

7.2 外部資金による研究の概要

廃棄物の焼却処理に伴う化学物質のフローと環境排出量推計に関する研究

環境省環境研究総合推進費(平成27~29年度)

渡辺洋一、堀井勇一

共同研究機関: (国研) 国立環境研究所(代表: 小口正弘)、(公財) 日本産業廃棄物処理振興センター、静岡県立大学、(有) 環境資源システム総合研究所

1 研究背景と目的

本研究では、廃棄物処理の中でも特に産業廃棄物(産廃)の焼却処理に着目し、焼却処理に伴う化学物質の物質フローと大気排出量の推計を行うことを目的とした。焼却施設の類型に着目して、廃棄物種に応じた廃棄物及び含有化学物質のマテリアルフロー推計、排ガス実測に加え、実験炉による焼却実験や熱力学平衡計算を用いた排出基礎特性解析にも基づく排出係数の多面的な検証と作成を行った。また、焼却施設からの化学物質の大気排出量推計を行うとともに、その推計手法と基礎データを提示した。この内、環境科学国際センターでは、「廃棄物および含有物質のマテリアルフロー推計」および「実施設からの排出実態調査・解析と排出係数作成」の2つのサブテーマの一部を分担した。

2 結果

焼却処理へ投入される産廃の化学物質含有実態を明らかにするため、当センターで保有する産廃焼却残渣試料と本研究で新たに採取した焼却残渣の含有分析を実施した。燃えがら128試料と集塵灰124試料について蛍光X線分析を行ったところ、PRTR制度の指定化学物質で検出率の高かった元素は、F、Cr、Mn、Ni、Cu、Zn、Br、Sb、Pbなどであった。また、焼却処理に伴う金属元素の移行状況の把握のため、施設毎に集塵灰と燃え殻に含まれる各元素濃度の比較を行ったところ、Zn、Sb、Pb等が集じん灰、Mn、Cu等は燃えがらで高濃度であった。これらの分析結果と焼却施設への廃棄物の投入量、焼却残渣の発生量データから、共同研究者により、投入された廃棄物中の金属含有量が推計された。

金属及び有機化合物(VOC・アルデヒド類)の目的物質に応じた排ガスのサンプリング・分析法を確立し、3年間で延べ9施設の産廃焼却施設等について調査した。有機化合物の測定には、簡便な方法である固体吸着採取-GC/MS法(溶媒抽出導入法)を用いた。また、過去調査の燃えがら、ばいじん、排ガスダストの保管試料(延べ76施設)を有効活用することで、類型別の実施設データを拡充した。これら実施設の調査によって、産廃焼却施設からの金属・有機化合物の排出実態が明らかとなり、さらに排出係数作成の基礎データが集積された。

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

2017年度春季から冬季に、加須でサイクロンにより採取された微小粒子及び粗大粒子の粉体試料について、炭素成分及びイオン成分の分析を行った。なお、炭素成分の分析は熱分離・光学補正法(IMPROVEプロトコル、反射光補正)により、イオン成分の分析はイオンクロマトグラフ法により行った。IMPROVEプロトコルのOC(有機炭素)フラクションの温度条件は、OC1:120℃、OC2:250℃、OC3:450℃、OC4:550℃である。

微小及び粗大の粉体試料のOCフラクション割合は、OC2が小さく、OC3が大きくなっており、一般的な採取法であるローボリュームサンプラーを用いた既知の知見、及び加須で同期間に捕集したフィルター試料とは異なる特徴であった。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。しかし、OCフラクション割合の季節変化はあまりみられなかった。

一方、イオン成分割合については、フィルター試料による既知の知見では、一般的に夏季のNO₃⁻はほとんどみられないが、粉体試料では微小・粗大いずれも明確にみられた。このことから、夏季にフィルターサンプリングにおけるNO₃⁻の負のアーティファクト(分解・揮散)の影響が大きいことがわかる。一方、夏季・冬季の微小において、一般に粗大領域に多いNa⁺(海塩に由来)やCa²⁺(土壌に由来)がある程度の割合でみられている。炭素成分と同様に、加須における同期間のフィルター試料との比較では、粉体試料はSO₄²⁻とNH₄⁺の割合が小さく、Cl⁻、Na⁺、Ca²⁺の割合が大きい傾向であった。

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27～31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、新たに開催した「市町村等地球温暖化対策担当者会議」を通じ、適応策に関する基礎情報や、埼玉県の温暖化実態や影響に関する情報提供を行った。特に今年度は、将来予測情報としてSI-CATの他の課題担当から提供された1kmメッシュの統計ダウンスケールデータを整理解析し提供を開始した。

また、国の適応計画策定などにより活性化している、地方自治体による地域適応計画策定の動向について調査を行い整理した。

さらに、暑熱環境対策の定量的な評価と施策の最適化を進めるため、JAMSTECと共同で、県営熊谷スポーツ文化公園をモデルとし、詳細な暑熱環境シミュレーションを実施した。また、その結果検証のため、JAMSTECや大学、モデル自治体等と共同で立ち上げた暑熱課題WGにより、昨年度に続き暑熱環境観測を行った。得られた成果は、熊谷スポーツ文化公園の具体的な暑熱対策技術実装に活用された。

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、当所の過去の研究で導いた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。CCFには媒質の位相速度の他に、微動の震源の数、到来方向、強度比などがパラメータとして含まれる。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と考えられる。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、昨年度導いた方法に修正を施して検討を行った。その結果、解析結果にはCCFに含まれる高次項の性質に由来して複数の解が含まれ、その中から正解値を抽出するにはアレイへの入射角を正確に推定しておく必要があることが明らかになった。

