

[001]九州大学グローバルCOEプログラム新炭素資源 学ニューズレター

<https://hdl.handle.net/2324/1831637>

出版情報 : Novel Carbon Resource Sciences Newsletter. 1, pp.1-, 2009-06. Kyushu University G-COE program “Novel Carbon Resource Sciences” secretariat

バージョン :

権利関係 :



G-COE PROGRAM KYUSHU UNIVERSITY
NOVEL CARBON RESOURCE SCIENCES
NEWSLETTER

九州大学グローバルCOEプログラム 新炭素資源学 ニュースレター

VOL. **1**
2009.6



Contents

01 MESSAGE

九州大学総長 有川 節夫

福岡女子大学学長 高木 誠

九州大学グローバルCOEプログラム拠点「新炭素資源学」拠点リーダー 永島 英夫

03 グローバルCOEプログラム「新炭素資源学」の概要

05 グローバルCOE研究者MAP

07 研究特集

「炭素資源のエネルギー利用」

「炭素資源の化学利用」

32 研究便り

39 昨年度研究実績報告

43 シンポジウム・ワークショップ報告

62 活動紹介

M E S S A G E

九州大学総長

有川 節夫

Setsuo Arikawa



九州大学は、世界第一級の教育・研究を展開し、アジアに開かれた知の世界的拠点大学として、日本を代表する基幹総合大学として、都市と共に栄え、市民の誇りと頼りになる大学としての役割を果たしています。これをさらに発展させ、国際競争力のある個性輝く大学として大きく飛躍するために、2つの将来構想、(1)研究実績に基づき形成する「新科学領域への展開」、(2)歴史的・地理的必然が導く「アジア指向」の具現化、を「4+2+4アクションプラン」として推進しています。

「新炭素資源学拠点」は、九州大学と福岡女子大学の8つの専攻が連携して申請し、日本学術振興会のグローバルCOEプログラムに採択された、世界最先端の教育・研究の場です。グローバル化する社会の中で、本拠点は、「環境負荷なき炭素資源利用の21世紀型パラダイム」の構築が使命です。その達成のために、本拠点では、大学の枠を超えた、国際連携、地域連携、産学連携により、世界の研究者の結集を図り、未来の世界を先導する研究成果の創出と博士後期課程を中心とした若手人材育成を目指します。

この拠点の活動に、九州大学は全学を挙げての支援をおこないます。

福岡女子大学学長

高木 誠

Makoto Takagi



福岡女子大学は、九州大学と縁がたいへん深い大学であります。私どもの前身である福岡女子専門学校は、九州帝国大学の設立に12年遅れて1923年に開校しました。それ以来、両大学では密接な交流が続いています。

私どもの大学は人間環境学研究科を置いており、その専攻では環境の計測・管理ならびに環境資源の高度利用について教育研究を行っています。この特徴を生かして、このたび九州大学のグローバルCOEプログラムに連携機関として加わることになりました。おりから、本学はいま大学改革を計画中であります。その方向はまさしく今回のプログラムのめざす方向と一致しています。教育研究の専門性だけでなく、私どもは大学全体としてアジアを指向した活動に力を注ぐ計画であります。これもまた、プログラムがめざすところ です。

両大学には長い交流の歴史があります。しかし国が重点とする事業において、機関としてこのように連携することは初めてであります。福岡女子大学はこのグローバルCOEプログラムに全力を挙げて取り組みます。

九州大学グローバルCOEプログラム拠点「新炭素資源学」
拠点リーダー

永島 英夫

Hideo Nagashima



新炭素資源学ニュースレター 第1号発刊にあたり

九州大学と福岡女子大学が連携して実施するグローバルCOEプログラム「新炭素資源学」が発足して9ヶ月がたち、最初の年度が終了しました。昨年夏時点のガソリン価格に身近に感じられた石油、石炭の急激な高騰は、リーマンブラザーズの破綻に伴う世界経済の急転回の結果、逆に急激な価格低下を生みました。しかしながら、当初から指摘されていたとおり、発展途上国の経済発展に伴う炭素資源の需要の伸びは上昇基調であることは間違いなく、将来的な炭素資源枯渇、資源品位の低下、環境汚染、CO₂等温室効果ガスの発生増加への対応はますます重要度を増しています。オバマ大統領のグリーンニューディール政策に代表される脱化石資源、再生可能エネルギー資源利用増加への政策は、不況対策として世界中でとりあげられようとしています。また、原子力発電の割合の増加も日本の施策として重要です。しかしながら、近未来的には、これらの政策は問題の現実解にはならず、コスト面やエネルギーの安定供給の観点から、石炭火力発電によるバックアップが必要とされています。

「新炭素資源学」は、石炭の環境負荷なき有効利用を炭素資源問題の象徴として、炭素資源のエネルギー利用、化学利用、地球環境保全を多面的にとらえ、新しい学問体系の構築と人材育成をめざしています。この9ヶ月の間に、炭素資源エネルギー利用の中心課題として、NEDO事業「革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト」が発足しました。本COEメンバーの多くが参画し、連携先である電力中央研究所とともに、資源の効率的エネルギー変換に関する先端研究がおこなわれています。また、COEでは革新的省エネルギーや地球環境保全を達成する科学技術を炭素資源から得られる化学物質を利用して開発する研究、触媒、リチウムイオン電池、燃料電池、液晶等の光・電子機能高分子材料等に成果が得られており、並行して、地球環境を資源開発学、環境学、経済学等多面的にとらえる研究がおこなわれています。これらの研究は、これまで個別の学問領域として、別々の学会で実施されていたものですが、COEの国際シンポジウムを通じて、学際的な研究、人材交流の場として融合が始まるスタートラインを作り出しています。また、研究成果の社会還元に向けて、産学連携研究も活発におこなわれています。

また、実践の場をアジアに求めることが本COEの目標の1つですが、コア連携として、中国・上海交通大学、韓国エネルギー研究院、インドネシア・バンドン工科大学、オーストラリア・カーティン工科大学との交流が

実質的にスタートし、昨年10月に福岡、今年3月にバンドンでの国際シンポジウムでは一同に会した議論をおこないました。また、昨年11月には上海交通大学から学生さんを招聘し、COEの学生たちと活発な意見交換を実施しています。今年は、さらにインド、シンガポール等に連携の輪を広げる計画が実現しつつあります。

地域連携として、福岡女子大との連携はその重要なポイントです。福岡女子大は博士後期課程が設置されていませんが、今年度その修士課程卒業生が九州大学の博士後期課程へ入学し、本プログラムに参加します。また、COEの媒体である九州大学炭素資源国際教育研究センターが九州の産官学の勉強会である九州低炭素システム研究会に参画しています。

新炭素資源学を担う次世代若手研究者の育成を目指して、COEでは、リサーチプロポーザル、国際シンポジウム企画運営、若手研究、ダブルメジャー・インターンシップを取り入れた意欲的なカリキュラムを構築しています。リサーチプロポーザルに基づくRAの選抜や、国際シンポジウムへの参画も昨年度試行し、今年度さらに充実させていきます。また、海外または企業での長期インターンシップも多くの実例を得て実践性の付与に大きく貢献しています。昨年度の反省点は、ダブルメジャーや短期インターンシップの効果的方法の確立が必要であるという認識であり、これは今年度フォーラムを立ち上げ、それを活用して実効性のあるものにしていきます。本COEは留学生比率が高いことに特徴がありますが、多国間の交流に必要な共通言語である英語力の強化は、COEの有機的連携に必須の課題です。昨年度実施した、日本人学生向けの英会話の集中演習、留学生向けの英作文の集中演習はいずれも好評であり、今年度さらに充実させる予定です。単に英語のスキル向上だけでなく、前述のカリキュラムに得られた英語力を活用することにより、一層の人材育成効果が得られています。

昨年度は本COEにとり、立ち上げの年であり試行の年でした。事務局も走りながら立ち上げ、事業推進担当者、協力者を組織して、人材育成カリキュラムの円滑な実施にさまざまな工夫と試行錯誤を重ねました。並行して、研究も各研究者、学生が先端研究を目指して努力し、また、研究者間連携もできるところから実質的に開始しています。今年度は、これらのさまざまな試み、そしてそれから得られた萌芽的な成果を育て、飛躍に結びつける年と位置づけております。研究者間の有機的連携や、国際、地域、産学連携による本COEでなくてはできない研究、人材育成、さらには、世界に向けて情報を発信していきます。本ニュースレターはその一環として、今後ますます充実させていく予定です。

Summary of
G-COE Program "NOVEL CARBON RESOURCE SCIENCES"

