

[006]附属循環型社会システム工学研究センター活動 報告 : 6

<https://doi.org/10.15017/1468107>

出版情報 : 附属循環型社会システム工学研究センター活動報告. 6, 2014-06-30. 九州大学大学院工学研
究院附属循環型社会システム工学研究センター
バージョン :
権利関係 :

2. 研究活動の記録

2-1. 社会基盤研究室

2-1-1. 核燃料サイクル工学研究分野（出光研究室）

（研究目的）エネルギー資源の有効利用により持続可能型社会を実現するため、高度な核燃料サイクル技術の確立を目指し、軽水炉・高速炉燃料および破損燃料の物性評価、放射性廃棄物の処理処分技術の開発等に関する研究を行っている。

（研究概要）

- ・核燃料の融点・熱伝導率測定装置の開発および計算科学による物性評価（有馬）

現在商業用炉で使用されている UO_2 を主成分とする核燃料では、Pu やマイナーアクチノイドの添加量の増加また燃料装荷時間の増加にともない融点および熱伝導率が低下する。また、東日本大震災で起きた原子炉過酷事故により、燃料は溶融し、現在でも炉底に蓄積している。したがって、核燃料の溶融現象の理解つまり融点測定の重要性は極めて高くなっている。この研究では、ミリ秒オーダーでの測定、無容器法、放射率との同時測定といった革新的なアイデアを取り入れた装置の開発に着手し、模擬燃料としてのジルコニア、セリアなどの高温融点を有するセラミックス材料の融点測定を可能とした。また、周期加熱法を用いた熱伝導率測定装置の開発にも着手した。更に、研究例の少ない $\text{PuO}_2\text{-AmO}_2$ 混合酸化物の熱伝導率を実験（JAEA との共同研究）と分子動力学法の両手法を用いて評価し、 AmO_2 の混合割合が増加すると熱伝導率が低下することを明らかにした。

- ・燃料再処理の新手法の開発（有馬）

Pu を含有した燃料の再処理は、硝酸溶液に対する Pu の低溶解度を補うために、実験装置に負担の大きな条件下（フッ化水素添加、高温など）での作業を余儀なくされている。この研究では、 PuO_2 を一旦珪酸塩と反応させることにより、プルトニウム珪酸塩を合成し、酸溶解させる手法を提案している。そこで、 PuO_2 の模擬物質である CeO_2 を用いて数種類のセリウム珪酸塩を合成し、プルトニウム珪酸塩と同様に、室温にて 3-4 規定硝酸に容易に溶けるものの存在を確認した（JAEA との共同研究）。

- ・ガラス固化体の長期溶解／変質と核種浸出の速度論的評価（稲垣）

使用済核燃料再処理過程で発生する高レベル放射性廃液はホウケイ酸ガラスで固化され、オーバーパック（炭素鋼）や緩衝材（ベントナイト）の人工バリアを配して深地層中に処分される。この地層処分ではガラス固化体の数万年以上にわたる長期の核種保持性能（浸出挙動）を評価する事が必要であり、地下水との接触によるガラス固化体の溶解／変質について多くの研究が行われているが、その反応は複雑であり、十分に信頼性の高い評価には至っていない。例えば、ガラス固化体は溶解とともに安定なケイ酸塩鉱物へ変質し、この鉱物化過程はガラス溶解速度や核種浸出挙動と密接に関係する。また、ガラス溶解速度や核種浸出挙動には、ガラス組成に加えて接触する地下水の pH や組成、温度等の環境条件も大きく影響する。そこで、米仏英独等の研究機関と共同して国際標準 6 成分ガラス試料を開発・作製し、新たに開発したマイクロリアクタ流水試験法を用いたガラス固化体の溶解／変質実験により、様々な環境条件でのガラス溶解速度を精密に測定し、溶解機構の評価を含む速度論的評価を行った。（JAEA との共同研究）

- ・放射性ヨウ素廃棄物の固定化：ヨウ化銀（AgI）の溶解挙動評価（稲垣）

使用済核燃料再処理過程で発生する放射性ヨウ素（I-129）は長半減期、低取着性の主要

な TRU 廃棄物であり、化学的に安定な化合物（固化体）として地層処分することが検討されている。その安全性評価には、処分環境におけるヨウ素化合物の溶解および酸化還元に関する基礎化学的特性を理解する必要があるが、反応は複雑であり現在必ずしも十分に理解されていない。そこで、代表的なヨウ素化合物である AgI およびヨウ素を吸着させた吸着剤（アルミナ）を HIP 固化処理した岩石固化体について、処分環境で予想される還元雰囲気の種類条件での溶解実験を行い、その溶解機構と速度を評価した。（(株) 神戸製鋼所との共同研究）

- ・ Cs吸着ゼオライトの熔融ガラス固化条件に関する研究（稲垣）

福島第一原発事故の汚染水処理で発生したCs吸着ゼオライトを合理的に処理する方法として熔融ガラス固化が検討されている。熔融ガラス固化では、熔融温度やガラス融剤の種類／添加量等の熔融ガラス固化条件が固化体の減容率やCs残存率、化学的耐久性といった固化体の諸特性に大きく影響し、さらには廃棄物最終処分の安全性や合理性にも影響する。そこで本研究では、熔融ガラス固化条件と固化体の諸特性との関係を明確にする事を目的とし、熔融温度／時間、ガラス融剤添加量等をパラメタとして固化体の組織均一性やCs残存率等の固化体の諸特性を評価した。（科学研究費補助金）

- ・ ベントナイト中の鉄腐食生成物、ヨウ素、セレン、アクチニド元素の移行挙動（出光）

ベントナイト（粘土）は、高レベル放射性廃棄物処分システムにおいて緩衝剤として使用されることが予定されている。緩衝剤中の放射性核種の移行挙動は、処分場の安全評価のために必要不可欠の情報である。ベントナイトは層状構造をしているが結晶構造の欠陥により負に帯電している。この電荷を補償するため層間に陽イオン（ナトリウム）を保持している。多くの元素はこの層間をナトリウムとイオン交換しながら移行するものと考えられる。本研究は、拡散実験や、電気化学的移行実験によりベントナイト中の陰陽両イオンの移行挙動を明らかにすることを目的とし、還元環境下でのベントナイト中の鉄腐食生成物、ヨウ素、セレン、アルカリ元素、アルカリ土類元素、ランタニド元素、プルトニウムの拡散係数と分散長を電気泳動試験により得た。このうち、主に陰イオンであるセレンについては、亜セレン酸を出発物質とし、鉄イオン共存系での化学形変化についても鳥栖の放射光施設を利用して測定を行なった。なお、鉄イオン共存系では亜セレン酸の移行が著しく遅延されることを見いだした。また、佐賀県立九州シンクロトロン光研究センターを利用して、遅延されたセレンの化学形が亜セレン酸のまま保持されていることを明らかにした。この結果の報告は、国際会議においてポスター賞を受賞した。ヨウ素に関しては、セメント中に固定化したヨウ素酸が鉄イオンによって還元され溶出しやすくなることを明らかにし、鉄2価イオンが3価イオンになる反応と化学量論的に一致することを示した。この論文は米国セラミックス学会の論文賞を受賞した。プルトニウムに関しては、ベントナイトを酸処理しH型ベントナイトにした試料を用いた試験を実施し、2価鉄共存状態での拡散がベントナイト空隙のpH変化によることを明らかにした。