これは、地震波のように入射角を特定できる波源であれば、本手法を用いることで従よりも短時間の観測で伝搬速度の計測が可能であると考えられる一方、微動のように入射角が不明確な震源については、別の方法を援用して入射角を決定しなければならないことを意味する。

したがって、例えば、近年検討が進められているリニアアレイ(2点アレイを連担したアレイ)を用いて観測を行う際には、測線に沿って何地点おきかに補助観測点を設置し、入射角に関する情報を取得しておく必要があると考えられる。

反応性窒素の測定法開発と全国の沈着量評価 (独)日本学術振興会科学研究費(平成27~29年度)

松本利恵

共同研究機関: (地独)北海道立総合研究機構環境科学研究センター(代表:野口泉)、富山県環境科学センター、愛知県環境調査センター、新潟県保健環境科学研究所、兵庫県環境研究センター、和歌山県環境衛生研究センター、沖縄県衛生環境研究所

1 研究背景と目的

越境大気汚染などにより、日本では生態系への窒素の過剰負荷の影響が懸念されている。窒素沈着については、湿性沈着はかなりのデータ蓄積があるのに対し、乾性沈着はまだ不十分である。窒素沈着において重要な成分である粒子状のアンモニウム塩(NH_4^+)とアンモニアガス(NH_3)の濃度測定に広く用いられているフィルターパック法(FP法)では、アーティファクトが発生し、これらが十分に分別されていない可能性が高い。ガスと粒子では沈着しやすさが異なるため、乾性沈着量の評価において誤差を生じている。

そこで大気中の NH_4^+ と NH_3 のより精度の高い、広域測定に適した安価で簡便な分別測定方法の開発を行う。また、開発した調査方法により全国調査を実施し、沈着速度推計モデルを用いて全国の反応性窒素成分の沈着量評価を行う。

2 方法

加須を含む全国7地点で、PM_{2.5}インパクトを使用したFP法(IFP法)と使用しないFP法の並行測定を平成27年8月から実施した。その結果から、沈着速度推計モデルを用いて乾性沈着量を推計し、反応性窒素成分の沈着量評価を行った。

3 結果

2016年度に実施したインパクト付(IFP法)と従来のFP法の調査結果から反応性窒素成分の沈着量を推計した。

NO_3^- 粒子は、FP法は NO_3^- 粒子の沈着速度(V_d)で、IFP法は粗大粒子を Na^+ 、 Mg^{2+} または Ca^{2+} 塩、微小粒子を NH_4^+ 塩と仮定し、それぞれのV_dを用いて乾性沈着量を推計し比較した。

NO_3^- 粒子沈着量は、IFP法のほうがFP法より大きくなり、窒素成分の総乾性沈着量は、IFP法のほうがFP法より大きくなった。

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29~31年度)

原政之

共同研究機関: 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29年度においては、気候・汚染物質・緑地関連データの収集と数値モデルへの入力データの収集、及び、大気化学輸送モデル等による試験的な数値シミュレーションを実施し、その精度を検証した。

中国における石炭燃焼由来のPM_{2.5}の磁気的特性と毒性評価

(独)日本学術振興会二国間交流事業(平成27～29年度)

米持真一(代表)、梅沢夏実、王効挙
共同研究機関:中国・上海大学

1 研究背景と目的

中国では約3億人が調理や暖房に石炭を使用している。石炭中には多くの有害な化学物質が含まれるが、多くは排ガス対策がなされないまま大気中に放出されている。

本研究では、肺がん発症率の高い、雲南省の農村地帯をフィールドとし、そこで発生する粉じんに着目する。磁気分離により粒子を分別するとともに、物理化学特性と生体活性を調べ、肺がん発症メカニズムを解明しようとするものである。

2 方法

雲南省宣威市および富源市の農村地域にて、家屋内に堆積している粉じんおよび屋外のPM_{2.5}を採取した。これら家屋では、いずれも調理や暖房などに石炭を使用している。

採取した粉じんを磁束密度1.2Teslaのネオジウム磁石を用いて磁性フラクションと非磁性フラクションとに分けた。また、金属元素成分は、マイクロウェーブを用いて高温高压下で酸分解を行い、ICP/MSで分析を行った。更に、主として上海大学にて、ジチオトレイトール(DTT)を用いた酸化還元活性の評価と細胞毒性評価を行った。

3 結果

採取した粉じん試料に対し磁気分離を行った結果、一般的な大気および土壌粉じんと比べて特に磁性フラクションの比率が高いことが分かった。磁性フラクション(MF)中には、V、Mn、Fe、Co、Ni、Cr、Cu、Zn、As、Se、Cd、Pbといった人為発生源に由来する元素が多く存在しており、遷移金属も多く含まれていた。一方、非磁性フラクション(NF)にはMg、Al、Ca、Baなどの自然起源の元素が多く含まれていた。

細胞生存率を調べた結果、粉じん量が多い方が生存率は低く、NF>全粒子>MFの順に生存率が低下した。活性酸素レベルはMF>全粒子>NFの順であり、遷移元素による電子移動に伴い、活性酸素レベルが高くなることが肺がん発症の要因の一つと考えられた。

DTT法による、試料の酸化還元特性評価では、PM₁>PM₁₀₋₁>ボトムアッシュ>原炭の順で高く、石炭燃焼により生成する微小粒子の吸入が健康への影響に大きく寄与していることが分かった。

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29～31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、中国環境科学研究院、韓国・済州大大学校

