

### 7.3 外部資金研究概要

#### 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:東京農工大学(代表:青木正敏)、他5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、埼玉県における過去から現在に至る温暖化影響の実態を把握・整理し、地域における温暖化影響観測指標の設定と将来動向に関する研究を実施する。

##### 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

様々な地域農作物に対する温暖化影響を簡便に把握するための手法を提案するため、入手が容易な農業用施設資材や加温資材を利用し3種の簡易加温チャンバー15基を設計・製作した。このチャンバーのうち特にビニール被覆簡易オーブントップチャンバーを対象にチャンバー内の温度状況等を調査したところ、チャンバー内は外に比べ平均温度で0.58℃～1.66℃上昇したが、夜間の加温効果は認められなかった。また、チャンバー内の風速は外に比べ著しく減少し風況への影響は大きいと考えられた。

###### 2.2 温暖化影響情報の収集・整理

温暖化影響が予想される気象や生物季節、農業等の分野について、既往調査の有無やデータの収集・整理を行い一部経年変化や気温との関係について解析を行った。その結果、ウメの開花については前年の気温との間に相関関係が認められ、気温上昇にともない開花日が前進することから、温暖化影響指標として利用出来る可能性が示唆された。また、スギ花粉飛散量と気温との関係を解析したところ、前年の平均気温と花粉飛散量との間に高い相関関係があり、間接的に温暖化が人に与える健康影響として、スギ花粉飛散量への影響は大きいと考えられた。さらに、地下水温への温暖化影響の可能性を検討するため、水道統計の市町村水源地用井戸の原水水温データを収集し整理したところ、井戸により水温の経年変化の傾向は大きく異なり、経年的に水温が上昇している井戸も認められたが、低下している井戸もあり、全体として一定の傾向は確認できなかった。

#### 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)、他2機関

##### 1 研究背景と目的

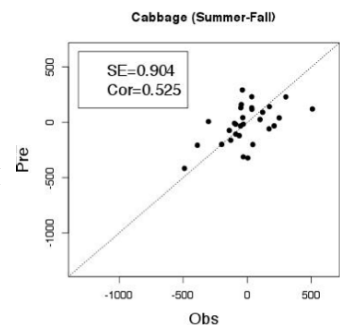
国内の農作物への温暖化影響評価研究は現在まで水稻を中心に行われてきており、水稻以外の穀物、野菜や果樹等への影響はよくわかっていないものが多い。この原因の一つとして、水稻以外の作物に関しては、温暖化影響を定量的に評価するためにモデル開発が遅れていることが考えられる。そこで本研究では、埼玉県を対象に野菜の収量を推計するモデルの構築を目的とする。なお温暖化影響評価に用いるモデルとしては、将来の未入力的气象値に対して精度よく影響を推計できることが重要である。構築したモデルが現状の気象値に対する影響を精度よく再現していたとしても、将来の気象値に対する予測精度を保証していることにはならない。本研究では、この点を強く意識し、現状で得られるデータから最大限の予測精度を持つ(であろう)モデルを構築することに主眼を置く。

##### 2 方法

本研究で構築するモデルは、気象変数を説明変数、収量(トレンドからの差分)を従属変数とする重回帰モデルである。気象変数は、生育期間中の各月の平均気温、最高気温、最低気温、降水量、日照時間とそれぞれの2乗項の中から、モデル選択基準により変数を選択した。モデル選択基準としては、現在まで様々なものが開発されているが、本研究では、よく用いられるAIC、AICc、BIC、CV、CMVを用い、この中からもっとも予測の誤差および予測値と観測値の相関が高いモデル選択基準を選択した。

##### 3 結果

右図に夏秋キャベツの収量の観測値(Obs)と予測値(Pre)の比較を示す。観測値と予測値がよい相関を示しており、予測精度の高いモデルが構築できたことがわかる。



## 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:(財)電力中央研究所(代表:速水洋)、他7機関

#### 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おこなう本サブテーマでは、首都圏においてガス状・粒子状物質の多点同時集中観測を実施して、二次生成のガス状・粒子状成分および関連する物質の空間・時間的に密な濃度データを取得し、二次生成成分の時間・空間分布を把握する。

#### 2 実施内容

夏季(7月24～29日)に、前橋・騎西・さいたま・つくば・狛江における水平分布観測と、久喜における係留気球を使った鉛直分布観測からなる集中観測を実施した。騎西(当センター)はスーパーサイトとして、デニューダ・フィルタパック法によるPM<sub>2.5</sub>のイオン成分およびガス・粒子分配(4時間値)、PM<sub>2.5</sub>炭素成分(2時間値)、PM<sub>1</sub>エアロゾル質量分析計による組成連続測定などをおこなった。

#### 3 結果

PM<sub>2.5</sub>濃度は、7月24～27日は関東全般で同様に変動していたが、28～29日は関東南部で高く、狛江では40～60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ という高濃度が観測された。このとき、NO<sub>3</sub>、SO<sub>4</sub>、NH<sub>4</sub>が高かったが、SO<sub>4</sub>は通常広域的に同じ挙動を示す傾向が強いことから、この期間は弱風が背景ともなり、影響した発生源が地域的に異なっていたと考えられる。成分ごとの日内変動を見ると、OCは日中に上昇する傾向であった。これは、オキシダントと同様に光化学二次生成と内陸へ向かう海風による輸送が寄与していることが考えられる。NO<sub>3</sub>については、粒子態は常に低濃度で推移したが、ガス態は日中に増加して夜間に低下する明瞭な日内変動が見られ、日中に光化学反応による硝酸生成が起きていた。ガス・粒子分配比は夜間に明確な地域差が見られ、ガスが狛江で6割以上、騎西で3～5割、前橋でほぼ0となっていた。この要因として夜間の気温の違いが考えられた。

## 大気微小粒子中炭素成分の炭化補正簡便法の開発と濃度変動評価

(独)日本学術振興会科学研究費補助金(平成22～23年度)

長谷川就一(代表)

#### 1 目的

炭素成分は微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)の主要成分であるが、その従来測定法である熱分離法は、分析中の有機炭素(OC)の炭化によって元素炭素(EC)を過大評価する問題点を有している。一方、ECに光吸収性があることを利用してこの炭化を補正できる熱分離・光学補正法は、装置が高価であるため容易には導入できない。そこで本研究では、簡便な炭化補正法を開発し、高価な熱分離・光学補正法の装置導入が困難でも、従来よりも正確なEC・OCの測定を可能にすることを旨とする。また、これを使ってこれまでの測定データを見直し、過去および現在の炭素成分の時間的・空間的変動を評価する。

#### 2 方法と結果

熱分離法による分析はCHN計(Yanaco, MT-5)、熱分離・光学補正法による分析は熱光学式炭素分析計(DRI, Model 2001)をそれぞれ用いた。いずれもOCの分析条件はHe雰囲気550 $^{\circ}\text{C}$ であり、DRIにおいては反射光によって炭化補正した。

一方、反射光強度を測定する装置を試作し、CHNによる分析において、分析前からOC分析後の反射光強度の低下に対応する炭素量の関係式を検討した。両者には比例関係が確認できたが、ばらつきが大きかったことから、炭化した炭素量を精度よく推定するのは難しいと考えられた。