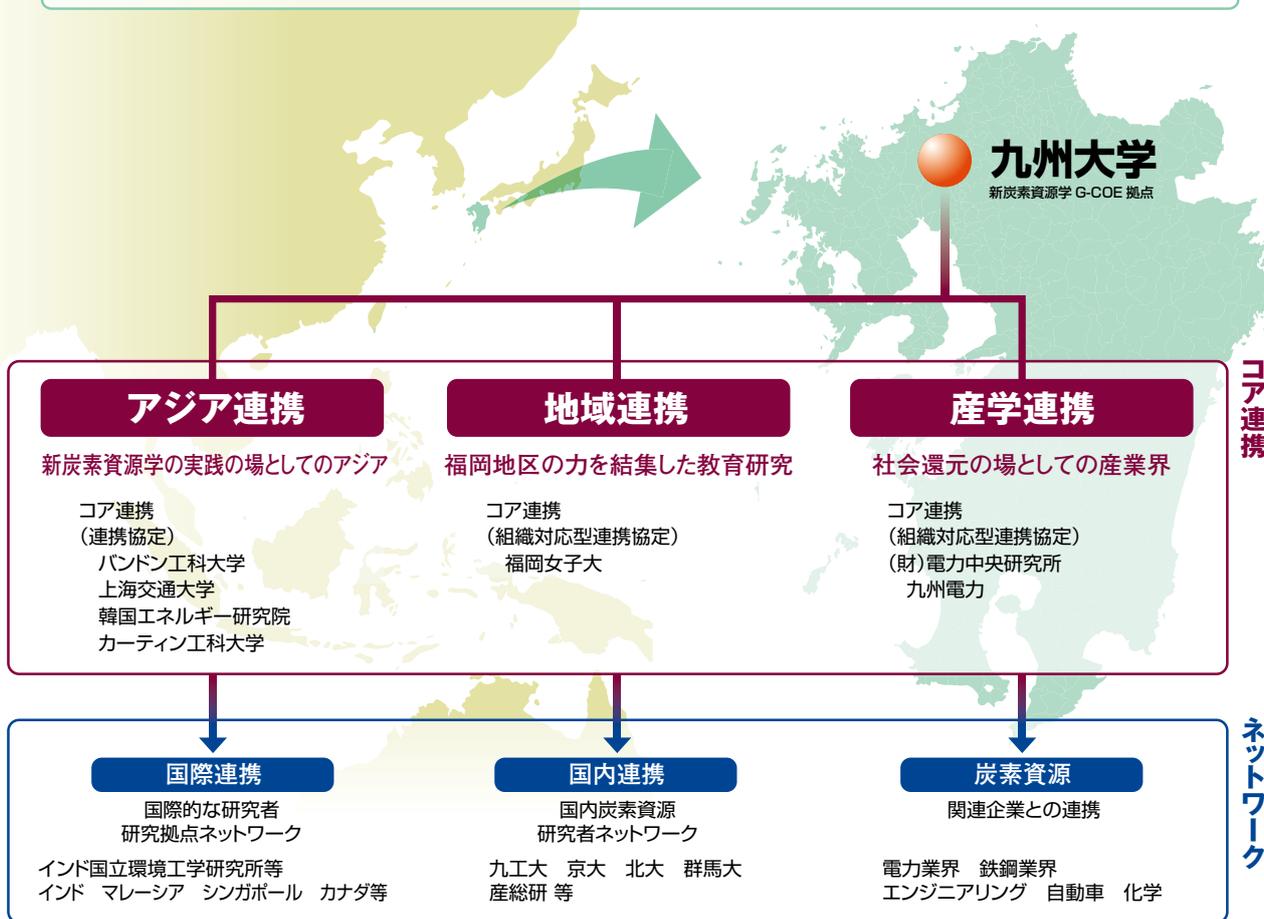
グローバルCOEプログラム 「新炭素資源学」の概要

■ 拠点の目的

20世紀の物質文明の原動力となった石油を中心とする炭素資源は、現在、アジアを中心とする発展途上国の急速な経済発展に伴い深刻な資源枯渇と価格高騰を生んでいます。この問題を解決する鍵は炭素資源の多様化であり、とくに、地球上に普遍的に存在し、可採年数の長い石炭の利用はその象徴といえます。石炭の高度利用科学技術は広くバイオマス等未利用炭素資源利用へ展開可能であり、その確立

は、石油、天然ガスとの効果的な役割分担を可能にし、炭素資源利用の21世紀型パラダイムを構築します。これに対して本拠点は、石炭利用の資源転換効率の向上、国境を越えた環境汚染防止、温暖化ガスの抑制、という難問の解決に向け、その基盤となる学術体系の構築と若手先端研究人材の育成に取り組みます。

九州大学 = 石炭研究の**伝統**・将来構想(新学術領域・**アジア指向**)・「**エネルギーキャンパス実践プラン**」
北部九州 = **アジア**の窓口、多数の**最先端石炭利用商業機**、**実証研究設備**が集中

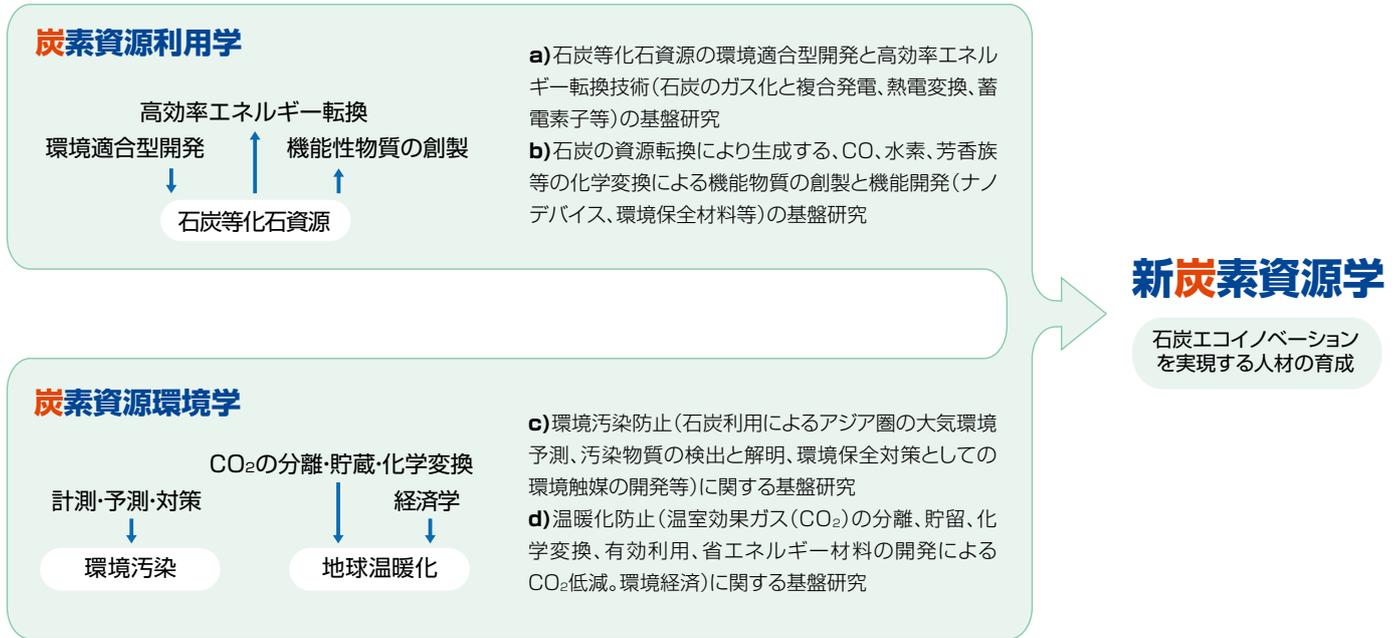


堅実なコア連携による教育・研究→国際的ネットワークによる拠点活動

2つの学問分野の開拓と融合

本拠点では、石炭の資源開発、資源転換と利用、およびCO₂等廃棄物処理へ至る石炭有効利用の工学を扱う「炭素資源利用学」と、21世紀の社会要請である地球環境保全に関する問題を、グローバル環境の予測、計測、対策の観点から扱う「炭素資源環境学」の2つの学

問分野に取り組むと共に、さらにそれらを連携融合することにより新たな学問分野である「新炭素資源学」を作りだし、「石炭エコイノベーション」を実現する人材を育成します。



国際性と現実対応能力に優れた人材の育成

本拠点では、主専攻が属する総合理工学府に「新炭素資源学人材育成コース」を設置し、修士、博士の一貫教育を行います。本コースにおいては、新炭素資源学関連科目と実践的英語演習を必修の基礎科目とします。博士課程の研究は、炭素資源学領域の大きく異なる2つの分野から主テーマと副テーマを設定して行います。また、「リサーチプロ

ポーザル教育」、院生や博士研究員が主導的におこなう「G-COE若手研究」、外国人招聘をして実施する「G-COE国際シンポジウム」への参画、「現場実習」等を通じて実践力、企画力、研究力、国際力の養成を目指します。

■修士課程からの入コース生標準履修モデル(M1は各専攻での教育)



■博士後期課程からの入コース生標準履修モデル



グローバルCOE研究者マップ



石炭等化石資源のエネルギー利用: 環境適応型・高効率利用科学技術開発

石炭改質・ガス化・エネルギー転換

●NEDO「革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト」

▶ P7

▶ P15

平島 剛
高度炭素資源処理
バイオマス利用

尹 聖昊
炭素ナノ繊維
炭素材料反応工学

深井 潤
炭素転換熱解析
炭素繊維の省エネ利用

林 潤一郎
持続的炭素サイクル化学
コプロダクション

持田 勲
石炭ガス化
炭素材料・炭素ナノ繊維

寺岡 靖剛
機能性無機材料
環境触媒化学

草壁 克己
無機分離膜
環境汚染物質分離

電力中研・他大学
愛媛大学等

●経済産業省「中核的人材育成事業」

●九州低炭素システム研究会

九州大学
G-COE, NEDO,
JST, JST-MOST

九州電力
褐炭利用技術
原子力

九州経済産業局

地元企業・他大学
九州工大・佐賀大・
熊本大 他

事業推進担当者
炭素資源利用学

事業推進担当者
炭素資源環境学

連携メンバー

次世代低消費エネルギー社会を実現する石炭等化石資源の利用技術開発

基礎化学	環境材料開発 ▶P21	次世代エレクトロニクス材料開発	エネルギー材料開発
友岡 克彦 有機合成化学 高効率酸化反応	永島 英夫 環境調和型化学 高効率金属錯体触媒	横山 士吉 炭素資源のデバイス応用 高分子フォトニック材料	大瀧 倫卓 熱電変換素子 熱エネルギー回収
	尹 聖昊 炭素ナノ繊維 炭素材料反応工学 ▶P17	吾郷 浩樹 ナノカーボン材料 カーボンナノチューブ	岡田 重人 次世代リチウム二次電池用 電極活物質、蓄電技術

石炭等化石資源の開発に伴う諸問題への対応技術開発

地下資源関連	海中資源関連	CO ₂ 貯留
平島 剛 高度炭素資源処理 バイオマス利用	中村 昌彦 海洋観測用ブイクル 海洋構造物の位置制御	佐々木 久郎 CO ₂ 地中貯留 CO ₂ -ECBM CO ₂ -EOR
松井 紀久男 資源開発に伴う環境修復 石炭鉱山開発と環境問題		

石炭等化石資源の利用に伴う諸問題への対応技術開発

基礎化学	経済分析	汚染物質分離除去	環境計測
原田 明 超高感度環境計測 レーザー分光分析	藤田 敏之 環境経済学 地球環境問題の分析	寺岡 靖剛 機能性無機材料 環境触媒化学	鶴野 伊津志 越境大気汚染の数値解析 アジア域大気環境モデリング
		峯元 雅樹 流動・輸送現象解析 各種プラントの高性能化	竹村 俊彦 エアロゾルの地球規模 シミュレーション
環境関連機能材料			伊藤 一秀 生活環境化学物質汚染 室内環境化学
三浦 則雄 環境センサ 電気化学デバイス			

このほか事業協力者として、九州大学19名、福岡女子大学2名の教員が参画しています。

Micro Review

環境負荷低減を目指した低品質炭の脱灰と改質

De-ashing and Upgrading Low-Grade Coal to Reduce the Environmental Load

九州大学大学院工学研究院 平島 剛
Kyushu University Tsuyoshi Hirajima

Increasing world demand for energy has led to the exploitation of low-rank coal (LRC) as well as high-ash and high-sulfur coals. As a result, new technologies and economically viable methods aimed at reducing the environment load have been developed to process such coals. For now, advanced coal cleaning technologies such as enhanced gravity technology and biobeneficiation, which can potentially be used to separate fine pyrite and specific minerals from coal, are considered as the most promising processes to exploit high-ash and high-sulfur coals. LRC still remains a local source of energy because of its high moisture content, low heat value, and high propensity toward spontaneous combustion. However, its prospective use can be enhanced considerably through hydrothermal treatment, a promising technology for upgrading LRC. This paper briefly describes these technologies.