2-1-2. 環境機能材料学分野（原研究室）

環境汚染、資源・エネルギーの枯渇に関わる、有用資源の回収や捕集、汚染浄化のための新規有機材料の開発、高機能化の研究を行っている。そのために、それら材料の構造と機能の関係解明のためにシンクロトン光や中性子線を用いた構造解析や計測法の開発を行っている。また、アクチュエータとして応用可能な機能性材料の基礎研究、材料評価への応用が可能な計測研究、ソフトマテリアルの長時間変形流動を取り扱うための基礎研究等も行っている。

1. レアメタル・重金属リサイクルを可能にする機能性材料開発

重金属とは一般には鉄以上の比重を持つ金属の事であり、その精錬のし易さから歴史的にも比較的早くから大量に利用されている。しかし、多くの重金属は有害であり、人体へのごく微量の取り込みでさえ大きな悪影響を及ぼすものもある。この毒性により、産業利用されたものが十分浄化されていない廃液中に残存したまま環境中へ放出され、このような重金属が日本でも深刻な公害問題を引き起こした。そして、公害問題を契機として有害イオンに対する認識の広まりと法的規制によって、環境中への流出防止に関する研究や技術は著しく進歩してきており、日本においてはかつてのような広範な公害問題が起こることは少なくなってきた。しかし、後進国を見渡せばこのような公害問題は未だ多く見受けられ、さらに、産業の発展によって従来使われていなかった重金属の使用が広がるなど、より経済的で、より効率的で、しかも柔軟な解決策が求められている状況に変わりはない。

こうした重金属は一般に元素としての毒性を持っているため、化合物としては分解したとしてもその毒性は消失することはない、一旦流出した重金属は拡散により時間とともに広範囲に汚染を広める。そのようなことを防止するため、化学系研究施設や工場などから排出された重金属は、法令に従い廃液処理施設などで水酸化物として処理後、有害物質含有量や環境・人体に与える影響等の基準により分別され最終処分場において処分が行われる。最終処分とは、その大半が埋め立て処分であり、廃液処理施設から生み出された大量の重金属水酸化物を処分するための最終処分場を確保することは住民の反対運動によって難しく、居住地域から離れた場所にせざるを得ないことから、場所が確保できたとしても道路整備や運搬コストの高騰などの問題が起こっている。また、最終処分場に処分されたとしても、近年温暖化による気象変動や産業活動により増加した酸性雨などに起因した重金属の環境への再漏洩による汚染が懸念されている。

また、天然に産する鉱物に由来する有用資源である重金属を大量に工業生産で用いた後に埋立てにより生産活動から隔離し事実上消費してしまう事は、限りある資源としての重金属の枯渇の問題をも引き起こしている。さらに最近では、大量に使われる一般重金属だけでなく、様々な機能性を実現するために用いられるレアメタルについてもリサイクルの必要性が社会的に広く認識されるようになった。レアメタルは産出地が偏在するために政治的問題で供給が不安定にあることが問題となっており、廃棄物からの資源リサイクル(都市鉱山の利用)や環境中からの回収に関する新技術開発が望まれている。

このような状況を改善するためには、有害重金属やレアメタルを回収し、再度産業活動へリサイクルすることが必須であり、これを実現し持続可能な社会を構築することは社会的

急務である。

このような状況から、本年度当研究分野では、(1)廃液等の中に混在するレアメタル陽イオンと陰イオンの同時吸着と温度スイングによる吸脱着に関する基礎検討と、(2)廃棄ペットボトルを利用する重金属回収材の開発のための研究、を行った。これまでに各々のイオンを極性により分別しリサイクルを簡易な操作で可能にする高分子ゲル吸着材を開発し、実用を目指して研究を行ってきた。本年度は、さらに高効率を実現するために吸着による局所構造変化をX線構造解析によって調べ、高効率化につながる知見を得ることが出来た。また廃棄ペットボトルを利用する回収材の開発研究では多くの成果が上がり、論文として公表した。

2. 海中レアメタル資源の高効率捕集

我が国では現代産業に必須のレアメタルやエネルギー資源であるウラン等の多くの有用資源を海外からの輸入に頼っているが、政治的問題でその供給が不安定となり、安全保障上の懸念材料となっている。一方、海水中にはこれら有用資源が極めて低濃度ではあるものの溶存し、海水量を考慮した埋蔵量としては膨大なものとなる事が知られている。そこで我々は、海水中からの効率的捕集を可能にする捕集材の開発を目指している。

今年度は、従来用いてきた官能基による高効率化の研究を継続するだけでなく、新たな官能基を導入し、その可能性を調べた。その結果、予備的ではあるが有望な結果を得て、来年度以降本格的な検討を行う予定である。

3. 液晶エラストマーによる機能性材料開発

ソフトアクチュエータはこれからの介護ロボットや人と関わる環境で必要とされており、近年盛んに研究されているのが高分子アクチュエータである。我々はその中でも、応答速度や制御の利便性、繰り返し使用に対する耐久性の観点から、液晶エラストマー(Liquid Crystal Elastomer : LCE) に注目し研究を進めている。LCEは高分子主鎖にはメソゲン基と呼ばれる液晶分子が結合し、さらに高分子主鎖は架橋されてポリマーネットワークを構成する。LCEはネットワークによるゴム弾性と液晶分子による液晶性とがカップリングすることで、温度変化や電界・磁界印加によって液晶性のメソゲン基の運動性や配向が変化し、ネットワークとの相互作用によって形状や力学特性に変化を引き起こす。

今年度は、このLCEについて、その収縮率や応答速度を始めとする電界応答特性について実験研究を行い、変形量の形状依存性について明らかにした。この特性を利用した機能性材料等の開発が期待される。

4. 弱く乱れた系の統計的性質の研究

地球環境はエネルギーの注入と散逸が存在する非平衡開放系であり、散逸構造とそのマクロな揺らぎによって、局所的な秩序構造とグローバルな無秩序構造が共存した弱い乱流状態にある。この様な「時空カオス」と呼ばれる弱乱流は、これまでに数多くの実験研究がなされてきたが、その統計物理学的性質は完全には解明されていない。そこで液晶対流系をモデル系として時空カオスの実験研究を行った。その結果、時空カオスによるエネルギー散逸の特性や非熱的な拡散の統計的性質、さらにそれらが外力によってどのように変化するかが明らかになってきた。このような理解が進むことによって、地球環境を初めとした弱乱流による輸送現象を理解するための基礎的知見が得られるだけでなく、機能材料として用いられるソフトマテリアルの長時間変形流動の予測につながる事が期待される。

2-1-3. 環境創成研究分野（今任研究室）

環境汚染成分の迅速で、簡便な測定法の開発を目的として、有機発光ダイオードや有機薄膜フォトダイオードなどを用いて小型光検出装置を作製するとともに、これを用いたフロー免疫アッセイ法などの開発を行っている。

