

## [008]附属循環型社会システム工学研究センター活動 報告 : 8

<https://doi.org/10.15017/2551027>

---

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. 8, 2016-06-24. Research Institute of Environment for Sustainability, Kyushu University

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）

- ・核燃料の超高温物性測定装置の開発および計算科学による物性評価（有馬）

商業用原子炉で使用されている  $\text{UO}_2$  を主成分とする核燃料は、Pu やマイナーアクチニドの添加量の増加、燃料装荷時間の増加に伴い、融点および熱伝導率が低下する。また、東日本大震災による原子炉過酷事故においては、燃料や被覆管、構造材が熔融し、格納容器にまで到達していると考えられている。したがって、核燃料の熔融現象の理解、つまり融点や熔融燃料の物性評価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無容器法による融点・放射率の同時測定、マイクロ秒オーダーでの表面張力・粘性率測定などの革新的なアイデアを取り入れた装置を開発している。更に、周期加熱法を用いた熱伝導率測定装置の開発も進めている。

- ・燃料再処理の新手法の開発（有馬）

$\text{PuO}_2$  を含有した燃料の再処理は、硝酸溶液に対する  $\text{PuO}_2$  の低溶解度を補うため、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、 $\text{PuO}_2$  を一旦珪酸化合物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、 $\text{PuO}_2$  の模擬物質として  $\text{CeO}_2$  をはじめとするランタニド酸化物を用いた珪酸塩の合成、および硝酸溶解試験を実施し、それらの酸化状態、結晶構造およびイオン半径がその溶解性に関係することを明らかにし、プルトニウム珪酸塩も同程度の溶解性を持つとの見通しを得ている。

- ・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超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、ガラス固化体の溶解速度はガラス組成に加えて接触する地下水の pH や組成、温度、共存物質との相互作用等の環境条件により大きく変化する。また、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。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進めている。（JAEA、NUMO との共同研究）

- ・放射性ヨウ素廃棄物の固定化：ヨウ化銀（ $\text{AgI}$ ）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、低収着性の主要な 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固定化率、化学的耐久性といった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模擬固化体を作製し、組織均一性、Cs固定化率、化学的耐久性等の固化体の諸特性を評価した。（科学研究費補助金、文科省受託研究）

・ 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。陰イオンの拡散挙動については、亜セレン酸に加え、オキシ酸であるセレン酸、ヨウ素酸、モリブデン酸、ホウ酸をトレーサとして、精製ベントナイト中の拡散挙動について調べ、ベントナイトの空隙構造とこれらオキシ酸の拡散係数との相関および膨潤溶液の塩濃度との関係を見いだした。特にオキシ酸のストークス半径と拡散係数が逆比例関係にあることを明らかにし、オキシ酸が主に自由空隙を拡散経路としていることが判った（科学研究費補助金）。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、プルトニウムの拡散がベントナイト空隙水の pH 変化に影響を受けること、プルトニウムが 3 価の化学形をとる電位-pH 領域で拡散が早くな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）

資源、環境をキーワードとして、応用物理学的手法による広範な研究を行っている。具体的には環境保持と資源の有効利用を目的とした重金属類の汚染・廃棄物からの回収による浄化や、環境中、特に海水中に極低濃度で存在する有用資源を捕えて集める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。また、地球環境をはじめとする非平衡開放系を理解するための基礎研究、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、環境評価への応用が可能な計測研究等も行っている。

### 1. レアメタル・重金属のリサイクルを可能にする機能性材料開発

各種産業で利用される重金属は、一般にごく微量でも毒性が強く、そのために産業利用後の廃液中に残存したまま環境中へ放出されたものが深刻な公害問題を起こしてきた。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、かつてのような広範な公害問題が新たに起こることは無くなってきた。しかし、日本においても未だ汚染は残っており、現在は発展途上国でこのような公害問題が深刻化しつつある。さらに、現在の重金属の処理法は最終的には埋め立てで、重金属は廃棄されている。しかし、今後持続可能な社会を構築するためには重金属を資源として有効利用する必要がある、そのために重金属の回収と再利用が可能な技術の確立が求められている。

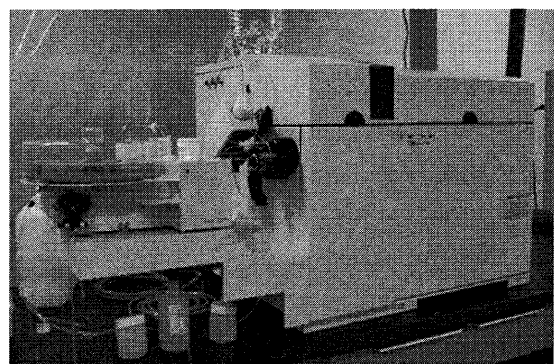
そこで我々は、廃液中の重金属を効率的に回収する回収材の研究開発を行っている。今年度は、昨年に引き続き、(1)廃液等の中に混在するレアメタル陽イオンと陰イオンの同時吸着と温度スイングによる濃縮化と、(2)新たに天然由来物質に $\gamma$ 線で官能基を重合した新たな回収剤の作製と回収効率の評価を行った。

### 2. 油汚染浄化を可能にする機能性材料開発

タンカーの座礁や工場排水、さらには生活排水などに含まれる油性成分による環境汚染が大きな問題となっている。そこで我々は、油成分を効率的に回収する回収材の研究開発を行っている。今年度は、油成分吸着能を持つゲルを $\gamma$ 線によるラ重合で作製し、その油成分吸着能を確認し、さらに、油と重金属に汚染された水を浄化するための付加的な官能基を加えて機能を確認した。

### 3. 海中溶存レアメタル資源の高効率捕集

近年中国との政治問題に端を発する中国から日本へのレアメタル輸出制限によって日本の産業が影響を受けたことは記憶に新しい。今後このような資源外交や希少資源の争奪が資源の乏しい日本の産業にとって大きな問題となることが予想されるため、対策として、日本近海に眠る資源についての調査研究などが積極的に進められている。レアメタルも日本近海の海底に大量に埋蔵されているものが確認さ



センター所有の ICP-MS (誘導結合プラズマ質量分析計)

れており、採掘技術の発展が期待されているが、レアメタルは海底だけではなく海水中にも極めて低濃度ながら莫大な量が溶存しているため、我々は海水中からの効率的捕集を目指して、ゲルにレアメタルを吸着する官能基を導入した捕集材を開発している。この研究にはセンターの概算要求で導入された ICP-MS (誘導結合プラズマ質量分析計) が役立っており、今年度は、ゲル母材の改良や、作製方法の見直しなど様々な検討を行って、捕集効率改善のための新たな知見を蓄積した。また、ターゲットとするレアメタルを増やすために新たな官能基をゲルに導入し、その吸着特性を明らかにした。