しかし、反射光強度はフィルター上のEC量が多いほど小さくなっており、両者の相関は良好であったことから、この関係を使って分析前の反射光強度を測定することで炭化したOCを含まないECを推定した。関係式から算出したEC(Opt-EC)とCHN計によるEC(CHN-EC)を、DRIによって測定されたEC(DRI-EC)と比較した。CHN-ECはばらつきが大きく、DRI-ECよりも過大な傾向であるとともに、低濃度試料についてはマイナスになってしまうものが出るのに比べ、Opt-ECはDRI-ECと比較的よく一致し、低濃度試料についてもマイナスになるものは少なかった。このため、作成した関係式から求めるECは、従来の熱分離法によって求めるECよりも妥当であることが示唆された。

## 大都市とその郊外におけるサブミクロン粒子の特徴と磁気的特性

(独)日本学術振興会科学研究費補助金(平成21～23年度)

米持真一(代表)、梅沢夏実、王効挙

### 1 研究背景と目的

大気中微小粒子PM2.5は2009年9月に環境基準値が告示された。また、これまでの我々の研究で、PM2.5の大部分が粒径 $1\mu\text{m}$ 以下(PM1)に存在することが分かってきたが、PM1を連続的に観測した例は国内ではほとんど存在しない。

本研究では、大都市及び大都市郊外でサブミクロン粒子を多段捕集し、粒径別の成分の特徴を明らかにするとともに、金属成分の磁気的特性に着目し、新しい分離手法(磁気分離法)を開発する。これを粒子状物質試料へ適用することで、粒子状物質試料中に含まれる金属成分の磁気的特性について明らかにする。

### 2 方法

都心(新宿区)および郊外(加須市)に加え、中国上海市内、富士山頂(夏季のみ)で、粒子状物質の多段捕集を行った。質量濃度および水溶性イオンを分析するとともに、サブミクロン粒径の試料については、酸分解を行いICP-MS法によって金属成分の測定を行った。更に、今回開発した磁気分離法によって、磁性フラクションと非磁性フラクションとに分別した上で、酸分解を行い、ICP-MS法によって金属成分を分析した。

### 3 結果

新宿区と加須市、富士山頂および上海市内で、夏季に採取したサブミクロン粒子試料について、金属成分を測定し、同時に磁気分離法によって磁性フラクションと非磁性フラクションとに分けた後、それぞれの金属成分も測定した。ここでは、特にニッケル(Ni)に着目した結果を示すが、非磁性フラクション(Ni-NM)と磁性フラクション(Ni-M)の比率(Ni-M)/Ni-NMは、新宿や加須では、サブミクロン粒子の中でも、粒径によって異なっていたが、上海の試料では、全ての粒径域で1を超えており、磁性フラクションの比率が高いことが分かった。また、富士山頂では1に近い値となっていた。この結果は、ニッケルの化合形態に由来すると考えられ、磁性フラクションには、金属ニッケルが多く含まれるものと考えられるが、具体的な化合形態の推定には至っていない。

## 道路沿道及び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

(財)日本自動車研究所委託研究費(平成23年度)

坂本和彦(代表)、米持真一

### 1 研究背景と目的

最近では自動車ガス対策の効果により、自動車由来の炭素粒子濃度は減少が見られるが、二次生成由来の有機粒子には顕著な改善は見られず、更に、バイオマス焼却由来の炭素粒子の寄与の増加が懸念されている。

以上から、近年の道路沿道における微小粒子の化学組成を明らかにすることは重要である。一方、田園地帯で収穫期以降に見られる野焼き(バイオマス焼却)については、依然として不明な部分も多い。そこで、本研究では、さいたま市(都市部)をフィールドとし、発生源直近で微小粒子試料の採取を行い、その組成を明らかとする。特にPM2.5とともに、報告例の少ないPM1を主な対象とする。

### 2 方法

国道463号直近に、PM2.5捕集用および分級部をPM1に変更したMCIサンプラー2台を設置して試料採取を行った。また、荒川河川敷で行われる大規模な草焼きに合わせ、バッテリー駆動PM2.5サンプラー(MiniVol)と、この分級部をPM1仕様に変更したもの2台を設置して、試料採取を行った。

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元素成分を分析し、PM2.5とPM1の比較を行った。

### 3 結果

道路沿道の高濃度期には、OC、EC、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ に濃度増加が見られ、特にOCの増加が顕著であった。炭素フラクションは、PM1、PM2.5ともにEC1の比率が高く、Char-EC/Soot-ECはPM1で2.1、PM2.5で6.8となった。金属元素成分では、石英繊維フィルターを用いたため、ブランク値が高かったが、PM1中に偏在している成分とPM2.5-1中に多く含まれている成分とに分類することができた。

バイオマス焼却調査では、開始2日目に大規模な草焼きがあり、PM1ではOC、EC、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ が増加したが、PM2.5では全ての成分に濃度増加が見られた。この中でも特にOC、ECに濃度増加が見られ、フラクションではOC2、OC3、OC4、EC2が顕著であった。EC2はSoot-ECに分類される成分であるが、草焼き初期には大量の黒煙が噴き上がり、燃焼温度の高い状態にあったと考えられた。また、焼却後には強い煤臭が残っていたことから、これらの影響と考えられた。

## 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

(独)科学技術振興機構地球規模課題対応国際科学技術協力  
(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>、VOCs、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)で構成される。

WG1: オゾンの立体分布観測による動態解明/WG2: VOCs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・分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、メキシコにサンプラーを導入し、メキシコ市内でも特に高濃度である1地点において9月から3日ごとの通年観測を始めた。また、11月には集中観測として、上記地点を含めた4地点で1日ごとの同時サンプリングを実施し、メキシコ市内の地域差を把握した。さらに、3月にも集中観測を実施した。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。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5月から3日ごとの通年観測を始めた。

## 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

### 1 研究背景

都市ヒートアイランド現象による夏季の高温がエネルギー消費、保健、大気汚染や防災など多面的に問題視されている。対策もとられ始めているが、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併に、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、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、埼玉県内において広域的に気温データを収集し、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、2011年までの観測結果を解析した結果、観測した6年間について共通している事象が認められ、夏季において埼玉県南東部で他の地域と比較して日平均気温が高くなる傾向であった。その平均気温の上昇原因としては、日最高気温や日最低気温の上昇によるものであり、特に日最低気温の上昇が顕著であった。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になった。この結果は、典型的なヒートアイランド現象であり、さいたま市など都市域と県南の東京都に近い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環境影響評価法 (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。本研究では具体的な環境汚染物質として、主にオゾンに焦点を絞り、その他の環境要因として温度・日照条件下で、イネなどの作物に対するオゾンストレスを早期にかつ定量的に評価することを目的とした実証研究を行う。

### 2 方法

収量に対してオゾン感受性の異なる水稻2品種(コシヒカリ、フサオトメ)、ハツカダイコン、ダイズ等について、オゾン暴露条件下で、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

オゾン感受性の異なる水稻2品種(コシヒカリ・ふさおとめ)に、240ppbのオゾンを3時間暴露した際の葉の成長のナノメートルスケールの成長揺らぎ量と光合成速度を計測した結果、オゾン暴露によって、オゾン感受性の高いコシヒカリでは、成長揺らぎ量および光合成速度の低下程度が、オゾン感受性の低いふさおとめに対して大きかった。

また、コマツナやダイズにおいても、オゾン暴露の結果、葉の成長のナノメートルスケールの成長揺らぎ量や光合成速度が大きく減少していた。

この事より、葉の成長のナノメートルスケールの成長揺らぎ量は、葉の光合成などの生理活性の指標になりうるのではないかと考えられた。今後、葉の成長のナノメートルスケールの成長揺らぎ量に変化する要因を詳しく解析を進める予定である。