1. 磁気ビーズを用いる非イオン性界面活性剤の蛍光フロー免疫アッセイ法

非イオン性界面活性剤であるアルキルフェノールポリエトキシレート(APnEOs)を分析対象として、磁気ビーズ表面に固定化した抗-APnEOs抗体に対して、APnEOsと西洋ワサビペルオキシダーゼ(HRP)標識 APnEOsとの競合免疫法を利用して、APnEOsの蛍光免疫アッセイ法を開発した。この種の非イオン性界面活性剤は、一般の家庭や工業用の洗浄剤として多く使われており、一部は環境水中へ流入し、底質や土壌などへの吸着あるいは水生動植物への生体濃縮が引き起こされている。この非イオン性界面活性剤およびその分解生成物であるアルキルフェノールは、動物やヒトへの内分泌攪乱性も危惧されている。水道法では、水道水の水質基準として 20 ppb が示されており、極めて低い濃度であるため、汎用の分析法としては、カラムで濃縮したのちに液体クロマトグラフ/蛍光分析法などで測定するものがあるが、操作が煩雑である。そこで、本研究室では、免疫測定法と標識抗原の HRP とアンプレックスレッドの酵素反応で生成するレゾルフィンの蛍光を測定する方法に着目し、この蛍光を試作有機フォトダイオード(OPD)で検出する、小型で簡便な測定法を開発している。すなわち、図1のように、505 nmのLEDからの励起光源を光ファイバーで導き、マイクロチップ流路側面から照射し、流路上面に設置したコバルトフタロシアニン/C₆₀の蒸着積層膜により作製したOPDで蛍光を検出した。その結果、図2に示すような検量線が得られ、検出感度は約4 ppbであった。

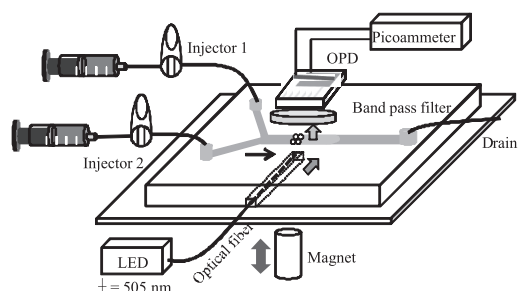


図1 蛍光免疫アッセイのためのフロー系

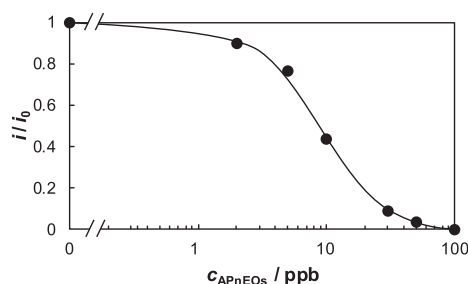


図2 APnEOsの検量線

2. ユーロピウム錯体を発光体とする有機発光ダイオードと有機薄膜フォトダイオードを用いるリン酸イオンのフローインジェクション吸光光度測定法

リン酸は硝酸、亜硝酸あるいはアンモニアなどの窒素化合物とともに、富栄養化物質として、環境水中の総量が規制されている物質の一つである。リン酸イオンの分析には、モリブデンブルー法などが使用されているが、更に高感度な分析法として、イオン性会合試薬としてマラカイトグリーンを用いる吸光光度分析法が提案されている。本研究室では、有機発光ダイオードや有機薄膜フォトダイオードを利用する小型光検出器の開発を行って

おり、これをリン酸イオンの迅速なフローインジェクション吸光光度分析に応用した。ここでは、マラカイトグリーンによるモリブドリン酸とのイオン会合反応を利用したリン酸の吸光光度測定法を適用した。図3に示すように、マラカイトグリーンとモリブドリン酸のイオン会合体の極大吸収波長は640 nmであり、550 nmから750 nm 広い吸収スペクトルを示す。また、ユーロピウム錯体を発光体とする有機発光ダイオードは613 nmに半値幅約10 nmの鋭い発光スペクトルを有するので、このイオン会合体の吸光光度分析に極めて適した光源である。図4に示すフロー系を利用した。5 cm x 7 cm のポリジメチルシロキサン製のマイクロチップに幅1.5 mm、深さ80 μmのU字型で全長は32cmの流路を作製した。流路出口の上部に試作した有機発光ダイオードを、下部に有機フォトダイオードを対向するように設置した。光路長が5 mmになるようにマイクロチップの厚みを考慮した。流量50 μL/minのキャリア液である硫酸の流れに100 μLのリン酸試料溶液を注入し、同流量のマラカイトグリーンとモリブデン酸アンモニウムの混合溶液の流れと合流させ、下流に設置した有機フォトダイオードの光電流をピコアンメーターで測定した。注入したリン酸イオン溶液に対して、ピーク状の光電流が得られ、吸光度換算のピーク高さは図5のように試料中のリン酸イオン濃度に比例している。S/N比3における検出限界は20 ppbであった。本法を室見川の河川水中のリン酸イオンの検出に適用したところ、既知量のリン酸イオンの添加に対する回収率は100±5%と良好であった。

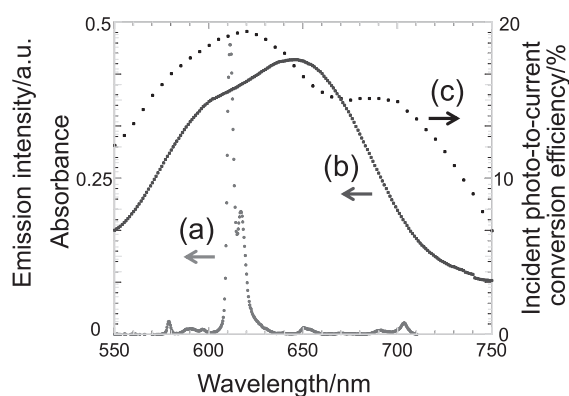


図3 (a)ユーロピウム錯体に基づく有機発光ダイオードの発光スペクトル、(b)マラカイトグリーンとモリブドリン酸のイオン会合体の吸収スペクトルおよび(c)有機フォトダイオードの変換効率

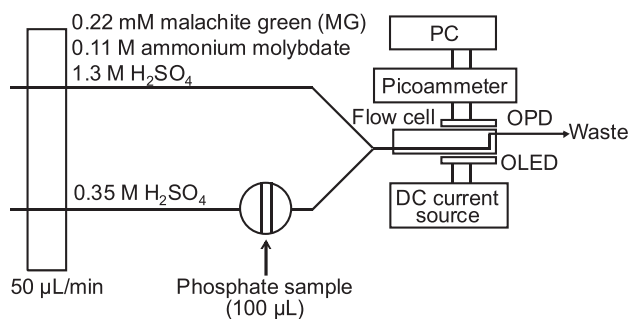


図4 有機発光ダイオード (OLED)と有機フォトダイオード(OPD)からなる吸光光度検出器によるリン酸の分析のためのフロー系

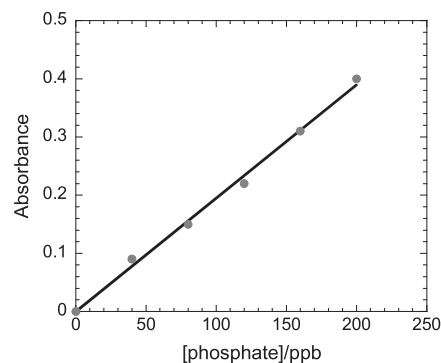


図5 リン酸に対する検量線

2-2. 環境共生研究室

2-2-1. 自然再生研究分野（島谷研究室）

「中国・太湖水系における河川環境と生物多様性保全に関する研究」

1. はじめに

中国・長江デルタ地帯に位置する太湖水系（Fig. 1）では、上海市や杭州市といった中国有数の大都市が発達し、水質汚濁をはじめとして水環境の悪化が著しい。この地域は古来「魚・米の郷」と呼ばれ、中国有数の豊かさを誇る穀倉地帯・淡水漁業地帯であるが、その源となる水域の生物多様性も近年急速に減少しており、生態系サービスの減少（漁獲量の低下など）も顕在化しつつある。しかしながら、太湖周辺の河川・湖沼群には自然豊かな河岸・湖岸帯が残っており、現時点で適切な保全措置を講ずれば、将来にわたり、健全な生態系と生物多様性が維持できる可能性が高い。水域の生物多様性の保全に関しては、世界中のほとんどの流域管理計画において不十分であり、中国においても一部の希少種や水産有用種に研究が限られている。

