

### 7.3 外部資金による研究の概要

#### バイオマス焼却時に発生するサブミクロン粒子の特性解明

(一財)日本自動車研究所委託研究費(平成24年度)

坂本和彦(代表)、米持真一

##### 1 研究背景と目的

最近では自動車排ガス対策により、自動車由来の炭素粒子濃度は減少してきているが、二次生成由来の有機粒子には顕著な改善は見られず、バイオマス焼却由来の炭素粒子の寄与の相対的な増加が指摘されている。

バイオマス焼却に関しては、昨年度、さいたま市サクラソウ公園の草焼きを対象に試料採取を試みたが、燃焼条件がやや特殊と考えられたため、本年度は、晩秋以降、頻繁にバイオマス焼却の行われる、加須の田園近くで試料採取を行い、組成を詳細に調べることとした。

##### 2 方法

環境科学国際センターエコロジ屋上に、PM<sub>1</sub>採取用の分級板を配置したMCIサンプラー(1台は石英フィルター、1台はPTFEフィルターを使用)2台を配置し、周囲の状況を観測しつつ試料採取を行った。

自動車走行の影響を抑えるため、昼間の採取は10:00～17:00を基本とし、夜間の採取は20:00～翌朝5:00を基本とした。試料採取は昼夜併せ18回行い、昼間8試料、夜間10試料を得た。試料は、質量濃度測定後、水溶性イオン、炭素成分および金属成分を分析した。

##### 3 結果

PM<sub>1</sub>濃度は1.2～25.2 μg/m<sup>3</sup>の範囲であった。このうち、15 μg/m<sup>3</sup>を超えた5試料全てでK<sup>+</sup>イオン濃度が高く、同時にOC、NO<sub>3</sub>にも濃度上昇が見られたことから、バイオマス焼却の影響を強く受けていたと考えられる。

Cl<sup>-</sup>は、夜間の試料のいくつかから検出され、昼間の試料からは検出されなかった。微小粒子中のCl<sup>-</sup>は、ガス・粒子平衡がガス側に偏るため、夏季の日中はほとんど検出されないが、本調査は晩秋の気温の低い時期に実施したため、夜間のCl<sup>-</sup>生成が特徴的であったと言える。更に、夜間の全ての試料からは検出されていないため、散発的に行われた家庭ごみや燃焼不適物の焼却の影響が表れたと考えられる。

バイオマス焼却の影響を評価する指標として炭素フラクションから計算されるChar-EC/Soot-ECがある。PM<sub>1</sub>濃度の高い日中が2.3、夜間が2.2であり、サクラソウ公園の調査で得た値より大幅に高い値となったが、一般的な草焼きの値と考えられた。

#### 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究—埼玉県における温暖化の農業等に与える影響把握手法の開発と評価に関する研究—

環境省環境研究総合推進費(平成22～26年度)

嶋田知英、米倉哲志、増富祐司、三輪誠

共同研究機関:法政大学(代表:田中充)、他2機関

##### 1 研究背景と目的

地域レベルの温暖化対策を推進するためには、地域の脆弱性を考慮した戦略が必要となる。しかし、現在、地域の温暖化影響すら十分把握されているとは言えない。そこで、地域性が高く温暖化影響を受けると考えられる農作物に注目し、温暖化による地域農作物への影響評価手法の開発を行う。また、住民の温暖化適応策への認知の向上や温暖化適応策への取組みを促進するため、地域における温暖化影響情報の収集と整理、情報の提供を行うとともに、市民参加型温暖化影響調査手法を提案する。さらに、自治体施策に対する温暖化適応策の実装に関する検討も行う。

##### 2 方法と結果

###### 2.1 ほ場簡易加温装置・簡易加温チャンバーの開発

温暖化の地域農作物への影響を把握するための手法開発として3種類の簡易加温チャンバーの設計、製作、改良を行っている。そのうちアクリル製オープントップチャンバーについては、温度だけではなく、二酸化炭素濃度上昇による農作物影響を評価するため、二酸化炭素添加装置をあらたに追加した。これにより、二酸化炭素濃度を野外濃度の約1.5倍にあたる600ppb程度にコントロールすることが可能となった。また、大型のオープントップチャンバーを用い水稻に対する高温影響調査を行ったところ、出穂前後に野外+3℃の高温処理を行った区で収量が減少する傾向は認められたが有意な低下ではなかった。

###### 2.2 温暖化適応策の認知に関する検討

温暖化適応策に関する認知状況を知るため、埼玉県民187人を対象にアンケート調査を実施した。その結果、温暖化適応策を知っていると答えた回答者は約60%と比較的高かった。また、緩和策と適応策のどちらが重要かとたずねた設問では、約半数がどちらも重要と答えたが、適応策の方が重要と答えた回答者は緩和策の4分の1に止まった。さらに、水資源、農業、防災、健康、生態系の5分野に対し、温暖化適応策の対象としてより重要だと思ふ分野の順番を聞く設問では、水資源分野を最も重要だとする回答者が有意に多く、次いで農業分野が重要だとする回答者が多く、生態系分野が重要だとする回答者は最も少なかった。

## 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究 —不確実性を考慮した農業影響および適応策の評価—

環境省環境研究総合推進費(平成22～26年度)

増富祐司、三輪誠、米倉哲志

共同研究機関:農業環境技術研究所(代表:石郷岡康史)、  
(独)農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所

### 1 研究背景と目的

温暖化影響評価における予測の不確実性は、大きく分けて3つの不確実性(排出シナリオ不確実性、気候モデル不確実性、影響評価モデル不確実性)からなる。不確実性低減にはそれぞれの不確実性を低減する必要があるが、本研究課題では、主として影響評価モデル(作物生長モデル)の不確実性低減を目標としている。作物生長モデルの不確実性低減は、一般にモデルの高精度化によって行われる。そこで今年度は、熱・水収支を計算する物理モデルおよび光合成過程を詳細に扱った作物生理モデルを、従来の作物生長モデルと組み合わせることにより、高精度に作物の収量(穂のバイオマス量)を推計するモデルの構築を試みた。

### 2 方法

熱収支モデルおよび作物生理モデルには、日本で開発されているMIROCやNICAMといった気候モデルに組み込まれているMATSIROを用い、作物生長モデルにはオランダのワーゲンゲン大学で開発されたMACROSと国際稲研究所で開発されたORYZA2000をベースにしたモデルを用いた。

### 3 結果

図にモデルで推計した穂のバイオマス量(線)と観測値(丸)の比較を示す。この図よりモデルが生育期間中、高精度に穂のバイオマス量を推計していることがわかる。

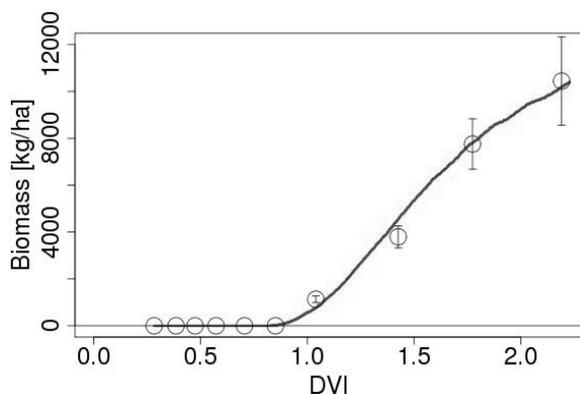


図 生育期間中の穂のバイオマス量(2004年)

## わが国都市部のPM<sub>2.5</sub>に対する大気質モデルの妥当性と予測誤差の評価

### —二次生成成分の時間・空間分布の把握と二次粒子生成サブモデルの検証—

環境省環境研究総合推進費(平成22～24年度)

長谷川就一、米持真一

共同研究機関:(一財)電力中央研究所(代表:速水洋)、群馬県衛生環境研究所、高崎経済大学、埼玉大学

### 1 目的

本課題は、大気モニタリング・発生源モデリング・大気質モデリングの研究分野が相互に連携し、大気質モデルのPM<sub>2.5</sub>濃度再現性を向上させ、PM<sub>2.5</sub>対策検討に「使える」ツールとして確立することを目的とする。モデルの検証データを得るための大気観測を行う本サブテーマでは、有機炭素(OC)の測定において生じるガス状OCの吸着による過大評価と、粒子状OCの揮発による過小評価を推定する試験を実施し、前年度までに行った観測を補完する。

### 2 実施内容

PM<sub>2.5</sub>サンプラー(Thermo, FRM-2000またはFRM-2025)を複数台用いて、騎西で大気を同時に24～72時間捕集した。同一ロットの石英繊維フィルター(Pall, 2500QAT-UP, 47mm φ)から、900℃で加熱処理したフィルターおよび未加熱のフィルターを用い、活性炭製ハニカム型デニューダ(Thermo, 3500)を通す系統と通さない系統を同時に用いて試料を捕集し、比較した。

### 3 結果

デニューダなしでフィルターに捕集して測定されたOCのうち1～3割は、ガス状OCが吸着したものと推定された。また、デニューダなしでフィルターに捕集して測定された粒子状OC+吸着したガス状OCに対して、揮発した粒子状OCの量は数%と見積もられ、ガス状OCの吸着に比べて、粒子状OCの揮発の影響はかなり小さいのではないかと考えられた。ただし、これは秋季に実施した結果であり、特に揮発が起きやすいと考えられる夏季についても考察する必要がある。

ガス状OCの吸着量を推定(補正)する方法としてしばしば使われる、デニューダなしでPTFEフィルターの後段に設置した石英繊維フィルターにおけるOCを用いる方法では、PTFEフィルターから揮発した粒子状OCがすべて石英繊維フィルターに吸着することから過大補正になるため、適当な方法ではないと考えられた。

## 磁気分離法を利用した微小粒子中金属の化合形態の解明

(独)日本学術振興会科学研究費補助金(平成24~26年度)

米持真一(代表)、梅沢夏実、王効拳

### 1 研究背景と目的

PM<sub>2.5</sub>は2009年9月に環境基準値が告示されたが、これまでの我々の研究で、PM<sub>2.5</sub>の8割以上が粒径1 μm以下(PM<sub>1</sub>)に存在することが分かってきた。

大気中に含まれる微量金属元素は、質量濃度への寄与は僅かであるが、発生源に関する情報を多く含むことが知られている。しかし、その一方で金属元素の存在形態に関する情報は乏しい。