1 研究背景と目的

PM_{2.5}の発生源には、人為起源粒子のほか、粒径が2.5 μmより大きな、いわゆる粗大粒子の一部も含まれる。これらの多くは土壌や海塩粒子などの自然起源粒子であるが、PM₁として評価した場合には、人為起源に特化した調査が可能となる。我々は、2005年から一週間単位のPM₁の通年測定を行ってきた。年間のPM₁/PM_{2.5}は約8割程度を縮め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、PM₁の高時間分解測定を行い、人為起源粒子の濃度変動を明らかにすることを目的とする。

2 方法

平成29年度は環境科学国際センターにて、PM₁を1時間単位で計測可能なPM714を稼働させ、PM_{2.5}と併せて、1時間値の濃度変動を詳細に調べた。

3 結果

PM₁の年間平均値は7.7 μg/m³、PM_{2.5-1}は3.7 μg/m³であった。PM₁濃度は11月、12月に上昇し、PM_{2.5-1}は4月、5月にやや上昇した。PM₁/PM_{2.5}は通常0.7～0.8前後で推移していたが、また、4月8日夜～4月9日昼にかけてPM₁には上昇がみられずに、PM_{2.5-1}のみが38 μg/m³まで上昇する現象が見られた。この時は、PM₁/PM_{2.5}は0.1前後まで低下した。これは、高時間分解測定によって、明瞭に確認されたPM_{2.5}の上昇が土壌等の粗大粒子によって引き起こされた事例であり、1時間値測定の優位性を示すことができた。

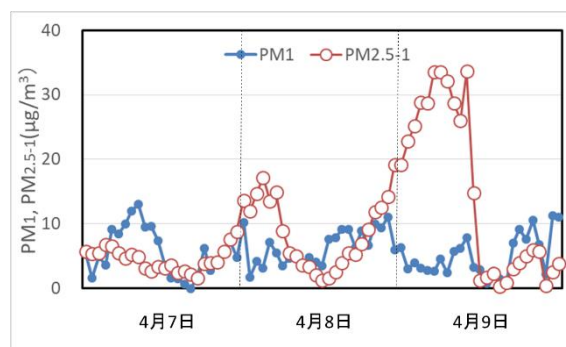


図1 PM₁およびPM_{2.5-1}の1時間値の推移

大気微小粒子中のバイオマス起源有機粒子の同定と発生源の評価

(独) 日本学術振興会科学研究費(平成27～29年度)

佐坂公規

共同研究機関: (一財) 日本環境衛生センターアジア大気汚染研究センター(代表: 坂本和彦)

1 研究背景と目的

PM_{2.5}の主な構成成分のうち、発生過程の解明が最も進んでいない有機粒子を対象として、ここに含まれる植物起源有機粒子の指標化合物や炭素同位体の分析を行い、その発生過程や起源並びにPM_{2.5}への寄与を明らかにする。また、これらの結果から有機粒子の自然起源/人為起源からの寄与を推定し、有効なPM_{2.5}濃度低減対策を提案する。

2 研究方法

本研究では、日中と夜間に分けて採取したPM_{2.5}中の有機炭素(OA)への起源別寄与を調べるため、インパクト型分級機を装備したハイボリウムサンブラを用いて捕集したPM_{2.5}試料に含まれる無機イオン、炭素成分、植物由来の分子マーカ化合物(MMC)及び全炭素(TC)中の¹⁴C濃度を測定した。本年度はこれまでにMMCを分析した秋季のPM_{2.5}試料についてTC中の¹⁴Cの測定を行い、これらの関係について考察するとともに、昨年度実施した夏季試料についての¹⁴C測定結果とも比較検討した。

3 結果と考察

夏季のPM_{2.5}中に含まれる現代炭素の割合は、一部を除いていずれもバイオマス由来炭素(BC)の割合が化石燃料由来炭素(FC)よりも高く、PM_{2.5}へのBCの寄与が明らかであった。秋季は夏季よりもさらにBCの割合が高く、BCの大きな寄与が明らかとなった。また、夏季には夜間に比べて日中の方がBCの割合は低く、化石燃料由来の一次排出炭素粒子並びに二次生成炭素の寄与が高いことが推定された。また、日中のPM_{2.5}濃度とFC濃度には中程度の正の相関がみられ、PM_{2.5}濃度上昇にはFCが寄与しているものと推定された。一方、秋季には日中のPM_{2.5}濃度に対するBC濃度またはFC濃度の間に高い正の相関がみられることから、日中のPM_{2.5}濃度上昇にはBCとFCがともに寄与しており、その傾きからBCのより大きな寄与が推定された。したがって、高濃度域の濃度低減には、夏季は化石燃料由来の一次発生炭素粒子ならびに二次生成炭素粒子の低減が、秋季はバイオマス由来の一次発生粒子の低減が効果的であると考えられた。

越境ヘイズの影響を受けるマレーシアPM_{2.5}の性状・発生源・健康リスクの総合評価

(独) 日本学術振興会科学研究費(平成27～29年度)

藤井佑介

共同研究機関: 京都大学(代表: 東野達)、インドネシア・ディポネゴロ大学、マレーシア国民大学

1 研究背景と目的

本研究では、国内発生源とインドネシアの泥炭火災などの越境大気汚染源の寄与が混在したマレーシアPM_{2.5}の性状特性と変質過程の解明及び発生源同定を行い、健康リスクを定量化することを目的としている。

当センターは主に、PM_{2.5}試料のバイオマス燃焼由来有機化合物(バイオマーカー)分析、リセプターモデルによるマレーシアにおけるPM_{2.5}発生源の同定を担当した。本研究では、特にインドネシアの泥炭火災による影響(越境大気汚染)について注目した。