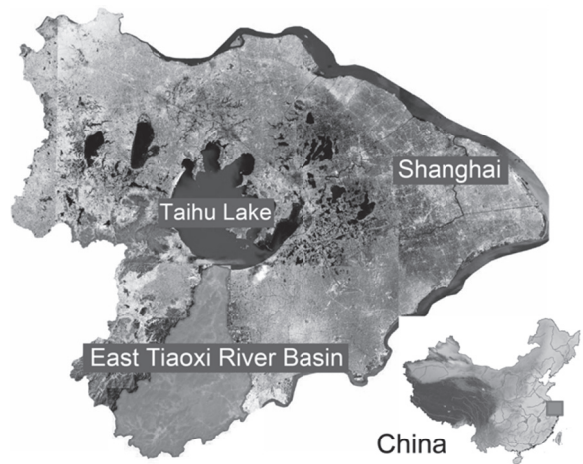


Fig. 1 中国太湖水系の東苕溪河流域

島谷研究室は九州大学・東アジア環境研究機構の研究活動の一環として、中国・同済大学の李建華教授と協力しながら、太湖の最大流入河川である東苕溪（チャオシー）河流域（Fig. 1）の生物多様性の現状評価、および具体的な保全・再生手法を提案することを目的に研究を行った。

2. これまでの結果と考察

魚類の生息状況と、その規定要因を延べ400地点以上の現地調査で明らかにした。Fig. 2に東苕溪河流域の河川環境の良否、魚類の多様性の空間的な分布状況、影響の大きい人為的インパクトをマップとしてまとめた。東苕溪河流域には日本では絶滅の危機に瀕している魚類も生息している一方、様々な人為的インパクトの影響で今まさに急速に環境が変化している所であった。中・下流域の調査結果について以下の通りである。

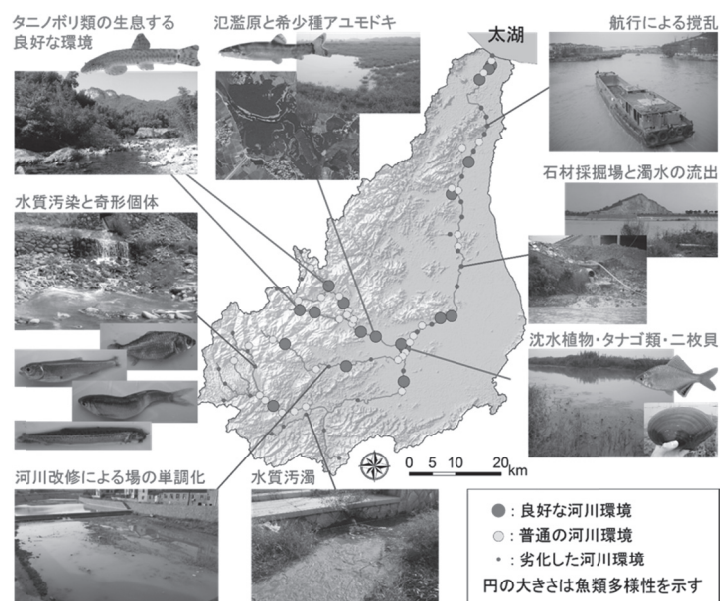


Fig. 2 東苕溪河流域の河川環境の現状

・下流域

下流域はほとんど勾配の無い沖積低地を流れる区間で、タナゴ類が優占して生息している。2000年以降、建設用石材の採掘場が拡大しており、石材輸送を目的とした全長約50mの大型運搬船が頻繁に往来している。運搬船による底質の巻き上げや河岸の攪乱のため、濁度が著しく高い状態であった。こういった濁水は生物の生息に明瞭に負のインパクトを与えていた (Fig. 3)。

東苕溪下流域は上海市の建設用石材の50～60%を生産している。つまり、上海市という世界的なメガシティの都市開発に供するための石材採掘、輸送のための舟運が2000年以降活発化し、それが生物に対して濁水等のインパクトとして強い影響を与えている。運搬船の進入しない支川には良好な環境と魚類の生息が確認されており、そういった場所の保全を優先し、将来、経済発展が落ち着いたときに回復するための種のソースを残すことが重要である。

・中流域

中流域は谷間の沖積地から自然堤防帯を流れる区間でアユモドキ類、ヒナモロコといった日本で絶滅寸前の種が多く出現した。中流域では、砂州の動態で規定される種々のハビタットに依存して多様な魚類が生息している。東苕溪中流域の魚類の多様性にとっては、局所的な水質悪化の影響が見られたものの、やはり多様なハビタットが存在すること第一に重要であった (Fig. 4)。

砂州を規定する河道特性パラメータ (無次元掃流力 τ^* と川幅水深比 Bm/Hm) とハビタットの出現傾向を調べた結果、早瀬と淵は τ^* が 0.05 以上で、ワンドは Bm/Hm が 60 以上の地点で出現することが明らかとなった。中流域では急ピッチに河道の整備が進められ、今まさに河川が急激に変化している。本研究で示したパラメータを参考にすることで、河川環境、生物に配慮した川づくりが行われることが期待される。

3.さいごに

日本や欧米では過去に失った自然環境を取り戻そうと、自然再生事業が盛んに行われているが、失った自然環境を取り戻すのは容易ではない。いまだ良好な河川環境が残る中国においては、経済発展・社会資本整備とバランスを取りながら、現在ある自然環境を残していくことが重要である。