#### **4. 液晶を用いた弱い乱流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揺動によって、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。このような「時空カオス」と呼ばれる弱い乱流は、これまでに数多くの実験研究がなされてきたが、輸送現象の解明につながる統計物理学的性質は未解明である。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、時空カオスによる非熱的な拡散の統計的性質や、それらが外力にどのように応答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い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ことで期待される。

#### **5. 液晶エラストマーによる機能性材料開発**

人と関わる環境で今後益々ソフトアクチュエータの重要性が高まることが予想されている。我々は、高分子主鎖に液晶分子が結合し、さらに主鎖が架橋された液晶エラストマー (Liquid Crystal Elastomer : LCE) に注目し研究を進めている。LCE はゴム弾性と液晶性がカップリングして、温度変化、電界・磁界印加によって形状や力学特性に変化を起こす機能性材料として有望である。今年度は、アクチュエータとしての応用研究として、①交流電界駆動方式における周波数制御と、②ジュール熱駆動方式についての検討を行った。①では電界印可時の液晶分子の回転振動とマクロな変形との関係について調べ、駆動周波数を変えることによって液晶分子の微小回転振動によるエネルギー散逸をコントロールしてマクロな変形量を変えることができることを明らかにした。②では、ジュール熱駆動用にイオン液体を電極として用い、変形させることに成功した。さらに実用化のための最適構成を検討している。

#### **6. 生化学発光測定による環境測定技術の開発**

細胞の呼吸にともなって発生する活性酸素を起源とする極微弱生化学発光 (通称生物フォトン) 測定によって、生体の環境ストレスを高感度に検出することが可能であることが我々を含む多くの研究で明らかにされてきた。我々は、放射線障害の評価にこの手法を利用する検討を行っている。我々は、生体のヒートショック応答はほとんどの生物種で遺伝的に普遍なので、放射線によって DNA へ傷害が起こればヒートショック応答に変化が現れると予想した。そこで、植物根にγ線を照射して、ヒートショック応答を生物フォトン測定によって評価した。その結果から、有意な差が認められたので、さらに系統的な実験を進めている。

### 2-1-3. 環境創成研究分野（今任研究室）

当研究室では、環境汚染成分を迅速、簡便かつフィールドでのその場測定が可能な、小型でポータブルな分析装置の開発を目的として、小型表面プラズモン共鳴免疫フロースルー型センサーや磁気ビーズを用いるシーケエンシャルインジェクションフロー型免疫測定法などを開発してきた。さらに、近年、コンパクトディスク型マイクロチップを用いるフロー免疫測定法を開発している。この方法は、従来のフロー分析法とは全く異なり、ポンプ、バルブや注入器などが不要な新しいフロー免疫測定法である。検出法としては、表面プラズモン共鳴検出法、化学発光検出法や蛍光検出法などの利用が可能であることを示しているが、ここでは新たに電気化学検出法に基づく CD 型マイクロチップの開発に取り組んだ成果について報告する。

#### 1. CD 型マイクロチップへのカーボンペースト電極の作製

過酸化水素は酸化酵素反応の生成物の一つであるので、これを電気化学的に高感度に測定する技術を開発することは、そのような酵素で標識した抗体を利用する免疫測定法の開発に有用な指針を与える。そこで、カーボンペースト電極 (CPE) 表面を、グラフェン (G) とポリアニリン (PANI) からなるナノコンポジットで修飾する方法を検討した。カーボンペーストは、粒子径約 20  $\mu\text{m}$  のカーボン粒子に、過酸化水素の電極酸化反応を触媒するフタロシアニンコバルト (CoPc) 錯体を混合し、さらに流動パラフィンとポリジメチルシロキサンを混合して作製し、これを深さ 50  $\mu\text{m}$ 、幅 500  $\mu\text{m}$ 、長さ 20 mm の溝に埋め込んでカーボンペースト電極を作製した。一方、ナノコンポジットは、クロロホルムに溶解したアニリンと塩化鉄酸性溶液中で超音波分散したグラフェンを接触させ、その 2 層界面でアニリンの酸化重合で生成したポリアニリンにグラフェンを包埋させて作製した。これを N-メチルピロリドンに分散させ、予め作製したカーボンペースト電極表面に塗布した。その結果、ナノコンポジットで修飾したカーボンペースト電極が未修飾の電極、あるいはコバルトフタロシアニンを含まない電極に比べて、過酸化水素に対して、極めて高い応答感度を示した。図 1 に電極の過酸化水素に対するボルタモグラムを示す。ここで、G-PANI はグラフェン-ポリアニリンナノコンポジットによる修飾を、CoPc はコバルトフタロシアニンを含んでいることを示す。Bare CPE は G-PANI 未修飾で、CoPc を含まない電極を示す。図 1 からわかるように、印加電位が約 0.3 V 付近に過酸化水素の酸化電流ピークが観測されるのに対して、CoPc を含まないカーボンペースト電極では酸化電流はほとんど観測されない。図 2 は、CoPc が過酸化水素に対して電極触媒として作用する機構を示している。また、G-PANI による修飾は電極における電子移動の活性化を促進するとともに、電極面積を増大させ、電流の増幅に寄与している。

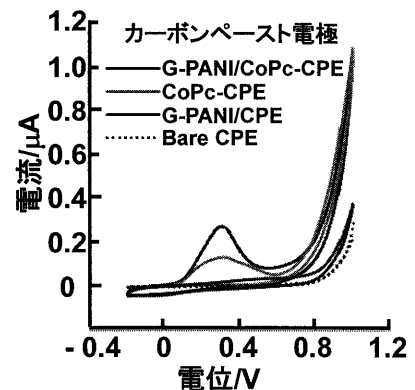


図 1 カーボンペースト電極の過酸化水素に対する応答

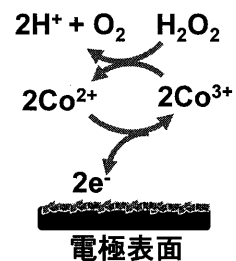


図 2 CoPc の電極触媒機構

## 2. CD型マイクロチップにおける過酸化水素に対する電極応答

図3のような、螺旋流路を持つCD型マイクロチップを作製した。リザーバー1、2には過酸化水素溶液を、リザーバー3にはリン酸緩衝液を入れ、カーボンペースト電極の印加電位を0.4Vに設定した。CD型マイクロチップを回転台にセットし、30秒で回転速度を約960rpmにあげ、その後420秒間一定の回転速度に保った。その後、30秒間で回転を止めた。その結果、回転開始から150秒後にはリザーバーから出た過酸化水素溶液はカーボンペースト電極に到達し、短時間で鋭い電流信号が得られた。これは、電極検出器における充電電流でその後すぐに一定の電流を示した。この電流は、いわゆる hidroダイナミック電流で、過酸化水素に対する酸化電流である。リザーバーの過酸化水素溶液の濃度を変化させて、酸化電流を測定したところ、図4のように酸化電流は過酸化水素濃度に比例することが分かった。