2 方法

インドネシアの泥炭火災発生源やマレーシアのクアラランブルおよびプタリン・ジャヤの1年観測から得られたPM_{2.5}試料に対して各種化学成分(例: 有機炭素、元素炭素、水溶性イオン、バイオマーカー成分等)分析を行った。得られたPM_{2.5}化学成分濃度データセットを用い、PM_{2.5}濃度に対する泥炭火災発生源の寄与率をPMF(Positive Matrix Factorization)モデルにより推定した。PMFモデルは多変量解析モデルの一つであり、大気環境の研究分野において世界中で幅広く使用されている。

3 結果

ここでは、マレーシアのプタリン・ジャヤにおけるPM_{2.5}観測データに対するPMFモデル解析の結果について簡潔に述べる。本内容に関する詳細は、国際誌に掲載されている論文(Fujii *et al.*, *Atmos. Environ.* 171, 111–117, 2017)を参照されたい。

本観測結果(1年間)に基づくPM_{2.5}の平均濃度(推定値)は20～21 $\mu\text{g m}^{-3}$ であった。そのうち、インドネシアの泥炭火災発生源による寄与濃度は6.1～7.0 $\mu\text{g m}^{-3}$ であり、約30%の寄与率を示した。特に、南西モンスーン季(6月～9月)におけるインドネシアの泥炭火災による影響が顕著に高く、該当期間においてPM_{2.5}濃度に対して51～55%もの寄与率を示した。

以上より、インドネシアの泥炭火災によるPM_{2.5}への負荷量を減らすことにより、マレー半島西岸地域(プタリン・ジャヤが位置する地域)における大気質が劇的に改良し得ると結論付けた。

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28～31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。今年度は、中原地域(山西省・山東省)、東南部地域(上海市・湖南省)、東北部地域(吉林省)において野外調査、実証試験を実施した。

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: 吉林省の鉦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41.7t/ha、実の収量は13.3t/haであり、昨年より大幅に増加した。Cuに対する修復能力は993g/haで前年度より47%増加した。また、トウモロコシの粗収益は41万円/haと推定した。土壤中のCuの平均濃度は458mg/kgとなり、前年度より低下し、土壤の浄化が進んでいることが示された。東南部地域では、マリーゴールドとトウゴマは良い土壤修復性と収益性を持つことが明らかになった。東北部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、収益性が高いことが認められた。

今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、収益性も高く、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29～31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。

1年目の本年度は、水稲11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)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は実施した11品種の全てにおいて認められなかった。収量構成要素(穂数、粒数、1000粒重、登熟割合)においても同様であり、オゾンに有意な影響は認められなかった。本結果の原因としては、野外における実験期間中のオゾン濃度が例年に比べて低かったことによるものと考えられる。来年度以降もオゾン曝露実験を実施し、複数年の結果を統合して検討を進めていく予定である。

経済的利用により劣化した東アジアおよびロシア極東地域の食肉目個体群の復元技術開発

(独) 日本学術振興会科学研究費(平成26～29年度)

角田裕志

共同研究機関: 東京農工大学(代表:金子弥生)、北海道大学、イギリス・オックスフォード大学、ブルガリア・トラキア大学、ロシア科学アカデミー、国際基督教大学、中国科学院動物研究所

1 研究背景と目的

本研究は、日本を含む東アジアおよびロシア極東地域に生息する食肉目を対象に生息地および経済利用の現状を把握すると共に、他のユーラシア地域との比較研究を通じて食肉目個体群の保全・復元技術の開発を目指すものである。当センターは、中大型食肉目の生態や生物間相互作用に対する生息地変更の影響を把握することを目的として、日本およびヨーロッパ(ブルガリア)での比較研究を担当している。本年度は、(1)異なる生息環境間でのニホンイタチ(*Mustela itatsi*)の食性比較、(2)ブルガリア中央部の景観構造の異なる2地域における食肉目群集の種間相互作用の比較、の2課題を行った。

2 方法

(1)ニホンイタチの糞採集調査: 加須市～鴻巣市にまたがる水田地帯(面積約1.53km²)においてニホンイタチの食性を把握するために、2017年7月より月2～3回の頻度で糞を採集した。採集地点の位置情報をハンディGPS等で記録し、採集した糞は実験室に持ち帰り氷冷保存した。

(2)ブルガリアにおけるカメラトラップ調査: 2015年～2017年にかけて農村地帯と森林地帯(調査地域間は約20km離れている)に計15台のセンサーカメラを設置した。各地域で計431カメラ日と6656カメラ日の調査を行った。得られたデータから各種の日周活動と出没標高および出没地点の重複度解析を行った。

3 結果

ニホンイタチの糞採集状況: 2017年7月～2018年3月にかけて計53個の糞を採集した。今後、糞内容物の分析を行い、食性の季節変化および景観構造が異なる東京都多摩川の河川敷の結果と比較を行う。

カメラトラップ調査結果: 農村地帯では大型種であるキンイロジャッカル(*Canis aureus*)と他の食肉目動物は時間的または空間的なニッチ分割の可能性が示唆され、種ごとに異なる行動的反応を示した。また、食肉目種の多くは主に夜行性の日周活動を示した。一方、森林地帯では、農村地帯に比べてキンイロジャッカルなど一部の種において昼間の活動割合の増加が見られた。今後、さらに詳細なデータ解析を進め、各種の行動生態と種間相互作用に対する人間活動の影響を解明する。

不燃ごみに混入する化粧品、医薬品等の残存内容物の把握と埋立地管理への影響

(独) 日本学術振興会科学研究費(平成27～29年度)