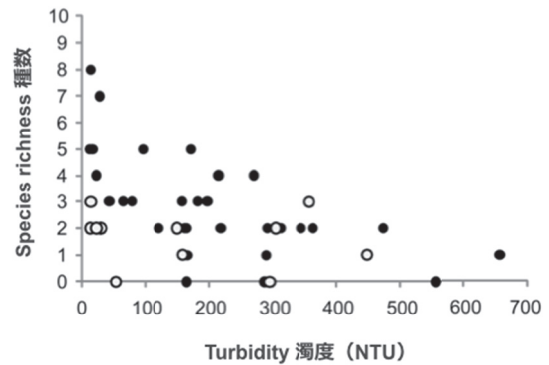


Fig. 3 魚類の種数と濁度の関係

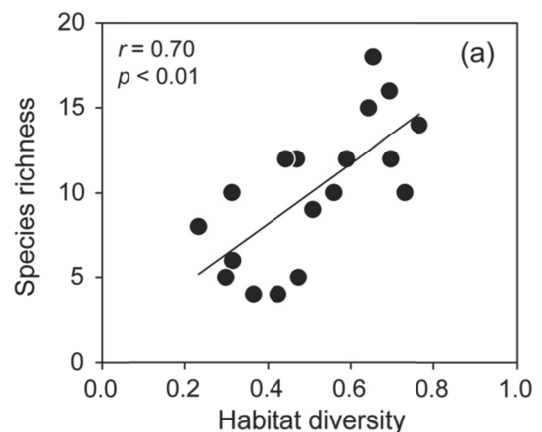


Fig. 4 魚類とハビタット多様度の関係



Fig. 5 東苕溪に残る良好な河川内湿地と不動産開発

2-3. アジア環境研究室

2-3-1. 環境制御研究分野（島岡研究室）

環境制御研究分野では、1. 循環型社会の構築、2. 最終処分技術開発、3. 廃棄物適正処理、4. 地球環境問題解決への貢献を目的とした研究活動を実施している。

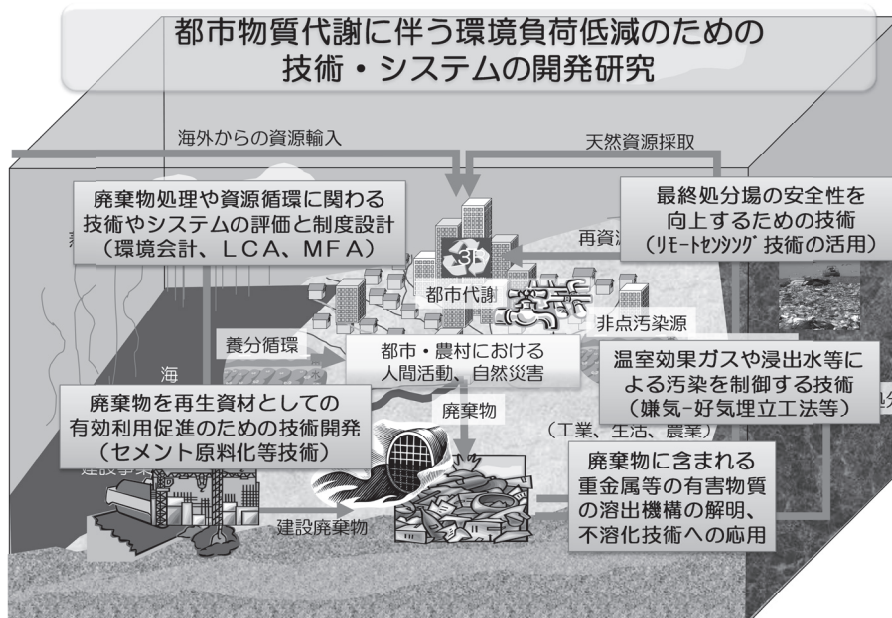


図1 都市物質代謝機構と主要研究課題

表1 平成25年度の環境制御研究分野（島岡研究室）における研究課題

研究課題	アジア	循環資源化	最終処分	温室効果ガス	放射性セシウム	環境計画・評価
微生物環境の時空間的制御が可能な廃棄物埋立処分システム	●		●	●		
途上国の埋立地における有機性廃棄物分解過程のモデル化	●		●			
焼却残渣のセメント原料化に関する研究	●	●	●			
廃棄物埋立地からの温室効果ガス放出量の推定に関する研究	●		●	●		
低高度リモートセンシングによる最終処分場モニタリングに関する研究	●		●	●		
都市ごみ焼却灰中からの水素発生機構に関する研究		●	●			
埋立廃棄物層における水みち現象に関する研究			●			
焼却残渣中のセシウムの存在形態に関する研究			●		●	
焼却残渣中のセシウムの長期溶出挙動に関する研究			●		●	
遠心脱離法による一般廃棄物焼却飛灰からのセシウム回収に関する研究			●		●	
リグニン誘導体のセシウム吸着特性に関する研究		●			●	
放射性セシウムの吸着材としてのカワハギの骨の有用性に関する研究		●	●		●	
廃棄物埋立地盤に含まれる軟プラスチックの地下水水位上昇時の挙動			●			
熱赤外線検査法による遮水シート接合部検査技術に関する研究			●			
インフォーマルセクタを考慮した開発途上国の廃棄物処理システムの費用便益分析	●					●
効果的な災害対応を可能とする大規模災害時の災害廃棄物管理手法	●					●
災害廃棄物の選別処理ラインの総合的な選別効率の評価手法に関する研究						●
災害廃棄物の適正な保管方法に関する研究			●			●
一般廃棄物処理事業における枯渇性資源消費の評価に関する研究						●
企業の環境経営システムにおける環境パフォーマンス指標の改善に関する研究						●

(1) 微生物環境の時空間的制御が可能な廃棄物埋立処分システムの構築

東アジア圏を対象に、廃棄物埋立地の環境安全性、早期安定化の観点に加え、温室効果ガスの放出抑制、埋立ガスの有効利用等の観点から、地域に適し、かつ低コストな埋立処分および埋立地の維持管理手法の研究を実施している。

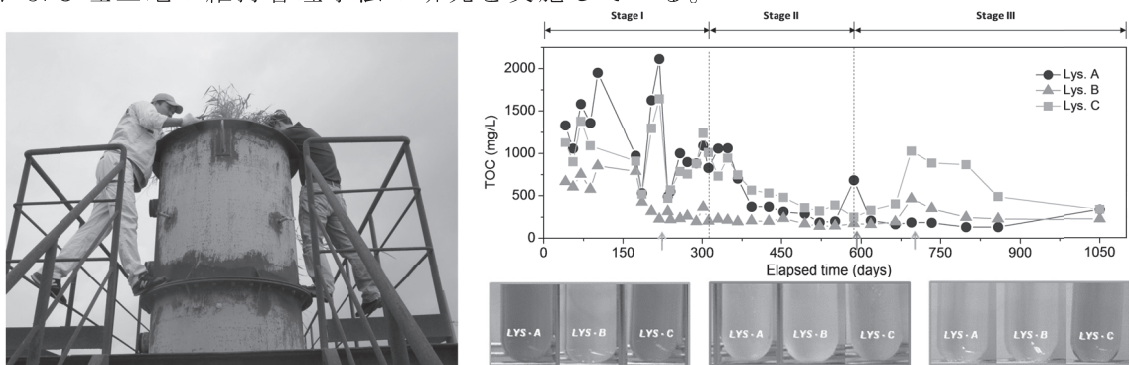


図 2 上海市老港廃棄物処分場に設置したライシメータ

図 3 採取した浸出水の TOC 濃度の推移と色の変化

(2) 放射性セシウムを含有する焼却残渣の性状把握と効率的かつ安全な処分技術

放射能を帯びた都市ごみ焼却残渣の効率的かつ安全な処理・処分技術を研究している。放射性物質の存在形態の明確化、多角的な溶出挙動の把握、焼却残渣の長期的な風化変質過程におけるセシウムの挙動、放射性セシウムの回収技術を研究している。



図 4 焼却灰薄片試料の SEM 画像

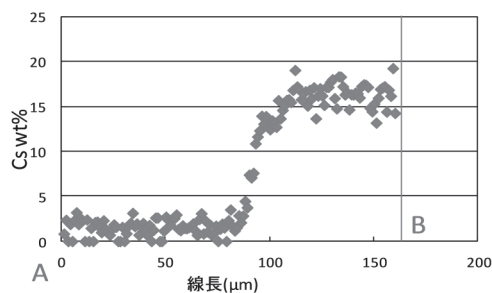


図 5 左図の線分 AB 上におけるセシウム濃度

(3) 途上国における廃棄物埋立地における温室効果ガス放出量の推定

廃棄物埋立地からは、人為起源によるメタンガスの約 1 割が放出されている。廃棄物埋立地からのメタン放出量の面的分布を効率的に計測するための研究を行っており、現地観測、数値モデル、リモートセンシングを組み合わせたモニタリング手法を開発している。