## 中国農用地土壌汚染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

### 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、本修復技術をクリーンなオンサイト処理法として普及させ、地球環境保全、バイオ燃料事業の支援、持続可能な社会の構築に貢献する。今年度は、中国で現場試験を実施するため、候補地の調査及び有用植物の適応性に関する室内試験を行った。

### 2 研究調査方法

汚染の可能性のある地域から試験地に利用可能な農地を調査した。中国東北部の吉林省では鉱山周辺の5地点、東部の上海市郊外で4地点、北西部の山西省で1地点の候補地について、情報の収集と汚染状況の調査を行った。また、品種を含め、10種の植物について、汚染土壌を用いたポット試験を行った。

### 3 結果

調査した中国の農地土壌はNi、Cd、Cr、Zn、Cuの一種また多種の重金属に汚染され、また、作物中の重金属含有量は食糧の安全基準を上回る地点もあった。汚染原因は、金属資源の採掘及び精錬、汚染底質の敷設、汚染灌漑水の利用などであり、中国の農地汚染の深刻さが示された。

Cu、Zn、Cd、Asの複合汚染土壌を用いたポット試験では、向日葵、トウモロコシ、マリーゴールドの生育が優れていた。バイオマス量は植物及び品種により大きな差があった。修復能力を表す植物の地上部の重金属蓄積量は元素及び植物によって大きく異なり、向日葵はCu、Zn、Mnの蓄積量が最も高かった。マリーゴールドと向日葵はCdの蓄積量が高かった。トウモロコシのNi、As、Cr、Pbの蓄積量は向日葵、マリーゴールドと同レベルであった。これにより、向日葵とトウモロコシのようなバイオ燃料に利用できる植物は生育力が優れていると共に、重金属の蓄積もでき、汚染土壌修復に利用することが可能であることが示された。また、品種により生育状況や重金属の蓄積量に大きな差があり、ファイトレメディエーションには品種の選択も非常に重要であることが分かった。

## 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:(財)産業廃棄物処理事業振興財団(代表:山脇敦)、他5機関

### 1 研究背景と目的

堆積廃棄物の斜面安定性については、確立した評価方法がないため、土質力学に基づく地盤の斜面安定性の評価方法(円弧滑り解析等)を援用するなどして類推しているのが現状である。本研究は、堆積廃棄物現場での載荷・崩壊実験等により、堆積廃棄物の崩壊現象を把握し、従来の土質力学的手法により評価可能な場合における堆積廃棄物の強度定数の与え方や、堆積廃棄物特有の条件を加味する必要がある場合における対応した斜面安定性の評価方法について提案を行う。

### 2 平成23年度の目標

以下の事項を中心に研究を進め、斜面安定性評価の方向性を検討する。

○不法投棄等廃棄物を用いた強度実験等:国内の不法投棄等廃棄物を用いた強度実験(一面せん断試験、引張試験)、現場簡易試験(安息角試験、衝撃加速度試験)、基礎実験(引抜試験、大型土圧試験)を実施し、種々の堆積廃棄物層の強度特性や適切な強度定数( $\phi$ :せん断抵抗角、 $c$ :粘着力等)の求め方を調べる。

○土質力学に基づく斜面安定性評価方法の検討:堆積廃棄物と通常の地盤材料との違いを明らかにして、堆積廃棄物の特性をふまえた斜面安定性評価について、土質力学をベースに検討する。

### 3 平成23年度の成果

○不法投棄等廃棄物を用いた強度実験等:崩壊のおそれが指摘されていた国内の3つの不法投棄等現場で一連の現場実験及び現場から持ち帰った試料により室内実験を実施した。これらにより国内の不法投棄等現場(3現場)は通常の土砂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。現場評価のための試験方法としては、安息角試験が現場の限界的堆積勾配や一面せん断試験と良く整合した結果を得ており、一面せん断試験とともに斜面安定評価上での有効性が確認できた。

○土質力学に基づく斜面安定性評価方法の検討

廃棄物層がもつ引張抵抗を考慮することにより、 $60^{\circ}\sim 90^{\circ}$ の急勾配で安定している状態を解析上で示すことが可能になることが解った。

## 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: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) 建築物解体現場におけるアスベスト含有建材実態調査
- (2) アスベスト含有建材の目視判定手法の確立
- (3) アスベスト含有建材の迅速分析法検討
- (4) 中間処理施設等における選別法の検討
- (5) アスベスト繊維の飛散量測定及び飛散防止対策
- (6) アスベスト含有建材からの繊維飛散量の把握手法検討

### 3 結果と考察

- (1) 建築物解体現場調査の結果、目視判定し採取した建材にはいずれもアスベスト含有が確認された。レベル3のアスベスト含有建材の管理の甘さが確認された。
- (2) 石綿講習会参加者518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、ある程度の経験を積むことによって、目視判定を行える可能性が有ることが示唆された。

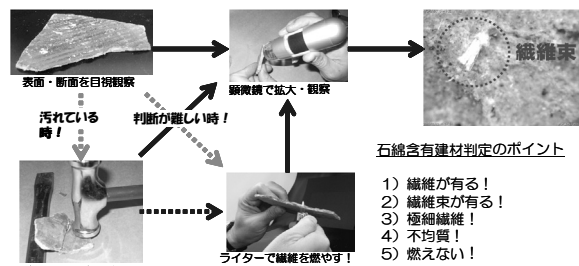


図1 アスベスト含有建材の目視判定方法

- (3) 実態顕微鏡による建材断面観察により建材中のアスベスト含有量が推定できる可能性のあることが示唆された。
- (4) 建設混合廃棄物からアスベスト含有建材を選別する工程の、選別精度を再現するシミュレーションを構築した。
- (5) アスベスト繊維の飛散防止対策については、被災地の実態を調査し、偏光顕微鏡を用いた迅速判定法等の適用を検討した。また、現地測定用飛散量測定装置を試作した。
- (6) アスベスト含有建材や土壌からの繊維飛散量の測定方法や事例を収集・整理し、飛散防止対策検証用実験系構築に向けた検討を行った。

## 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)

川寄幹生(代表)、渡辺洋一、磯部友護、鈴木和将

### 1 研究の背景と目的

本研究は、現在、重量で管理されている廃棄物について、その物理化学的質等や処理状況に関する科学的情報を収集し、資源化に向けた知見を示すことにより、県内市町村担当職員に対して、施策立案支援及び処理技術支援を行うことを目的とする。

### 2 方法

資源化率向上の余地が大きい不燃・粗大ごみの処理に着目する。1)処理・資源化施設における処理情報の再整理及び処理状況・方法の把握等詳細調査を行う。2)処理状況の実態と施設間の差異を明らかにする。3)不燃ごみ処理残さに着目し、物理化学的質の情報を得るとともに、処理状況と質との関係について検討を行う。4)不燃ごみ処理残さに対する付加選別処理について検討を行い、前処理工程や処理工程を追加した場合について経済的評価、再資源化量及び残さ量の変化等から処理システム全体について評価を行う。

