増加なし(S1、S7)、投資効率最大(S3)のシナリオが支持されていたが、討議2終了後は、S3と並んで水生生物保全重視(S4)が支持されるようになった。S4は東京と埼玉での費用負担が同額となるシナリオであり、討議を通じて、都県で相応の負担をしながら、赤潮発生抑止のみならず、水生生物保全についても実現を目指すべく合意形成がなされていた。個人の属性選好においては、討議1前は、赤潮発生抑制、水生生物保全、地球温暖化防止、費用増加額のいずれかあるいは複数の属性を優先していたが、討議1終了後はこれらの属性の改善のバランスを重視するようになった。討議2終了後は、自身の処理費用増加額と同時に、都県での処理費用増加額と総額のバランスを重視するようになった。討議を通じて、参加者は環境改善の便益ならびに都県での処理費用負担のバランスを考慮するようになっていた。

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。SMFC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、窒素やリンの底質からの再溶出、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、複数の湖沼より採取した底質に対してSMFCを適用し発電性能や底質改善効果の比較を行ない、底質性状の違いがSMFCの諸性能に及ぼす影響の把握を試みた。

2 方法と結果

関東圏内の3か所の湖沼より底質を採取(底質T、底質M、底質K)し、それぞれSMFCを構築した。いずれの底質も酸化還元電位は低く嫌気的な底質であり、有機物濃度が高い底質であった。アクリル製の容器を用いて底質毎にSMFCを構築し運転を行なった。また同形状で電気回路接続を行なわない対照系もそれぞれ同時に運転した。発電性能のほか、間隙水採水孔より定期的に間隙水を採水し、溶存有機体炭素や溶存全窒素(DTN)等を測定し、底質改善効果の評価を行なった。

今回用いた底質では底質Tが最も早く電位の上昇が観察された。一方で、最も有機物濃度が高かった底質Mは電位の上昇は緩やかであり、実験開始より60日目以降に約210mVを發揮した。SMFCの電位の上昇速度は、底質の汚濁状況が高いほど速くなる傾向にあることが報告されているが、本結果ではそれだけでは説明できない異なる傾向が得られた。間隙水中のDTN濃度は全ての底質でSMFCの方が対照系よりも濃度が低くなっており、SMFCの適用によって底質内部で窒素除去が進んでおり、汚濁の高い底質Mでその効果が高かった。これらより、SMFCによる底質改善は、底質の有機物濃度や窒素濃度が高いほど効果が高くなることが示唆された。

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、生活雑排水と処理済の排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

令和3年度は河川水、下水、単独浄化槽の多い地域の水路水等の蛍光分析を実施し、599個の蛍光データを取得した。研究期間に獲得した計2,550個の蛍光データを利用し、PARAFAC解析を実施した結果、短波長領域に6個の蛍光成分を分離検出することができた。各成分のピーク波長は(励起/蛍光: nm)、C1(225/>400)、C2(225/325)、C3(230/345)、C4(<200/300)、C5(225/360)、C6(240/300)であった。負荷源や河川ごとに精査すると、C2とC4は生活雑排水、C3は下水処理水、C1は清澄河川に多い割合で含まれ、それぞれの良い指標候補となった。ただし、C3は藻類からも放出されることが示唆された。河川各地点の蛍光成分の主成分分析結果から、C2とC4は類似の、C3は反対の挙動を示した。また、C2とC4は下水処理過程で大幅に減少するのに対し、C3の減少の程度は小さかった。なお河川BODと最も相関性が良いのはC2であった。C4はLASと蛍光スペクトルが類似しており、LAS濃度から算出すると、河川水中のC4の蛍光強度の18%程度はLAS由来であることが分かった。さらに、C3とC4の比に注目することで、ある種の工場排水の河川への流入を検知することができることが分かった。

非負値行列因子分解により河川各地点の蛍光成分データを解析したところ、因子数3とした時、第1因子は自然負荷、第2因子は未処理生活雑排水、第3因子は下水処理水の蛍光成分データに対応するものとなった。さらに各地点の排水の混入率を算出したところ、定性的には流域特性から考えて妥当な結果となった。

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同時に、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、それが河口・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リン取込み量(蓄積量)の解析、及び全ゲノム解析によりリン代謝機構の解明を試みた。

2 方法と結果

淡水圏から分離したSHINM13(Flavo-A3)、KAS3(Luna1-A2)、KF022(PnecC)、KF001(PnecD)、MORI2(Lhab-A3)及びSHINM1(IRD18C08)の6菌株について、培養実験により、培養前及び培養後の培地中のリン酸態リンの減少をイオンクロマトグラフィーにより測定し、また、培養後の乾燥細胞重量及び蛍光顕微鏡観察で菌数を調べることで、単位細胞当りのリン蓄積量を算出した。その結果、各細菌のリン取込み量は、SHINM13(Flavo-A3)では11.2、KAS3(Luna1-A2)では43.3、KF022(PnecC)では20.7、KF001(PnecD)では21.7、MORI2(Lhab-A3)では52.6及びSHINM1(IRD18C08)では31.3mg-P/g dry cell weightであることが明らかとなった。