図 6 インドネシアタマカパ処分場におけるメタン濃度計測

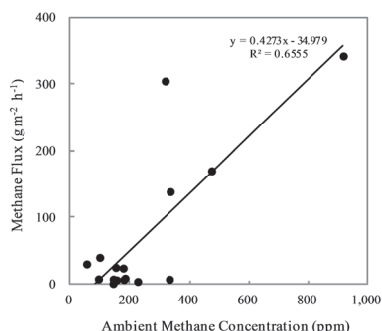


図 7 メタンフラックスとメタン濃度の相関

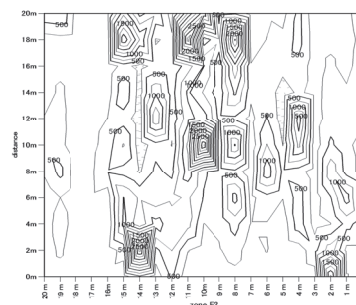


図 8 タマカパ処分場のメタン濃度分布

2-3-2. 環境資源地球科学研究分野（渡邊研究室）

渡邊研究室プロジェクト研究活動

1. アフリカ・東南アジアのレアメタル資源ポテンシャル評価と資源データモデルの開発
科学研究費補助金： 基盤研究 A（H22～25 年度）

研究代表者： 渡邊公一郎（九州大学）

研究分担者：米津幸太郎（九州大学）、今井亮（秋田大学）、横山拓史（九州大学）、高橋亮平（秋田大学）、実松健造（産総研）

多くの鉱物及びエネルギー資源を海外に依存する我が国において、資源安定供給に向けて継続的に学術的な資源探査を行うことは不可欠である。本プロジェクトでは、フィールドワークとその後の分析により、アフリカ及び東南アジア各国の莫大なそれら地下資源ポテンシャルを科学的根拠に基づいて評価し、新しい資源データモデルを開発する。

研究の一端を紹介すると、アフリカではアルジェリア北東部の鉄鉱床の調査を行い、鉱床の成因に関する研究を現地のハウアリ・ブーメディエン大学と共同で行ったり、エジプト・東砂漠地域の Nb, Ta, REE の資源量評価を行ったりした。また、東南アジアでは、インドネシア・ジャワ島西部において火山-熱水系の調査を行い、金鉱床の成因調査や地熱発電のための地質学的調査を行った。フィリピンのミンダナオ島及びルソン島では熱水性金・銅資源鉱床の調査及び鉱徴地の調査を行い、化学組成・地質年代・同位体測定を通して、鉱床の成因の解明や鉱床としての資源量評価を行った。

2. アジア・アフリカ地球資源工学ネットワーク形成と若手資源研究者育成

日本学術振興会：アジア・アフリカ学術基盤形成事業（H23～25 年度）

コーディネーター：渡邊公一郎（九州大学）

国内参加研究者：米津幸太郎（九州大学）、今井亮（秋田大学）、高橋亮平（秋田大学）、実松健造（産総研）、中西哲也（九州大学）

九州大学大学院工学研究院・地球資源システム工学部門の応用地質学研究室がこれまでにさまざまなプロジェクトにより交流を築いてきたネットワークを基礎にアジア間、アフリカ間、アジア・アフリカ間の相互ネットワークを若手研究者の育成を含めて構築する。また、我々としても現地大学・研究機関との国際共同研究として行うことで、若手研究者の地球資源分野における国際教育を兼ねた学際的な研究を行っている。

第 3 回のアジア・アフリカ鉱物資源会議を 2013 年 9 月にモンゴルにて開催し、約 15 か国より 50 名の参加者が集まって、アジア・アフリカ地域の鉱物資源に関する概況説明や個別の鉱床に関する最新の研究について発表・議論するとともに、さらなる関係強化のための親交を深めた。

2-4. センター活動
2-4-1. 「ニュースレター」

RIES Research Institute of Environment for Sustainability,
Faculty of Engineering, Kyushu University
NEWSLETTER

ISSN : 1883-969X

No.
09
2013.6

九州大学大学院工学研究院 附属循環型社会システム工学研究センター ニュースレター



— 特集記事 — 放射能汚染廃棄物の安全な処分への一歩

附属循環型社会システム工学研究センター 副センター長
アジア環境研究室 島岡 隆行

東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故に伴い大量の放射性物質(放射性希ガス、I131、Cs134、Cs137)が大気や海洋に放出し、福島県をはじめとする東北および関東地方の生活環境が汚染されてしまった。家庭から排出される廃棄物には汚染された草木等が含まれおり、焼却処理されることによって焼却残渣(焼却灰、飛灰)中の放射能濃度は一層高くなり数万Bq/kgにも及ぶ。日々大量に発生する放射能汚染焼却残渣の安全な最終処分方法の構築のため、焼却残渣中の放射性物質、特に半減期が約30年と長いCs137の挙動の解明が急がれている。飛灰中のCsの主要な形態はCsClであり、洗浄によって濃度を低減させることができるとされている。一方、焼却灰中Csの溶出率は低く、存在形態や長期的な挙動の解明が待たれているところである。そこで、埋立処分される可能性が高い焼却灰中のCsの存在形態と溶出

特性を把握し、最終処分後の長期的な安全性の検討に着手した。まず、汎用分析機器(XRD、XRF)でも測定を可能とするため、実廃棄物に安定セシウムを添加し、小型焼却炉を用い実燃焼条件(空気比、燃焼温度)で焼却し、数%オーダのCsを含有する焼却灰を作成した。得られた焼却灰のSEM画像を図-1に示す。非晶質と多様な結晶鉱物が認められた。表-1に示す様に、結晶鉱物にはCsは検出されず、非晶質に高濃度で定量された。焼却灰中のCsは非晶質に閉じ込められていると考えられ、容易には溶出して来ないことが示唆された。アルカリ金属類の中では分子サイズが大きいことも結晶鉱物になり難い要因と考えられる。埋立処分された焼却灰中のCsは埋立地に留まっていると考えられるが、一方で、数十年に亘る長期保管された際の焼却灰中Csの挙動について研究が急がれる。

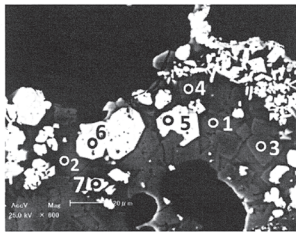


Fig.1 SEM image of the ash matrix

Phases	Glass		Crystalline				
	1	2	3	4	5	6	7
Cs	1.75	1.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	6.16	7.12	4.13	3.71	0.90	0.91	1.14
Si	28.73	28.68	24.53	23.99	16.77	16.92	4.07
Ca	5.30	4.38	20.94	19.38	23.72	23.47	2.01
Fe	15.65	10.70	8.22	9.03	20.96	20.42	60.93
K	2.95	2.76	0.24	0.29	0.18	0.17	0.28

Table1 Chemical composition of the points in Fig1 (Wt%).