1. はじめに

2007年の世界全体での消費1次エネルギーに対する石炭の割合は、約28.6%であり、日本では約24.2%を占める。発電分野における割合では、世界では約40.3%、日本では25.2%を占める^{1)~3)}。世界の一次エネルギー需要見通しによれば、むしろ可採年数の長い石炭への依存は増大することが予想されている。特に石炭利用の著しい増加はアジア太平洋地域であり、2030年の石炭総利用量の約7割がこの地域で消費されると予想されている。このように石油、天然ガスに比べて、二酸化炭素排出係数の高い石炭の利用がアジア太平洋地域において増大し、この地域における二酸化炭素排出量はますます増大すると考えられる。

日本は、2007年に「Cool Earth 50」を世界に向けて提案し、「世界全体の温室効果ガス排出量を現状と比較して2050年までに半減する」ことを呼びかけている。これらを達成するためには、CO₂の分離・回収・貯留も視野に入れた革新的な技術開発が必要とされ九州大学は電力中央研究所等と「CO₂回収型IGCC技術開発」研究を実施している。石炭消費の99%以上を海外に依存する我が国にとって、環境負荷を低減しつつ多様な石炭を利用できるようにすることは長期的な石炭エネルギー資源の安定供給確保⁴⁾のためにも重要な課題である。そのため、水分が多く発熱量が低いと輸送効率や燃焼効率が悪く、自然発火性が高いためその利用が産炭地域に限定されていた

褐炭などの低石炭化度炭の改質技術開発⁵⁾や高灰分、高硫黄分のため従来利用が困難であった石炭の高度脱灰、脱硫技術（アドバンストコールクリーニング技術）の開発、さらに燃焼後の石炭灰の有効利用、開発・利用に伴う酸性鉱山廃水処理や高度排水処理研究が重要となっている。

このような背景から、著者らの研究室では、微粒子の比重選別、浮選などのアドバンストコールクリーニング、低石炭化度炭及びバイオマスの水熱処理による改質、燃焼灰の有効利用、PRB (Permeable Reactive Barrier) を用いた地下水浄化^{6)~8)}、バイオミネラルプロセッシング^{9)~12)}などの研究を行ってきた。平成21年3月には、これらの研究のなかの有機炭素資源を制限した環境で高いマンガン酸化活性を発現する真菌を使って合成したマンガン酸化生体鉱物のキャラクターゼーションとそれに対する重金属イオンの収着特性研究に関して資源・素材学会論文賞を受賞した¹²⁾。内容の詳細については別稿に譲ることとし、本稿では、主に低品質炭の脱灰と改質に関する研究について紹介する。

2. 石炭中の鉱物質

石炭中の鉱物質は、石炭生成の根源となった植物質中にすでに存在していた一次的な鉱物質（固有灰分 Inherent ash）、石炭化過程で、地層中の堆積土、火山活動にともなう火山灰、その他の無機物の沈積、炭層中に地下水が浸透し、既存の鉱物質を変質させ

たり、新たな鉱物質を付加させたりすることにより、二次的に付加された鉱物質（中間灰分 Intermediate ash）、採炭の過程で炭層の上盤・下盤あるいは「はさみ」が原炭中に混入したもの（外来灰分 External ash）とに分けられる。石炭中に含まれるこれら鉱物質の大部分は、石炭の燃焼後灰分となる。外来灰分、中間灰分、固有灰分の順に物理的コールクリーニングによる除去は困難になってくる。

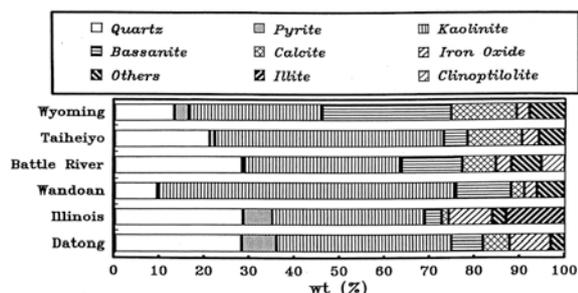


図1 石炭中の鉱物組成

図1に山元で選炭された精炭（外来灰分が主に除去された石炭）中の鉱物組成を示す。図中のその他には、Mg、Na、K、P、Ti及び微量重金属が含まれる。大部分の石炭で石英、カオリナイトが石炭中の鉱物重量の2/3を占めており、これらが石炭中の主要鉱物質であることがわかる¹³⁾。

一般に石炭にはAs、Ba、Be、Cd、Cr、Co、Cu、Pb、Mn、Hg、Ni、Se、V等の環境汚染物質が微量に含まれている。これらの微量元素は、①石炭有機質と結合しているもの、②微量元素を組成元素とする鉱物として存在しているもの、③石炭中の鉱物質の組成元素と置換するなどして共存しているものなどがある。石炭により①～③の割合は異なるが、多くの研究によれば鉱物質と共存している場合が多い。そのためコールクリーニングにより灰分を除去することにより、同時にこれら重金属も低減できる¹⁴⁾。

3. コールクリーニング技術

表1にコールクリーニングに利用される性質と選別技術を示す。現在のコールクリーニングの主力をなす選別技術は、粒子の比重差を利用した選別方法と表面のぬれやすさ（疎水性、親水性の差）を利用した選別方法である。最近、我国では石炭利用の上で石炭灰や、SO_x、NO_x、重金属元素（Hg、Cd、Pb、Cr、As、Se…）等の環境汚染物質の低減、燃焼の前処理としての特定鉱物の除去などが望まれており、

コールクリーニングの重要性が再認識されている。

表1 コールクリーニングに利用される性質と選別技術

利用する性質	選別技術
色調、外観	手選、色彩選別
比重	比重選別 (1)重液選別 (2)ジグ選別 (3)薄流選別 (4)空気選別
表面のぬれやすさ	浮選 選択造粒
磁性	磁選
電気伝導度	静電選別
その他	

3-1 遠心場を利用した比重選別による選炭微粒ズリからの可燃分回収

比重選別は資源処理技術の中で最も古いものの1つであり、広く使われてきているが、20世紀になり磁選法、浮選法などの急速な発展、普及に伴い、その重要性が低下してきた¹⁵⁾。しかし、近年、その選別原理と装置のシンプルさ、選別対象の幅広さが見直され、選鉱、選炭のみならず資源リサイクル、環境の分野で再び活用され、種々の改良や新機種の開発が行われている^{16)~19)}。特に、最近、微粒子を対象にした比重選別機の開発が盛んになっており、Falcon Concentrator²⁰⁾、Knelson Concentrator²¹⁾、Multi-Gravity Separator (MGS)²²⁾などの機種が開発されている。その中でも、著者らはMGSに注目し、選炭微粒廃棄物からの微粉炭回収などの応用研究を行っている。英国リチャード・モズレイ社 (Richard Mozley Limited) により開発された本機は、比重に基づいて浮選サイズ(1~300 μm)の粒子を選別するものである。

パイロットスケールのMGSを図2に示す。MGSは、汎用の揺動テーブルの水平面を丸めてドラムに押し込んだとでも表現できるもので、テーブル表面をドラムに置き換えることによって遠心力を粒子に作用させることができる。このことにより、MGSでは汎用のテーブルよりも細かい粒子までの選別が可能である。フィードスラリーは、ドラム表面の中間あたりにフィードされる。ドラム表面はポリウレタンライニングされており、滑らかである。ライニングはコーン状で開口部に向かって狭くなっているため(角度3~5度)、フィードスラリーは自然にドラム後端

に向かって流れる。重質物及び高比重物は遠心力 (< 25G) によりドラム表面に突き刺さる格好になり、それらの濃縮されたベース層を形成する。ベース層の上の中間層は、低比重物及びスライム粒子で形成される比較的薄い懸濁層、上層は比較的清澈した水相より構成される。揺動（振動数 4.0~5.7 cps、振幅 12.7~19.0 mm）により選別が促進され、さらにドラム表面に突き刺さった格好の高比重物はスクレーパー（ドラム回転速度の 2.5% 速い回転速度）により傾斜に沿い開口部の排出口に向かって掃き集められる。このとき紛れ込んだ低比重物の再選別が促される。また、開口部付近に加えらる洗浄水は、ほぐされた低比重物を押し流し、高比重産物中への低比重物の紛れ込みを低減する。懸濁状態となっている低比重物は薄流により運ばれドラムの反対側の端から排出される。