本研究では、主として、国内ではほとんど報告例の無いPM<sub>1</sub>に着目し、その微量金属元素を詳細に分析するとともに、独自に開発した磁気分離法を活用して、金属元素の存在形態に関する知見を得ることを目的とする。

### 2 方法

夏季(2012年8月)および冬季(2013年1月)に都心(東京都新宿区)および郊外(加須市)とともに、中国北京市、上海市、富士山頂(夏季のみ)でPM<sub>1</sub>、PM<sub>2.5</sub>の捕集を行った。サンプラーはMCIサンプラー(基本はPM<sub>2.5</sub>仕様)をPM<sub>1</sub>仕様にしたものを用い、2週間で6つの期間に分けて試料採取を行った。試料の質量濃度および水溶性イオン、水溶性有機炭素、微量金属元素の分析を行った。微量金属成分は、酸分解、ICP/MS法で分析を行った。更に、ネオジム磁石を用いて磁気分離を行ったのちに、酸分解、ICP/MS法で分析し、磁性、非磁性フラクション中に含まれる成分を調べた。

### 3 結果

夏季、冬季ともに国内および上海市のPM<sub>1</sub>濃度は最大でも26 μg/m<sup>3</sup>程度で推移していたが、北京市内は夏季が平均70 μg/m<sup>3</sup>、冬季は平均182 μg/m<sup>3</sup>であった。北京の深刻なPM<sub>2.5</sub>汚染が世界的な話題となったため、北京市内の冬季PM<sub>2.5</sub>試料に特化して詳細な分析を行った。PM<sub>2.5</sub>濃度は、米国北京大使館で公表しているPM<sub>2.5</sub>濃度とほぼ整合しており、1月12日を含む3日間(1時間値が最高900 μg/m<sup>3</sup>を超えた)と世界的に報道された期間の平均濃度は350 μg/m<sup>3</sup>を超えていた。試料中のNO<sub>3</sub>/SO<sub>4</sub>比、As/V比を調べた結果、週末を含む本期間で石炭燃焼の寄与が特に高まっていたことが分かった。

今後は、他地点の成分を調べるとともに、磁気分離法を適用した解析を進める。

## オゾン、VOCs、PM<sub>2.5</sub>生成機構の解明と対策シナリオ 提言共同研究プロジェクト

地球規模課題対応国際科学技術協力事業(SATREPS)

(平成22~27年度)

長谷川就一

共同研究機関:愛媛大学(代表:若松伸司)、他10機関

### 1 目的

本課題は、オゾン(O<sub>3</sub>)とPM<sub>2.5</sub>の濃度が世界的に最高レベルにあるメキシコにおけるO<sub>3</sub>、VOC、PM<sub>2.5</sub>の生成機構の解明や曝露量の把握により、大気汚染対策シナリオを提言することを目的としている。メキシコ側の主たる研究相手機関は、メキシコ国立環境研究研修センター(CENICA)である。

### 2 課題の概要

本課題は6つのワーキンググループ(WG)で構成している。

WG1:オゾンの立体分布観測による動態解明

WG2:VOC成分測定システムの構築と観測による動態解明

WG3:PM<sub>2.5</sub>成分測定システムの構築と観測による動態解明  
および発生源寄与推計

WG4:大気汚染曝露濃度の把握とリスク評価

WG5:大気汚染モニタリングデータの解析および大気汚染モデルの構築と解析

WG6:大気汚染対策シナリオの策定

当センターはWG3に参画しており、フィールド観測におけるPM<sub>2.5</sub>試料採取、炭素・イオン・金属成分の分析、測定・解析データの解析などについて、メキシコの研究者を指導しながら共同・協力して進める。

### 3 進捗状況

本年度は、メキシコ市内で特に高濃度である1地点における通年観測を継続した。また、質量濃度、炭素成分、イオン成分、金属成分の各分析装置の動作確認、不具合への対処、データの精査などをおこなった。また、5月にはグアダハラハラ市で試験的観測を実施した。以上を通じてメキシコ側の研究者・技術者への指導をおこなった。一方、メキシコとの比較のため、日本でも同様の装置を用いて、堺において3日ごとの通年観測を継続した。

## 気候変動下の大規模ヒートアイランドの総合的環境影響評価と適応対策の研究

(独)日本学術振興会科学研究費補助金(平成22~24年度)

米倉哲志、嶋田知英

共同研究機関: 埼玉大学(代表: 吉門洋)、東京大学生産技術研究所、東京大学工学系研究科、(一財)電力中央研究所

### 1 研究背景

近年、都市ヒートアイランド現象による夏季の高温が問題視されている。ヒートアイランドに関する調査・研究および対策について進められつつあるが、現状では都市中心部が主な対象であり、都市周辺を含めた大規模ヒートアイランド構造についての解明と適応対策はあまり行われていない。問題は人口スプロールの続く郊外・内陸域でより深刻であるとともに、今後、温暖化による地域気候・気象への影響も懸念される。

本研究プロジェクトでは、大規模ヒートアイランドとその影響による気象災害や大気汚染に関して、①関東平野規模の空間スケールにおける既存データ解析、②都市内と都市圏外にわたるマイクロ・マクロの観測、③都市熱環境モデルと地域気象・大気汚染モデルの融合による機能の向上、によってそのメカニズムを解明するとともに、③のモデルによる適応対策の検討と評価を行う。なお、当機関は、埼玉県を対象に広域気象を代表するデータを蓄積し、最新の広域熱環境を継続して把握するため、広域的に気温観測を行いデータを収集し、都市域の拡大とヒートアイランドの大規模化の解析に用いるための基礎的データを提供することが目的である。

### 2 方法と結果

埼玉県内約50地点の小学校の百葉箱にデジタル温度計を設置し、年間を通して15分間隔で気温データを採取した。

広域気温調査は2006年より実施してきており、2012年3月までの約6年間の観測結果を解析した。その結果、埼玉県の月平均気温の変動幅は冬季に比べ夏期に大きかった。また、各年とも夏季において埼玉県南東部の都市部において他の地域と比較して日平均気温が高くなる傾向が認められた。また、県南東部では、日最低気温の上昇が顕著であり、地域における気温の日較差は山間部である県西部秩父地域に比べ埼玉県南東部では小さい傾向が認められた。すなわち、埼玉県南東部において夜間の気温が低下しにくくなっていることが明らかとなり、典型的なヒートアイランド現象であると考えられる。このヒートアイランド現象はさいたま市など都市域と東京都に隣接している地域で顕著であった。

## 光干渉法による極短時間植物ナノ動態計測に基づく光化学オキシダントの作物影響評価法

(独)日本学術振興会科学研究費補助金(平成22~24年度)

米倉哲志、三輪誠

共同研究機関: 埼玉大学(代表: 門野博史)

### 1 研究背景と目的

本研究の目的は、申請者が提案している統計干渉法に基づいて、秒オーダーの極短時間における植物の葉などの成長挙動をサブナノメートルの分解能で連続的に*in situ*計測できるシステムを用いて、植物の環境に対する形態的応答を知ることにより、新しい植物の環境ストレスモニタリング技術を確立することである。昨年度までの研究で、オゾンを暴露すると葉の成長のナノメートルスケールの成長揺らぎ量の低下が認められた。本年はこの変化が葉内のどのような作用に起因するか検討を行った。

### 2 方法

ニラを実験植物とし、気孔閉鎖を誘導する植物ホルモンであるアブシシン酸処理し、統計干渉法による極短時間植物成長計測装置を用いて観測される葉の成長挙動と光合成速度や気孔コンダクタンスなどの関連性に着目した実験を行った。

### 3 結果と考察

植物の気孔閉鎖を誘導する効果のあるアブシシン酸をニラの根に投与した際の植物の極短時間成長計測を行った結果、アブシシン酸の濃度の増加とともにナノメートルゆらぎの標準偏差の減少率が高くなることが確認できた。このことは、気孔の閉鎖により蒸散量が低下することにより、組織内の水分の移動が影響を受けたと考えることができる。このことはアクアポリン阻害実験の結果を考慮すると、細胞レベルのミクロなレベルからマクロなスケールでの水分移動が同時に関連していることを示唆している。

また、植物成長計測実験の前後で光合成測定器を用いて、気孔コンダクタンスを測定したことにより、アブシシン酸の濃度変化による植物の気孔閉鎖の基本特性が確認できた。さらに、気孔伝導度の低下率とナノメートルゆらぎの低下率の関係を回帰分析することにより、強い相関があることが示唆された。

## 機能的断層画像法による植物の無侵襲環境ストレスモニタ法の開発

(独)日本学術振興会科学研究費補助金(平成24～25年度)

米倉哲志

共同研究機関:埼玉大学(代表:門野博史)

### 1 研究背景と目的

近年、環境が生物の生長あるいは内部活性に与える影響を正確に計測する技術の確立が望まれている。本研究ではOCT(Optical Coherence Tomography)と呼ばれる光断層画像法およびバイオスペックルと呼ばれる生体内部の物質の輸送や微細構造の変化を反映している動的な光散乱現象に基づいて新規な機能的断層画像観測システムを構築する。これら2つの技術を組み合わせることにより、生理学的反応を3次的に高感度に観測可能なシステムを構築し、環境条件に敏感に反応する植物体の部位の特定をおこなう。さらに、このシステムを用いて、オゾンなどの環境ストレス下の植物に対して、実験により本手法の有効性を検証し、環境汚染影響評価手法としての可能性を検討する。

### 2 実施内容と結果

本研究では、埼玉大学門野研究室で構築した、OCT技術に基づいて環境影響下の植物体内の生理学的変化を感度良く捉えるためにバイオスペックルの動特性を利用した新規な機能的断層画像観測システムを用いた。以前のシステムでは深さ方向に2mmのスキャンを行うのに数十分間要していたが、それを十数秒間に短縮することができ、また深さ方向と横方向の2次元の断層画像であれば、0.5s毎に連続して観測することを可能にした。光ファイバーを使用した光学系にすることにより、物体側からの散乱光をより効率よく取得することができ、また光学系のセッティングに自由度を持たせることが出来た。得られた信号を $\lambda$ から $k$ の関数にRescalingすることにより、深い位置においても、解像度の良い測定を可能にした。この機能的断層画像観測システムにより1点における深さ方向の情報を瞬時に得ることができ、生体組織の活性状態を測定することが可能となった。