川寄幹生(代表)、鈴木和将

1 研究背景と目的

日常的に使用している化粧品や医薬品等を捨てる場合、自治体毎のごみ分別方法に従って廃棄しなければならない。しかし、多くの自治体のパンフレットには、化粧品や医薬品等の分別に関する記載は十分ではないことが多い。そのため、不燃ごみ中には完全に使い切っていない化粧品や医薬品等が含まれている。しかし、その混入量や、処理後残渣の埋立地管理への影響についての報告は少ない。そこで、本研究は、不燃ごみ中に含まれる化粧品及び医薬品等を対象とし、不燃ごみ中のそれら化学製品の混入量及び埋立地管理への影響について把握することを目的とした。

2 結果と考察

[残存内容物について] 4自治体で8回の不燃ごみ調査を実施した。不燃ごみの中から、化粧品や医薬品等を抜き取り、各容器内に残留している製品重量を量った。

[各自治体の不燃ごみ調査結果] 不燃ごみ中に化粧品や医薬品等は自治体のごみ分別方法によって、数wt%から10wt%含まれていた。汚れた容器包装プラスチックを不燃ごみに分類する自治体は、シャンプーや洗剤等の詰替え用バックが多数含まれていたため、対象とするごみ量が多くなり、また、容器内に残留する製品(使い残し)重量も、近年、詰替え用バックの大型化が進んでいるため、残留量も多い結果となった。

[埋立地管理への影響] 埋立地で処分される不燃ごみ処理残渣について実験を行った。収集された不燃ごみの中から、可能な限り化粧品や医薬品等を抜き取り、通常の破碎選別処理を行った残渣を作り、抜き取ることによる効果について、調査を実施した。結果を表1に示した。

表1 不燃ごみ調査結果

破碎処理後経過日数	保管コンテナ調査		溶出試験		
	温度(°C)	VOC(ppm)	pH	EC(mS/m)	TOC(mg/L)
3日後(Try2)	40	14	7.4	54	84
5日後(Try1)	45	11	7.3	83	106
6日後	54	19	7.5	48	79
9日後	43	18	7.7	55	60
13日後	30	0.4	7.0	114	192
16日後	31	1.0	6.9	85	200
22日後	30	1.0	7.1	110	107
27日後	31	3.0	7.4	50	58

今回の調査結果から、不燃ごみ中の化粧品や医薬品等を抜き取ることによる汚濁負荷軽減等の効果は少ないことが分かった。

将来の埋立廃棄物の変質を見据えた最終処分場における埋立廃棄物の安定化評価

(独) 日本学術振興会科学研究費(平成27~29年度)

磯部友護(代表)

1 研究背景と目的

最終処分場に埋め立てられる廃棄物量は緩やかながらも漸減傾向にあることから、供用期間の長期化が進むと考えられる。さらに近年では、焼却残渣のセメント原料化といったリサイクルが進んでおり、今後、埋立廃棄物に占める焼却残渣の割合が低下していくことが想定される。このため、これまでとは異なる質の廃棄物が埋め立てられた処分場を長期にわたり運用していくことになり、処分場内部の安定化挙動を把握することは安心・安全な維持管理のためにもますます重要な課題となる。

そこで本研究では、現在~将来の廃棄物における埋立地内での安定化挙動を把握し、その評価・予測方法を確立することを目的とし、埼玉県内の複数の埋立地において、調査用の埋立セルを構築し、内部の水質やガス組成、温度などのモニタリングを行った。

2 調査内容

埋立物が異なる埼玉県内の3カ所の埋立地(A~C)を対象とし、埋立物が明らかな区域を埋立セルと設定した。それぞれの埋立セルにモニタリング用の各種設備を設置し、内部温度や内部ガスのモニタリングを開始した。また、埋立地Aでは比抵抗探査によるモニタリングを行った。

3 結果

モニタリングの結果、以下のことが明らかになった。

- 埋設センサー及び観測井を用いたモニタリングにより、埋立地Aでは、時間経過に伴う内部温度の低下が見られ、埋立地内部の質的变化が確認された。また、内部ガス(メタン、水素)濃度は焼却残渣と不燃残さの混合割合の影響を受けていることが確認された。
- 比抵抗モニタリングでは、埋立廃棄物の混合割合により比抵抗が異なることや、強雨イベントに伴う洗い出しの進行状況を可視化できる可能性が示された。
- 埋立地Bでは台風等の影響により一時期冠水したが、冠水状況が改善された後は内部の電気伝導率が低下し、洗い出しが著しく進行することが確認された。
- 飛灰固化物と熔融スラグのみを埋め立てている埋立地Cでは電気伝導率の低下は見られず、洗い出しが進んでいないことが確認された。

これらの結果より、埋立地の安定化挙動を把握できる可能性が示され、埋立廃棄物の質的相違によりその挙動が異なることが明らかにされた。

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ないものの、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。

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29~32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)などに環境中で転換する前駆物質(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

高速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、表1の調査対象物質の最適測定条件を検討し、IDL試料換算値を算出した。また、純水に調査対象物質を添加し、回収率を調べた。

表1 調査対象物質

分類	物質(略号)	示性式
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	$C_8F_{17}SO_2N(C_2H_5)C_2H_4OPO_3H_2$
	diSAmPAP	$(C_8F_{17}SO_2N(C_2H_5)C_2H_4O)_2PO_2H$
フッ素テロマーリン酸エステル類	8:2PAP	$C_8F_{17}C_2H_4OPO_3H_2$
	8:2diPAP	$(C_8F_{17}C_2H_4O)_2PO_2H$
	6:2PAP	$C_6F_{13}C_2H_4OPO_3H_2$
	6:2diPAP	$(C_6F_{13}C_2H_4O)_2PO_2H$
	6:2/8:2diPAP	$(C_6F_{13}C_2H_4O)(C_8F_{17}C_2H_4O)PO_2H$
ペルフルオロアルキルリン酸類	8:8PFPI	$(C_8F_{17})_2PO_2H$
	6:8PFPI	$(C_6F_{13})(C_8F_{17})PO_2H$
	6:6PFPI	$(C_6F_{13})_2PO_2H$