## 3. CD型マイクロチップの螺旋流路内におけるグルコースオキシダーゼとグルコースの酵素反応と過酸化水素生成物の電気化学測定

図3のCD型マイクロチップのリザーバー1に濃度の種々異なるグルコース溶液を、リザーバー2に酵素活性100Uのグルコースオキシダーゼ溶液を、リザーバー3にリン酸緩衝液を入れ、カーボンペースト電極の印加電位を0.4Vに設定した。上述と同じような回転速度プログラムに従って、回転した。回転によりリザーバー1と2から出射した溶液は螺旋流路中で混合し、酵素反応に伴って過酸化水素を生成する。生成した過酸化水素は、下流に設置したカーボンペースト電極に到達し、酸化電流が検出される。この過程で得られたカーボンペースト電極における電流応答を図5に示す。スパイク状の充電電流ののち、一定の電流値が観測されており、その電流値はほぼグルコース濃度に比例している。このことは、グルコースオキシダーゼの酵素量はグルコースに対して十分高く、酵素反応で生成する過酸化水素がグルコースに比例していることを示す。この結果をもとに、リザーバー1にノーマルレベルとハイレベルでグルコースを含むコントロール血清中のグルコースを測定した結果、得られたグルコース濃度はコントロール血清の表示値と5%の誤差内で一致することが分かった。

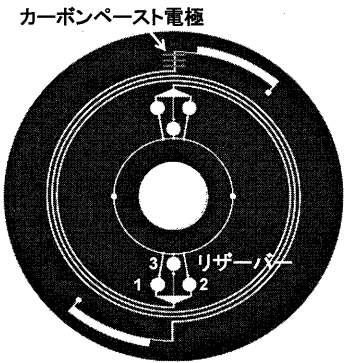


図3 電極検出器を備えたCD型マイクロチップ

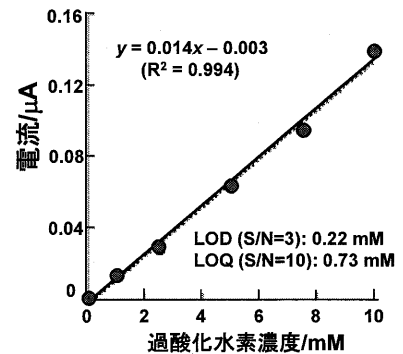


図4 過酸化水素に対する電流応答

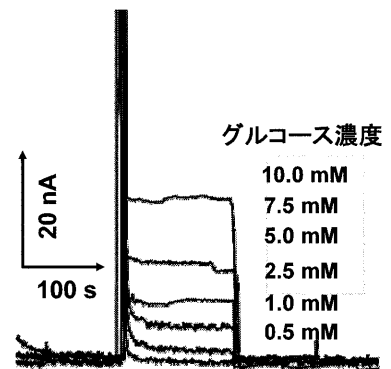


図5 グルコースオキシダーゼ酵素反応を利用したグルコースの検出

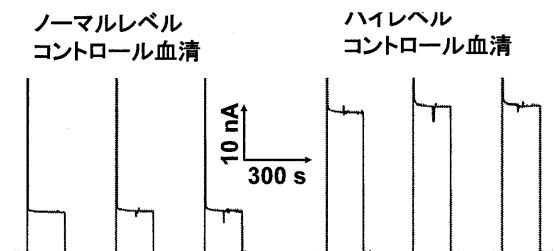


図6 本法によるコントロール血清中のグルコースの定量

## 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）

我が国では 21 世紀初頭 2003 年より自然再生推進法が施行され、自然を再生するという新しい試みが開始された。このプロジェクトは環境省、国土交通省、農水省の 3 省共管事業であり、全国で 50 を超えるプロジェクトが実施されてきている。さらに、コウノトリ（2005 年開始）やトキ（2008 年開始）を野生復帰させるための試験放鳥もはじめられ、環境の世紀にふさわしい、最初の 10 年の幕開けであった。2011 年の東日本大震災を契機に国土管理に対するマインドは一変する。津波災害の甚大さを前に、国土管理の方向性は防災に大きくシフトし、国土強靱化を旗印に環境に対する関心や意識もいったん後退してしまった。

しかしながら、どうやら 2015 年を契機にまたムードが変わり始めた。政府の国土形成基本計画にグリーンインフラ（図参照）が位置付けられたこと、Eco-DRR (Ecosystem-based solutions for based disaster risk management) の概念が普及し始めてきたこと、レジリエンス協議会の中にグリーンレジリエンス部会が発足したことなど、グリーンインフラという形で防災や環境が融合した形での国土の環境問題に対して大きな注目が集まるようになってきた。

さて、自然再生事業は、これまでの自然を改変しながら人の住みやすい環境を構築するという国土整備の手法とは異なり、主として人間以外の生物を対象に、一旦失われた環境を再生するという取り組みである。自然を再生に関する知見への蓄積は十分ではなく、モニタリングを実施しながら手法を改善する、順応的管理という手法がとられている。さらに生物多様性の再生だけでは、地域の中で受け入れられず、コウノトリ米やトキ米に代表されるように、暮らしとの共生や経済と関連づけることが必要とされ、地域づくりと連動する形で実施されてきた。順応的管理の手法や経済との連動の経験は、現在の地方創生やグリーンインフラの全国展開を考える場合に大きな経験となっている。このように自然再生が新しい国土整備手法として開始され、重要な役割を果たしてきたのは間違いないのであるが、生物多様性の保全に重点が置かれているため、生態系が本来持っている多面的な機能を十分に発揮させる取り組みにまでは至っていないというのが現実であろう。