さらに、植物を対象にオゾン暴露と水ストレスによる組織構造と活性状態の変化についてモニタリングを行なった結果、水ストレス解消に伴い表皮部の拡大とその位置における活動状態の活性化を確認することができ、また、オゾン暴露による植物の活性状態の低下が確認された。

## 中国農用地汚染土壌における植物を用いた収益型修復技術の確立

(独)日本学術振興会科学研究費補助金(平成23～25年度)

王効挙(代表)、米持真一、磯部友護、細野繁雄

連携先:山西農業大学、上海大学、吉林省農業環境資源研究センター

### 1 研究背景と目的

土壌汚染は世界共通の地球環境問題であり、その資源としての有効利用と効率的修復手法の確立は緊急かつ重要な課題となっている。本研究では、深刻化する中国の農用地汚染土壌、特に重金属汚染土壌を対象として、バイオ燃料用植物による汚染物質の吸収・蓄積機能を利用し、汚染土壌の有効利用と修復を同時に実現できる「収益型汚染土壌修復技術」の確立を目的とする。将来は、本修復技術を普及させ、地球環境保全、バイオ燃料事業の支援等に貢献する。今年度では、予定していた中国の山西省、上海市、吉林省で現場試験及び調査を実施した。

### 2 研究調査方法

1)山西省:汚水灌漑による汚染農地に、玉蜀黍、高粱、大豆、蕪麻、菜の花等資源植物8種(3反復)を利用して試験を行った。2)上海市:試験地A(化工工場跡地、銅、亜鉛等の重金属汚染)に、2m×3mの18個試験区を設置し、5種類の植物(蕪麻、蓖麻、向日葵等)を植え、試験を行った。調査地B(汚染底質の混入による重金属汚染畑地、土地サイズ:64m×76m):菜の花、大豆、落花生の植物と土壌を調査した。3)吉林省:汚染源であるニッケル鉱山周辺の土壌及び農家が栽培している作物の調査と試料採集を行った。

### 3 結果

山西省試験:植物の全バイオマス量は、蕪麻>高粱=玉蜀黍>向日葵=油葵=大豆>菜の花>落花生の順であった。実の収穫量は玉蜀黍と高粱は最も高かった。高粱はNi、Cu、Cd、Pb、Zn、As、Crに対して、蓄積量が最も高かった。玉蜀黍と蕪麻も高い蓄積量が示された。上海市においては、向日葵、菜の花の生育量も重金属の蓄積量も高かった。吉林省においては、玉蜀黍の収穫量、重金属に対する蓄積量、収益性などが高く評価された。

今年度の研究結果から植物のバイオマス量、実の収穫量、収益性、修復能力を表す重金属蓄積量は植物種類及び地域により大きな差があった。山西省では高粱、玉蜀黍、蕪麻の蓄積量と収益性が高かった。上海市では、菜の花、向日葵が良い修復効果と収益効果があった。吉林省において、玉蜀黍が汚染土壌の有効利用と修復に適切な資源植物であると判断された。

## 不法投棄等現場の堆積廃棄物の斜面安定性評価 環境省環境研究総合推進費(平成22～24年度)

川寄幹生

共同研究機関:(公財)産業廃棄物処理振興財団(代表:山脇敦)、九州大学、九州大学、京都大学、NPO法人最終処分技術システム研究協会、同済大学、前田建設工業(株)

### 1 目的

平成22年度末で全国に約1,800万トンの産業廃棄物の不法投棄が残存しており、この中に急勾配に盛られたため、崩壊の危険にある現場が多数有り、早急な対策が望まれている。そこで、本研究では堆積廃棄物の地盤工学的特性を踏まえて、適切に堆積廃棄物の斜面安定性評価を行えるようにすることで、残存する不法投棄等現場の適切かつ経済的な支障の除去の推進に資することを目的とした。

### 2 実施内容

3年間で、国内7ヶ所、海外9ヶ所の不法投棄等現場での実験及び採取した試料による室内実験等を行い、堆積廃棄物の斜面安定性評価方法を提示した。

### 3 結論

一連の実験により国内の産業廃棄物不法投棄等現場は通常の盛土地盤に比べ高い強度定数を有していることを確認した。要因として、不法投棄現場では投棄量を増やすために良く締め固められていることに加え、ガレキ等によるかみ合わせ効果やプラスチック等の引っ張り抵抗によることを把握した。また、プラスチック等の繊維状物等を含む現場は土砂地盤には無い引っ張り抵抗を有し弾性体的挙動を示す。研究成果として、繊維状物等の有無により現場分類し、各々に対応した斜面安定性評価法を示した。斜面安定性評価のための試験方法として、安息角試験、現場一面せん断試験等を提示し、その有効性についても確認した。斜面安定性解析については引っ張り抵抗を考慮することにより現場の状況を良く表す結果を得た。

地震振動に対する廃棄物地盤挙動の検証、降雨浸透による細粒分連行や帯水の可能性等と強度との関係の検証、地盤中のプラスチック等の物理・化学的な長期安定性の検証は今後の課題である。

## アスベスト含有建材の選別手法確立と再生砕石の 安全性評価に関する研究

環境省環境研究総合推進費(平成23～25年度)

渡辺洋一(代表)、川寄幹生、磯部友護、鈴木和将

共同研究機関:(独)国立環境研究所、日本工業大学、長崎大学

### 1 研究背景と目的

再生砕石へのアスベスト含有建材の混入が社会問題となった。本研究では、再生砕石の製造ルートへのアスベスト含有建材混入の実態を把握し、防止する方法を提示することにより、リサイクルの推進と安全性の両立を図る。

### 2 研究方法

本年度行った研究及び調査は以下の項目である。

- (1) アスベスト含有建材片の再生砕石への混入評価法検討
- (2) 石綿含有建材目視判定法の確立
- (3) 実体顕微鏡を用いた迅速判定法確立
- (4) 再生砕石からのアスベスト放出量現場測定の実験
- (5) 室内実験装置によるアスベスト含有建材の飛散実験
- (6) 再生砕石敷設現場におけるアスベスト飛散実験
- (7) 中間処理施設におけるアスベスト建材選別の検討
- (8) アスベスト建材由来のリスク評価

### 3 結果と考察

- (1) 再生砕石敷設現場におけるアスベスト含有建材混入調査のためにはJIS法の試料採取法の改良が必要であった。
- (2) 石綿講習会参加者140人に実施したアスベスト含有建材の目視判定テストの結果から、人工繊維の混合している建材の判定には簡易バーナーの使用が有効であった。
- (3) 実体顕微鏡による建材断面観察による建材中のクリソタイル含有量推定に明度が指標にできることが示唆された。
- (4) 現位置測定用飛散実験装置により再生砕石敷設現場等からの飛散量測定を行うことにより、飛散量による再生砕石表面利用現場等のリスク評価の可能性が示された。
- (5) 飛散防止対策検証用実験系として構築した実験装置により建材からの飛散量測定を行った。飛散量は $10^{-5}$ リスク未満であった。
- (6) アスベスト含有建材片の含まれる再生砕石敷設道路において、歩行者、自転車、自動車がそれぞれ連続的に通行した場合の飛散量は総繊維数で1本/Lを超過した。しかし、その多くはアスベスト以外の繊維状物質であった。
- (7) アスベスト含有建材の選別精度を評価するシミュレーションを、実験データを用いて実施し、投入資源と選別精度の関係性を明らかにした。
- (8) 再生砕石敷設現場における飛散実験データから、リスク計算をしたところ、 $10^{-5}$ のリスク(77年の生涯リスク)として計算されたのは、発生源から5m程離れた距離であった。

## 一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理に関する研究

環境省環境研究総合推進費(平成23～25年度)

川崎幹生(代表)、渡辺洋一、磯部友護、鈴木和将

### 1 目的

一般廃棄物処理状況を評価する場合、数値の増減のみに注目しがちである。資源ごみの分別が進み、資源化率の伸びが鈍化している現状において、次の対策をどのようにすべきかを考える上で、不燃ごみの処理状況は改善する余地があると考えられる。そこで、本研究では数値化が難しい前処理方法や処理残渣の物理化学的な質等を調査することによって、市町村の不燃ごみ処理業務を側面から支援し、資源化の促進及び埋立廃棄物量の削減を目指し、循環型社会形成推進に貢献することを目的とした。

### 2 実施内容

次の4項目について研究を行った。(1)市町村不燃ごみ処理状況及び資源化施設に係わる調査・情報整理、(2)不燃ごみ処理残渣の物理化学的な質に関する検討、(3)県内及び近隣にある民間資源化施設におけるリサイクルに係わる検討、(4)不燃ごみ処理残渣の再資源化方法に関する検討。

### 3 結論

(1)不燃ごみ処理施設の資源化率は、徐々に減少しており、新たな資源化が進んでいないことが示唆された。また、家電リサイクル法施行以前に建設された施設が多く、かつ、稼働率も低いと、今後、不燃ごみ処理施設の在り方を検討するべきである。(2)不燃残渣の物理化学的性質の経年変化を調べた。各施設での質の変動は見られるが、施設内での組成の傾向は変わらない。詳細に見た場合、重金属含有量は投入ごみ質に依存するため、採取日により変動するが、EC値や多量成分であるNa濃度は、採取年度間で相関があり、巨視的な化学的質を見る場合の指標になることが示唆された。(3)乾式比重差選別機を用いて、より簡易にガラス陶磁器と硬質プラスチック類を選別するための検討を行った。3mm孔径の選別デッキを用いた場合、細粒分を除去することができるため分離精度が高くなる。選別物を確認したところ電子基板やコード類は両選別物中に含まれるため、乾式比重差選別機を用いた資源化を行う場合、小型家電は前もって除去する必要がある。(4)不燃ごみの資源化を進める場合、手選別前処理工程を加えることが重要である。現在の処理システムを生かすのであれば、セメント工業の適用が考えられる。

## 中間処理残さ主体埋立地に対応した安定化促進技術の開発

環境省環境研究総合推進費(平成23～25年度)

磯部友護、鈴木和将、川崎幹生

共同研究機関:北海道大学(代表:東條安匡)、日本工業大学、(独)国立環境研究所、長崎大学、東急建設(株)