### 3 平成23年度の結論

各市町村処理状況調査から、不燃ごみの分類は不燃ごみというよりはむしろ、焼却処理不適正ごみであるということが分かった。また、各施設は機器仕様の詳細は異なるがほぼ同様な破碎選別設備を有していることが分かった。一方、各処理施設から排出され、埋立て処理される不燃残さに着目したところ、各不燃残さは可燃分含有率、金属含有率の面で施設間の相違が見られた。その要因について検討を行ったが、処理人口や粒度選別機の目開きとは必ずしも相関性がないことが分かった。ただし、資源物の抜取りに関わる手選別前処理は、金属含有量及び可燃分含有率に対して影響している結果が得られた。不燃残さ中にはガラス陶磁器くず及びプラスチック類が多いことから、比重差選別を実施したところ、ガラス陶磁器くず及びプラスチック類は90%以上の精度で分離でき、不燃残さに比重差選別機を適用すると、埋立廃棄物の抑制やプラスチック類の再資源化等に貢献できる可能性が示唆された。

## 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、川寄幹生

共同研究機関:北海道大学(代表:東條安匡)、他4機関

### 1 研究背景と目的

我が国における最終処分場への埋立物はその大部分が焼却や破碎選別などの中間処理を経た残さ物であり、焼却灰の固結による通水・通気性の低下、水みち形成、含有化学物質の溶出などの問題が顕在化している。本研究では、このような中間処理残さ主体埋立地における安定化過程に関し、現場調査による現状把握と、室内実験による改善技術の評価を行う。

### 2 物理探査と掘削による埋立地内部調査

埋立地内部を調査するために、比抵抗探査による埋立地全体の調査を行うとともに、ボーリング及び表面掘削による直接的観察を行った。調査対象は一般廃棄物、産業廃棄物の中間処理残さを埋立てた管理型処分場を対象とした。

比抵抗探査の結果、表層の最終覆土層、及び最深部の底部遮水シートに起因する高比抵抗領域に加え、中層～深層では埋立廃棄物層に起因する低比抵抗領域が明瞭に示された。廃棄物層に着目すると、局所的な水みちや安定化遅延に起因するような比抵抗アノマリーは見られなかったものの、中層に比べ深層ではより比抵抗値が低くなっていたことから、中層部分での洗い出しの進行、ならびに深層でより含水率が高い可能性が示された。今後、中長期的なモニタリングを行うことで洗い出しの進行状況や安定化遅延状況を評価できる可能性が示された。

また、ボーリングと表面掘削調査より、焼却灰の固結部位が確認され、固結焼却灰と他の廃棄物との境界面において湿潤状態が確認されたことなどから、固結焼却灰が水みち形成の一因である可能性が明らかとなった。

### 3 ゼオライトによる吸着能評価

廃棄物層内から溶出する化学物質を層内の覆土層で吸着させることができれば浸出水質の層内浄化が期待できる。本年度は、覆土材料にゼオライトを、化学物質にセシウム(Cs)を対象とし、吸着能評価を行った。実験方法は133Cs溶液30mLにゼオライト3gを加え振とう試験を行い、ろ液中のCs濃度をICP-MSで定量した。

その結果、Cs吸着において容積中の塩類濃度が大きな影響因子であり、Na及びKの吸着阻害効果大きいことが確認されたが、塩類共存下でも脱着率は低くゼオライトの有効性が示された。

## 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)、他6機関

### 1 研究背景と目的

共同命令及び基準省令改正以前に設置された旧型の最終処分場について廃止可能であるかの判定が難しいケースが顕在化しており、行政指導するための技術的な根拠がないという問題も抱えている。本研究では、不適正処分場であることを工学的に示すための項目の列挙、ならびに各項目に関する検査方法の整理と開発を行うとともに、構造改善や安定化促進方法に関する提案を行う。

### 2 物理探査による土堰堤構造の把握

約100万m<sup>3</sup>の産業廃棄物が埋め立てられた管理型処分場を調査対象とし、比抵抗探査、EM探査、弾性波探査といった物理探査を用いて非破壊的に土堰堤構造の把握を試みた。本稿では比抵抗探査について報告する。

土堰堤に直交し処分場を縦断するように探査測線を設置し比抵抗探査を実施した。

### 3 調査結果

比抵抗探査の結果、ほぼ全域で10Ω-m以下の比抵抗分布が占めているのに対し、斜面部分の表面では、40Ω-m以上の高比抵抗値が層状に示された(図1)。この処分場ではセメント改良された土壌による多段積み土堰堤が築堤されていることが設計図面から確認されており、この高比抵抗領域が土堰堤に、低比抵抗領域が廃棄物層に起因していることが示された。さらに土堰堤の上、及び天場での比抵抗探査結果からも土堰堤や最終覆土層に起因する高比抵抗領域が確認され、その層厚も異なることを可視化できた。これらより、比抵抗探査によって処分場の内部構造を可視化できることが明らかとなった。

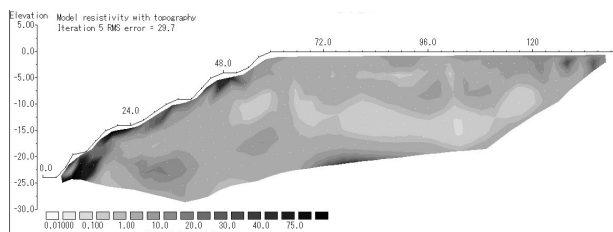


図1 土堰堤を有する処分場での比抵抗探査結果

今後は他の物理探査手法による調査結果の比較を行うとともに、別の処分場を調査対象とし、調査方法の確立を図る。

## 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:公益財団法人 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、環境科学国際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23年度は、最終処分場に搬入されている廃棄物のうち、廃棄物分類から化学組成の判別が困難な燃えがら、鉍さい、汚泥等を調査対象として、蛍光X線装置による分析を実施し、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、廃棄物分類ごとにとりまとめた。

### 3 結果と考察

廃棄物の種類別の傾向として、燃えがらについては、いずれの最終処分場から採取したものも、その化学組成は類似しており、主要成分は、炭素、アルミ、ケイ素、鉄、カルシウム、塩素等であり、これらにナトリウム、カリウム、マグネシウム、イオウ、リン、ホウ素を加えると構成元素の9割を超える。有害金属としては鉛、クロム等を含んでいる。一方、鉍さい、汚泥については、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。

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、あるいは将来的な利用可能性のための保管場所としての処分場の活用などの管理に役立つ情報となる可能性がある。



# 浸透性反応層(PRB工法)による有害物質捕捉技術の確立と長期的性能評価

環境省地球環境保全等試験研究費(平成23年度)

渡辺洋一、川寄幹生

共同研究機関:(独)国立環境研究所(代表:山田正人)

## 1 研究目的

中間覆土代替として水平型浸透性反応層(以下、HPRB)を設置することによる浸出水中の有害物質捕捉技術について、本年度は、HPRBの水質改善効果の持続性を確認するとともに、有害物質について処理効果の高い資材の検討を行うとともに、HPRBの有効性について定量的な指標を定めることを目的とする。

## 2 研究方法

HPRBの水質改善効果について、HPRBを設置した大型廃棄物埋立実験槽(テストセル)を用いた研究を継続し、テストセルによるHPRBの処理効果を継続的に確認した。また、前回報告(平成21年度)において、テストセル浸出水中濃度の上昇していたホウ素を中心に、室内実験により処理効果の高い資材の検討を行った。さらに、HPRBの有効性について定量的な指標を定めるため、初期コスト、水処理コスト軽減についてLCC評価を実施した。