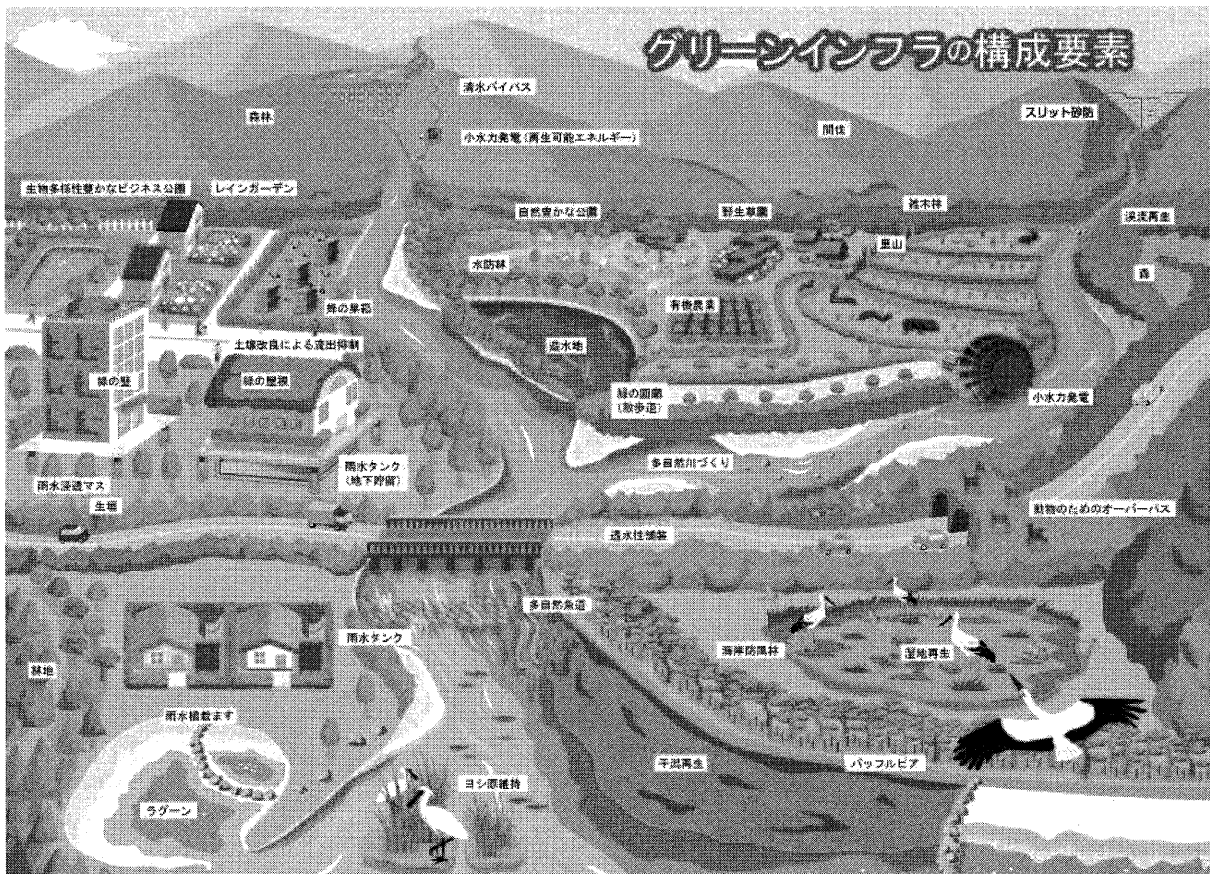
一方、東日本大震災の復興が進捗してきており、各地で海岸堤防が完成するようになってきた。実際に目に見える形で現れると、あまりの巨大さと無機質さに戸惑いの声上がる箇所もみられるようになってきた。もう少し環境と防災を一体的に取り扱えなかったのかという反省の声も上がるようになってきている。国際的に Eco-DRR への関心が高まっているが、生態系の機能を活用した、持続的で環境的にも質の高い防災手法が我が国でも必要なのではないかという議論が行われる場面もみられる。

グリーンインフラは「自然力や自然の仕組みを賢く活用することで社会と経済に寄与する国土形成手法」と定義され（2015、グリーンインフラ研究会）、「人口減少社会における国土の劣化を防ぎ、さらに豊かな国土の形成を図る手法」、あるいは「自然生態系の価値と機能を保全する空間をネットワークとして連結させ、自然の機能が提供する恩恵を人類が享受するシステム」（EU の定義から）などと定義される。すなわち、生態系を社会的なストックとして捉え、生態系が有する多面的な機能を社会が持続的に享受可

能なストックとして活用するという新しい国土マネジメントの概念と手法である。自然再生や Eco-DRR はグリーンインフラに包含されるものである。

欧米では、2005 年頃より気候変動に対応可能な持続的な国土マネジメントの手法として生態系サービスを活用したグリーンインフラが提案され導入がはじまった。グリーンインフラは様々な水や緑の空間を連結し、流出抑制、CO<sub>2</sub>の固定、生物多様性、洪水防御、水や大気の浄化、観光レクリエーション、健康増進など多面的な機能をもたらすインフラとして期待されている。空間としては都市、建築物、河川、湖沼、海岸、道路、山林、農地など、ほぼすべての国土が対象となる。まさに分野横断的な取り組みである。我が国が抱える人口減少、気候変動、震災時対策など国土管理の課題を解決するためには、このグリーンインフラの概念と手法は重要である。一方、気候条件、地震や津波の外力、社会状況が大きく異なるため、欧米の手法をそのまま導入することは困難であり、今後の学術的なバックアップが望まれる。

以上のように、自然再生事業は、この 15 年程度、新しい国土整備手法として大きな役割を果たしてきており、また自然をある程度再生できることも明らかになってきた。自然再生事業は他の環境施策や防災施策と連動し、グリーンインフラとしてより多面的な機能を発揮しうるように発展することが期待されている。