3 結果

10種類の調査対象物質のIDL試料換算値は0.47~13ng/L、添加回収率は62.4~108.8%の範囲であった。4種類のサロゲート物質($^{13}C_2$ -6:2PAP、 $^{13}C_2$ -8:2PAP、 $^{13}C_4$ -6:2diPAP、 $^{13}C_4$ -8:2diPAP)の回収率は78.5~122.9%の範囲にあり、いずれも概ね良好であった。操作ブランクは不検出、もしくは測定に支障がないレベルであった。

今後は実試料を用いた検討を進め、マトリクス等の影響の有無を確認する。河川水や下水処理水などに含まれるリン系有機フッ素化合物を測定するとともに、これらの物質の代謝物についても分析方法を検討し、長期生分解試験等を実施する。

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)、蓑毛康太郎

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とともに、河川水の測定データについて非負値行列因子分解を行うことにより、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ものである。

2 方法と結果

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非負値行列因子分解を行うことにより、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

河川水濃度データに対して、因子数を2と仮定して非負値行列因子分解を行ったところ、それぞれジノテフランとクロチアニジンが卓越した濃度構成比が得られた。これは、ジノテフランとクロチアニジンは濃度が高く、他の化合物との相関性が低いと考えられる。因子数を3と仮定して非負値行列因子分解を行うと、上記の2構成比に加え、3つ目としてイミダクロプリド、チアメトキサム、フィプロニルを主としてアセタミプリドやアセタミプリド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構成比が得られた。下水処理場の下流に位置し、その影響が大きいと予想される地点では3つ目の因子の寄与が高い結果が得られた。下水処理水は、河川水に比べてイミダクロプリドとフィプロニル、アセタミプリドの分解物であるデスメチルアセタミプリドの濃度が高いことから、3つ目の因子は、下水処理水の特徴を反映している。

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29~31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、強度の小さい物質の検出は困難である。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法があり、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非負値行列因子分解法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ガスクロマトグラフ-高分解能飛行時間型質量分析計(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非負値行列因子分解法を適用した。

3 進捗状況

複数の試料の特定の保持時間帯における整数質量スペクトルの測定データに非負値行列因子分解法を適用したところ、複数のピークを検出し、それらに対応する質量スペクトルを抽出することができた。単独の試料の測定データに適用しても、同様の結果を得ることができた。これは、1試料でも、ひとつのピークが出現する時間帯に複数の質量スペクトルが得られていたためであると考えられる。

このように、質量スペクトルの測定データに非負値行列因子分解法を適用することで、試料に含まれていた化学物質に関する情報を得ることに有効であることが確認できた。ただし、測定データに非負値行列因子分解法を適用するにあたり、最適な因子数を決定する方法を検討する必要があり、非負値行列因子分解法を高分解能質量スペクトルに適用するためには、ソフトウェアの更なる高速化が必要であると考えられる。

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・底質・魚類の水環境モニタリングを実施する。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、水、底質、生物の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)の環境内収支を推定する。欧州REACH規則では、一部CMSについて使用規制が決定したことから、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。

2 研究進捗

水質モニタリング:2017年4月に荒川、隅田川、利根川水系を中心に39地点のモニタリング調査を実施した。CMS(3~6量体)の総濃度は、3.8~1000ng/Lの範囲で、その平均は210ng/Lであった。同一地点で実施した過去の調査結果(2013年、2015年)と比較して、濃度に有意な差は確認されなかった。

蓄積性評価:水質、底質、魚類の測定データを用いて、生物蓄積係数、生物-底質蓄積係数、Fugacity比による蓄積性評価を行った。評価法によって異なる結果を示すことが判明し、従来法の適用が困難であることが示された。

全有機ケイ素分析:ICP発光分光分析計を用いる有機ケイ素分析法を検討した。試料調整にMIBK溶媒を用いることで、有機ケイ素濃度を高精度に測定できることを確認した。しかしながら現状では、PDMS試料分析において、有機ケイ素濃度を過小評価していることから、試料導入量等の最適化が必要である。

分解物の分析法開発:シロキサン類の主な分解物であるジメチルシランジオールの分析法を検討した。試薬の安定性試験を実施し、安定して保管できる溶媒や容器材質、保管期間を確認した。

3 今後の予定

- ・各環境媒体におけるシロキサン類の残留状況を調査する。
- ・ICP発光分光分析計を用いる有機ケイ素分析法を実試料に適用し、環境中有機シリコン化合物の総量を推定する。

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27～31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

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を明らかにする。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、太陽光照射による現地での分解試験を実施し、その残留・分解挙動を解析する。また、VMSのバックグラウンド濃度を把握するため、自由対流圏に位置する富士山頂測候所で大気調査を実施する。これらのデータを、共同研究機関で得られる残留性有機汚染物質(POPs)と比較・検証することで、有害物質の環境動態解明に資する。

2 研究進捗

富士山頂測候所での調査を2017年7月21日～8月1日及び8月1日～8月28日の2回に渡り実施した。VMS測定のため、ミニポンプと電磁弁の流路切り替えによる昼夜別のサンプリングを実施した。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、日中に高く(189ng/m³、139ng/m³)、夜間に低くなる(69ng/m³、37ng/m³)傾向が観測された。日中サンプルは山谷風の吹上により山麓の影響を受けている可能性があることから、夜間サンプルの測定結果が、よりバックグラウンド濃度を反映しているものと考えられた。