SHINM1(IRD18C08)株の全ゲノム解析より、リン代謝に関する機能推定を試みたところ、有機リン酸エステルの取込みに関与するBap、Agp、AphA、AppA、CpdB、PhoN、UspA、GlpT、UhpT及びUgpBAECをコードする遺伝子、ホスホン酸の取込みに関与するPhnSTUV及びPhnCDEをコードする遺伝子に類似の配列は、見られなかった。一方、無機態リンの取込みに関与するPstSCAB及びPitをコードする遺伝子に類似の配列が見られたことから、主に無機態リンを細胞外から取込んで細胞内に蓄積していると推定された。また、細胞内のポリリン酸の蓄積及び代謝に関与するPpk1及びPpk2をコードする遺伝子に類似の配列が見られた。

水圏環境中の抗生物質に対する自然細菌群集の脆弱性とその物質循環に対する影響

(独)日本学術振興会科学研究費(令和3~5年度)

渡邊圭司

共同研究機関:筑波大学(研究代表:濱健夫)、(国研)理化学研究所

1 研究背景と目的

抗生物質は医療機関に加えて、家畜の飼育、魚介類の養殖などで使用され、環境中にも相当量が流出しているものと予想される。環境中に流出した抗生物質は、本来の「標的」細菌とは異なる自然に生息する細菌の成長や代謝に対して、影響を与える可能性は高い。さらに、有機物の分解やそれに伴う栄養塩類の再生など、生態系における物質の循環において、細菌が果たしている機能も影響を受けることが予想される。本研究では、地下水、河川、湖沼および河口水域に生息する細菌群集に対する抗生物質の影響を、現場観測と培養実験を通して明らかにする。特に、抗生物質に対する自然細菌群集の脆弱性に関して、メタゲノム解析により重点的に評価する。また、炭素、窒素およびリンの主要な元素の循環過程を追うことにより、水圏環境の物質循環に対する抗生物質の影響を定量的に評価する。

2 方法と結果

県内の綾瀬川の堀切橋、中川の道橋及び唐沢川の森下橋で採水を行った。中川及び唐沢川上流には畜舎が点在している。試水は、孔径41 μ mのナイロンメッシュフィルター、孔径3.0 μ m及び0.2 μ mのポリカーボネートアイソポアフィルターで順にろ過し、付着性細菌(41 μ m~3.0 μ m)及び浮遊性細菌(3.0 μ m~0.2 μ m)の画分に分けた。それぞれの画分から、DNeasy PowerWater Kit(キアゲン製)で微生物のDNAを抽出・精製し、dsDNA HS アッセイキット及びQubit Fluorometerで(サーモフィッシャーサイエンティフィック製)得られたDNAの濃度を測定した。抽出・精製したDNAを基に、次世代シーケンサーMiSeqシステム(イルミナ製)で菌叢解析を行った。

細菌叢解析の結果、IRD18C08、PnecC、RW3023、Flavo-A3、betVIの系統群(97%以上の相同性で1つの系統群と定義)に属する細菌のリード数が相対的に高い値を示した。付着性細菌(41 μ m~3.0 μ m)の画分に多く見られた系統群は、RW373、bacI、betI及びRhodoであった。一方、浮遊性細菌(3.0 μ m~0.2 μ m)の画分に多く見られた系統群は、PnecC、Flavo-A3、betI-A、acI-A6、Luna1-A2、acI-A1及びRW5702であった。それぞれの画分に特徴的な系統群が見出された。

微生物不活性化手法を用いた海成堆積物の長期・短期汚染リスク同時抑制手法の開発

(独)日本学術振興会科学研究費(令和3～5年度)

石山高(代表)、柿本貴志、渡邊圭司

1 背景と目的

海成堆積物由来の土壤汚染には、掘削直後における砒素やほう素などの溶出(短期汚染リスク)、黄鉄鉱の酸化に伴う土壤の強酸性化(長期汚染リスク)という2つの汚染リスクが存在する。

本研究では、海成堆積物の2つの汚染リスクを同時に抑制する汚染対策技術を開発する。具体的には、長期汚染リスクに密接に関与している土壤微生物に対する不活性化機能を有すると共に砒素やほう素の不溶化機能を併せ持つ環境保全材料を見出し、これを対策技術に活用する。本技術は、覆土処理や遮水シート処理を要する従来の対策技術に比べ簡便性や迅速性が飛躍的に向上する。