### 1 研究背景と目的

近年の我が国の埋立地では、中間処理残さが大半を占めている。本研究では、中間処理残さの安定化過程に関し、現場調査から安定化の実態と課題を把握し、埋立物の物理・科学特性を改善するための混合埋立手法や、機能性覆土の導入効果を実験から検証し、次世代型の埋立処分技術を確立する。

### 2 安定化の実態把握

中間処理残さを埋め立てた管理型処分場において採取したボーリングコア試料、及び表面掘削試料の化学的特性を調査した。採取試料はその性状から、焼却灰主体、不燃残さ主体、およびそれらの混合部に大別され、焼却灰主体部のみにおいて固結が確認された。ボーリングコアのEC値は焼却灰主体部で高かった。掘削試料の溶出試験から、不燃残さ主体部に比べ混合部でEC、塩化物イオン等の塩類やTOCの溶出が増加することが確認された。これらから、混合埋立によって焼却灰の固結を抑制しつつ、溶出ポテンシャルの増加に伴い洗い出し効果が促進されることが明らかになった。

### 3 機能性覆土の吸着特性

機能性覆土の材料として有望と考えられる鶴ヶ島土壌による有機汚濁物質の吸着特性を解明するために、カラム吸着試験を行った。大型模擬処分場の浸出水をカラムに通水し、カラムから流出した液を分画採取しTOCの分析を行った。TOCの破過特性を調べたところ、通水速度の影響はほとんど見られなかった。また、移動相(浸出水)のpH調整の影響を調べたところ、無調整(pH8.8)に比べpH4に調整することにより破過までの通水量が増加し吸着量が高くなることが示された。これより、土壌、有機汚濁物質の表面荷電状態の変化によりTOC吸着量が増加したと考えられた。

## 最終処分場機能の健全性の検査手法と回復技術に関する研究

環境省環境研究総合推進費(平成23～25年度)

磯部友護

共同研究機関:(独)国立環境研究所(代表:遠藤和人)、福岡大学、京都大学、埼玉大学、日本工業大学、神奈川県環境科学センター、千葉県環境研究センター

### 1 研究背景と目的

構造の古い処分場や管理が不十分な処分場は、廃止までの期間が長期化するなど不健全な負の遺産の予備軍である。本研究では、物理探査等の検査技術、構造安定性等の数値解析などにより、処分場の健全性をスクリーニングする一連の検査手法の開発を行う。

### 2 調査方法

本研究では平成23年度の調査において産業廃棄物を埋め立てたA処分場において、比抵抗探査を実施し、土堰堤構造に起因する高比抵抗領域を可視化できることを明らかにした。本年度は、土堰堤構造の把握を目的とした比抵抗探査の実施事例を増やし、その有効性を検討するため、新たに2つの処分場(B処分場、C処分場)を選定した。それぞれの処分場において設置した複数の探査測線において比抵抗探査を行い、探査測線の地下鉛直方向に対する比抵抗断面図をコンピュータ解析により求めた。

### 3 結果

B処分場では天場及び土堰堤部分において地表面より深度約6mまで50Ω-m以上の比抵抗値を示したのに対し、6m以深で比抵抗値が大きく低下し、10Ω-m以下が支配的となっており、この高比抵抗領域が最終覆土、及び土堰堤を表していることが示された。また、C処分場においても土堰堤部分において地表面から深度1～2mにおいて100Ω-m以上の高比抵抗領域が確認された。さらに処分場の底盤に起因する高比抵抗領域も確認された。これらの結果から、比抵抗探査によって最終処分場の土堰堤、最終覆土、底部遮水工といった内部構造を非破壊で可視化できることが明らかとなった。

## 産業廃棄物マニフェスト情報の信頼性の確保と多面的活用策の検討

環境省環境研究総合推進費(平成23～25年度)

渡辺洋一

共同研究機関:(公財)日本産業廃棄物処理振興センター(代表:谷川昇)、他5機関

### 1 研究背景と目的

産業廃棄物の3R推進と適正処理の実現を図る上で、産業廃棄物の量・質の流れをできるだけ正確に把握する必要がある。本研究では、膨大な労力と経費をかけて適用されているマニフェストの記載情報に着目し、マニフェストシステムの運用実態及びマニフェスト情報の活用実態の分析、実際の活用可能性を明らかにする。また、国内外のマニフェストシステムの活用事例を解析し、あわせてマニフェスト情報の多面的活用方策を提案し、紙マニフェスト情報の効率的利用可能性を示す。分担研究として、当センターでは廃棄物分類ごとに、化学組成を分析することにより、主要な構成成分、有害成分、有用成分などの含有量を明らかにし、処理・処分方法、資源回収の可能性等の質による廃棄物管理の資料とすることを目的とした。

### 2 研究方法

平成24年度は、最終処分場に搬入されている廃棄物の蛍光X線分析装置による分析を追加実施し、外観から化学組成がわからない燃えがら、鉍滓、汚泥等の廃棄物の主要な構成成分や有害金属、稀少金属等の含有量について、廃棄物分類ごとの解析データの精度向上を図るとともに、中間処理施設の調査を行い、建設廃棄物選別残さ等について同様の分析を行った。

### 3 結果と考察

最終処分されている廃棄物を法律の種類別にみると、排出元ごとに化学組成の著しく異なる廃棄物は、汚泥、鉍滓であり、特に汚泥では、有機物の指標である熱しやく減量値が0～64%の広範囲にわたり、最終処分場管理を困難にしている一因と考えられた。一方、鉍滓については、特定の元素を非常に高濃度に含有する場合があります、有害な元素や有用な金属等が高濃度で含まれる試料もあることが確認された。建設廃棄物中間処理施設の破碎選別工程の処理残さはカルシウム、硫黄の含有量が多く、無機性残さとしては、炭素含有量も多いため、再利用、安定型処分が困難になっていた。

マニフェスト情報とこれらの化学組成の関係が明確になれば、マニフェストに化学成分の質・量の情報を付与することにより、廃棄物に含まれる有害物質の管理や資源化の可能性の検討資料となる可能性がある。

## 地域エネルギー供給のための廃棄物系バイオマスのガス化/多段触媒変換プロセスの開発

環境省環境研究総合推進費(平成24~26年度)

鈴木和将

共同研究機関: (独) 国立環境研究所(代表: 川本克也)、名古屋大学

### 1 研究背景と目的

廃棄物系バイオマスの利活用には地域分散型技術の適用が望ましく、ガス化改質プロセスが付加価値のあるガスを得る技術として期待される。研究では触媒改質技術をバイオマスに適用し(第一段触媒変換プロセス)、さらに同プロセスで生成するH<sub>2</sub>、COとともに多量のCO<sub>2</sub>を改質後の各温度領域で効率よく触媒変換(第二段触媒変換プロセス)し、COまたはCH<sub>4</sub>を回収する実用価値の高いガス化/多段触媒変換プロセスを開発することを目的とする。また、開発プロセスを実際の地域に適用するシミュレーションを実施し、総合システムの最適な導入条件と成果を提示する。

### 2 研究方法

埼玉県を対象に廃棄物系バイオマスの賦存量や利用量等について調査し、地域固有のバイオマスの排出特性を明らかにした。さらに、開発プロセスの地域適用性評価の一環として、埼玉県および加須市が実施した地域施策を研究対象事例として、開発プロセスを含めた各種木質バイオマスの熱処理利用システムの温室効果ガス排出量やエネルギー回収性能に関する比較解析を行った。次に、本開発プロセスのフュージビリティ研究について、開発プロセスの物質収支・熱収支を計算するため、ソフトウェアAspenPlusを用いてシミュレーションモデルを構築した。

### 3 結果と考察

開発プロセスを地域システムに導入した場合のエネルギー回収率および温室効果ガス(GHG)削減効果の試算を行った。エネルギー回収の面では、発電施設(発電効率15%)を有しているごみ焼却施設で処理された場合、エネルギー回収率は2.2%と低かったが、開発プロセスを導入した場合は、エネルギー回収率はガスエンジン(GE)を利用した場合で19.3%、固体酸化物形燃料電池(SOFC)を利用した場合で29.5%と極めて高かった。また、GHG削減効果の面では、GEで3.45ton-CO<sub>2</sub>/日、SOFCで4.75ton-CO<sub>2</sub>/日と高い値が得られた。さらに、本研究開発プロセスを実用化という観点から事業性などについて試算・評価した。結果については、製品としてのCOの流量・組成比率はガス化温度750℃の場合がもっとも値が大きいこと、一方、メタン化反応については、改質後ガス中のH<sub>2</sub>比率が制限要因となること、ガス化温度の高温化にともない総発熱量が低下し高温操作はこの点で明確に不利になることが示された。

## 建設廃棄物破碎残さからのアスベスト濃縮手法の構築

(独)日本学術振興会科学研究費補助金(平成22~24年度)

川寄幹生(代表)

### 1 目的

石綿含有建材中の石綿の分析法はJIS A 1481「建材製品中の石綿含有率測定法」に定められている。しかし、この手法は、あくまでも建材の分析法であり、かつ、実際にこの手法を用いて建材の分析を実施しても、建材により向き不向きがある。それは、JIS法はセメント板に対して考えられた手法であり、セメント以外が主成分であるケイ酸カルシウム板や石こう板には適用しづらいことが知られている。また、建築物が解体され、混合廃棄物として中間処理工場に搬入され、破碎選別処理された残渣(破碎選別残渣)は他の廃棄物により希釈され、かつ土砂等も含むため、石綿含有建材を混合破碎した場合、JIS法で分析することは、困難を伴う。

そこで、本研究では、JIS法の前処理法の開発を目的として検討を行った。

### 2 実験方法

石綿の飛散性に着目し、石綿を含む粉塵を発生、捕集する装置の開発を行った。装置は卓上ミルを改造して作成した粉塵発生等、ある程度の大きさの粉塵を捕集するためのサイクロンポット、細かな粉塵を捕集するフィルター及び吸引ポンプからなっている。

実験は石英を粉碎し作成した模擬粉塵及び粉碎した石綿含有建材を産業廃棄物処理施設から採取した処理残渣に加えた石綿含有処理残渣を用いて、作成した装置の特性評価及び処理残渣中の濃縮効果等の検討を行った。