今後の予定は、継続して夏季に富士山頂での調査を実施し、バックグラウンド濃度データを追加する。また、高山の現地環境下で実施した光分解試験の試料分析・解析を進め、VMSの分解・残存率を確認する。

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・山西農業大学

1 研究背景と目的

山西省は、黄土高原に位置する内陸省で、大気汚染や河川汚濁が問題となっている。姉妹友好州省の締結30周年を迎え、埼玉県では山西省の要請により、山西省晋城市沁河流域を対象とした水環境保全モデル事業を実施した(2013～15年)。2015年からは、持続的水環境保全に向けた中国山西省における水質指標生物調査と環境教育への適用へと、研究展開を図っている。本年度は、太原市桃園小学校の協力を得て、野外における環境学習教室を実施した。

2 方法

環境学習教室は、2017年10月13日午後、14日午前の2日間にわたり実施した。13日は、太原市桃園小学校5年生、6年生(合計84名参加)を対象にして、水のごよれについての学習と水をきれいにする実験を室内で実施した。14日は、公用スクールバス(6年生34名参加)と乗用車(スタッフ中国側7人、日本側5人)にて、太原市内を流れる汾河の上流河川敷に移動し、フィールドワーク(水深、流速、水温、透視度及びCODバックテストの測定実習、タモ網による水生生物調査)を実施した。

3 結果

児童達は、環境学習を通じて、講師からの質問に対する回答、実験や調査において積極的に行動した。前日までに降雨があった影響で、汾河は増水していた。安全面から、実習で立ち入ることができる範囲が制限されたものの、モツゴ、ツチフキ、ヨシノボリ、テナガエビなどの水生生物を採取することができた。また、浮きを使った流速測定法も体験することができた。野外学習では、多くの児童から、「とても楽しかった。とても時間が足りない。」という感想が聞かれた。同行した教員についても、河川におけるフィールドワークは初めての経験であり、好意的な評価をいただいた。

本環境学習は、野外での観察学習に慣れていない児童を対象にして、環境学習教室を実施したが、課題が示された。児童が内容を十分把握できるよう、観察・計測項目に対して、1つ1つ説明と実習を重ねていくことが望ましいと考えられた。

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28～30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、鉄電解リン除去プロセスの詳細な評価のため、既存の浄化槽の調査から、浄化槽内のFeやリンの挙動を詳しく考察した。

2 方法と結果

本研究では、県内に設置されている既存の鉄電解型浄化槽5基(S1～S5)を対象とした。本浄化槽は、嫌気槽2槽と好気槽1槽があり、好気槽には流動担体が充填されている。好気槽上部には鉄電解装置が設置されており、好気槽下部から嫌気槽に循環が行われている。期間はPeriod 1～Period5とし、それぞれで鉄電解量や循環量を変化させて実験を行った。鉄電解量は流入リン量に対するFe/Pモル比で最大3.8まで、循環量は流入量に対する比で10以上まで、それぞれ増加させた。浄化槽内の試料を採取し、Fe含有率やろ液のリン濃度等を測定した。

Period1～Period4においては、嫌気1槽と好気槽のFe含有率が高い場合にろ液のリン濃度が低濃度に抑えられていた。この条件では、好気槽の最大のFe含有率は400mg/L程度であった。好気槽で直接鉄電解を行っていること、嫌気1槽は流入水中の懸濁態の有機物なども蓄積していることから、好気槽のFe含有率が嫌気槽よりも高かった。ろ液のリン濃度は嫌気槽で最大29mg/L(S5のPeriod 2)となり、流入水の濃度よりも高かった。好気槽のリン濃度は最大4.8mg/Lであった。鉄電解によって、嫌気槽および好気槽におけるろ液のリン濃度は減少した。よって、この浄化槽においては、鉄電解により供給され汚泥に移行したFeが、汚泥中のリンが水に再放出されるのを防いでいることを示唆していた。このように、実際の浄化槽内における蓄積したFeの間接的なリン除去効果が明らかとなった。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。

河川から高頻度に検出される浮遊細菌による新規リン循環プロセスの解明

(独) 日本学術振興会科学研究費(平成27～29年度)

渡邊圭司(代表)

1 研究背景と目的

リンは、停滞性河川や湖沼の富栄養化を引き起こす重要な原因物質であり、その水圏環境中での動態の解明が大きな課題となっている。先行研究の中で、IRD18C08クラスターに属する浮遊細菌が河川から高頻度に検出されること、また、それらは細胞内で高濃度にリンを蓄積する能力を有することを発見した。本研究は、この浮遊細菌について、①水圏環境中での生態、②生理学的および遺伝学的特性、③細胞内に高濃度でリンを蓄積するメカニズム、④リン循環にどのように寄与しているのか、について解明することを目的としている。

本年度は、分離株を用いて単位細胞あたりのリン酸態リンの取り込み量の測定および河川水中のIRD18C08クラスターに属する浮遊細菌数の計測を行い、これらの細菌が河川リン循環にどのように寄与しているのかを調べた。

2 方法

IRD18C08クラスターに属する細菌の純粋分離株を用いて、単位細胞あたりのリン酸態リンの取り込み量を、イオンクロマトグラフを用いて測定した。

次に、IRD18C08クラスターに属する細菌に特異的なオリゴヌクレオチドプローブを設計し、DAPI染色及びCARD-FISH法により埼玉県内河川の5地点について、全細菌数およびIRD18C08クラスターに属する細菌数の計測を、毎月の頻度で1年間行った。

3 結果

IRD18C08クラスターに属する細菌は、1細胞当たり約1.8fgのリン酸態リンを、乾燥菌体重量で菌体1mg当たり約0.03mgのリン酸態リンを取り込むと算定された。