## 3 結果と考察

テストセルの継続モニタリング結果から、一部塩類等を除き、約6年経過までHPRBの処理効果は持続した(図1)。すでに廃棄物層からの有害物質、汚濁物質の溶出濃度も低下し、埋立初期の洗い出しによる高濃度溶出の時期を過ぎたものと考えられた。また、4年経過

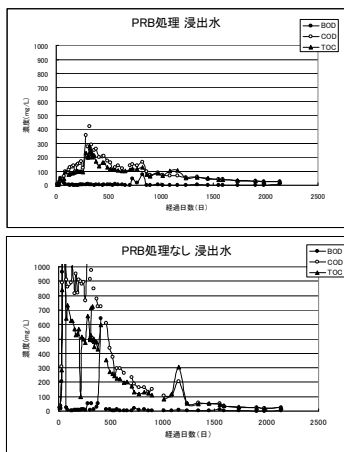


図1 有機汚濁成分の濃度推移

過時まで濃度が上昇していたホウ素についても濃度は低下に転じた。室内実験の結果から、有害物質の中で最も浸出水中濃度の高かったホウ素についても火山灰土壌が有効なことが確認された。経済性の評価として、テストセルのモニタリングデータを用いて、HPRBを最終処分場に用いた場合のコストについてLCC評価を行ったところ、水処理施設の建設費や水処理用薬品等のランニングコストを中心に、埋立面積50,000m<sup>2</sup>の埋立地(埋立期間10年、廃止までさらに15年と想定)の場合で約30%削減可能と推定された。

# 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5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危惧され、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を行う。

## 2 方法

堆肥化・焼却等の既存技術を中心にバイオマス廃棄物の処理に伴う物質収支・環境負荷評価モデルを作成した。さらに、高知県を具体的な適用対象とし、統計データ等から推計したバイオマス廃棄物発生量からを、各市町村地域での処理最適化の試算を行った。

## 3 結果

高知県の家畜糞、動植物性残渣、生ゴミ・下水汚泥等有機性廃棄物量を統計データ等から推計した(図1)。堆肥化・焼却・最終処分等の既存技術、及び生産堆肥の輸送に加え、CRESTの開発技術に対して、物質収支・環境負荷評価モデルの開発に着手した。さらに、物質収支・環境負荷評価モデルを用いて、この評価モデルを用いて、各市町村地域での処理量について、GHGや処分量などの環境制約下におけるコスト最適化モデルの開発を行った。

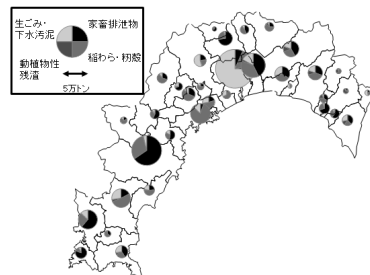


図1 高知県の市町村別発生量推計

## 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

(独)科学技術振興機構地球規模課題対応国際科学技術協力(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

社会的・経済的・技術的な制約条件下での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、廃棄物処分場設計・維持管理ガイドラインに包括し、スリランカ国における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

本プロジェクトでは、スリランカ国内の代表的な気候区分である湿潤気候帯(年間降雨量2000mm以上)のガンボラ/ウダパラーサ処分場と、乾燥気候帯(年間降雨量800mm以下)のハンバントタ処分場の2つを長期モニタリング対象サイトとし、それぞれの処分場が位置する中央州及び南部州の地方自治体を中心に、地方レベルの組織、人員体制、予算規模、技術力などに関する調査を実施している。

廃棄物処分場のモニタリング開始にあたり、モニタリング事例の文献調査、情報の収集・整理、モニタリング項目のリスト作成、廃棄物試料・ガス試料採取法の資料作成を実施した。また、スリランカ国内の異なる条件にある当該地を含む20箇所程度の処分場を対象としたごみ質・ガス特性調査を開始した(現時点で9箇所の試料採取・分析を実施)。

平成24年度は、環境モニタリングの本格実施に向けて、供与機材の導入、機器操作の習得、並びにモニタリング観測井の設置を行う予定である。



写真1 現地調査の様子

## 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 研究背景と目的

推計によると建築物内には約4千万トンのアスベストが未だに使用されており、その9割がアスベスト成形板(非飛散性)であることを考慮すると、今後、アスベスト成形板廃棄物が増大し、廃棄物処理に係わる問題が生じることが危惧される。アスベスト成形板廃棄物が他の建設廃棄物と混合された場合、他の廃棄物によってかなり希釈されるため、JIS A1481:2008「建材製品中のアスベスト含有率測定方法」に規定された手法で検出することは困難を伴う。

本研究は建設廃棄物中間処理施設から排出される破碎選別処理残さ(篩下残さ)を対象を絞り、篩下残さ中に含まれるアスベストを風力・比重差選別装置を使用して濃縮する方法(JIS法を適用するための前処理方法)を検討する。

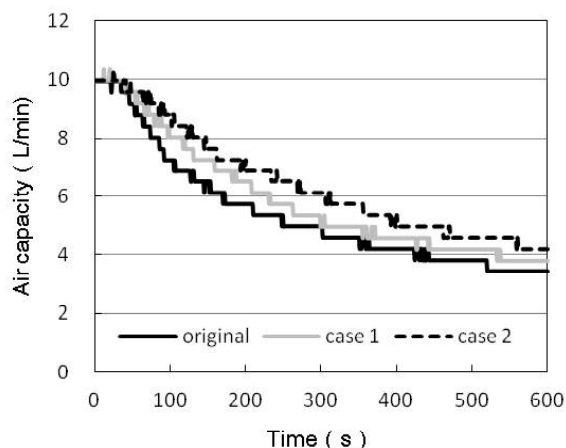
### 2 平成23年度の目標

平成22年度までに作成した篩下残さからのアスベスト濃縮装置の粉塵回収効率を向上することを目的とする。具体的には以下の項目の改良を行う。

- 配管径を太くすることにより、配管内部でのつまりを抑える。(φ4mm→φ7mm)
- フィルター到達前に粉塵を回収する(サイクロンポット内で粉塵を回収するために、細孔付きの内筒の設置)。

### 3 平成23年度の成果

結果を下図に示した。case1及びcase2にはφ1.5mmの細孔が付いた内管を入れた。図からわかるように、細孔入り内管を付けることによって、フィルター到達前に粉塵の回収効率を高めることができた。



# 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を調査、その生成機構及び生成速度の解析を行う。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 方法

廃棄物焼却施設の調査には、2003年から2009年に採取した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。平成23年度は、都市ゴミ、汚泥、建設系廃棄物等の各種焼却施設含む16施設を対象とした。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

全16試料中ハロゲン化PAHs及びPAHsの濃度分布は、平均値で塩素化PAHs: 580ng/m<sup>3</sup>N、臭素化PAHs: 140ng/m<sup>3</sup>N、PAHs: 7600ng/m<sup>3</sup>Nであった。焼却炉のタイプや廃棄物種別にみると、建設系廃棄物処理に用いられる焼却能力の低いバッチ式固定炉(～1000kg/h)でハロゲン化PAHs濃度が高く、大型で焼却温度の安定なストーカー炉(都市ゴミ)では、バッチ式固定炉と比較して3桁程度低い傾向にあった。この傾向はこれまで多くのデータを蓄積しているダイオキシン類と類似するものである。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23年度の研究

堆積性カオリン粘土中に存在するダイオキシン類の起源を推定するため、カオリン質粘土の大部分を産出する瀬戸地域において母岩である花崗岩、風化花崗岩(まさ)、及び周辺地域に再堆積したカオリン質粘土層を採取した。これら試料についてダイオキシン類分布を明らかにし、粘土堆積層の形成過程とダイオキシン類分布の関係を調査した。