グリーンインフラの構成要素

## 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。

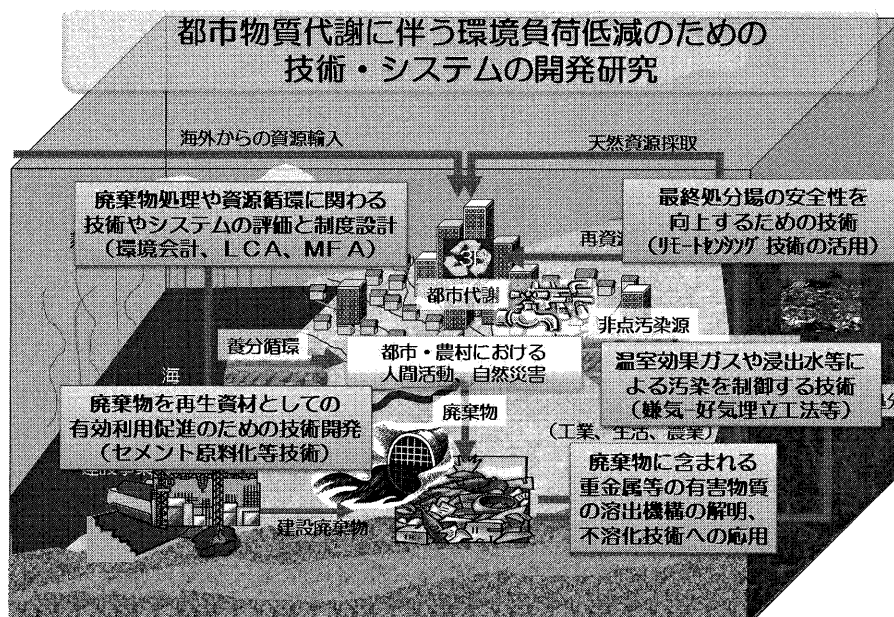


図1 都市物質代謝機構と主要研究課題

表1 平成27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	災害廃棄物	温室効果ガス	最終処分	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の構築	●			●	●	
途上国の廃棄物埋立地における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のモニタリングに関する研究	●			●	●	
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	●	●			●	●
一般廃棄物焼却残渣中の塩素の挙動に関する研究		●				
一般廃棄物焼却灰中の金属アルミニウムに由来する水素ガス発生機構の解明と有効利用		●				
焼却残渣中の重金属の不溶化における魚鱗の有効利用に関する研究		●			●	
社会構造の変化と災害に対応できる廃棄物処理システムの構築			●			●
除染廃棄物保管場の火災防止のための適正な保管方法に関する研究			●			
多センサ搭載型ドローンによる除染廃棄物仮置場モニタリング手法に関する研究			●			
災害廃棄物処理計画の自治体間比較に基づく課題抽出と有効性評価に関する研究			●			●
最終処分される廃棄物の質の不均一性が安定化期間に及ぼす環境・経済的影響					●	●
巨大地震に耐える環境安全で堅牢な最終処分場の新技術開発					●	
超流体化工法を応用した一般廃棄物焼却残渣固化物の腐敗特性に関する研究					●	
海面処分場の早期安定化技術に関する研究					●	
埋立廃棄物層における間隙構造と物質移動に関する研究					●	
不適正処分場における熱源位置推定手法に関する研究					●	

(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

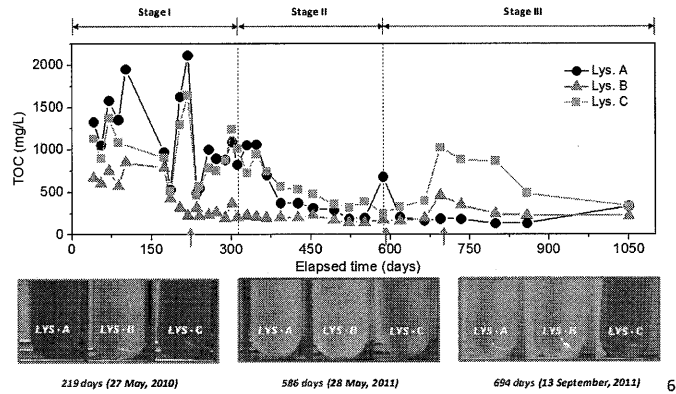


図3 採取した浸出水の TOC 濃度の推移と色の変化

(2) 途上国の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。



1. 図4 インドネシアタマンガバ処分場におけるメタン濃度計測

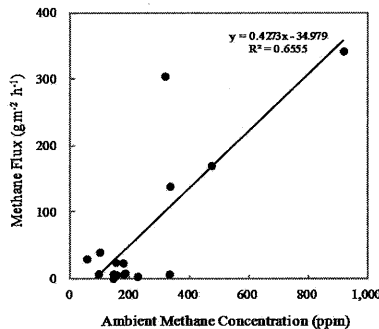


図5 メタンフラックスとメタン濃度の相関

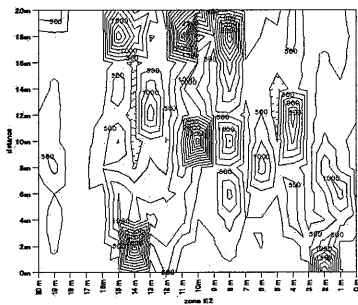


図6 タマンガバ処分場のメタン濃度分布

(3) 一般廃棄物焼却灰中の金属アルミニウム由来する水素ガスの発生機構の解明と有効利用

清掃工場から排出される廃棄物焼却灰には資源循環に回らなかった金属アルミニウムが数%のオーダで含まれているため、高アルカリを示す焼却灰と水の反応により水素ガスが発生する。焼却灰からの水素ガスの発生促進及び有効利用に関する研究を行っている。

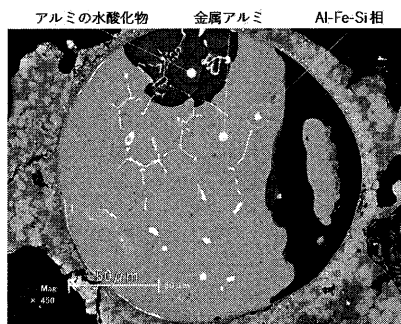


図7 焼却灰中の金属アルミニウム (SEM 画像)

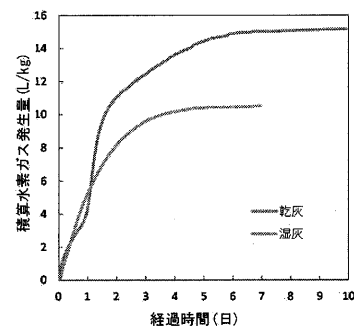


図8 焼却灰からの水素ガス発生量

## 2-3-2. 環境資源地球科学研究分野（渡邊研究室）

### 1. アジア・アフリカ地球資源コンソーシアム創成と若手資源研究者育成

日本学術振興会：研究拠点形成事業（H26～28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）大竹翼（北海道大学）

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。

2015年7月には、第5回アジア・アフリカ鉱物資源会議をフィリピンにて開催し、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. 戦略的イノベーション創造プログラム：次世代海洋資源調査技術（海のジパング計画）

研究開発課題名「鉱床モデルの構築に向けた熱水化学反応の解明」（H27～29年度）

代表者：石橋純一郎 分担者：米津幸太郎、大野正夫、狩野彰宏、辻健 連携機関：北海道大学、東北大学、筑波大学、高知大学、琉球大学、大成建設、蒜山地質

我が国は国土面積の12倍を超える管轄海域を有しており、これまでの調査で、当該海域には鉱物資源の存在が確認されている。しかし、これらの鉱物資源に対して広大な面積を効率良く調査する技術は開発途上にある。我が国が高効率の海洋資源調査技術を世界に先駆けて確立し調査を加速することは、海洋資源開発、環境保全及び資源安全保障の観点から重要である。未開拓の部分が多い海洋において、国が主導して民間企業とともに効率的な調査技術を確立することにより、海洋資源調査産業の創出を目指す。その中で、海洋資源の成因に関する科学的研究を海洋資源の試料採取・分析により、海底下の鉱物・鉱床の成因を解明することを主目的として、本研究を行っている。2016年2-3月には地球深部探査船「ちきゅう」を用いた科学掘削に参加し、沖縄トラフ熱水域より海底下の岩石試料を採取し、解析を進めている。