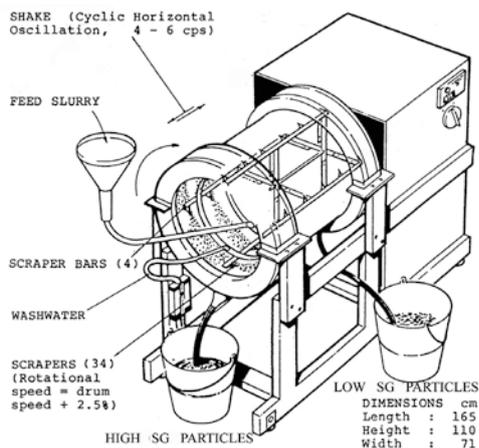


図 2 パイロットスケール MGS

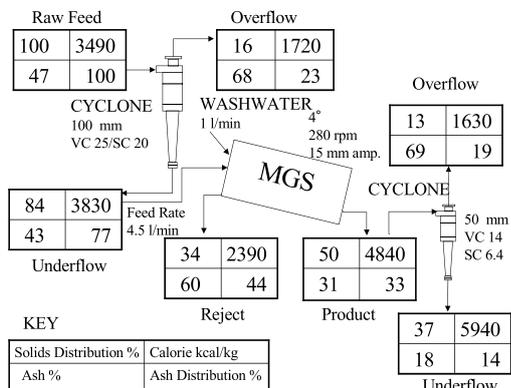


図 3 選炭廃水からの可燃分回収プロセスと試験結果

著者らは、MGS とサイクロンを組み合わせた微粒子

選別プロセスによる選炭微粒ズリからの可燃分回収の可能性について検討を行った²³⁾。この選炭ズリ中の石炭は低石炭化度炭であり、石炭表面のぬれ性を利用し選炭する浮選は捕収剤使用量が多くなるため利用困難であった。図 3 に選炭廃水からの可燃分回収プロセスの一例とフィードの固形物量および灰分量を 100 とした場合の各産物でのそれらの分布、灰分およびカロリー値を示した。本プロセスにより、従来廃棄されていた選炭微粒ズリから、灰分 18%、カロリー 5940 kcal/kg の精炭を歩留り 37%、可燃分回収率 57% で回収できた。

浮選や Oil Agglomeration (OA) 法の様な表面のぬれ性の差を利用した選別プロセスでは、石炭の浮沈分析を用いて得られる理想的な分離にはるかに到達しないことがある。選別性能が劣る原因は、主として石炭と鉱物両者を含んでいる片刃(Middling)粒子や黄鉄鉱のような容易に疎水性となる粒子を表面のぬれ性を利用したプロセスでは除去しにくいことにある。最近の研究では、5wt%以下の石炭を含む片刃粒子でさえ浮選で回収されてしまうことが報告されている。MGS は、浮選や OA 法の様な表面のぬれ性の差を利用した選別プロセスでは除去困難な灰分、特に黄鉄鉱のような高比重物を含む粒子の除去に極めて効果的である。黄鉄鉱中には微量重金属が含まれている場合が多いことから、環境汚染物質除去の立場からは MGS のような微粒子用比重選炭機が今後益々重要となってくるものと考えられる。MGS の主な利点は、片刃粒子を単体分離するための粉碎を行うことなしに、また浮選剤や重液等を用いることなしに高い分離効率が得られることである。

著者らは、MGS の応用研究として石炭燃焼灰からの中空球形粒子の回収^{24)、25)}、下水汚泥からのリン資源回収^{26)、27)}、コンクリート廃材の全量リサイクル^{28)、29)}等の資源リサイクルに関する研究を行い良好の成果を得ている。

3-2 微生物による鉱物の表面改質とその浮選への応用

今後アジアの電力需要の増大に伴い我が国が現在主に使用している良質な石炭は輸入困難となり、近い将来、高灰分・高硫黄分炭や低石炭化度炭などの低品質炭を積極的に活用することが必要になってくる。また、石炭ガス化等の前処理として石英、黄鉄

鉱などの特定鉱物の除去が重要になってくると考えられる。

浮選は水中における石炭と鉱物質の気泡に対する付着力の差を利用して分離する技術である。微生物を鉱物表面に吸着させ、鉱物表面のぬれ性を制御し、浮選分離する技術 (Bio-flotation) は、低コストの選別が期待されるが、付着メカニズムや微生物の役割などについては、不明な点も多い。著者らは、鉱物処理分野ではまだ研究されていない 2 種類の微生物を用い、表面性状評価、微生物と鉱物の相互作用、付着メカニズムおよび鉱物の相互分離について検討した^{30)~32)}。用いた微生物は、*Escheichia coli* に、好熱菌が生産する SIP (Silica induced protein) タンパク質をコードする遺伝子を組換えた *E. coli*^{32)~34)} (以後、SIP-*E.coli* と呼ぶ) と黄鉄鉱含有鉱床地帯から最近単離された *Ferropasma acidiphilum*^{35), 36)} で、独立栄養的に生育することができ、黄鉄鉱中の鉄の酸化によってエネルギーを獲得し、二酸化炭素を炭素源として生育する。これらの微生物の疎水性評価結果では、SIP-*E.coli* は疎水性、*F. acidiphilum* は親水性であったことから、浮選において SIP-*E.coli* の捕収剤、*F. acidiphilum* の抑制剤としての利用可能性について検討を行った。

図 4 に SIP-*E.coli* 添加による石英、赤鉄鉱、鋼玉の浮選結果を、図 5 に *F. acidiphilum* 添加による黄鉄鉱の浮選結果を示す。これらの鉱物への微生物の付着挙動と浮選結果については、拡張 DLVO 理論と上述した微生物表面のぬれ性の違いにより基本的には説明された。拡張 DLVO 理論³⁷⁾によれば、微生物と鉱物との全相互作用エネルギー (G_{Tot}) は、静電的相互作用エネルギー (G_{EL})、酸-塩基相互作用エネルギー (G_{AB})、Lifshitz-van der Waals エネルギー (G_{LW}) の和で与えられる。 G_{EL} はゼータ電位測定結果、 G_{AB} は接触角測定結果、 G_{LW} は付着の Lifshitz-van der Waals 自由エネルギーから求めたハマーカー定数をもとに計算を行った。これらの結果から、浮選実験結果では、拡張 DLVO 理論で計算された SIP-*E.coli* の鉱物表面への付着可能な pH 領域で高い浮遊性を、*F. acidiphilum* の黄鉄鉱表面への付着可能な pH 領域で低い浮遊性を示し、SIP-*E.coli* と *F. acidiphilum* の各鉱物への付着挙動から浮遊性を予測できることがわかった。なお、*F. acidiphilum* 付着後の黄鉄鉱表面は親水性となる

ことから、石炭の脱硫浮選について検討し、*F. acidiphilum* が黄鉄鉱の抑制剤として利用可能であることが明らかになってきている。現在、他の硫化鉱物への適用を検討中である。

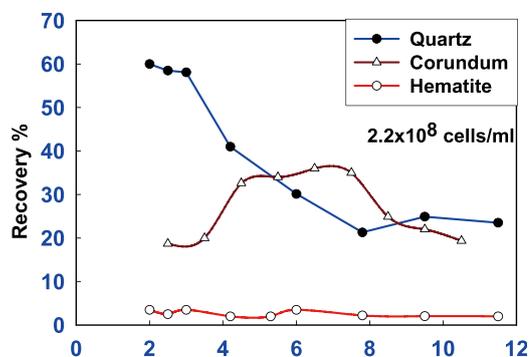


図 4 各鉱物の浮選結果 (Sip-*E. coli* 添加)

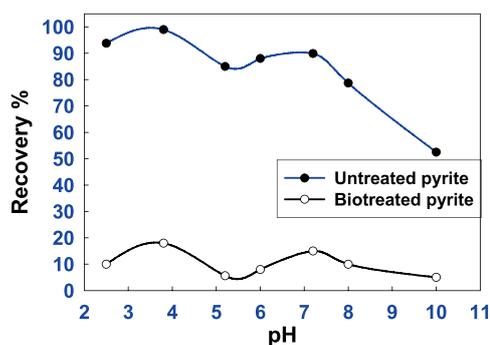


図 5 黄鉄鉱の浮選結果 (*F. acidiphilum* 添加)

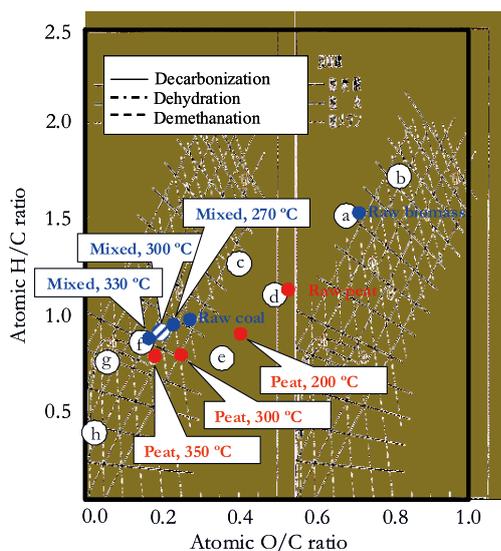
4 バイオマス・低品位炭混合改質技術

4.1 低品位炭の特徴

石炭は潟や湖沼などの水中に植物遺骸などが堆積、泥炭化した状態で堆積物中に長期間にわたり埋没し、微生物作用さらに熱や圧力等の作用によって変質し、しだいに炭素含有量が増加することで形成されたものである。この一連の過程を石炭化作用という。石炭化の程度は地圧、地熱環境および時間の長さにより異なり、石炭化が進むにつれ泥炭、褐炭、亜瀝青炭、瀝青炭、無煙炭へと変化していく。その中でも、亜瀝青炭、褐炭等の低石炭化度炭が低品位炭 (Low Rank Coal) と呼ばれている。

図 6 にコールバンドを示す。これは、横軸に O/C 原子数比を、縦軸に H/C 原子数比を取り、石炭化度の異なる石炭をプロットしたものである。図に示すように、前記の一連の石炭は一つのバンド上

に乗ることがわかりこれをコールバンドと呼ぶ。つまり、木材から泥炭、褐炭へは脱水反応により進行し、その後、脱炭酸反応、脱メタン反応を経て、やがて無煙炭へ変化していく³⁸⁾。低品位炭は水分が多く、発熱量が低く、自然発火しやすいため山元近辺で使用されるに止まっている。しかしながら、灰分、硫黄分が少ないという長所を持った石炭が多く存在する³⁹⁾。したがって、低品位炭の改質に関しては、水分を除くと同時に発火を抑制するような性状変化を起こすことが要求される。



a: Wood, b: Cellulose, c: Lignin, d: Peat,
e: Lignite, f: Sub-bituminous, g: Bituminous,
h: Anthracite