### 3 結果

石英模擬粉塵を用いて実験を行い、捕集した粉塵の粒度分布を確かめたところ、サイクロンポット及びフィルターには約20 μm以下の粒子が捕集されていることがわかった。

また、石綿含有処理残渣を用いた実験では、捕集した粉塵中の石英の濃度が減少し、かつ、飛散した石綿が濃縮されることも確認できた。

### 4 結論

作成した装置により、破碎処理残渣のような石綿分析法で分析することが難しい試料の前処理装置として使用可能であると考えられる。

気候変動を考慮した農業地域の面的水管理・カスケード型資源循環システムの構築—面的水管理・カスケード型資源循環システムの統合評価—  
(独)科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(CREST)  
(平成21～26年度)

長谷隆仁

共同研究機関：高知大学(代表：藤原拓)、他6機関

### 1 研究背景と目的

気候変動などにより水資源管理等の問題は将来深刻化することが危惧されるため、本研究は①植物を利用した農地土壌浄化と回収バイオマスからの乳酸発酵・NP回収による水再生技術、②家畜糞尿からのNP回収、③バイオマス廃棄物の資源化技術等による農業地域における持続可能な水管理システムの構築を目指す。当センターは、これら技術の環境負荷低減化の評価や、経済性評価を行うグループに参加し、主にバイオマス廃棄物等の固形物処理・利用システムの評価、システムの最適化を検討する。

### 2 方法

本CREST研究開発技術により農業系バイオマスを処理した際の、処分量、温室効果ガス、窒素負荷といった環境負荷を推計するモデルを作成するため、当技術による処理時の物質収支等の調査を実施した。さらに、環境負荷推計モデルを用い、原料としてのバイオマス廃棄物発生量、堆肥化・CREST開発技術による製品需要量、環境負荷の制約下で、コスト最適化となる最適処理量・輸送量を市町村単位で推計する最適化モデルの作成を行った。

### 3 結果

CRESTの開発技術に対して行った物質収支等の調査から、環境負荷推計モデルの開発を行った。CRESTの開発技術の物質収支等の調査については、欠測等から、環境負荷評価モデルのパラメータ等の推定は不十分であり、次年度以降の調査継続が必要である。同時に、堆肥化・焼却等の既存技術に、CRESTの開発技術の環境負荷推計モデルを組み込みこんだ最適化モデルの構築及びその計算プログラムを作成した。モデルの複雑化に伴い、最適値が計算不能となる場合がある。そこで、プログラム計算によって解が得られるか否か検証を行った。高知県統計データ等から推計した家畜糞、動植物性残渣、生ごみ・下水汚泥量値等を用いるとともに、暫定的に与えた仮パラメータ(環境負荷推計モデルパラメータ等の推定値が不十分であるため)を用いて、実際に最適化モデルによる仮計算を行ったところ、解が得られることを確認した。

スリランカ廃棄物処分場における地域特性を活かした汚染防止と修復技術の構築

地球規模課題対応国際科学技術協力事業(SATREPS)  
(平成23～27年度)

長森正尚、渡辺洋一、磯部友護

共同研究機関：埼玉大学(代表：田中規夫)、他7機関

### 1 研究背景と目的

持続可能な低コスト・低メンテナンス・低環境負荷の環境汚染防止技術や廃棄物処分場修復技術の開発・導入により、スリランカ国の廃棄物問題解決への貢献を目指す。なお、当機関は、廃棄物処分場及びその周辺域の汚染状況モニタリングを中心に担当する。

### 2 方法と結果

スリランカにおける既存の埋立地の現状把握を目的に、22箇所の埋立地を選定し、深度1mの廃棄物及びガス組成を調査した(広域調査)。さらに、湿潤及び乾燥地域2箇所でガスフラックスや電磁探査等の詳細調査を実施した。

広域調査から、メタン等のガス濃度は埋立年齢の増加とともに減少しており、約10年で埋立廃棄物が安定化する可能性が示唆された。また、廃棄物中の有機性炭素が湿潤地域で迅速に洗い出されていることが分かった。

詳細調査から、高メタンガスフラックス地点は、周辺に比べて土壌EC値や土壌硬度が低い場所であった。また、わずかに埋立終了7年間で埋立地からのメタンガスフラックスが小さくなったことが分かった。他方、亜酸化窒素ガスフラックスは斜面部で明らかに高く、空気の侵入による廃棄物の好気性分解が促進されていたと推察された。さらに、2～3月にかけて埋立地内外でボーリングが行われ、モニタリング用の観測井が設置された。

平成25年度は、供与機材が導入されることから、設置された観測井のモニタリングを本格的に開始する予定である。



写真 ボーリングの様子

## 低分子ポリジメチルシロキサンの高精度分析法開発と環境汚染実態の解明

環境省環境研究総合推進費(平成24～26年度)

堀井勇一(代表)、養毛康太郎

### 1 研究背景と目的

揮発性メチルシロキサン(VMS)の一部は、環境・生態系に悪影響を与えると懸念されており、国際的に優先して化学物質リスク評価が取り組まれている。本研究では、環状及び鎖状を含む3～6量体のVMSを対象に、まず、公定法提案を目指した高精度分析法開発を行う。次に確立した分析法を用いて発生源データの整備、環境中へのVMS排出状況を把握する。さらに水質、底質、生物等の各環境媒体について環境汚染実態を把握し、VMSの環境残留性評価を行う。このうち平成24年度は、水、底質、生物中VMSの分析法検討を行った。

### 2 試料と方法

水分析には、ガス洗浄ビンと固相抽出カラム(Sep-Pak plus PS-2)を組み合わせた、パージトラップ(PT)－溶媒溶出－GC/MS法を検討した。内標準物質には、<sup>13</sup>C安定同位体標識化のD4、D5、D6(Moravek社製)を用いた。底質、生物の固体試料分析は、まず溶媒振とう抽出を行い、得られた粗抽出液をPTを用いてクリーンアップする方法を検討した。VMSの定量にはGC/MS-EI法を用いた。

### 3 結果

PT法について、ページ時間・流量、超音波アシスト有無、浴槽温度等の諸条件を検討した。河川水、下水放流水、工場排水を様々なPT条件下で分析した結果、ページ時間120分、ページ流速1L/分、超音波アシスト有り(浴槽温度50℃)の条件において、すべての目的物質が効率よく回収されることを見出した。この方法の水中VMSの検出下限値は0.6～3 ng/Lであり、加熱脱着導入を用いる従来法と比較して、一桁以上の高感度化に成功した。固体試料抽出液のクリーンアップについては、水分析と同様のPT条件に塩析を加えることで、着色成分や脂質の除去、及び目的物質の高回収率が達成された。

開発した分析法の性能評価として東京湾流入河川(9地点)から採取した試料を分析し、精度管理データを整備するとともに、国内初の水環境中VMS濃度分布を明らかにした。

## 廃棄物焼却施設におけるハロゲン化多環芳香族炭化水素類の生成機構解析とリスクベース管理手法の提案

環境省環境研究総合推進費(平成23～25年度)

堀井勇一

共同研究機関:静岡県立大学(代表:三宅祐一)

### 1 研究背景と目的

本研究では、ダイオキシン類と同様に燃焼に伴い非意図的に発生し、ダイオキシン類と同等の環境リスクが指摘されている塩素化又は臭素化した多環芳香族炭化水素類(PAHs)について、廃棄物焼却施設からの排出実態調査及びその生成機構解析を行う。さらに、リスクベースの排出濃度から、リスクレベルを低減できる燃焼条件や排ガス処理法等を提案する。

### 2 試料と方法

廃棄物焼却施設の調査には、2002年から2009年に採取した47施設の排ガス試料の抽出保存液を用いた。排ガス試料の採取及び抽出は、ダイオキシン類分析法(JIS K 0311)に準拠して行った。焼却廃棄物の種類には、建設系、都市ゴミ、下水汚泥、化学系等が含まれる。排ガス中PAHsの定量は、<sup>13</sup>Cラベル化PAHsを用いる内標準法により行った。

### 3 結果

焼却排ガス試料について、25種の塩素化PAHs、11種の臭素化PAHs、12種のPAHs濃度を異性体別に明らかにした。全47試料におけるPAH類総濃度の平均は、それぞれ塩素化PAHs: 620ng/m<sup>3</sup>N、臭素化PAHs: 100ng/m<sup>3</sup>N、PAHs: 13000ng/m<sup>3</sup>Nであった。廃棄物種別のハロゲン化PAH総濃度の分布は、建設系(1600ng/m<sup>3</sup>N)、医療系(170ng/m<sup>3</sup>N)、化学系(22ng/m<sup>3</sup>N)、都市ゴミ(5.8ng/m<sup>3</sup>N)、汚泥(5.7ng/m<sup>3</sup>N)の順であり、廃棄物種による濃度差が確認された。この傾向は、同試料中のPAHやダイオキシン類についても同様であった。塩素化PAHsの異性体濃度に注目すると、PAH骨格のフロンティア電子密度の高い位置に塩素置換した異性体濃度が高く、また塩素数の増加に伴う濃度の低下が確認された。このことからハロゲン化PAHsは、まず排ガス中で親PAHsが生成し、続いてこれが塩素化することで生成しているものと示唆された。

## 粘土資源利用に伴うダイオキシン類の環境動態と天然生成メカニズム解明に関する研究

(独)日本学術振興会科学研究費補助金(平成22~24年度)

堀井勇一(代表)

### 1 研究背景と目的

本研究では、ダイオキシン類の自然発生源である「カオリン粘土」に着目し、産業活動に伴う粘土資源の収支と含有するダイオキシン類の挙動解明及び環境負荷量の推定を試みる。さらに地質学、地球化学的手法を用いて母岩である花崗岩とその風化物について調査を行い、カオリン粘土中ダイオキシン類の起源及び生成メカニズムの解明を試みる。

### 2 平成24年度の研究

昨年度の瀬戸地域のダイオキシン類調査結果より、粘土層の中でも木節層や亜炭層といった炭化物に富む層に高濃度でダイオキシン類が蓄積していることがわかってきた。そこで本年度は調査範囲を拡大し、同層準が露出する常滑層(愛知県常滑市)において各層のダイオキシン類濃度分布を把握するとともに、埼玉県内に分布する堆積環境の類似する亜炭層についてダイオキシン類調査を行った。また、堆積層中に含まれるダイオキシン類自身の炭素安定同位体比を指標に、これらダイオキシン類の起源推定を試みた。