### 3. NEDO エネルギー・環境新技術先導プログラム：「地熱発電量を10倍化する酸性熱水利用および還元井減衰防止技術の開発」（H27年度）

代表者：横山拓史 分担者：米津幸太郎、糸井龍一 連携機関：九電産業

本プロジェクトでは「強酸性地熱熱水の未利用」、「シリカスケールによる還元井の減衰」という、現在の地熱発電所が抱える2つの問題を解決し、日本が関与する国内外の地熱発電量を10倍に増大させることを目的とする。深部地熱熱水は熱源に近く高いエネルギーを有するが、しばしば強い酸性を示す。強酸性地熱熱水の腐食・摩耗作用による地熱生産井

のケーシング管や地上設備の損傷問題は未解決のため、掘削後に強酸性地熱熱水が噴出した場合、坑井は放棄されてきた。また、2001年までの国家プロジェクトでは、生産流体から蒸気を分離した後の地熱熱水からシリカスケールの原因物質であるケイ酸を除去することはタブーであった。そこで、ケイ酸の重合反応が酸性条件下で遅くなる事実に基づいて考案されたのが熱水に硫酸を添加、酸性にする pH 調整法である。この方法の採用により還元井でのシリカスケール問題を解決できると予測された。地上設備へのシリカスケール付着はこの技術で抑制されたものの、主目的であった還元井の能力の減衰を止めることができていないのが現状である。①地熱発電において利用されていない莫大なエネルギー量を有する強酸性地熱熱水（流体）の利用を可能とする技術を開発すること、ならびに②還元井のシリカスケールによる能力低下の問題を全面解決し、高利用率(>95%)での発電所の運転を可能にすることにより、開発した技術のインフラ輸出も含め、日本が関与する現存の地熱発電量を10倍化することを目指す。その中で、B-2 化学的手法による地熱熱水からの過飽和ケイ酸の除去法の開発極微量の界面活性剤などを用いて、熱水中の過飽和ポリケイ酸を凝集・沈殿させる手法を以下のポイントに絞って検討した。

ポリケイ酸の沈殿はポリケイ酸のサイズおよび表面電荷に影響される。そこで、購入する装置を用いてポリケイ酸のサイズ分布と表面電荷の指標となるゼータ電位を測定し、沈殿効率との関係を調査する。この調査は本研究の重要なポイントの一つである。

(a) 模擬酸性熱水を中性に中和した後のケイ酸の重合反応および生成するポリケイ酸のサイズおよびゼータ電位を測定する。ポリケイ酸のサイズが大きく、ゼータ電位の絶対値が小さくなるような条件を探索する。

(b) (a)でのケイ酸の重合課程におけるポリケイ酸へのアルミニウムの取り込み量、取り込まれたアルミニウムの化学状態を追跡する。定量は ICP-AES、化学状態は  $^{27}\text{Al}$  NMR により分析する。

(c) (a)で調製した模擬熱水に CTAB (トリメチルシリルアンモニウムブロミド) を添加し、アルミニウムを取り込んだポリケイ酸を凝集沈殿させる。ポリケイ酸の沈殿効率とポリケイ酸のサイズおよびゼータ電位と添加する CTAB 量との関係を調査し、最適条件を決定する。CTAB 以外の凝集剤についても試験を行う。次の段階における実機を想定した熱水からのシリカの分離法を考察する。

(d) 過飽和シリカの除去方法は本事業と異なるものの、ニュージーランドでは残渣物をろ過する技術についての研究成果が見られ、本プロジェクトの一部分に適用できるかどうか、調査する。

(e) 最適条件を示したパラメーターを用いて、ケイ酸除去装置のパイロットプラント設計指針とする。

2-4. センター活動  
2-4-1. 「ニュースレター」

ISSN : 1883-969X

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

No.  
**13**  
2015.6

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



次期の附属センターを目指して

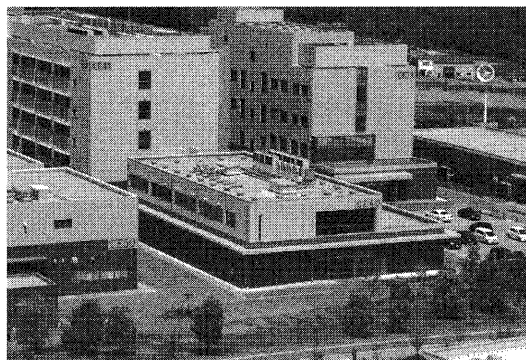
附属循環型社会システム工学研究センター  
センター長 島岡 隆行

2014年10月1日付で渡邊公一郎前センター長が副理事(国際・留学センター担当)に就任されたことから、副センター長であった私が急遽、残りの任期のセンター長を務めることになりました。どうぞよろしくお願い申し上げます。

2008年4月に、旧工学研究院附属環境システム科学研究センターが改組拡充され、5年を期限とする附属循環型社会システム工学研究センターが誕生してから8年目を迎えます。その間、2011年12月には外部委員を含む中間評価委員会による中間評価が実施されました。研究業績、社会連携活動、国際協力、教育・啓発活動、外部研究資金の5つの評価項目のいずれにおいても高い評価を受け継続が認められました。その際の中間評価委員会から指摘事項に、附属センター内各研究室の連携強化と教育・啓発活動の強化がございました。研究室間の連携強化については、学生も交えた研究交流会を定期開催することによって各研究室の研究内容を具体的に把握可能となり、関連する研究テーマも少なくないことから情報、人材交流の活性化と親睦を深めることができました。教育の強化については、東アジア環境研究機構の東アジア環境ストラテジスト育成プログラム(JST)への協力によって、アジアの環境問題を実践的に解決できる環境人材の育成に貢献しました。啓発活動については、市民を対象とした公開講座を定着させました。また、今年からは2万人の集客を誇る「ビジネスショウ&エコフェア2015」に特別協力し、附属循環センターとして研究フォーラムや展示会を通して、日頃の研究成果を情報発信できる機会を得ました。

今年は、来年の2回目の中間評価と3年後に控えた附属循環センターの改組拡充に向けた取り組みを始めなければならない重要な年となっています。新たなセンターでは、成長著しいアジア諸国の環境問題、地球環境問題と一層顕在化する地球温暖化と異常気象、PM2.5に代表される越境汚染問題、さらには頻発する自然災害に伴う環境問題等には今まで以上に積極的に取り組んで行く必要があると考えています。

関係者の皆様には、これまで以上のご支援とご協力を賜りたく心よりお願い申し上げます。



平成27年度公開講座@伊都「知りたい環境の今と未来」開催のお知らせ

社会基盤研究室  
准教授 岡部 弘高

近年、エネルギーや環境問題は社会において最優先事項となっており、一般市民の皆様にとってもその現状や将来についてもっと知りたいと思われていることと存じます。そこで、当センターではそのニーズに応えるため、いくつかのトピックに絞って専門家による一般市民向けの公開

講座を開催することと致しました。参加費は無料です。参加ご希望の方はメールかFAXにてお申し込み下さい。収容人数の制限で、申込多数の場合は先着順とさせていただきますので、お早めにお申し込み下さい。