図6 コールバンドプロット

4.2 バイオマス・低品位炭混合改質技術

バイオマス・ニッポン総合戦略（平成14年12月27日閣議決定）によると、バイオマスとは生物資源（bio）の量（mass）を表す概念で、再生可能な生物由来の有機性資源で化石資源を除いたものと定義されている。バイオマスを燃焼すると二酸化炭素が放出されるが、それはもともと光合成により大気中から固定されたものであり、大気中のCO₂バランスを崩さないというカーボンニュートラルな特性を有している。このため、化石燃料の一部をバイオマスで代替することにより、地球温暖化を引き起こす温室効果ガスの一つである二酸化炭素の排出を削減することが出来る。バイオマスや低品位炭の改質方法には大別して蒸発法と非蒸発法がある。非蒸発法は蒸

発法に比べ改質に必要なエネルギーが少ないという利点がある³⁹⁾。蒸発法は、操作温度、圧力が低いが、水の相変化を伴うためエネルギー消費が大きい。(株)神戸製鋼所が開発を進めてきたUBCプロセスは、蒸発法であるが、安価な改質プロセスを開発し2006年度より600t/dの大型実証プラントの事業を開始し、2010年以降の商業化を目指している⁵⁾。UBC(Upgraded Brown Coal)プロセスは、褐炭液化の前処理技術であるスラリー脱水技術に由来する技術で、石炭を油中で脱水・安定化し、撥水性や自然発火性抑制効果を発現させることができる。UBCプロセスは低温での改質のため、褐炭中の酸素を除去するような改質は行えない。非蒸発法のうち水熱処理法では、改質過程で石炭表面の親水性官能基が分解して表面が疎水化するとともに、改質過程で生成したタール状物質が石炭空隙へ吸着し閉塞するために脱水を容易にし、また改質後の水の再吸着を困難にするといわれており、高水分褐炭やバイオマスの改質に適していると考えられる。日揮(株)では、「低品位炭の改質およびCWM(Coal Water Mixture)化に関する研究」において、温度300℃、圧力120barの熱水により低石炭化度炭を改質する技術を開発し、その有用性をラボ試験、パイロットプラント建設と実証試験を通して明らかにした⁴⁰⁾、⁴¹⁾。著者らは、低品位炭の有効利用と木質系バイオマス廃材の燃料化および固体燃料のCO₂排出量低減の観点から、これまで加圧熱水処理によるバイオマス、低品位炭の単独改質およびそれらの混合改質の研究を行ってきた⁴²⁾~⁴⁷⁾。

混合改質試験は、低品位炭としてアラスカ産Beluga炭(C:61.2, O:32.8 wt%)を木質系バイオマスとして杉(C:48.5, O:45.6 wt%)を用いて行なった。両試料とも別々に微粉碎した後、所定の混合比で混合し10wt%の濃度でスラリー化した。初め1Lオートクレーブを用い300℃、12MPaの条件で試験を行なった。図6に改質産物のH/CとO/Cとの関係を示す。なお、図中には泥炭単独についての改質結果も示している。改質産物の値はコールバンド上にプロットされ、短時間で脱水、脱炭酸反応が起こり、石炭化が進行し高カロリーの改質産物が得られることがわかる。このことから、改質条件を制御することにより利用目的にあった改質炭あるいはバイオマスと低品位炭の混合改質産物（バイオコール）を得

ることが可能であることがわかった。FT-IR スペクトル測定結果では、改質前の杉にはセルロースに特徴的な 1064 cm^{-1} のピークが見られるが、改質後は消滅し、その代わりに、芳香族に由来するピークが強くなった。混合改質産物でも同様な傾向が認められた。また、 ^{13}C NMR 測定結果からも、芳香族性が強まり脱水性が向上することがわかった。

次に、 1 kg/hr の処理能力を持つベンチスケールの連続式装置を用いて混合改質試験を行なった⁴⁵⁾。図7に装置の模式図を示す。まず原料スラリータンクに杉とベルガ炭及び水を加え、攪拌混合しスラリー濃度 $10\text{ wt}\%$ に調整した。次に、水熱反応器の圧力を 12 MPa 、温度を 300°C に調整後、フィードポンプでスラリーを熱水反応器に供給した。なお、スラリー供給流量は 300°C の温度区間でのスラリー滞留時間が 30 分となるよう調整した。

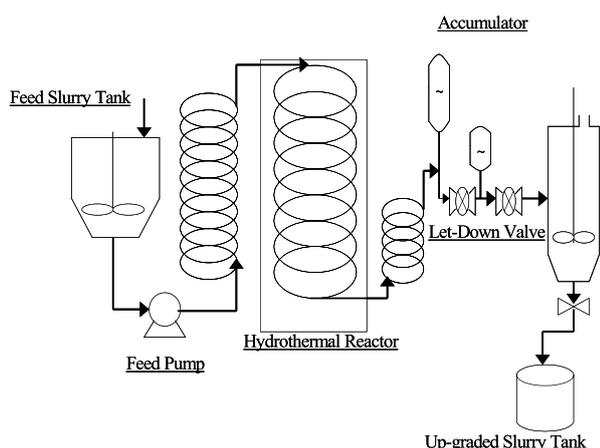


図7 ベンチスケール連続式装置の模式図

30 分間、 300°C で水熱処理されたスラリーはその後空冷され、2つのアキュムレーターと落圧弁を使って順次減圧し、改質スラリータンクに回収した。

杉の混合比を変えた場合の無水無灰基準の元素分析結果を図8に、産物の総発熱量を図9に示す。いずれの混合比においても酸素含有量は 20% 程度までに低減され、炭素含有量は 70% 以上となり、総発熱量 7200 kcal/kg 以上を示し、産物の脱水性も向上した。また、連続運転ではトラブルに見舞われることもなく、連続改質装置が低品位炭と木質系バイオマスの混合改質に有効であることが明らかになった。

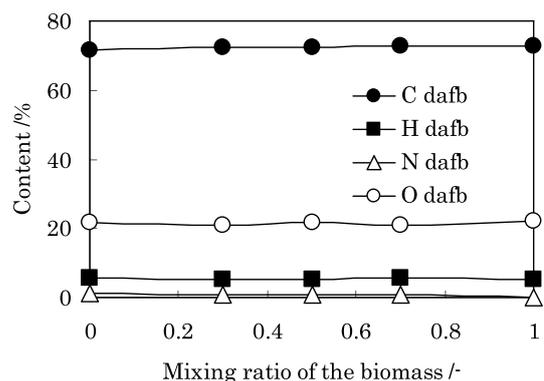


図8 固体産物の元素分析結果に及ぼす杉混合比の影響 (無水無灰基準)

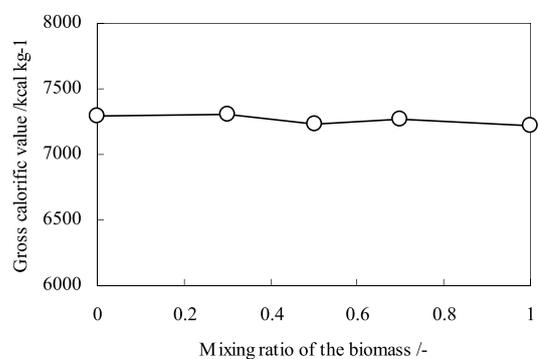


図9 固体産物の総発熱量に及ぼす杉混合比の影響 (無水無灰基準)

5. おわりに

石炭消費の 99% 以上を海外に依存する我が国にとって、長期的な石炭エネルギー資源の安定供給確保は重要な課題であり、環境負荷を低減しつつ多様な石炭の利用を可能にする技術開発が望まれている。特に石炭利用の上で石炭灰や、 CO_2 、 SO_x 、 NO_x 、重金属元素等の環境汚染物質の低減が望まれている。今後、益々クリーンな石炭への要望が高まると考えられことから、MGSのような新しい微粒子比重選別機の開発や浮選、OA法の高度化、低コスト化の研究が進むと考えられる。また、低石炭化度炭の脱水・脱灰技術、高硫黄・高灰分の低品質炭を低コストで脱硫・脱灰する技術、乾燥地・寒冷地などでの乾式選炭技術等地球環境に貢献するコールクリーニング技術の開発が積極的に行われるであろう。今後、幅広い分野の研究者の協力により、これらに関する研究開発が進展することが期待される。