## 3 結果

瀬戸地域に分布する木節・蛙目粘土堆積層中ダイオキシン類の実濃度範囲(tetra～octaCDD/FsとDL-PCBsの合計)は、1400～9700pg/gであり、その99%以上がPCDDsで構成されていた。同層付近に分布する珪砂からは14pg/gと極めて低い濃度のダイオキシン類が検出された。各粘土堆積層のTEQについては、木節粘土層の上位に分布する亜炭層から最大値:88pg-TEQ/gが検出されたが、これは土壤の環境基準と比較して十分に低い値であった。粘土の母岩である花崗岩やまさについては、実濃度が0.57～9.2pg/g、TEQが0.000039～0.018pg-TEQ/gの範囲であり、粘土堆積層と比較して3桁以上低い濃度レベルであった。このことから、粘土堆積層中に含まれるダイオキシン類は、花崗岩やその風化物に起因するものではなく、粘土粒子が流水によって堆積する過程もしくは堆積後に、吸着又は生成したものと推測された。既報において、ドイツのカオリンおよび堆積性カオリン粘土から同様の濃度分布が報告されている。また、亜炭層など炭化質の堆積層から比較的高い濃度のダイオキシン類が検出される傾向も本研究と類似するため、今後は含有する炭素と粘土鉱物、ダイオキシン類の関係を多角的に調査していくことが、ダイオキシン類天然生成メカニズムを解明するために重要と考えられる。

## 新奇ハロゲン芳香族群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)

### 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 方法

平成23年度は高ハロゲンPAHsの分析法検討を中心に行った。これまでの四重極GC/MS法に換えて、高分解能GC/MSを用いて分離分析カラム、昇温等の各種条件の最適化を行い、高感度分離分析法を検討した。ハロゲン化PAHsの環境試料には大気、河川水、湖・海底堆積物を用いる予定である。次年度から開始する生態系を含めた環境動態解析のため、予備調査として綾瀬川より河川水、底質を採取し、分析法検討試料とした。また、生物試料として汚染地域から採取した魚類を協力研究機関を通じて収集し、次年度以降の分析試料とした。

### 3 結果

高分解能GC/MSの分析条件の最適化により、40種のハロゲン化PAHsの一斉分析法を確立した。底質試料の抽出液をシリカゲルカラム及び活性炭カラムで精製し、高分解能GC/MSと四重極GC/MSの両方を用いて分析・比較した。高分解能GC/MSでは、マトリックスの影響の大きい底質についても安定したクロマトグラムベースラインを得ることができた。特に毒性が高く、環境リスクを評価する上で重要な化合物である塩素化クリセン及び塩素化ベンゾ[a]アントラセンは、従来の四重極GC/MS法では妨害ピークにより正確な評価が困難であったが、高分解能GC/MSを用いることで妨害ピークを分離できることがわかった。次年度以降、確立した方法を用いて試料分析を行い、環境汚染実態調査及び環境動態解析を進めていく予定である。

## 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酸(PFOA)は、生物に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、その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

PFOS、PFOA及びそれらの前駆物質濃度の現状を把握するため、県内の35河川38環境基準点の河川水濃度を調べた。生活系由来の影響を把握するため、農業集落排水処理施設放流水と製品中の各物質濃度を調べた。

### 3 結果

県内の河川水からは主にPFOS、PFOAが検出され、前駆物質の検出頻度、濃度は低かった。河川水のこれらの物質の濃度は漸減傾向にあることがわかった。農業集落排水処理施設放流水からはPFOS、PFOAが検出されたが、前駆物質はほとんど検出されず、濃度も低かった。日用、工業用として使用される製品は、いくつかの物質でPFOAが検出されたが、PFOSは検出されなかった。PFOSは2009年のPOPs条約により製造、輸入、一部用途を除く使用が禁止されたため、最近市販されている製品からは検出されなくなったと考えられる。しかし、農業集落排水処理施設放流水からは現在もPFOSが検出されているため、最近使用されている製品由来でない要因があると考えられる。今後は、前駆物質の分解試験などを行い、PFOS、PFOAへの転換機構を明らかにする。

## ゼオライトろ床と植栽を組み合わせた里川再生技術の開発

環境省環境研究総合推進費(平成21～23年度)

木持謙(代表)、金澤光

共同研究機関:早稲田大学、真下建設株式会社

### 1 研究背景と目的

高機能窒素吸着型ゼオライトと植栽を組み合わせた里川再生技術の開発と持続的維持管理手法の研究開発を、実河川サイトで行う。浄化効率や維持管理性等の浄化施設の視点と、水生生物等の生息・産卵場所や植栽基盤としての有効性等のビオトープの視点の両面から研究開発を進める。また、他サイトへの適用も見据えた仕様設計のための知見を蓄積する。

### 2 方法

天然クリノプチロライトを含有するゼオライト成形体(長円筒型)を用いて、筏型水質浄化モジュールを製作した。埼玉県北部を流れる元小山川の最上流部の、長さ210mの区間(河川流量:数十L/秒)を用いて実験を行い、上流端から下流方向に、①湿地エリア(0～10m:抽水植物のミクリ等を植栽)、②せせらぎエリア(10～70m:浅い砂底で水がさらさらと流れる)、③植栽エリア(70～130m:水深20～40cm程度の緩やかな流れを想定し、約1m間隔でミクリを植栽)、④淵エリア(130～210m:底泥が溜まりやすい環境を想定し、筏モジュールを10基設置)の4エリアを設定した。実験水路には、流速が1cm/sec程度となるように河川水を自然流入させた。

また、実験水路内の生息生物の調査を実施した。採捕した生物は、種類、数について、魚類はこれに加えて全長および被鱗体長について記録した。

### 3 結果

NH<sub>4</sub>-Nについては、初夏を中心に流入濃度が5mg/L程度まで上昇したが、里川再生装置の流出部分ではその期間を含めて、清流ルネッサンスIIの目安値である3mg/L以下に概ね維持された。また、期間全体の除去率の平均値はT-N、T-Pがそれぞれ約20%、BODは50%近くが得られた。

生息生物調査(魚類)の結果、区間毎に特徴的な優占魚種が観察された。小流量で水深が浅い”せせらぎエリア”で観察されたのはほとんどがメダカであり、続く”植栽エリア”ではメダカに加えてモツゴ・タモロコ・コイ・オイカワ等と、魚種が多様化した。さらに”淵エリア”では水深が増大・流速が低下して泥底になったが、ここでは大型肉食魚のナマズが観察され、良好な生態系が構築されていると考えられた。魚種が増加したことに加え、オイカワが多数観察されたことも、生息環境改善の現れと考えられた。

## 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)、他4機関

### 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、従来の化石エネルギー利用を極力減じ、自然エネルギーを最大限に活用する既存電力ハイブリッドを導入した、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対応省エネルギー型の高度化新技术・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温室効果ガス(N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>)発生特性について、データの蓄積を図った。まず、嫌気好気無循環方式のラボスケールの実験装置を用い、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。

また、屋外設置の実機浄化槽2基を用いて同様の検討を行った。(財)日本建築センターが定める浄化槽性能評価試験方法に従い実生活排水を流入させた。そして、浄化槽1基について省エネルギー運転として、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。