公開講座「水を巡る自然と人の共生と葛藤」を開催しました

環境共生研究室 林 博徳

附属循環型社会システム工学研究センターの環境共生研究室では、水辺を中心とした人と自然との共生に関する研究を行っています。その研究内容について、平成24年11月2日から12月14日にかけて計6回、公開講座「水を巡る自然と人の共生と葛藤」を開催しました。日本は、災害大国で長い歴史の中で、自然の脅威と向き合いながら、環境と共生する社会を築いてきました。本講座では、このような日本の歴史を踏まえ、東日本大震災後の海岸堤防復旧時の環境への配慮など大災害後の環境に配慮した技術の現状、アジアでの環境劣化の現状、福岡都市圏における河川環境再生の新しい取り組み、福岡都市圏海岸部における環境保全の取り組みなどについて映像(写真や動画)を中心に解説しました。講座には、福岡市内外から7名(のべ42名)の参加がありました。参加者の方々はとても熱心で、全員が皆勤の参加でした。参加者からの本講座に対する評判は好評で、次回同様の講座を開催する場合は是非参加したいとの感想を多数いただきました。なお開催場所が博多シティ会議室であった点も非常にアクセスがよく参加しやすいと声が聞かれました。さらに少人数で開催されたことも、参加者個人の意見や質問を聞くことができ、公開講座自体の成功に寄与したと考えています。今後も当センターの研究活動について、わかりやすく市民の皆さんへ向けて発信していきたいと思います。

日程	トピックス/講義タイトル/講師
1回目 11/2	災害復旧と水辺環境の再生(3・11大震災、大水害、地球温暖化など)(島谷幸宏教授)
2回目 11/9	東アジアの水辺の環境劣化の現状と保全(鹿野雄一特任助教)
3回目 11/16	海岸に棲む一災いを超えて限りない恵みを(九州北部豪雨災害の沿岸への影響、震災復興と海岸再生)(清野聡子准教授)
4回目 11/30	水辺の自然再生の現状と課題(トキ野生復帰、湿地再生、フロリダキシミー川)(島谷幸宏教授)
5回目 12/7	福岡都市圏の河川環境再生の新しい取り組み(林博徳助教)
6回目 12/14	研究室所蔵貴重映像の紹介および公開講座のまとめ(島谷幸宏教授)



鉱物資源のほぼ全てを輸入に頼る我が国では、今世紀前半にいくつかの資源が供給困難となり、先端産業に影響があると推測されています。昨今、話題になった中国からのレアース資源の供給停止と日本の種々の産業への影響は分かり易い例となりました。我が国が将来の資源枯渇危機を乗り切るためには、リサイクル技術も必要ですが、資源探査を継続する必要があります。このためには、友好的なインドネシアなどの資源国との連携に加えて、政治的不安定要素はあるものの、将来の資源安定供給に向けたアフリカ地域との緊密な関係が必要です。私たちの研究室では、過去5年に渡りエジプトやアルジェリアなどの北アフリカ諸国の研究機関と共同で彼らの国の各種鉱物資源調査を行っています。

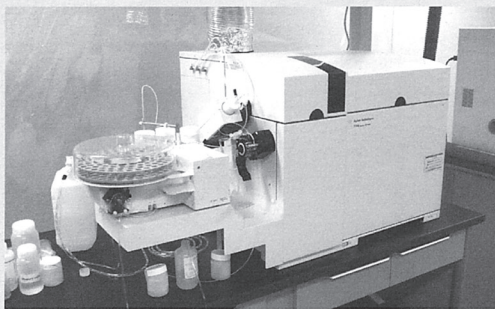
エジプトにおいてはシナイ半島およびナイル川より東側の砂漠地帯におけるレアメタル資源現地調査を過去3度にわたり実施しました。特に、レアース資源、ニオブ・タンタル資源などが国の先端産業に欠かせない資源がこれらの地域には豊富にあると推定され、将来有望な資源として注目されています。アルジェリアにおいても3度にわたり現地調査を実施しました(写真はエジプト・スーダン国境付近での調査の際のキャンプサイト)。アルジェリアでは、北西部や北東部における亜鉛などのベースメタル資源や鉄資源が豊富であり、鉱山開発が進んでいます。また、南部のホガール地域では、タングステンなどのレアメタル資源の探査が進められています。研究室の調査チームは、これら



の国で1~2週間程度の資源調査を通して鉱石・岩石試料を採取します。それらを研究室に持ち帰り、X線回折分析、蛍光X線分析、原子吸光分析、ICP分析、流体包有物均質化温度測定などを実施し、各レアメタルの濃集機構やそれらの資源ポテンシャルについて検討しています。アフリカの他の国々へも研究対象を拡大していく予定です。

センター活動報告とお知らせ

◆平成24年度特別経費「**基盤的設備等整備経費**」により、**ICP発光分析装置が工学研究院附属循環型社会システム工学研究センターに導入されました。**



【研究会・講演会等】

◆平成25年度公開講座「**知っておかねば! 広域環境問題、災害への対応(仮題)**」を秋に開講予定です。

近年の環境問題は、地球温暖化のように世界中に被害が広がる問題や、加害国と被害国が異なる越境汚染問題のように、「広域化」という点に一つの特徴がある。他方、災害についても地球規模での温暖化による海面水位の上昇により、高潮や津波の被害を受やすくなる地域は世界中に存在する。本公開講座では、広域化する環境問題やそれらに起因する災害問題という2つの視点から、最新の研究動向について分かりやすくお話しします。

【編集後記】

附属循環センターでは、6年目をむかえ、構成メンバーも若干の入れ替えが行われ、さらなる循環型社会の実現に向けた研究活動を精力的に進めてまいりたいと思います。

今後も皆様に「持続可能な循環型社会の構築」に関わる研究記事をお伝えして参りたいと思いますので、ご支援の程、よろしくお願い致します。

(技術補佐員 境ツヤ子)

九州大学大学院工学研究院
附属循環型社会システム工学研究センター
ニュースレター No.9

発行: 〒819-0395 福岡市西区元岡744

九州大学大学院工学研究院

附属循環型社会システム工学研究センター

発行人: 出光一哉

編集: 境ツヤ子

発行日: 2013年6月26日

TEL: 092-802-3560(センター事務局)

FAX: 092-802-3561

e-mail: office@ries.kyushu-u.ac.jp

http://www.ries.kyushu-u.ac.jp/

印刷: 城島印刷株式会社

TEL: 092-531-7102 FAX: 092-524-4411



— 特集記事 — 石油改質触媒からの白金の回収

アジア環境研究室 渡邊 公一郎・米津 幸太郎

白金は自動車の排気ガス浄化触媒や石油の改質触媒などの主要産業に用いられているが、白金資源は遍在性が高く、その確保は我が国にとつての喫緊の課題である。そのため、白金の合理的リサイクルシステムの構築が急がれており、従来、乾式と湿式の二つの方法で回収が行われてきた。前者には高エネルギーが必要、後者には毒性廃液が生じる等の問題点があるため、地球にやさしく、かつ簡便で安価な石油改質触媒（白金がアルミナ表面に金属ナノ粒子として担持、使用済触媒はその表面を炭素質物質が多い触媒活性が低下し、廃棄）からの白金の回収システムの開発は不可欠で、その開発を目的とした研究が進められているところである。

そこで、我々の研究室では、白金リサイクルのプロセス設計を目標として、使用済触媒から白金を効率よく溶解させるために、触媒担体であるアルミナを容易に溶解させるプロセスの開発を行った。シュウ酸によるアルミナの溶解に関する速度論的研究と、溶出した白金の水酸化鉄による共沈回収実験を併せて行った。

その結果、シュウ酸によるアルミナの溶解反応に対する活性化エネルギーは従来の強酸類と比較しても小さく、酸の強さよりもアルミニウムイオンに対する配位能がアルミナの溶解速度に大きく影響することが明らかとなった。酸として自然界に存在しかつ安価であるシュウ酸を用いて、室温程度の温度でも触媒担体の表面を一部溶解することで、ほぼ100%の白金を触媒担体から簡便に分離できた。また、溶液中に溶出