埼玉県内河川の5地点で毎月1回、全菌数及びIRD18C08クラスターに属する細菌数の計測を行ったところ、全菌数は平均で 4.6×10^6 cells/mL、IRD18C08クラスターに属する細菌は平均で 5.1×10^5 cells/mLであった。以上の結果より、IRD18C08クラスターに属する細菌の河川中のリン酸態リンの取り込みに関する寄与率は、平均で0.6%と推計された。ただし、IRD18C08クラスターに属する細菌の単位細胞あたりのリン酸態リンの取り込み量は、培養実験により算出された値を基にしていることを留意する必要がある。

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26～30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ことにより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。今年度はさいたま市における計62箇所の水道井戸について、取水対象とする帯水層レベルや地下水揚水と地盤変動との関係を考察した。

2 研究進捗

さいたま市の主要部における基本的な地質層序の概要は上位より、後期更新世に堆積した新規ローム層・大宮層・木下層、中期更新世に堆積した清川層・上泉層・藪層・地蔵堂層、そして前期更新世に堆積した上総層群相当層に分けられる。このうち、さいたま市内の水道用水で対象としているのは、上泉層から上総層群相当層まで(地表面下68m～344m)の地層であることが判明した。2006～2011年の期間における各層からの総揚水量は、上泉層が368千 m^3 (1%)、藪層が1,845千 m^3 (3%)、地蔵堂層が1,845千 m^3 (3%)、上総層群相当層最上部が11,575千 m^3 (18%)、そして上総層群相当層主要部が47,031千 m^3 (73%)となり、上総層群相当層の主要部からの地下水揚水が全体の7割を超えることが判明した。さらに、さいたま市が発行する統計資料を基に、さいたま市内の16箇所の浄・配水場における過去15年間の地下水揚水量の変化傾向を調べたところ、地盤が沈下傾向を示す地域では概ね揚水量を増加していることが判明した。

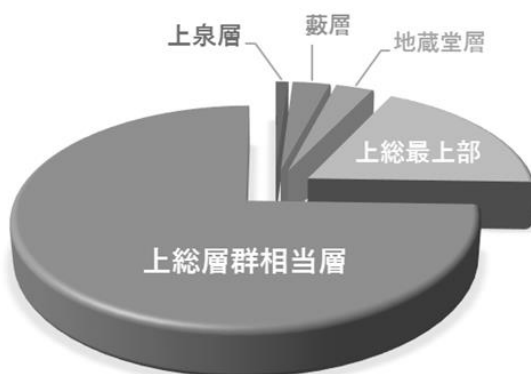


図1 さいたま市の水道用地下水の帯水層レベル

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フッ素の溶出(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。今年度は、貝殻片の有する黄鉄鉱の酸化抑制効果について、そのメカニズムの解析を試みた。

2 実験方法

埼玉県内で掘削採取した海成堆積物にホタテ貝の貝殻を添加した系(添加率7.5wt%)と添加していない系を用意し、恒温(35℃)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回の間隔で土壌試料を採取した。また、採取した土壌試料を用いて微生物解析(PCR法など)を行った。微生物解析の結果と風化の進行度合いから、黄鉄鉱の風化に関与する微生物種について検討した。

3 結果と考察

貝殻を添加していない系において、風化実験開始前(試料A)、開始から1.5ヶ月後(試料B)、4ヶ月後の試料(試料C)を用いてPCR法を行った。その結果、試料Bから硫酸化酵素遺伝子(*soxB*)と硫酸化細菌(*Acidithiobacillus*属)が検出された。試料Bは黄鉄鉱の風化が進行している途中の試料であることから、風化反応には硫酸化細菌が関与していることが示唆された。試料C(風化反応終了後の試料)から硫酸化細菌は検出されなかったが、これは風化終了後の土壌pHが4付近まで低下したため硫酸化細菌が死滅したためと考えられる。硫酸化細菌の増殖状況を詳細に解析するため、風化実験で採取した全ての土壌試料を用いてPCR法で*soxB*と*Acidithiobacillus*属を解析した。その結果、*soxB*は風化実験開始から0.5ヶ月で大幅に増殖し、1.5ヶ月後から減少する傾向を示した。一方、*Acidithiobacillus*属は実験開始から1ヶ月経過した段階で大幅に増殖し、2ヶ月後から減少する傾向を示した。*soxB*では中性条件で硫黄を酸化する微生物が含まれているのに対し、*Acidithiobacillus*属は酸性条件で硫黄を酸化する微生物種である。黄鉄鉱の風化には中性、酸性条件で活性化する様々な硫酸化細菌が関与していることが示唆された。

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、これまで広域的な地下熱環境への評価はなされていない。本研究では、関東平野を対象に地下環境調査を実施し、併せて地下水流動・熱輸送解析を行うことで、システムの普及に伴う今後50年間の地下の熱環境の変化を予測する。この結果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確立する。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、地中熱利用システムが多数普及した場合を想定した将来的な熱の広がりやを推定する。

3 結果と考察

本年度、地下温度構造の推定に必要な不可欠な、地表面温度の解析を行った。地表面温度として気温などを利用することもできるがあくまで点データであることから、本研究では、人工衛星画像を用いた解析を行うことで面的な地表面温度を得た。用いた画像はNASAの人工衛星であるTERA/AQUAによって得られたMODISデータを活用した。さらに地表付近で気温測定を本研究で実施している妻沼観測井付近の外気温と人工衛星解析によって得られた時系列的なデータと比較したところ、ほぼ整合的な傾向が得られた。以上の検討によって人工衛星によって得られたデータを地下温度構造推定の上面の境界条件として活用できることが確かめられた。最終年度に関東平野における地下温度構造を評価する予定である。