〈公開講座 日程とプログラム〉

日程	講義タイトル/講師
10月17日(土) 13:00~16:30	「電気製品と電池のリサイクル」 寺園 淳(国立研究開発法人国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター・副センター長) 「私達を取り巻く環境とこれからの私達の生活」 加納 誠(地球環境緑蔭塾・代表) 「環境放射能と福島原子力発電所事故」 百島 則幸(九州大学アイトープ統合安全管理センター・センター長)
10月24日(土) 13:00~16:00	「超伝導材料が切り開く未来の環境とエネルギー」 有沢 俊一(国立研究開発法人 物質・材料研究機構 超伝導物性ユニット エレクトロニクスグループ・主幹研究員) 「最先端技術で野菜を育てる大規模植物工場」 福田 弘和(大阪府立大学大学院工学研究科・准教授)

〈会場〉

九州大学伊都地区CE40棟 2Fセミナー室 (福岡市西区元岡744)

〈お申込み・お問合せ先〉

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 担当: 境  
【電 話】092-802-3560  
【FAX】092-802-3561  
【メール】office@ries.kyushu-u.ac.jp



九州大学大学院工学研究院では、2014年11月に「小水力エネルギーPJ研究コア」を立ち上げた。このコアは、2010年に採択された「I/Uターンの促進と産業創生のための地域の全員参加による仕組みの開発」JST(科学技術振興機構)の研究成果を発展させたものである。

本研究コアは、これらまでの九州大学の小水力導入の実績を背景に現実のプロジェクトを対象として、実践的な研究を行う中で技術を高め、地域のための小水力発電施設の導入を進めるために、国際的な展開も視野に入れて立ち上げたものである。以下の展開を行っていく予定である。

1. 地域や自然条件に合わせた小水力発電の適正技術について、実際のプロジェクトを対象に研究開発を行う。
2. 地域のための小水力を導入するための社会的合意形成手法について実際のプロジェクト対象に研究開発を行う。
3. 「民・官・学プラットフォーム」を設置し、小水力発電所の具体的な導入・設置プロジェクトをケーススタディとした実践研究開発の機会を提供し、共同研究を実施する。

4. 「インドネシア小水力アソシエーション」との連携を基盤として、インドネシアを中心としたASEAN地域、環インド洋地域への小水力技術移転、小水力地域づくりの国際共同研究を行う。

### 小水力コアの部門構成と研究内容

部門名	研究内容
社会的合意形成部門	小水力発電の導入を地域が主体となって進める方法を開発し、制度・仕組み(官学民プラットフォーム)を作る。地域自然エネルギー政策への提言も行う。
適正技術開発部門	適正価格(100万円/kW)の技術開発を目指し、水車、発電機、電気、土木等一貫通貫の小水力発電技術開発を行うと共に、地域産業連携に基づく製品開発を行い市場化する。
国際連携部門	インドネシアの小水力アソシエーションとの連携に基づき、さらにインド工科大学、UNIDO等との連携を深め、ASEAN・アフリカ地域の小水力地域づくりの促進に寄与する。

## センター活動報告とお知らせ

### 【研究会・講演会等】

「ビジネスショー&エコフェア2015」で  
研究フォーラムを開催いたします。

「循環型社会システム研究フォーラム」  
～九大発!再生可能エネルギー研究開発の最前線～

日 時: 平成27年6月17日(水) 13:00~16:00

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  
一般社団法人日本経営協会

主 旨: 経済産業省は、2030年時点の望ましい電源構成「ベストミックス」として、再生可能エネルギーの割合を原子力よりやや高い22~24%とする原案を示しました。九州大学で取り組んでいる風力、太陽光、地熱、バイオマス、水素・燃料電池などの再生可能エネルギーの最新の研究成果について学び、エネルギーの将来について考えます。

会 場: 福岡国際センター 1階セミナー会場 (定員: 100名)

時間	プログラム
13:00	【開催挨拶】
13:05	九州大学大学院工学研究院 教授 島岡 隆行 氏
(5分)	
13:05	【講演I】
13:45	「バイオマスエネルギーの効率的利用とリサイクル・ループの構築」 九州大学大学院農学研究院 農業資源経済学部門 教授 矢部 光保 氏
(40分)	
13:45	【講演II】
14:30	「途上国社会への実装を目指した燃料電池システム開発」 九州大学大学院工学研究院 機械工学部門 准教授 白鳥 祐介 氏
(45分)	
14:30	【講演III】
15:15	「地熱エネルギー資源の開発利用の現状と今後の展開」 九州大学大学院工学研究院 地球資源システム工学部門 教授 糸井 龍一 氏
(45分)	
15:15	【講演IV】
16:00	「浮体式多目的洋上エネルギーファームの開発」 九州大学応用力学研究所 新エネルギー統合利用センター 教授 胡 長洪 氏
(45分)	

### 【編集後記】

センターでは各研究分野で活発な研究活動を展開している中、「ビジネスショー&エコフェア2015」(6/17, 6/18)では研究フォーラムやポスター展示を行い、外部に向けた積極的な情報発信に力を入れているところです。

今後も皆様に「持続可能な循環型社会の構築」に関す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.13

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: 島岡隆行

編集: 境ツヤ子

発行日: 2015年6月15日

TEL: 092-802-3560(センター事務室)

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

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

# NEWSLETTER

ISSN : 1883-969X

No.  
**14**  
2015.12

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

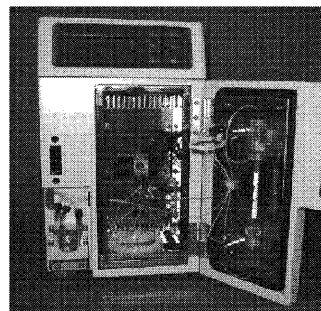


## — 特集記事 — フロー分析法を使って迅速に環境を測る

社会基盤研究室  
教授 今任 稔彦

私たちの豊かな社会は、日々進歩する多くの科学技術に基づく産業によって支えられているが、大気、土壌、水などに囲まれている私たちの身の回りの環境は、人間の活動によって排出されるさまざまな化学物質によって大きな影響を受けている。近年は、「グリーンケミストリー」や「サステナブルケミストリー」と呼ばれる環境を配慮して、化学物質の生産から廃棄までを考慮して、原料や製造プロセスを考える新しい概念が提案されている。その中にも、常に私たちの身の回りの環境の健全状態を監視する体制が必要であり、そのためには高感度で迅速な分析法の開発が期待されている。フェノール類、フッ素化合物、シアン化合物、アンモニウム化合物、硝酸・亜硝酸化合物、リン酸、六価クロムなどの環境汚染物質について、公共用水、排水、地下水あるいは土壌など環境分析法の公定法には、日本工業規格で定められたパイプルともいうべきJISK0102「工業排水試験方法」がある。昨年環境省では、これらの分析法に「流れ（フロー）分析法」を用いることできる改正を加えている。これは分析法の迅速化、高感度化、使用試薬や廃液の微量化な