### 3 結果

常滑地域に分布する粘土堆積層中のダイオキシン類実濃度範囲は、1200~8700pg/gであり、その99%以上がPCDDsで構成された。同露頭で採取した大谷火山灰中の濃度は83pg/gであり、粘土堆積層中濃度と比較して極めて低かった。常滑層についても炭化物に富む層から比較的高濃度のダイオキシン類が検出されており、濃度分布及び異性体組成はどちらも瀬戸陶土層に類似していた。埼玉県内において亜炭採掘場の位置する加治丘陵・仏子層を中心に亜炭層調査を行った。そのダイオキシン類実濃度範囲は110~3300pg/gであり、カオリン粘土に特徴的なオクタクロロジベンゾ-パラ-ジオキシン(OCDD)の突出した異性体組成を示した。

カオリン粘土及びOCDDを高濃度で含む発生源試料(ペンタクロロフェノール:PCP、焼却灰)について、OCDDの炭素安定同位体比を分析した。カオリン粘土中OCDDの $\delta^{13}\text{C}$ 値は-25.8‰であり、PCP(-32.4‰)及び焼却灰(-22.8‰)と異なる分布を示した。この結果からカオリン粘土中に含まれるダイオキシン類の炭素源は、人為発生源のダイオキシン類とは異なることが示唆された。

## 新奇ハロゲン芳香族の環境汚染と生態影響評価 (独)日本学術振興会科学研究費補助金(平成23~25年度)

堀井勇一

共同研究機関:名城大学(代表:大浦健)、静岡県立大学

### 1 研究背景と目的

最近、塩素もしくは臭素の1~2原子置換した多環芳香族炭化水素類(PAHs)が大気中から検出されており、これらの物質はダイオキシン類と同等のリスク因子であることが環境濃度や毒性試験から推察されている。しかしながら同定された物質数が限られており、このようなハロゲン化PAHsの環境動態、生態影響は未だ不明な点が多く残されている。そこで本研究では、当研究グループで作成した高塩素・臭素化PAHsを用いて、それらの環境汚染分布、発生源、環境動態、生体毒性評価等を行い、得られた個々の結果からハロゲン化PAHsにおける総合的な環境影響評価を目指す。

### 2 試料と方法

環境中ハロゲン化PAHの濃度分布を把握するため、東京湾主要流入河川(9地点)から表層水、底質、魚類を採取し、これを分析に供試した。水試料は、加圧ろ過-PUF吸着法を用いて処理し、乾燥したろ紙及びPUFをソックスレー抽出した。底質は風乾後に、魚類は無水硫酸ナトリウムを用いて混合・脱水した後に、それぞれソックスレー抽出した。これら粗抽出液のクリーンアップには、スルホキシド、シリカゲル、活性炭のカートリッジカラムを用いた。定量には高分解能GC/MSを使用し、 $^{13}\text{C}$ ラベル化PAHsを用いる内標準法により行った。

### 3 結果

環境試料について25種の塩素化PAHs(1~4塩化物)、14種の臭素化PAHs(1~2塩化物)濃度を異性体別に明らかにした。東京湾流入河川水(n=9)、底質(n=9)、魚類(n=14)中ハロゲン化PAH総濃度の平均は、それぞれ70pg/L、4100pg/g dry、24pg/g wetであった。河川水、底質ともに工場の密集する鶴見川下流域から最高濃度が検出された。環境媒体別のハロゲン化PAH異性体組成は、河川水中では9-ClPhe(32%)、底質中ではCl<sub>3</sub>Pyr(22%)、魚類中では9-ClPhe(60%)の割合がそれぞれ高く、媒体による違いが確認された。特に魚類については、検出される異性体が限られ、その濃度も低い傾向にあった。本調査結果から、今回対象としたハロゲン化PAHの魚類に対する生物蓄積性は低いことが示された。今後は、より高ハロゲン化のPAHを対象に含め、環境残留性及び生物蓄積性評価を行っていく予定である。

## PFOS、PFOA及びそれらの前駆物質の起源と水環境動態の解明

(独)日本学術振興会科学研究費補助金(平成23～25年度)

茂木守(代表)、野尻喜好、堀井勇一

### 1 研究背景と目的

ペルフルオロオクタンスルホン酸(PFOS)及びペルフルオロオクタン酸(PFOA)は、生物に対する有害性が指摘されている有機フッ素系化合物で、通常的环境中ではほとんど分解しない難分解性物質でもある。過去の調査で埼玉県内の河川水から比較的高い濃度のPFOS、PFOAが検出されたが、それらの発生源は一部を除き、良く分かっていない。一方、PFOS、PFOAの官能基の一部が置換された物質(前駆物質)は環境中で分解され、最終的にPFOS、PFOAに変化すると考えられているが、河川環境における生成機構についてはほとんど報告されていない。本研究では、PFOS、PFOA及びそれらの前駆物質の起源や水環境における前駆物質からPFOS、PFOAへの転換機構を明らかにする。

### 2 方法

生活系由来によるPFOS、PFOA及びそれらの前駆物質の起源を把握するため、農業集落排水処理施設及び下水処理場の放流水と市販されている製品中の各物質濃度を調べた。また、「ISO14592 表層水または表層水/底質懸濁物のフラスコ振とうバッチテスト」に準拠した前駆物質の生分解試験を実施した。

### 3 結果

下水処理場と農業集落排水処理施設の放流水からPFOS、PFOAや一部の前駆物質を検出した。前駆物質の濃度はPFOS、PFOAよりも総じて低かった。市販品では、防水、撥水用途の市販品から8:2FTOHが高頻度で検出されたが、その他の物質はほとんど検出されなかった。

河川水を用いた前駆物質の生分解試験を実施し、以下の知見が得られた。N-MeFOSEの半減期は6.7日で、28日後に73.9%がN-MeFOSAA、14.8%がPFOSに転換した。8:2FTOHの半減期は1.7日で、28日後に42.2%がPFOAに転換したが、57.4%は不明であり、未知の分解生成物の存在が示唆された。

今後は、県内35河川38地点の河川水のPFOS、PFOA及びそれらの前駆物質濃度を把握し、過去の調査結果と比較する。前駆物質(N-EtFOSE、N-MeFOSE、8:2FTOH)の生分解試験では、採水地点や季節による分解傾向の違いを把握するとともに、8:2FTOHの生分解過程を明らかにする。

## 高度省エネ低炭素社会型浄化槽の新技术・管理システム開発

環境省環境研究総合推進費(平成22～24年度)

木持謙

共同研究機関:福島大学(代表:稲森悠平)、(独)国立環境研究所、(公社)福島県浄化槽協会、フジクリーン工業(株)、(公財)日本環境整備教育センター

### 1 研究背景と目的

現状の浄化槽のイニシャル・ランニングコストを最小化すると同時に、再生可能エネルギーと既存電力のハイブリッドシステムを導入した、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O排出抑制可能な低炭素社会型高度処理浄化槽新技术・管理システム開発を行う。

### 2 方法

常時ばっ気の場合と夜間等のばっ気停止を想定した場合のN<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>発生特性について検討した。まず、嫌気好気無循環方式のラボスケールの実験装置を20℃恒温室に設置し、好気槽のばっ気/非ばっ気時間を24h/0h、18h/6h、12h/12h、6h/6h、4h/4h、2h/2hとして検討した。

次に、鉄電解リン除去システムを組み込んだ実機浄化槽2基を屋外に設置して同様の検討を行った。浄化槽性能評価試験方法に従い実生活排水を流入させ、浄化槽1基は省エネルギー運転として、原水流入のない時間帯に数時間、散気用ブローアを停止させた。

大気中への放出ガスおよび槽内水や処理水中の溶存態のガスを採取し、N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>を分析した。また、定期的に流入水、処理水等の分析を行い、発生ガスとの関係を解析した。

### 3 結果

ラボスケール実験の結果、ばっ気時間即ちブローアの運転時間を1/2にしても水質浄化性能的には全く問題はなく、非ばっ気工程を短時間サイクルで組み込むことにより、N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>放出量、転換率を低減可能である等が明らかとなった。

フルスケール実験では、ばっ気停止運転そのもののリンおよびBOD除去性能に及ぼす影響は、年間を通してほとんどなかった。窒素に関しては、ばっ気停止運転の系では冬季に硝化反応の阻害が見られたと同時に、N<sub>2</sub>O発生量も小さくなった。これらの結果をふまえると、春季～秋季の温暖期においてはばっ気停止運転の導入は、ブロー等の消費電力の削減に加え、汚水処理性能の維持及びN<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>発生抑制の観点からも、一定の導入効果が期待できると考えられる。今後の課題としては、冬季の低水温時における窒素除去性能の確保と、それに付随してのN<sub>2</sub>O発生抑制に関する研究開発が、特に挙げられる。

## 湖沼水質形成における沿岸帯の機能とその影響因子の評価

### — 浅い富栄養化池沼の好気、嫌気条件におけるシードバンクのポテンシャルの把握 —

環境省環境研究総合推進費(平成23~25年度)

田中仁志

共同研究機関: 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター(代表: 一瀬諭)、龍谷大学、東レテクノ(株)

#### 1 研究背景と目的

湖沼等の底質は、植物プランクトンの保存場所(シードバンク)として機能している。一方、底層の貧酸素化が問題になっており、貧酸素化がシードバンク機能に及ぼす影響が懸念される。本研究では、富栄養湖沼におけるシードバンクポテンシャルに及ぼす貧酸素化の影響を評価することを目的として、モデル湖沼である山ノ神沼(埼玉県蓮田市)の底質を用いて、植物プランクトン回帰実験を行った。

#### 2 方法

山ノ神沼から採取した底質(表層1cm)をよく混ぜた後、ビニール袋に密閉し、4℃暗所で1年間保存しておいたものを用いた。1Lトルビーカーへ脱塩素水道水800mlと底質80mlを加え、よく攪拌してから実験を開始した。光条件は、タイマー運転した蛍光灯照明(約15  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、約47  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )による12h/12h周期明暗条件(以下、明暗条件)またはアルミホイルを用いて完全遮光した連続暗条件(以下、暗条件)の3条件を設定した。温度条件は同一とし、各ビーカー内の水温、pH及びDOは20分おきに多項目水質計(ハイドロラボ社製MS5)を用いて連続記録した。実験開始時から定期的に回帰した植物プランクトンを生物顕微鏡により観察した。