2 実験方法

埼玉県内で採取した海成堆積物に酸化マグネシウムを混ぜ込み(添加率 0、3、5、7wt%)、35℃湿潤条件下で風化試験を実施した。試験開始後、1ヶ月間隔で試料を計り取り、風乾後、土壤溶出量試験を行った。硫酸イオンの溶出濃度から酸性化の進行度合いを、砒素やほう素の溶出濃度から不溶化効果を評価した。

3 結果と考察

長期汚染リスクに関与する土壤微生物(硫黄酸化細菌と鉄酸化細菌)の活性はpHに大きく依存し、塩基性条件下で活性度が低下することが知られている。そこで、まず始めに砒素やほう素に対して不溶化効果を有するアルカリ性材料として酸化マグネシウムの適用性を検討した。

酸化マグネシウムを添加すると砒素やほう素の溶出濃度は低下し、添加率5wt%以上で基準値を下回るまで砒素濃度は減少した。ただし、添加した直後では基準値未満まで濃度が低下しなかったことから、添加後、養生時間が必要であるものと考えられる。試験開始後、半年以上経過した段階でも、砒素やほう素の不溶化は持続している。

土壤溶出液中の硫酸イオン濃度は、現在のところ、酸化マグネシウム未添加の実験系と、添加した実験系で大きな差は認められていない。今回使用した海成堆積物は、掘削直後の土壤pHが塩基性(pH9.6)であったため、黄鉄鉱の酸化が進行しづらかったものと考えられる。本風化試験は、次年度以降も継続して実施する。

4 次年度の計画

酸化マグネシウムは入手コストが高いため、他のアルカリ性材料について検討する。また、県内の様々な海成堆積物を用いて実験し、本技術の適用性を評価する。

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 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、対象地域においてその影響を評価する。

3 結果

本年度はMODISデータの詳細な解析を実現するための解析ツールの開発を行った。さらに、浅層型システムによる地中熱モデルを構築し、地表面温度変動の影響について有限要素法で解析した。その結果、浅層型システムの場合には表層の温度変動によって熱交換効率が変わることを明らかにした。

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。地上で生じた環境変化の影響が地表面を通して、地下に伝播し地下熱環境変化を引き起こしている。一般に、地下温度に気温や日射の影響より日変化や年変化が認められるのは深くとも地下20m程度である。ただし、地球温暖化や都市化による温度影響は、大深度かつ広域的に長期の変化を引き起こされる。

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、これらの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を解明するため、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し、地下蓄熱量推定に備える。これら情報はGISを活用して整理・統合する。現地調査による地下温度プロファイルを測定する。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、これらの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するとともに、埼玉県でも、温度検層の繰返し測定を4地点で実施した。その結果、地下に温暖化が伝わっていることを確認できた。

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 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壤中の飽和/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)や西部(神奈川県)でこれまでに得られた微動探査データ等の解析を進めた。

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、川岸幹生、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、ハノイ建設大学

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现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。

国民参加による気候変動情報収集・分析事業 環境省地球環境局総務課気候変動適応室 (令和3～5年度)

大和広明(代表)、武藤洋介、原政之、本城慶多
共同研究機関:東京都立大学、日本工業大学、東京理科大学、(一財)気象業務支援センター

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、埼玉県及び県内の市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る。本事業では、気候変動の影響が見られる暑熱分野に着目し、県内の一部の市の地域気候変動適応センターと共同で熱中症対策の情報を収集し、個人のレベルでも実行可能な熱中症対策の普及啓発を行うことを目的とする。

2 方法

以下の方法で熱中症対策の情報を収集する。

2.1 公立小学校へのアンケート調査

学校現場における暑さ対策に関するアンケートを実施し、暑さが学校生活に与える影響について情報収集する。

2.2 高齢者の暑さの感じ方と屋内暑熱環境調査

高齢者10世帯を対象に、暑さの体感アンケートと居室で暑さ指数の観測を実施して、高齢者の感じる暑さの体感と実際の屋内暑熱環境との乖離について分析を行う。

2.3 県立高校への暑さ指数の提供による熱中症対策の実践

県立高校の校庭で、独自に開発した暑さ指数計で観測した暑さ指数の時間変化を高校に提供し、体育授業中の熱中症対策についてヒアリング調査により情報収集する。

3 結果

公立小学校では暑さによって屋外活動に制限があったことが明らかとなった。

調査対象者の高齢者の一部には暑さの体感と実際の暑熱環境との乖離があったことが明らかとなった。

暑さ指数を提供した高校では、暑さ指数の値に応じて体育のメニューを調整していたことが明らかとなった。

収集した情報の一部は、出前講座での紹介や気候変動適応センターのwebサイトに掲載して熱中症対策の普及啓発を行った。