された白金は水酸化鉄によってpH中性付近で効率よく共沈され、しかもその一部の白金は金属状態にまで還元されていることが明らかとなった（図参照）。このことは本手法が、白金の回収に加えて、精錬の一部までを同時に簡便に行えることを示すものであり、今後の実用化に向けた研究の推進が待たれるところである。

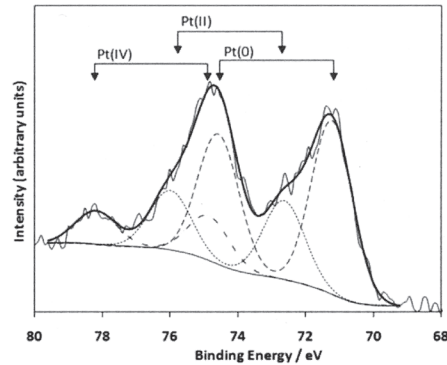


図 水酸化鉄に共沈された白金の化学状態を示すXPS分析結果



公開講座「知っておかねば!国をまたがる環境問題、自然災害」のお知らせ

アジア環境研究室
中山 裕文

近年の環境問題は、地球温暖化のように世界中に被害が広がる問題や、加害国と被害国が異なる越境大気汚染、越境海洋汚染問題のように、「広域化」という点の一つの特徴があります。他方、災害についても地球規模での温暖化による海面水位の上昇により、高潮や津波の被害を受けやすくなる地域は世界中に存在します。また、我が国の東日本大震災で発生した震災漂流物は世界各地へ広がっています。このような環境問題、災害問題についての研究を行っている4名の先生を講師としてお招きし、2回に分けて公開講座を実施します。第1回は越境環境問題をテーマとし、「微粒子が引き起こす気候変動と大気汚染」について九州大学応用力学研究所地球環境学部門の竹村俊彦准教授に講

演いただきます。さらに「東アジアの越境海洋環境問題」について、九州大学応用力学研究所東アジア海洋大気環境研究センターの柳哲雄名誉教授に講演いただきます。第2回は、災害に関連した問題をテーマとし、「震災漂流物が明らかにした海の道、国を超えてつないだ人の輪」について九州大学大学院工学研究院環境社会部門の清野聡子准教授に講演いただきます。また、「高潮災害 -発生メカニズムを知る-」について九州大学大学院工学研究院附属アジア防災研究センターの山城賢助教に講演いただきます。以上、広域化する環境問題やそれに起因する災害問題について、最新の研究動向を交えて分かりやすくお話しします。

日程	トピックス／講義タイトル／講師
第1回 12月 7日(土)	越境環境問題／微粒子が引き起こす気候変動と大気汚染／竹村 俊彦 准教授
第1回 12月 7日(土)	越境環境問題／東アジアの越境海洋環境問題／柳 哲雄 名誉教授
第2回 12月14日(土)	震災漂流物／震災漂流物が明らかにした海の道、国を超えてつないだ人の輪／清野 聡子准教授
第2回 12月14日(土)	高潮災害／高潮災害-発生メカニズムを知る-／山城 賢 助教

公開講座「知っておかねば!国をまたがる環境問題、自然災害」

主催：九州大学大学院工学研究院附属循環型社会システム工学研究センター
共催：九州大学大学院工学研究院社会基盤部門、環境社会部門、
附属アジア防災研究センター、九州大学土木系教室同窓会（壬子会）

日時：平成25年12月7日(土) 13:00～16:40、12月14日(土) 13:00～16:50
場所：天神チクモクビル6F大ホール（福岡市天神3-10-27）
参加費：無料（先着150名様） 申込先：office@ries.kyushu-u.ac.jp



われわれは「弱い乱流」による拡散の研究を行っている。「弱い乱流」は「カオス」とよばれる物理現象と密接に関係している。カオスの発見者の一人が気象学者(E.N. ローレンツ)であることからわかるように、地球環境との関わりも深い。短期の天気予報は当たるが長期の予報の信頼度が下がるのはカオスの特徴である。

シャーレに入れた水にインクを垂らすと円状に広がって行くが、これが最も基本的な拡散現象である。インクにはコロイドとよばれる微粒子が分散しており、一つ一つの粒子のミクロな運動(ブラウン運動)は不規則だが、多数の粒子のマクロな集団運動には規則性が現れる。このミクロの不規則性とマクロの規則性の関係は統計力学によって説明できる。



図1 液晶電気対流のカオス

われわれは弱い乱流中の拡散にどのような統計力学が成り立つかという問題に取り組んでいる。乱流が強ければ高い不規則性により統計的取扱いは比較的容易だが、弱い乱流は規則性と不規則性が共存しているため、統計力学の構築には困難が伴う。

実験対象は液晶に電圧をかけたときに生じる「電気対流」という現象である。液晶は対流の実験に適した物質で、さまざまな条件の下で機動性の高い実験を行うことができる。われわれの研究により、観測の時間スケールによって拡散の性質が異なることがわかっていく。長期的に見ると通常の拡散でも、短期では規則性の影響で「異常拡散」とよばれる特異的な拡散を示す。

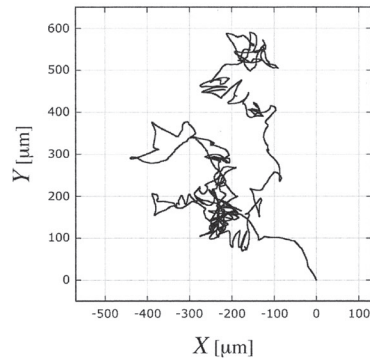


図2 カオスによる拡散する粒子の軌跡

センター活動報告とお知らせ

【研究会・講演会等】

◆2013年8月9日 「第6回附属循環型社会システム工学研究センター研究交流会」

設立から6年目を迎えた附属循環センターでは、平成25年8月9日(金)に「第6回附属循環型社会システム工学研究センター研究交流会」が行われました。今回の研究交流会では、島岡隆行教授(環境社会部門)が実行委員長を務め、それぞれ6つの研究分野より教員・研究員・学生1~2名が、現在までの研究経過のまとめ、また、今後の研究計画・目標について発表を行い、活発な質疑応答が行われました。交流会終了後には、懇親会も行われました。



◆2013年12月7日~12月14日(全2回) 公開講座「知っておかねば!国をまたがる環境問題、自然災害」

場所:天神チクモクビル

【編集後記】

附属循環センターは設立から6年半が経ち、ニュースレターもNo.10の発行を迎えました。

各研究分野で活発な研究活動を展開している中、センター内の交流はもちろんのこと、公開講座等の、外部に向けた情報発信にも力を入れているところです。

今後皆様にも「持続可能な循環型社会の構築」に関わる研究記事をお伝えして参りたいと思います。

(技術補佐員 境ツヤ子)

九州大学大学院工学研究院

附属循環型社会システム工学研究センター ニュースレター No.10

発行: 〒819-0395 福岡市西区元岡744

九州大学大学院工学研究院

附属循環型社会システム工学研究センター

発行人: 出光一哉

編集: 境ツヤ子

発行日: 2013年12月20日

TEL: 092-802-3560(センター事務局)

FAX: 092-802-3561

e-mail: office@ries.kyushu-u.ac.jp

http://www.ries.kyushu-u.ac.jp/

印刷: 城島印刷株式会社

TEL: 092-531-7102 FAX: 092-524-4411