#### 3 結果

連続暗条件では、DOは急激に減少後、2日目以降は嫌気状態を示すほぼ0mg/Lで推移した。一方、12h/12h周期明暗条件では、DOは連続暗条件と同様に、急激に減少し、ほぼ0mg/Lで推移した。その後、2日目から上昇傾向を示し、4日目には約5mg/Lまで上昇した。この現象は底質量300ml、水量3Lに設定した実験よりも顕著に見られた。このため、実験容器の容量の違いが影響したと推察された。明期中にDOと連動してpHが一時的に上昇する特徴が見られた。DO上昇は底質から回帰した植物プランクトンの光合成による酸素供給によるものと考察され、水中の溶存酸素量の上昇は、光強度が大きいほど顕著であった。また、水中の植物プランクトンを光学顕微鏡で観察した結果、暗条件よりも明暗条件の方が細胞数が多かった。

## 湖沼に蓄積する難分解性溶存有機物の藻類影響評価試験法の開発

(独)日本学術振興会科学研究費補助金(平成24~26年度)

田中仁志

共同研究機関: 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター(代表: 早川和秀)、神戸大学、滋賀県立大学、兵庫県立大学

#### 1 研究背景と目的

我が国の類型指定湖沼におけるCODの環境基準達成率は約53%と低く、横ばいで推移している。湖沼水質保全特別措置法に基づく11指定湖沼すべてが非達成である。このような環境問題の解決を困難にしていると考えられる原因の一つとして、琵琶湖等で湖水中に難分解性有機物が蓄積する現象が報告されている。難分解性有機物の蓄積量の増加を想定した将来的な湖沼生態系に与える影響については不明な点が多い。本研究では、クラミドモナスを用いて、水中に蓄積された難分解性有機物が藻類に及ぼす影響の評価方法を確立することを目的とする。ここでは、フルボ酸のクラミドモナスの鞭毛再生に対する影響について報告する。

#### 2 方法

腐植物質は国際腐植物質学会で頒布されている標準物質のスワニー川由来フルボ酸(以下、FAという)を用いて検討を行った。供試生物は淡水産単細胞緑藻クラミドモナス(*Chlamydomonas reinhardtii*)とし、2本の等長さ鞭毛を用いた。鞭毛切断後のクラミドモナス細胞懸濁培地にFAを添加した。実験開始後、1、4時間後の細胞を撮影した光学顕微鏡デジタル画像から、画像解析ソフトを用いて任意の50細胞の再生鞭毛長を計測した。対照区に対する各FA度区における再生鞭毛長の長短から影響を評価した。

#### 3 結果

FA濃度が500mg/Lにおいても、鞭毛再生は行われた。従って、琵琶湖水中で想定されるフルボ酸濃度(1mg/L程度)レベルでは、鞭毛再生に対する直接的な影響はないと考えられた。

なお、公定法の藻類生長障害試験は72時間で行うが、さらに長期間暴露(例えば、1ヶ月)した場合には、これまでの試験方法による影響濃度よりも低濃度で影響が生じる恐れもある。そこで、現在、長期間暴露実験についても検討を行っている。

## 湖沼における浮遊細菌を介した溶存有機物の動態解明に向けた新たな展開

(独)日本学術振興会科学研究費補助金(平成23~24年度)

渡邊圭司(代表)

### 1 研究背景と目的

湖沼の炭素循環において、浮遊細菌は溶存有機物の分解および新たな有機物の生産という点で重要な役割を果たしている。しかしながら、それら浮遊細菌を介してどのような溶存有機物が分解され、また新たにどのような有機物が生産されているのか、詳細な有機物フローは未解明な点が多い。本研究では、浮遊細菌を介した溶存有機物の流れを、純粋分離株を用いた室内実験系により検討し、それらの知見を基に、実際の現場におけるそれら浮遊細菌を介した湖内炭素循環メカニズムを明らかにすることを目的とした。

### 2 方法

有機酸を唯一の炭素源とし、培地に様々な無機態および有機態窒素源を加えることで、浮遊細菌の生育に必須な窒素源の検討を行った。得られた知見を基に、浮遊細菌を培養するための最小培地を作成し、様々な系統分類群に属する浮遊細菌の純粋分離株を培養した。培養後、フィルターろ過により細胞を除去し、培地中に新たに生産された溶存有機物を、3次元励起蛍光スペクトル解析に供し、浮遊細菌株が培地中に新たに生産した溶存有機物の特性を調べた。

淡水圏より最も高頻度に分離された*Polynucleobacter*属細菌に着目し、日本の様々な湖沼および河川よりfluorescence *in situ* hybridization法(FISH法)による現存量の推定を試みた。

### 3 結果

主要浮遊細菌群の一部は、無機態窒素化合物(硝酸塩)および尿素を窒素源として利用可能であることが明らかとなった。炭素源としてピルビン酸、窒素源として尿素を含む最小培地を作成し、様々な浮遊細菌の純粋分離株を植菌し培養したところ、一部の浮遊細菌株に生育が見られた。培養液を回収し、3次元励起蛍光スペクトル解析に供したところ、一部の浮遊細菌から、陸上腐植様蛍光特性を有する溶存有機物の生産を確認した。

*Polynucleobacter*属細菌の相対量は(全浮遊細菌に占める割合)、概ね15%であった(13湖沼および1河川の平均)。

本研究により、淡水圏における溶存有機物のフローを、純粋分離株のレベルで明らかにすることが出来た。

## 雨天時汚濁負荷の変動に伴うN<sub>2</sub>O発生モデル化と多面的環境負荷削減効果の検討

公益信託 下水道振興基金研究助成(平成23~24年度)

見島伊織(代表)

共同研究機関:茨城大学、日本大学

### 1 研究背景と目的

下水道分野の温室効果ガス排出量の内、10%程度が水処理プロセスから排出されるN<sub>2</sub>Oである。N<sub>2</sub>OはCO<sub>2</sub>の約300倍の温室効果ポテンシャルがあることが知られており、その削減は急務の課題である。一方、合流式の下水処理施設へは雨天時に下水と共に多量の雨水が流入し汚濁負荷が変動すると同時に、排水の一部は未処理で公共用水域へ排出されるため環境への負荷が増大する。よって、下水処理プロセスにおいて、水圏だけではなく、水圏と大気圏を含めた雨天時の環境負荷削減対策を講じる必要がある。これらのことから、本研究では、雨天時の環境負荷削減について、多面的に検討することを目的とする。

### 2 方法

本年度は、埼玉県内の標準活性汚泥法を用いた下水処理場の1つの系において調査を主として実施した。調査期間は2012年5月から2012年12月であり、当初は硝化を抑制する運転(硝化抑制)をしていたが、2012年6月からは曝気量を増加させ硝化を促進する運転(硝化促進)に切り替えられている。また、2012年7月後半以降は、処理場内の新しい系の運転開始したことから、徐々に流入量が減少した。このような運転条件に変動があった施設のN<sub>2</sub>Oを連続的に長期間測定し、N<sub>2</sub>O排出抑制方法を検討するための統計解析を行った。

### 3 結果

調査期間のはじめはN<sub>2</sub>Oが低かったが、硝化促進運転に切り替えた2012年6月中旬以降にN<sub>2</sub>Oの急激な上昇が見られた。このようなN<sub>2</sub>Oが20ppmを超えるような期間は8月中旬まで続いたが、8月後半からは硝化抑制の期間のN<sub>2</sub>Oとほぼ同レベルになった。N<sub>2</sub>Oの濃度は硝化抑制、硝化促進の期間でピーク位置が異なっていたものの、N<sub>2</sub>Oの変動係数は概ね20~30%の間に収まっており、平均は24.7%であった。また、硝化抑制、硝化促進の期間間でN<sub>2</sub>Oの変動係数に有意差は認められなかった。

N<sub>2</sub>O排出量を目的変数とし、流入量や曝気風量などを説明変数として重回帰分析を行ったところ、高い重相関係数が得られた。流入量、曝気風量、余剰汚泥引き抜き量の偏重回帰係数が正であるため、流入量の増加、曝気風量の増加、汚泥引き抜き量の増加はN<sub>2</sub>O排出量を増加させることが示唆された。この結果を利用することでN<sub>2</sub>O排出量を削減した運転の探索できる可能性があると考えられた。

## 生物学的窒素除去におけるN<sub>2</sub>O発生のモデル化および制御

公益財団法人 鉄鋼環境基金研究助成(平成24~25年度)

見島伊織(代表)

共同研究機関:茨城大学、日本大学

### 1 研究背景と目的

下水処理は、水環境への負荷を低減する公共的な役割を持つが、一方で温室効果ガスの発生も大きい事業である。我が国には2000以上の下水処理施設があるが、近年ではCO<sub>2</sub>換算で我が国全体の0.5%程度の700万tの温室効果ガスを排出しているとされている。水処理プロセスからの温室効果ガスは、曝気のための電力消費に伴い排出されるCO<sub>2</sub>が下水道全体の25%程度、水処理から排出されるN<sub>2</sub>Oが10%程度である。N<sub>2</sub>OはCO<sub>2</sub>の約300倍の温室効果ポテンシャルを持つため発生抑制は急務の課題である。N<sub>2</sub>Oの発生は曝気により供給される溶存酸素(DO)と密接に結びついているため、曝気量とN<sub>2</sub>Oの発生をリンクさせて総合的に解析する必要がある。しかしながら、これまでのところ発生経路や発生速度などの情報が統合的に整理されておらず、発生量の変動幅が大きいと制御が容易ではないとされている。

これらのことから、本研究では、N<sub>2</sub>O発生を含んだ統合モデルの構築により、変動幅を考慮したN<sub>2</sub>O発生を抑制する手法を明らかにすることを目的として下水処理施設の調査を行った。本年度は、窒素除去速度とN<sub>2</sub>O生成速度の関係を特に詳細に調べるため、下記の実験を行った。