参考文献

- 1) E. ARIMORI: Jcoal Journal, Vol. 11, pp. 5-11, 2008.
- 2) BP: Statistical Review of World Energy 2008.
- 3) IEA (International Energy Agency): Coal Information 2008.
- 4) H. FURUKAWA: Jcoal Journal, Vol. 12, pp. 4-7, 2009.
- 5) Y. OTAKA: Jcoal Journal, Vol. 11, pp. 27-28, 2008.
- 6) W. WILOPO, K. SASAKI, T. HIRAJIMA: Materials Transactions, Vol. 49, No. 10, pp. 2275-2282, 2008.
- 7) W. WILOPO, K. SASAKI, T. HIRAJIMA, T. YAMANAKA: Materials Transactions, Vol. 49, No. 10, pp. 2265-2274, 2008.
- 8) K. SASAKI, S. NUKINA, W. WILOPO, T. HIRAJIMA: Materials Transactions, Vol. 49(4), pp. 835-844, 2008.
- 9) K. SASAKI, M. MATSUDA, T. HIRAJIMA, K. TAKANO, H. KONNO: Mater. Trans., Vol. 47(10), pp. 2457-2461, 2006.
- 10) K. SASAKI, M. MATSUDA, T. URATA, T. HIRAJIMA, H. KONNO: Advanced Materials Research, Vol. 20-21, pp. 607-610, 2007.
- 11) K. SASAKI, Y. NAKAMUTA, T. HIRAJIMA, O. H. TUOVINEN: Hydrometallurgy, Vol. 95, pp. 153-158, 2009.
- 12) K. SASAKI, M. MATSUDA, T. URATA, T. HIRAJIMA, H. KONNO: Materials Transactions, Vol. 49(3), pp. 605-611, 2008.
- 13) T. HIRAJIMA, W. NON, M. TSUNEKAWA: Journal of MMIJ (Mining and Materials Processing Institute of Japan), Vol. 110, pp. 461-466, 1994.
- 14) G.H. LUTTRELL, P.VENKATRAMAN and R.H. YOON: Coal Preparation, Vol. 19, pp. 243-255, 1998.
- 15) R. BURT: Miner. Eng., Vol. 12, pp. 1291-1300, 1999.
- 16) M. TSUNEKAWA, B. NAOI, S. OGAWA, K. HORI, N. HIROYOSHI, M. ITO and T. HIRAJIMA: Int. J. Miner. Process. Vol. 76, pp. 67-74, 2005.
- 17) T. HIRAJIMA, K. SASAKI, A. BISSOMBOLO, H. HIRAI, M. HAMADA and M. TSUNEKAWA: Separation and Purification Technology, Vol. 44, pp. 197-204, 2005.
- 18) T. HIRAJIMA, A. BISSOMBOLO, K. SASAKI, K. NAKAYAMA, H. HIRAI and M. TSUNEKAWA: Int. J. Miner. Process, Vol. 77, pp. 187-198, 2005.
- 19) M. ITO: J. MMIJ, Vol. 124, pp. 865-870, 2008.
- 20) R. Q. HONAKER, D. WANG and K. HO: Miner. Eng., Vol. 9, pp. 1143-1156, 1996.
- 21) A. R. LAPLANTE, Y. SHU and J. MAROIS: Can. Metall. Quart., Vol. 35, pp. 23-29, 1996.
- 22) K. U. BHASKAR, B. GOVINDARAJAN, J. P. BARNWAL, R. VENUGOPAL, M. R. JAKHU, and T. C. RAO: Int. J. Miner. Process., Vol. 67, pp. 59-70, 2002.
- 23) T. HIRAJIMA, Y. KUBO, K. SUZUKI: J. MMIJ, Vol. 121, pp. 456-460, 2005.
- 24) T. HIRAJIMA, Y. OOSAKO, M. NONAKA, H. T. B. M. PETRUS, K. SASAKI, T. ANDO: Journal of MMIJ, Vol. 124, No. 12, pp. 878-884, 2008.
- 25) T. ANDO, T. HIRAJIMA, M. NONAKA, Y. OOSAKO: International Application No. PCT/JP2008/058386, International Publication No. WO 2008/136506 A1.
- 26) T. HAGINO and T. HIRAJIMA: Resources Processing, Vol. 52, pp. 172-182, 2005.
- 27) T. HAGINO and T. HIRAJIMA: Japan, Tokugan 2002-328336, 2002/ Koukai 2004-160340, 2004.
- 28) T. HIRAJIMA, F. HOSAKA, S. HONDA, M. TSUNEKAWA, M. ITO, T. SAGAWA: J. MMIJ, Vol. 119, pp. 553-558, 2003.
- 29) T. MATUMURA, T. SAGAWA, T. HIRAJIMA, O. KATSURA: Proceedings of the Japan Concrete Institute Vol. 27, No. 1, pp. 1315-1320, 2005.
- 30) M. FARAHAT, T. HIRAJIMA, K. SASAKI, Y. AIBA and K. DOI: Minerals Engineering, 21, pp. 389-395, 2008.
- 31) M. FARAHAT, T. HIRAJIMA and K. SASAKI: Proc. International Symposium on Earth Science and Technology, pp. 389-396, 2008.
- 32) M. FARAHAT: Doctor thesis (Kyushu Univ. 2009).
- 33) Y. FUJINO et al.: J Applied Microbiology, Vol. 104, pp. 70-78, 2007.

- 34) F. INAGAKI et al.: Microbes and Environments, Vol. 16, pp. 125-139, 2001.
- 35) V. G. OLGA et al.: Int. J. Systematic and Evolutionary Microbiology, Vol. 50, pp. 997-1006, 2000.
- 36) V. G. OLGA and K. N. TIMMIS: Environmental Microbiology, Vol. 7, pp. 1277-1288, 2005.
- 37) C. J. van OSS, R. J. GOOD, M. K. CHAUDHURY: J of Colloid Interface Science, Vol. 111, pp. 378-390, 1986.
- 38) H. KIMURA et al.: Sekitan-Kagaku-to-Kogyo, Sankyo, Tokyo, 1979.
- 39) M. TSURUI et al.: Technical paper for 14th Annual International Pittsburgh Coal Conference and Workshop, 1997.
- 40) S. TOKUDA et al.: Sangyo-to-Denki, p. 6, December, 2001.
- 41) K. OSAKABE et al. Sangyo Kikai, No. 7, p. 49, 2002.
- 42) K. YUKAWA, T. HIRAJIMA, M. TSUNEKAWA, C. SUYAMA, T. OKI: J. MMIJ, Vol. 118, pp. 695-700, 2002.
- 43) T. HIRAJIMA et al.: J. MMIJ, Vol. 119, pp. 118-124, 2003.
- 44) H. KOBAYASHI, T. HIRAJIMA et al.: J. MMIJ, Vol. 119, pp. 416-422, 2003.
- 45) M. NONAKA, T. HIRAJIMA, R. KAKIZOE, K. SASAKI, F. TSUCHIYA and M. TSURUI: J. MMIJ, Vol. 122, pp. 522-527, 2006.
- 46) M. NONAKA, T. HIRAJIMA, A. HIROSE, K. SASAKI: MMIJ, Vol. 123, pp. 532-536, 2007.
- 47) M. NONAKA, T. HIRAJIMA, J. YABUKI and K. SASAKI: Proc. Intl. Conference on Oil Palm and Environment, P5, pp. 1-9, Nov., 2007.

2009/03/27



第34回論文賞

Sorption of Co²⁺ Ions on the Biogenic Mn Oxide Produced by a Mn-Oxidizing Fungus, *Paraconiothyrium* sp. WL-2

[Materials Transactions, Vol. 49, No. 3 (2008), pp. 605-611]

(写真左より)

<p>笹木圭子氏 普通会員 九州大学大学院工学研究院 准教授</p> <p>松田 稔氏 普通会員 DOWA エコシステム千葉株式会社 技術課 主任</p> <p>浦田智弘氏 九州大学大学院工学研究院 大学院生</p> <p>平島 剛氏 普通会員 九州大学大学院工学研究院 教授</p> <p>金野英隆氏 北海道大学大学院工学研究科 教授 ※所属は論文掲載時による</p>	    
--	---

(資源・素材学会平成21年度春季大会プログラム)

プロジェクト研究紹介

O_2/CO_2 石炭ガス化反応機構の解明とアジア地域の多様な石炭への適用

九州大学先導物質化学研究所 尹 聖昊
Kyushu University Seong-Ho Yoon

1. 概要

可採埋蔵量も多く世界各地で採掘が可能な石炭を用いた石炭ガス化発電は、再生可能エネルギーによる安定的なエネルギー供給システムが確立するまでの時期において、有力なエネルギー源として期待されている。しかしながら、Cool Earth 50 が提唱する「世界全体の温室効果ガス排出量を現状と比較して2050年までに半減する」という CO_2 削減目標を達成し、かつ CO_2 の分離・回収・貯留 (Carbon dioxide capture and storage, CCS) に必要な多量の付加的なエネルギーを補償するためには一層の効率改善が不可欠である。

NEDO 革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクトにおいて、石炭ガス化システムから回収した CO_2 を酸化剤の一部とすることによる石炭ガス化システムの効率を大幅に向上するプロセス (図1) を

考案した。この CO_2 循環回収型次世代 IGCC システムでは、 CO_2 による石炭ガス化性能向上効果の解明と実証、乾式ガス精製技術の最適化、実用規模プラントのフィージビリティ・スタディ (FS) を研究課題としており、長期的には CO_2 回収利用も視野に入れている。また、本技術について、アジアなど環太平洋地域の多様な石炭に対する適応性を検討する。これらの課題を電力中央研究所と九州大学が協力して基礎基盤・応用の両面から技術完成を目指す。本研究により得られる技術は環境・エネルギーの両面において世界をリードするものである。また、本プロジェクトにおいて学生が実地で学習・研究することで将来の研究開発を先導する人材の育成が可能となる。更に、技術移転・提携を通じ、アジアを中心とする環太平洋地域への国際貢献も大きく期待できる。

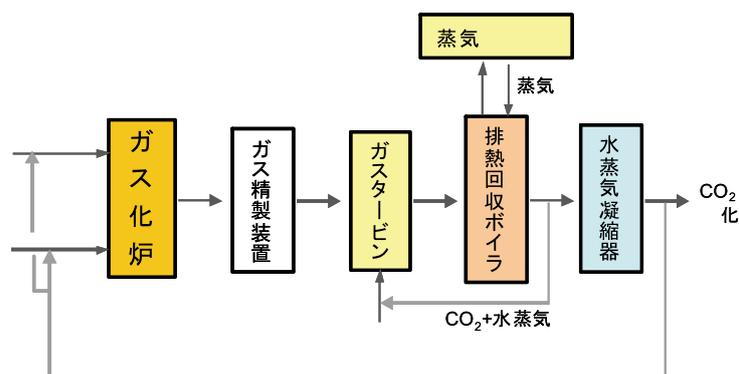


図1. CO_2 循環回収型石炭ガス化火力発電システム

2. 研究分担

九州大学は「 O_2/CO_2 石炭ガス化反応機構の解明とアジア地域の多様な石炭への適用」の研究テーマを分担し、特に次に挙げる6項目について重点的に研究を行う。

- ① 石炭およびチャーの構造とガス化反応性
- ② 石炭中の鉱物の分析と挙動、ガス化への効果
- ③ ガス化において生成する灰の物性・構造・挙動の解析
- ④ CO リッチ生成ガスの操作性

- ⑤ 石炭の前処理
- ⑥ ガス化炉内流動解析

3. H20 年度の研究成果

① 石炭およびチャーの構造とガス化反応性

SEM および TEM 観察、¹³C-固体 NMR および窒素吸着測定により石炭およびチャーの構造を把握した。また、TGA を用いてガス組成や昇温速度を変化させた条件において石炭およびチャーの熱分解およびガス化反応性を解析した。さらに、石炭の O₂/CO₂ ガス化の機構解明、特に CO₂ の役割究明とシミュレーションの確立のため簡易流動装置や数値解析システムの構築を行った。