ガス試料は大気中へと放出されるものおよび反応槽や処理水中の溶存態のものを対象とし、N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>を分析した。また、定期的に流入水、反応槽内水および処理水を採取・分析し、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い、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、といったことが明らかとなった。

実機浄化槽実験の結果、ブローア停止を組み込まない浄化槽が一貫してN<sub>2</sub>O放出速度が大きい上、原水流入時間帯に放出速度が増大する挙動が見られた。流入窒素のN<sub>2</sub>O転換率(窒素換算)はブローア停止を組み込んだ浄化槽および組み込まない浄化槽の順に0.44%、1.21%と、前者は後者の1/3程度に低減できた。一方CH<sub>4</sub>については、放出CH<sub>4</sub>-C/流入BOD比は前者で4.8%、後者で5.1%と、顕著な差は見られなかった。

## 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)、他2機関

#### 1 研究背景と目的

浅い富栄養湖沼における底質の植物プランクトンシードバンク機能を評価するために必要な、モデル湖沼である山ノ神沼(埼玉県蓮田市)での水質及び植物プランクトン組成の季節変化を予備的に把握することを目的とする。

#### 2 方法

水試料は、ペイラーサンプラー(大起理化工業(株)製)を用いて水面から底質面直上10cmまで水柱状に採水した全層沼水(以下、全層水)及び底質面直上10cmの位置で採水した底層沼水(以下、底層水)の2種類である。それぞれChl-a、COD、全窒素(T-N)、全りん(T-P)、植物プランクトン等を測定した。調査は平成23年6月(全層水は10月以降)から平成24年1月まで1回/月の頻度で行った。

#### 3 結果

山ノ神沼の各水質項目は、夏期に高く冬期に低くなる傾向が見られ、平均ではChl-a=170  $\mu$ g/L、COD=16mg/L、T-N=4.3mg/L、T-P=0.28mg/Lであった。全層水と底層水はほぼ同じ値を示した。また、COD、T-N、T-PはChl-aの推移によく追従していることから、植物プランクトンが山ノ神沼における水質の形成に大きく寄与していることが分かった。SSはChl-aと同様に推移したが秋頃まで底層の方が大きい値を示し、底質の巻き上げなどChl-aを含まない懸濁物質が多く存在していたと推察された。

夏期には*Microcystis*属を主として構成されるアオコが発生した。一方、冬期の植物プランクトン相は*Nitzschia acicularis*を始めとする珪藻が優占することが分かった。また、冬季は全層水より底層水において植物プランクトンが多く計数されたことから、底層に沈降した状態で分布していることが示唆された。したがって、冬季に沼水中から姿を消した*Microcystis*属についてもおそらく底質中で冬を越す、シードバンク機能を有すると推察された。

## 疎水性有機汚染物質の生物利用性に与える溶存有機物質の影響評価

(独)日本学術振興会科学研究費補助金(平成22~23年度)

池田和弘(代表)

#### 1 研究背景と目的

排水規制や水環境管理にバイオアッセイの導入が検討されているが、共存する溶存有機物質の毒性緩和効果は十分に評価されていない。本研究では、溶存有機物質が持つ、疎水性有機汚染物質の生物利用性を低減させる効果を定量的・体系的に評価し、バイオアッセイによる水質管理に有用な情報を提供する。

#### 2 調査方法

溶存有機物質が持つ疎水性有機汚染物質の生物利用性を低減する効果は、生物を模擬したモデル細胞膜(Sovicell社製Transil)を利用して、細胞膜への分配(分配係数をP<sub>m</sub>とする)を減少させる効果として評価した。疎水性有機汚染物質の中から医薬品や多環式芳香族炭化水素類などを評価対象に選んだ。溶存有機物質は荒川、琵琶湖などから分画分子量1000Daの限外ろ過膜により抽出・濃縮し実験に供した。

#### 3 結果と考察

図1にピレン(logK<sub>ow</sub> 4.8)のP<sub>m</sub>の測定結果を示す。DOMを実環境中の濃度を上回る濃度で共存させると、ピレンの細胞膜への分配が明確に減少することがわかった。得られたP<sub>m</sub>からピレンのDOMへの収着係数K<sub>doc</sub>(L/kgC)を算出すると、荒川上流親鼻橋のDOM(K<sub>doc</sub>:11000)と中流御成橋のDOM(K<sub>doc</sub>:3900)および支流唐沢川のDOM(K<sub>doc</sub>:8400)は、市販の米国スワニー川のDOM(K<sub>doc</sub>:14000)と同程度からやや小さいものとなったが、琵琶湖のDOM(K<sub>doc</sub>:1200-3800)よりは大きいことが分かった。

得られたK<sub>doc</sub>から実際の水環境中でピレンの細胞膜への分配が減少する程度を評価した結果、1~2%の減少にとどまり、ほとんど影響を与えていないことが分かった。

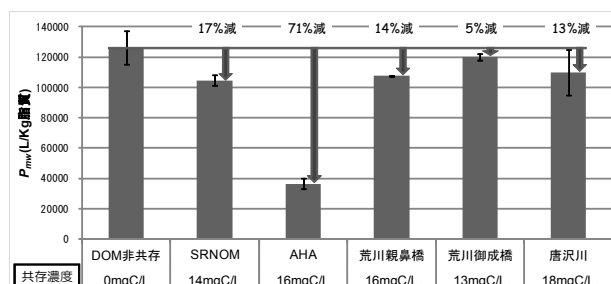


図1 ピレンの細胞膜への分配に対する溶存有機物の影響

水質情報に基づく水道管老朽化診断手法の構築  
(独)科学技術振興機構研究シーズ探索プログラム  
(平成23年度)

見島伊織  
共同研究機関:茨城大学(代表:藤田昌史)

### 1 研究背景と目的

水道管内面の老朽化が進行している場合、管の構成金属などが溶出し、水道水とともに運ばれる。我々は、この金属などの溶出を水質分析から評価することで、管内面の状況を推定できるのではないかと考えている。流下過程におけるFe形態の変化は、水中のFeが水道管内の滞留している際に、酸化などの影響によって形態が変化している可能性がある。一方で、Feの形態解析にはXAFS測定が有効であるが、水道水のFeが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、XAFS解析における最適なパターンフィッティングの対象エネルギー領域の検討を行った。得られた条件を用いて、消火栓から採取した滞留時間の異なる試料のFe形態を解析した。

### 2 方法

配水管上の縦管部において消火栓から採水を行なった。消火栓を開栓した直後(0分後)に採水し、そのまま水の放流を維持した5分後、15分後にも採水を行なった。0分後は、消火栓の縦管部に滞留している試料を採取でき、5分後、15分後には水道管内を流れる試料を直接採取できると考えられる。採取した試料をろ過し、懸濁物質をフィルター上に捕集した。メンブレンフィルター上のFeのK吸収端XAFS測定を行った。また、既存の研究で水道管中の存在が報告されているFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>、 $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、 $\alpha$ -FeOOHを標準物質として同様のXAFS測定を行った。

### 3 結果

Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>および $\alpha$ -FeOOHを $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>でパターンフィッティングした際のRを求めた。終了するエネルギーが高くなるにつれ、徐々にRは上昇し、7140eV付近で最大となった。これらのことから、7100eVから7140eVまでのエネルギー領域でパターンフィッティングを行うことで、これら3物質の構成割合を明確に評価できることが示唆された。