### 2 方法

下水処理施設の反応槽から採取した活性汚泥を用いて硝化速度を求めめるための硝化活性試験を行った。試験では、活性汚泥にNH<sub>4</sub>-Nを添加し、連続曝気を行いながら一定時間ごとに試料の一部を採取した。採取した試料のNO<sub>x</sub>-Nを測定し、その傾きを硝化活性とした。

N<sub>2</sub>O生成速度を調べるために、ヘッドスペース型の回分試験を行った。試料50mLをバイアル瓶に分取し、0~20mgN/LになるようにNO<sub>2</sub>-N溶液を1mL添加した。バイアル瓶を密閉して、0~2h振とう器で攪拌した。バイアル瓶気相部N<sub>2</sub>Oを分析し、オストワルド溶解係数から生成したN<sub>2</sub>O濃度を計算し、N<sub>2</sub>O生成活性を求めた。

### 3 結果

硝化を抑制した場合には、硝化活性は低下し、NH<sub>4</sub>-N酸化活性の低下、NO<sub>2</sub>-N酸化活性の消失がみられた。また、N<sub>2</sub>O生成活性は増加した。硝化を促進させた場合は、硝化活性は増加したが、N<sub>2</sub>O生成活性が減少した。これらの変化には、アンモニア酸化細菌のNO<sub>2</sub>-N還元が大きく寄与していると考えられた。

## 水質解析による水道管内面劣化診断手法の開発 科学技術振興機構復興促進プログラム(A-STEP)

(平成24~25年度)

見島伊織

共同研究機関:環境測定サービス(代表:黒羽徹)、茨城大学、茨城県工業技術センター

### 1 研究背景と目的

水道管の老朽化対策は、わが国の水道事業における重要な課題のひとつである。水道管は1970年代に集中的に整備され、今後一斉に更新期を迎えることになるため、老朽化対策は急務の課題である。一方で、内面が劣化した水道管からは黄色や赤色の金属酸化物が検出され、その主な構成成分はFeであることが多い。水道管にはFe製の管内部をコーティングしたものが広く使用されているが、内面劣化するとコーティングが剥がれ、水道管内部のFeが直接水道水に触れることになる。こうした際は、残留塩素や溶存酸素などの酸化剤によってFeが酸化され、Fe(II)として水中に溶出し、その後さらに酸化されFe(III)となると考えられる。これらのことから、Feの酸化形態は水道管の内面劣化と深く結びついており、Feの酸化形態を調べることで内面劣化に関する情報が得られる可能性があると考えられる。

Feの形態解析には、X線を用いたXAFS測定が有効である。これは、吸収端近傍のXANES領域にて、未知試料のスペクトルを複数の標準物質のスペクトルにてフィッティングさせ、未知試料中の元素を議論する方法である。湿潤試料にも適用できるため、試料が持つ生の情報を得られる。このように、Feの形態解析にはXAFS測定が有効であるが、水道水のようにFeが極めて低濃度であった場合に、スペクトルにはノイズが含まれ、得られた形態の信頼性を確保するための方法が重要な課題となる。本研究では、まず、Fe濃度とノイズの関係を明らかにし、Feの形態解析の下限についての情報を得る。次いで、水道管の水試料を対象として、XAFS測定を行い、溶出したFeが水道管内でどのような形態に変化するかを調査し、内面劣化との関連を探ることを目的とする。

### 2 見込まれる成果

水道管内の水試料のような対象濃度が低濃度な試料についても、XAFS測定を行った際の、最適なスペクトルフィッティング条件などが明らかとなる。また、水道管内でFeがどのような形態でどのような挙動をしているかが明らかとなり、内面劣化の診断へ有益な情報を提供できる。

一方で、水環境中におけるFeの挙動および形態を明らかにすることは重要な位置づけにある。本研究により、Feの形態を解析できることになり、水環境の保全に貢献することも可能と考えられる。

## 有機質土を利用した海成層中重金属類の低コスト・低負荷型不溶化技術の開発

(独)日本学術振興会科学研究費補助金(平成22～24年度)

石山高(代表)、八戸昭一  
共同研究機関: 埼玉大学

### 1 研究背景と目的

硫化鉱物を含む海成堆積物は大気中で数ヶ月間放置されると酸性土壌へと変化し、そこから環境基準を上回る様々な有害重金属類が溶出することが知られている。

本研究では、海成堆積物中有害重金属類の不溶化技術を開発する。具体的には、有機質土や貝殻等の天然素材を利用した低コスト・低負荷型不溶化技術を開発する。

### 2 結果と考察

不溶化技術を開発する前に、重金属類の溶出促進因子について検討した。その結果、重金属類の溶出は土壌pHに大きく依存し、酸性領域や塩基性領域では多くの重金属類の溶出が認められた。土壌有機物も重金属類の溶出を促進する因子であることが判明したため、本研究では貝殻や消石灰等のアルカリ天然素材を海成堆積物に混ぜ込み、土壌pHを中性付近に制御する不溶化手法について検討した。

貝殻や消石灰等を用いた中和処理により、ホウ素以外の重金属類の溶出量は大きく低下した(図)。消石灰は、少量の添加で土壌が塩基性へと変化し、かえって砒素やセレンの溶出を促進する可能性が懸念された。これに対し、貝殻はアルカリ度が低いため、土壌pHを中性付近に調整することが容易であった。ラボレベルではあるが、中和処理した海成堆積物の長期安定性試験も実施し、廃酸溶液の漏洩等、人為的負荷がない限り、少なくとも処理後100年程度は重金属類を不溶化できることを確認した。

本研究で得られた知見及び成果を活用し、圏央道建設予定地で発生した土壌汚染事例における汚染原因や対策について、的確な助言を行った。

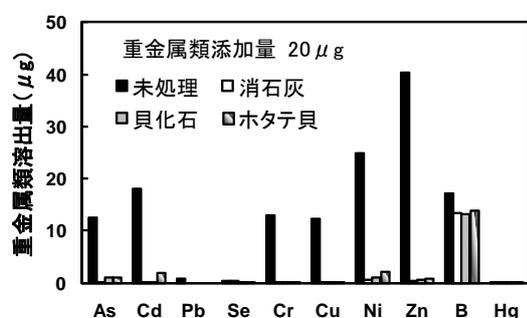


図 天然アルカリ素材を用いた重金属類の不溶化処理

## アレイの指向性制御によるFocused微動探査法の開発

(独)日本学術振興会科学研究費補助金(平成23～25年度)

白石英孝(代表)  
共同研究機関: 東北大学

### 1 研究背景と目的

微動探査法は複数の微動センサ(微動アレイ)を用いて微動に含まれる表面波の位相速度を検出し、その分散を逆解析することにより地下の成層構造の物性(特にS波速度構造)を推定する技術である。この手法は堆積平野の資源・環境および地震防災問題等に広く適用できる受動的探査法で、強震動予測のための速度モデル同定や石油・天然ガス等の地下流体資源探査・長期モニタリングなどで活用されている。しかしながら、現行の微動探査法では、大深度になるに従って推定精度が低下し、また水平方向の分解能をもたないという問題をもつ。そこで本研究では、微動探査法で使用される微動アレイの深度方向指向性を制御し、計測対象付近にフォーカシングした地下情報の収集を可能にする新たな計測法の導出を試みる。

### 2 指向性制御の可能性

地表に設置された複数の微動センサをフェイズドアレイと見なせば、その理論を援用することで指向性を制御できる可能性があると考えられる。例えば地表に設置された2点アレイに対して水平方向の方位 $\theta$ 、深度方向の方位 $\phi$ から平面波が入射する場合、2つのセンサ間の位相差は $\exp(-jkr\cos\theta\cos\phi)$ ; ( $k$ : 波数、 $r$ : センサ間距離)で表すことができる。このようなアレイ固有の位相差を微動の信号処理段階で考慮することにより、アレイ直下の深度方向指向性を制御し、特定の領域にフォーカシングした調査、解析が実施できる可能性がある。

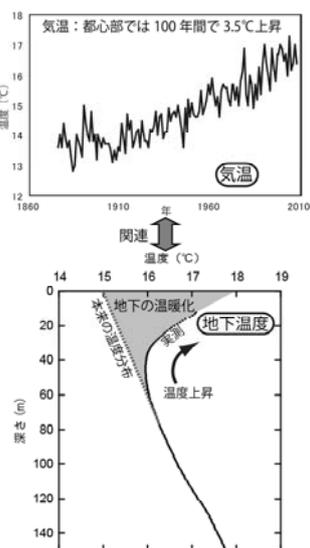
本年度は2点アレイを複数組み合わせる場合に、アレイの深度方向指向性がどのように変化するかを調べた。その結果、アレイ下部の指向性はアレイの形状に応じて変化するが、例えば正三角形アレイに代表される等方的配置では、特にアレイ直下の方向を向いた指向性をもつことが確認された。

# 関東平野における地下熱汚染の把握と将来予測 (独)日本学術振興会科学研究費補助金(平成24~27年度)

濱元栄起(代表)

## 1 研究背景と目的

地球温暖化によって最近100年間で世界的な平均気温が約0.7℃上昇している。特に都市部ではヒートアイランド現象による影響が加わり、温度上昇率が高い(例えば東京都心で約3.5℃)。さらに気温だけではなく地下も温暖化していることがわかってきた(図参照)。



地下温度が上昇すると地中の微生物環境や生態系が変化したり、植物の生育へ悪影響を及ぼすなどの恐れがあり「地下熱汚染」とも呼ばれる。さらに地下温度の上昇によって地下水温が上昇することで地下水質が変化し、飲用に適さなくなるなどの新たな水問題を引き起こす可能性や地下水起源の湧水温度の上昇によってその周辺に生息する水生生物への悪影響も懸念されている。

## 2 方法

地下の熱環境を調べるもっとも直接的な方法は、深さ数十メートルから数百メートルの地下水観測井で地下の温度分布を計測することである。世界最大規模の都市圏を有する関東平野でも都心から離れた地域まで地下熱汚染が広がっていることが推察される。そこで本研究では、関東平野における「地下の熱汚染」について現状を解明するとともに将来予測を行う。

## 3 結果

本年度は、本研究事業の基礎データとなる地下温度の精密測定を行った。関東平野中部に位置する埼玉県を対象とし、24地点で分解能0.003℃で地下温度分布を計測した。次年度以降この温度結果の詳細な解析を進める予定である。