② 石炭中の鉱物の分析と挙動、ガス化への効果

XRD、XRF、ICP を用いて、石炭中微量無機成分の定性・定量分析を行った。また、O₂/CO₂ ガス中でのガス化挙動を TG-DTA および FT-IR により追跡した。

③ ガス化において生成する灰の物性・構造・挙動の解析

様々な条件（ガス組成、温度）で調製した石炭灰について、XRF、XRD、²⁷Al-固体 NMR、SEM および TEM-EDX を用いて組成・構造を分析した。また、スラグの粘度制御のための添加物の選択と予測を行った。さら

に高温・常圧における灰分の挙動解明用の基礎実験装置を製作した。

④ CO リッチ生成ガスの操作性

H₂-O₂-CO₂-H₂O 予混合伝播火炎の層流および乱流燃焼速度およびこれらに及ぼす CO₂ 濃度の影響について定容燃焼装置を用いて検討した。また、ガス組成や反応管材料の組成が炭素析出に与える影響を検討した。さらに高温領域での CO₂ 中の残存酸素の影響を石炭の CO₂ 吸着量測定と TG-DTA 分析によって調べた。

⑤ 石炭の前処理

高水分炭、高灰分・高硫黄分炭の水熱処理における改質および鉱物質・硫黄質の変化と除去について、回分式加圧熱水処理装置を用いて検討した。

⑥ ガス化炉内流動解析

伝熱現象を解析するため、乱流熱伝達モデルの妥当性の検証と CO₂ が放射伝熱に及ぼす影響を、伝熱の基礎実験と経験式、数値解析の結果との比較により検討した。また、ガス化炉および配管壁での灰の挙動解析を、作製した計算プログラムを用いて実施した。

炭素ナノ繊維の構造認識・選択合成に基づく エネルギーデバイス・環境保全への応用

Structural Recognition and Selective Synthesis of Carbon Nanofibers and
Their Applications in Energy and Environmental Fields

九州大学先導物質化学研究所 尹 聖昊
Kyushu University Seong-Ho Yoon

Carbon nanofibers (CNFs) have various fibrous structures and surface properties together with higher crystallinity and surface area than conventional carbon blacks, and thus are anticipated to realize high performance and new functionalities in various application fields. Herein, we first introduce our new concept of CNF structure elucidated through AFM and STM observations, and then some results of CNFs designed and optimized based on our structural model of CNFs as energy and environment conservation devices.

1. はじめに

古来より吸着剤や補強材などとして広く用いられてきた炭素材は、フラーレンの発見から始まる近年のナノ炭素研究により新規で多様なナノ炭素種が数多く開発され、既存の炭素材より高い規則性と均一性を持つ高表面積炭素による新しい機能の発現に大きな期待が寄せられている。中でも炭素ナノ繊維 (Carbon nanofiber; 以下 CNF と表記) は、多様な繊維状形状と表面構造に加えて既存のカーボンブラックより高結晶性で、かつ高表面積という特徴を有する。そのため、適切な表面修飾と細孔制御を行うことにより、優れた吸着性、触媒及び触媒担体機能の発現が期待される。こうした CNF の特性を利用した触媒は、芳香族分子の水素化及び脱水素化のためのグリーン化学触媒反応、排煙の脱硫脱硝、石油の高深度脱硫・脱硝・脱金属、並びに燃料電池用高性能触媒等の多岐に至って既存の炭素材より優れた高機能性を示し、その実用化に関心が集まっている。そのためには、物性・機能発現に密接に関係している形状および構造の正確な理解が不可欠であり、それを元に用途に合わせた選択的合成および構造制御・最適化がもたらされる。

本稿では、まず著者らによる CNF の新しい構造認識について紹介し、さらにこの構造認識に基づいた多様な CNF の選択合成、構造解析、さらに CNF 構造と物性の最適制御によるエネルギー及び環境保全デバイス材としての触媒担体機能化についての研究例を簡略に紹介する。

2. CNF の構造認識

図 1 に標準 3 種の CNF の電子顕微鏡像を示す。これらの標準 CNF の構造・繊維径・表面の制御は合成段階における精密な条件設定によって可能である。また筆者らの研究室では独自に設計・作成した加圧縦型大量製造装置によって CNF の大量合成にも成功している。

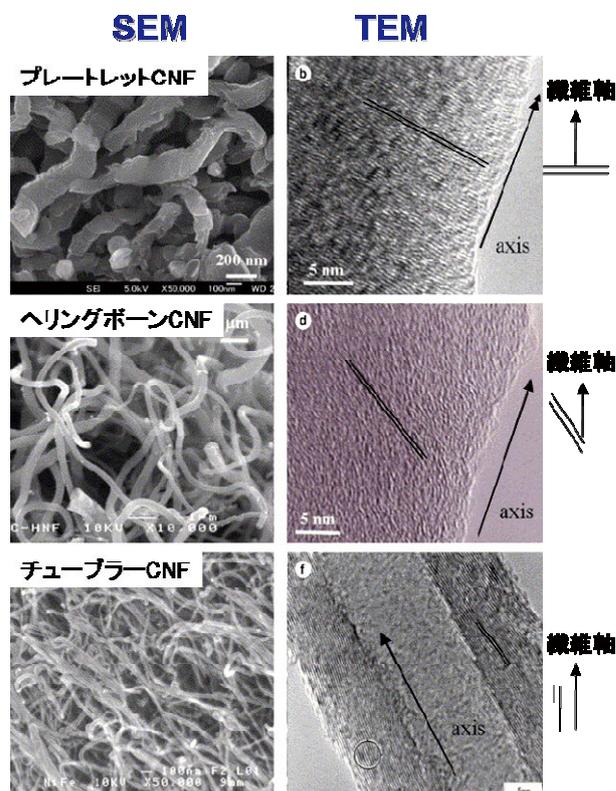


図 1. 標準 3 種の CNF の電子顕微鏡写真。

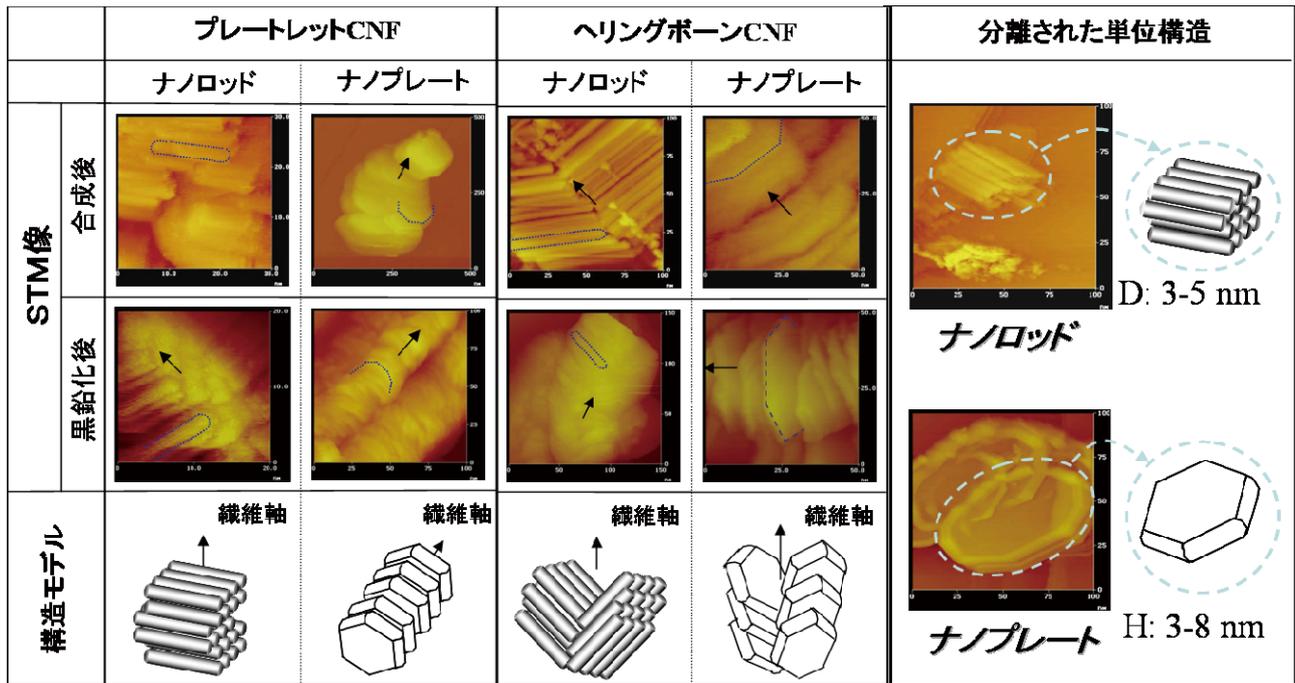


図2. STMによるCNFの構造観察およびナノロッドとナノプレートのモデル。

これらの標準3種CNFをSTMおよびAFMを用いて三次元構造解析を行うことで図2に示すように、CNFが3種類ともにナノロッド(Nano-Rod)とナノプレート(Nano-Plate)の二種類基本構造単位から構成されることを初めて見出した。また、この2種類基本構造単位の量の比と繊維軸との構成関係によって、ナノロッド集積型、ナノプレート集積型、あるいは両者混合型のCNF等の様々な構造からなる新しい構造モデルを提案した(図2参照)。

3. CNFのエネルギーおよび環境保全デバイス材への応用

大気あるいは排煙中のSO₂を活性炭を用いて硫酸として回収する手法は既に実用化されているが、筆者らは熱処理をしたピッチ系活性炭素繊維(ACF)を用いると脱硫性能の大幅向上に成功した。さらなる高活性化のためには、反応産物である硫酸を素早く除去し、反応サイトを迅速に回復・維持できる材料表面が必須である。そこで筆者らは、高い疎水性を持つCNFをACF表面から直接成長させて複合化することでACF表面を疎水化し、既存ACFより高い脱硫活性を実現した。この際、ACF上に成長させたCNFによるACFの表面積低下を防ぐため、ACFの細孔内に入り込みにくいメタロセンをCNF成長触媒として利