消火栓試料のFe形態解析を行ったところ、定性的には5分後、15分後の試料のFeはほとんどがFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>であった。一方で、0分後の試料Feは $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、 $\alpha$ -FeOOHで構成されていたことから、消火栓の縦管部のFeは酸化が進んだ状態で滞留していると考えられた。

このように、水道管内のFe形態がXAFS測定によって判別可能であり、Fe形態は滞留時間によって異なることが示唆された。

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  
下水道振興基金(平成23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、雨天時の水圏ならびに大気圏における環境負荷削減について温室効果ポテンシャルや富栄養化ポテンシャルを指標として、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で運転されている下水処理場の1つの系を対象とし水質の調査を行った。2011年3月までは、硝化促進運転であったのに対し、それ以降は曝気風量を抑制した硝化抑制運転に切り替わっている。これにより、曝気風量が削減されている。本施設の流入水、処理水、反応槽内混合液を定期的に採水した。なお、反応槽内混合液については、流れに沿って等間隔に4箇所を選定し採水を行った。これらの試料の溶存態N<sub>2</sub>Oを含む、窒素成分を分析した。本施設では、すべてのガスが集約されて脱臭処理されているため、脱臭処理前において真空瓶でガスを採取した。また、反応槽内混合液と同様に反応槽の4箇所の上部の管からガスを採取した。

### 3 結果

運転条件の変更後においては、硝化が進行せず、NH<sub>4</sub>-Nが高濃度で処理水に残存した。脱窒活性には大きな変化は認められなかったが、硝化活性は低下した。また、硝化がNO<sub>2</sub>-Nまでで停滞することが観察された。窒素成分の変化を調査したところ、硝化が進行している地点でN<sub>2</sub>Oが生成されており、曝気風量が抑制されたことで硝化の進行およびN<sub>2</sub>Oの生成が抑制された。DOが存在する好気的な条件下でNO<sub>2</sub>-Nが蓄積した際にD-N<sub>2</sub>Oが生成したことは、アンモニア酸化細菌によるNO<sub>2</sub>-Nの還元によってD-N<sub>2</sub>Oが生成されている可能性があることが示唆された。

# 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

鉄鋼環境基金(平成23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

下水処理分野においては汚泥処理、水処理の両方でN<sub>2</sub>Oなどの温室効果ガスの発生抑制のための対策を講じる必要がある。しかしながら、N<sub>2</sub>O発生量を削減するための明確な運転方法が確立してはならず、N<sub>2</sub>Oの生成から排出までの知見を網羅的に収集する必要がある。これまでの報告によると、N<sub>2</sub>O生成には、DO、有機物、汚泥滞留時間、NO<sub>2</sub>-Nなどが影響すると言われており、中でもNO<sub>2</sub>-Nは支配的な要因であることが多い。これらのことから、標準活性汚泥法で運転されている処理場を対象として、硝化における硝化活性、NO<sub>2</sub>-N生成、N<sub>2</sub>O生成の関連性を考察した。なお、対象とした標準活性汚泥法の施設(施設B)は、硝化促進から硝化抑制に運転条件が切り替わったため、硝化が十分に行われているオキシデーションデイチ法の施設(施設A)も別途調査し、結果を比較した。

## 2 方法

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回分試験を行った。試験では、NH<sub>4</sub>-Nを添加した後、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、ろ液のNO<sub>3</sub>-Nを測定した。試験開始後2時間におけるNO<sub>3</sub>-Nの増加速度を求めた。

NO<sub>2</sub>-NからN<sub>2</sub>Oへの生成を調べるために、ヘッドスペース型の回分試験を行った。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。気相部N<sub>2</sub>Oを分析し、生成したN<sub>2</sub>O濃度を計算した。

## 3 結果

施設Aでは、硝化活性が低くNO<sub>2</sub>-Nの生成も見られないが、施設Bの硝化促進時は、硝化活性が高くなるにつれ、NO<sub>2</sub>-Nの生成も高くなった。一方で、施設Bの硝化抑制時では、硝化活性が低下したにもかかわらず、NO<sub>2</sub>-Nは高濃度に維持された。

N<sub>2</sub>Oの生成を試験すると、いずれの施設においてもNO<sub>2</sub>-Nが高くなると生成されたN<sub>2</sub>Oも増加し徐々に一定値に収束したことから、NO<sub>2</sub>-NからN<sub>2</sub>Oへの生成はミカエリス・メンテン式で説明できることが示唆された。また、いずれの施設においても多少のばらつきは認められるものの、時間とともにN<sub>2</sub>O生成量が直線的に増加した。このように、N<sub>2</sub>O発生のモデル化のための速度論的結果を得た。

# 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:埼玉大学大学院理工学研究科

## 1 研究背景と目的

近年、日本各地で自然由来の土壌汚染が顕在化し始めている。本研究では、海成層中有害重金属類の低コスト・低負荷型不溶化技術を開発する。具体的には、黒ボク土や泥炭土などの有機質土を吸着材として海成層に混ぜ込み、土壌のイオン交換機能及び吸着機能に加え、腐植物質の錯形成機能を導入した新規不溶化技術を開発する。

## 2 方法

今年度は、土壌pHを調整することにより有害重金属類の溶出を抑制手法について検討した。具体的には、酸性化した海成土壌(pH3.7~4.1)にアルカリ剤を添加し、中性付近まで土壌pHを増加して重金属類の不溶化を試みた。試験に用いるアルカリ剤には、入手が容易で安価な消石灰を選定した。

海成土壌(草加市内で採取)約2gに消石灰の一定量を添加し、土壌溶出量試験を実施した。土壌溶出液のpH、ECを計測するとともに、溶出した重金属類濃度を誘導結合プラズマ質量分析装置や発光分光分析装置で測定した。これらの結果から、重金属類の不溶化効率を把握した。

## 3 結果

重金属類の不溶化条件は元素によって大きく異なり、鉄、アルミニウム、カドミウム、亜鉛、マンガン等は中性から塩基性領域でほぼ確実に不溶化できることが分かった(図1)。一方、砒素、クロム、銅はpH8以上になると再び溶出し始め、不溶化には土壌pHを中性付近に設定しなければならないことが分かった(図1)。消石灰を用いた不溶化技術は、数多くの重金属類に適用可能な低コスト・低負荷型な手法であることが分かった。ただし、ホウ素は土壌pHを中性付近に設定しても不溶化することが困難であった。

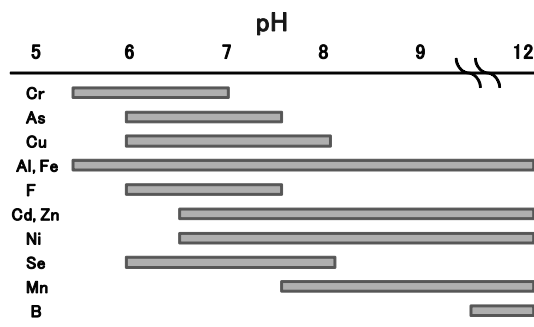


図1 不溶化可能なpH範囲



# 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・大学院環境科学研究科

## 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、微動探査法で使用す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行う。

## 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点アレイに対して平面波が入射する場合、2つのセンサ間の位相差は $\exp(-jkrcos\theta)$ ; ( $k$ :波数、 $r$ :センサ間距離、 $\theta$ :入射角)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、解析が実施できると考えられる。

本年度は微動アレイの基本となる2点アレイを用い、指向性の制御可能性について基礎的な検討を行った。その結果、アレイの指向性について制御できる可能性があることが確認された。