どもたらすもので、「グリーン分析法」の到来といえる。写真は環境水中の富栄養化の要因とされている硝酸・亜硝酸を迅速に測定するために開発されたフロー分析装置である。1検体の測定に必要な試料は100μL以下で、1時間に約100検体もの測定が可能であり、廃液量も回分測定法に比べると極めて微量である。この方法では、連続モニタリングも可能であり、実際メンテナンスフリーで1年間も稼働している分析現場も報告されている。



硝酸・亜硝酸フロー分析装置((株)小川商会提供)

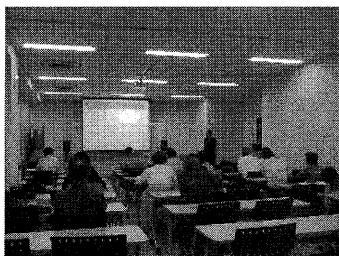


## 公開講座「知りたい環境の今と未来」

社会基盤研究室  
助教 日高 芳樹

近年、環境問題は社会において最優先事項となっており、一般市民にとってもその現状や将来についての情報のニーズは高まっています。そこで、そのニーズに応えるため、2日間に分けて一般市民向けの公開講座を開催いたしました。日程とプログラムは以下の表に示しています。

1日目は、電気製品のリサイクル、環境についての科学リテラシー、福島



原発事故を例に取った環境放射能の問題といった、現在の私たちの生活に密接に関係する問題についてそれぞれの専門家にお話しいただきました。2日目は応用編とも言える内容で、超伝導材料や植物工場によって能動的にアブ

ローチする環境問題の未来像をお話しいただきました。

最先端で環境問題に取り組んでいる研究者を講師としてお招きしましたが、講座の趣旨をご理解いただき、わかりやすく「面白い」お話をしていただきました。参加者には、環境問題に対しては多面的な取り組みが必要なことを理解していただいたと思います。質疑応答時には多くの質問と活発な議論もなされました。時間内に回答できなかった分は、当センターのホームページに掲載しています。

### 九州大学公開講座「知りたい環境の今と未来」

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

日時：平成27年10月17日13時～16時半、18日13時～16時

場所：九州大学伊都キャンパスCE40棟2Fセミナー室

国立大学フェスタ2015

### 〈公開講座 日程とプログラム〉

日程	講演題目／講師
10月17日(土) 13:00～16:30	「電気製品と電池のリサイクル」 寺園 淳 (国立研究開発法人 国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター・副センター長) 「私達を取り巻く環境とこれからの私達の生活」 加納 誠 (地球環境緑蔭塾・代表) 「環境放射能と福島原子力発電所事故」 百島 則幸 (九州大学アイトップ統合安全管理センター・センター長)
10月24日(土) 13:00～16:00	「超伝導材料が切り開く未来の環境とエネルギー」 有沢 俊一 (国立研究開発法人 物質・材料研究機構 超伝導物性ユニット エレクトロニクスグループ・主幹研究員) 「最先端技術で野菜を育てる大規模植物工場」 福田 弘和 (大阪府立大学大学院工学研究科・准教授)



当研究室は、海岸や河口域を中心に、山地河川から外洋までの水循環、生態系、土砂の管理技法や社会システムを研究している。

長崎県対馬・五島の海洋保護区の研究では「協働海洋学」として、調査計画段階から地域との対話を経て、海洋の持続可能な利用と管理につなげる予定である。対馬では、衛星通信パイを用いた対馬暖流の観測結果を可視化し、SNSで共有し議論をしている。また、五島では、伝統的な地域知の科学化に取り組んでいる。(図1) 橋の利用は、防風林、実の利用の経済だけでなく、斜面崩壊を防ぐ「グリーン・インフラ」機能も有していそうである。ハマグリを指標とする河口域の砂浜の恵みの評価には、防波堤の延長による干潟や砂浜の微地形が変化、砂の動きと生物の生息条件の対応の解明が重要である。(写真1)

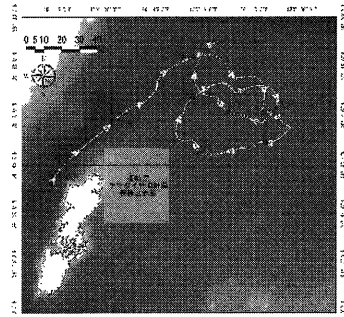


図1: 漂流パイ観測による「対馬渦」の可視化。対馬暖流が対馬海峡に流入する際に渦が形成される。

また、希少生物カブトガニの産卵地の砂浜の再生のため、伊都キャンパスの近隣の瑞梅寺川と今津干潟において、多様なセクターによるボトムアップの土砂や生態系管理を検討している。地域、国内、国際をつなぐ展開として、九州での水フォーラムや、国内での海の生物多様性や市民のネットワークの形成も行っている。これらは環境省環境研究推進費S-13、国土交通省九州地方整備局のご支援にも支えて頂いている。



写真1: 砂浜や干潟の微地形の計測(長崎県五島市三井桑)。

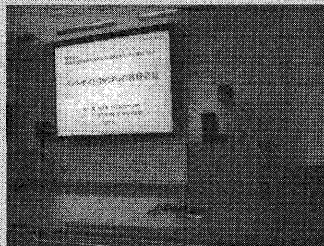
## センター活動報告とお知らせ

### 【研究会・講演会等】

#### ◆平成27年8月11日 研究交流会

設立から8年目を迎えた附属循環センターでは、平成27年8月11日(火)に「第8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、今任稔彦教授(応用化学(機能)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。



#### ◆平成27年11月21日 公開講座 「伊都キャンパス周辺のみずべの環境と生き物展」 地下水と生態系のつながり」

共催：九州大学工学研究院附属循環型社会システム工学研究センター  
九州大学伊都キャンパスの近くで見られる水辺の生き物の水槽展示や解説をおこない、川の環境再生についての研究等について紹介しました。

#### ◆平成27年11月22日・23日 ワークショップ開催 「ミスベリング瑞梅寺川会議」

後援：九州大学工学研究院附属循環型社会システム工学研究センター  
自然と歴史に恵まれた瑞梅寺川流域について、現地を探索しながら、瑞梅寺川流域から今津干潟までの山から海まで、水と生き物と暮らしの行くすえを考え、私たちの身近な海、川、山、町や里の水のつながりを再発見しました。

### 【編集後記】

附属循環センターは設立から8年が経ち、ニュースレターもNo.14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。

(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.14

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：島岡隆行  
編集：境ツヤ子  
発行日：2015年12月25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