用し、複合化を行った。得られたCNF-ACF複合体は、完全脱硫時間および定常状態でのリークSO₂量ともに図3に示すとおり大きく改善され、活性が高いことが確認できた。

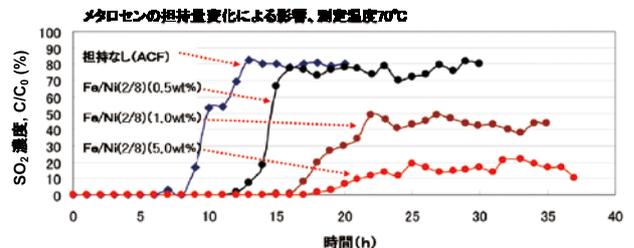


図3. CNF-ACF複合体による脱硫活性。

燃料電池は環境に優しい次世代のエネルギー技術として期待されており、その中で炭素材料は電極触媒の担体材料として電池性能を決定付ける重要な材料である。同時に炭素材料は集電体として働くが、炭素材料の微細構造や表面物性と電気化学的な触媒活性との相関は定量的にほとんど明らかになっていない。そこで筆者らは表面構造が制御可能な3種のCNFを金属触媒の担体として使い、燃料電池触媒活性との特性相関を明らかにするとともに、CNFの構造最適化およびメソ孔性の導入やナノ分散装置を用いた高分散効果などの手法を用い、メタノール直接型燃

表 1. メソ孔性 CNF と中繊維径 CNF を用いた DMFC 負極用触媒の単電池測定結果。

CNF種/使用白金量 (mg/cm ²)	単電池最大電力密度 (mW/cm ²)		
	30℃	60℃	90℃
メソ孔性CNF-40wt%Pt-Ru担持触媒/1.33mg	62	122	197
中繊維径CNF-40wt%Pt-Ru担持触媒/1.33mg	76	140	246
市販触媒/2mg (Johnson Matthey-60wt%; HiSPEC10100)	55	121	162
市販触媒 E-TEK (60wt%)/2mg	40	116	140

料電池 (DMFC) の触媒担体としての高活性化を試みた。その結果を表 1 に示す。メソ孔性 CNF とヘリングボーン型中繊維径 CNF に Pt 又は Pt-Ru を有効に単分散した触媒は、既存商用触媒より半分以下の Pt 使用量でも 1.3 倍以上の触媒活性を示した。

最後に、CNF を用いた CNF-Si 系粒子との複合化によるリチウムイオン電池用負極材の開発について紹介する。現在商品化されているリチウム二次電池用負極材は主に黒鉛系炭素材料が使用されているが、黒鉛系を超える高容量材料の早期実用化が切望されている。Si 系負極材は、黒鉛をはるかに越える理論容量を持つもののリチウムイオンの導入による体制膨張・粒子表面破壊が起き安定なサイクル特性が得られないという欠点を持つ。そこで筆者らは、体積膨張の抑制と導電性の付与する手段として Si 系負極材に CNF を成長・複合化し、これにより膨張を黒鉛レベル以上抑制すると共に黒鉛の 2 倍以上容量と黒鉛に準ずるサイクル特性をもつリチウム電池用負極材の開発に成功した。

図 4 に、CNF を用いた CNF-Si 系粒子のハイブリッドによる超高容量リチウムイオン電池負極断面の走査型電子顕微鏡像を示す。リチウム 2 次電池用負極材として CNF-SiO₂ 複合体を用いた特性試験を行った結果、CNF 成長複合体は、SiO₂ 表面に CNF が強く付着され、CNF による導電性の付与と膨張空間確保による電極膨張抑制が可能なが確認できた。さらに、高速放電特性も示し、電気自動車等の高電流放電が要求される電極の電極材として適していることが確認できた。今後、初期効率の改善 (80%) と安全性テストが進めば、実用化可能性が高い新規材料として期待できる。

4. おわりに

CNF の新しい構造認識とそれに基づく特性発揮、及

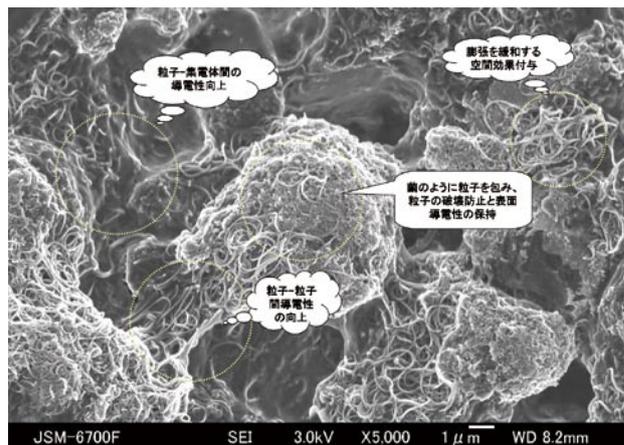


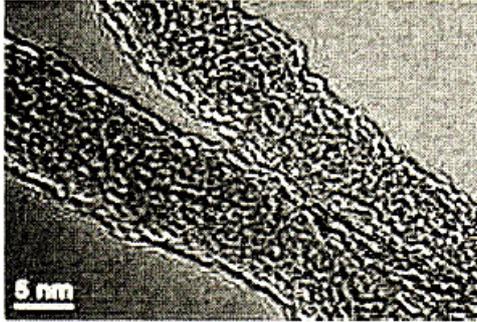
図 4. CNF-SiO₂ 複合体を用いたリチウムイオン電池負極断面の SEM 像。

びその応用がナノ炭素材料研究のトレンドとなりつつあり、その先駆を付けたいくつもの例を紹介した。CNF の広範囲応用を進める上で、最適な機能創出を目指した選択的改質、表面修飾及び最適金属担持のための基本反応の解明と担持技術の開発は最も重要である。CNF のコストと性能のバランスがとれた実用化できる材料の開発はさらに意義が大きい。こうした CNF を選択的製造、構造解析、特性把握、応用実証および最適化することによって、地球温暖化や大気汚染を低減・防止できる電気エネルギー変換、貯蔵、放電子、省エネルギー材料、熱輸送、大気汚染防止、グリーン合成、精製の分野での貢献が一層期待される。

参考文献

1. 持田 勲, 尹 聖昊, 林 成燁, 洪 聖和, “炭素構造モデルの進化と効用”, 炭素, 215, 274-284, 2004.
2. 持田 勲, 田中 敦, 尹 聖昊, 光来 要三, “21 世紀高度科学技術社会における中核素材カーボンナノファイバー製造法と材料特性”, 高圧ガス, 41 (2), 10-18, 2004.
3. 持田 勲, 尹 聖昊, 林 成燁, 田中 敦, “カーボンナノファイバーの実用化基盤技術とシーズ”, CPC 研究会報告 2004.
4. 宮脇 仁, 尹 聖昊, 持田 勲. “炭素ナノ繊維のエネルギー・環境・材料としての利用”, CPC 研究会報告 2008.

小型燃料電池向け触媒



白金と混ぜるのに使った繊維状ナノ炭素(電子顕微鏡写真、九大提供)

携帯・PC用に 実用化目指す

九州大学の持田勲・特任教授らの研究チームは、白金の使用量が半分で済む燃料電池向け新触媒を開発した。燃料にメタノールを使う直接メタノール型燃料電池(DMFC)向けで、従来と同程度の性能を確認した。今後さらに白金量を減らすように改良をすめ、携帯電話などに使う小型燃料電池として実用化を目指す。

新触媒はナノメートルサイズの微小な炭素「繊維状ナノ炭素」と白金を混合して作った。メタノールが水と反応する側の電極(燃料極)で使う。繊維状ナノ炭素は導電性が高く、側面に微細な穴がたぐざん開いているため表面積が広く、効率よく反応する。繊維状ナノ炭素の大きさは直径七〜二十ナノ

九大、白金の使用半分に

は十億分の二)だ。触媒中の白金の含有量は四〇%と、従来の半分程度にした。評価用の燃料電池を作製し調べたところ、一平方センチ当たりの出力密度は、セ氏三十度で六十六ミリワット、同九十度では二百四十四ミリワットと、白金量は半分になってもほぼ同じレベルの性能を引き出せることを確認した。DMFCは燃料に水素を使う燃料電池に比べ安全性が高く、小型化できる。携帯電話などの小型機器向けに各社が開発を進めている。

ただ、触媒として使われる白金は世界的に価格が高騰、資源の枯渇が懸念されており普及の壁になっている。 今後は繊維状ナノ炭素の形状や配合を工夫して、白金の使用量を従来の四分の一まで削減する。携帯電話やノートパソコンの電源として使う小型燃料電池として実用化を狙う。

日経産業新聞 2008年7月9日掲載
尹・持田研究室

グループ研究紹介

省エネルギーで「もの創り」を実践する 先端科学技術・鉄分子触媒の開発研究

九大先導研 永島英夫、河村充展 (H20学術研究員)
野田大輔 (H21・D2)、砂田裕輔 (助教)

永島英夫 (工学博士)
(略歴)

東京工業大学理工学研究科 (化学工学科専攻) 修了後、豊橋技術科学大学で助手、講師、助教授を勤め、平成9年から九州大学機能物質科学研究所 (平成15年改組により先導物質化学研究所) 教授。九州大学工学部エネルギー科学科、総合理工学府物質理工学専攻で教育を担当。工学博士 (1982年、東京工業大学)



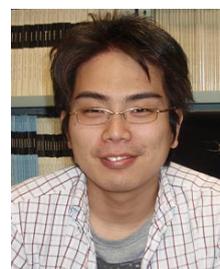
河村充展 (Mitsunobu Kawamura)
(略歴)

2002年4月 北海道大学大学院薬学研究科 修士課程 入学
2004年3月 北海道大学大学院薬学研究科 修士課程 卒業
2004年4月 北海道大学大学院薬学研究科 博士課程 入学
2007年3月 北海道大学大学院薬学研究科 博士課程 修了 博士 (薬学) 取得
(研究暦)
2005年4月 日本学術振興会 特別研究員 (DC2)
2007年4月 北海道大学大学院薬学研究院 専門研究員
2007年9月 九州大学先導物質化学研究所 学術研究員
2008年8月 九州大学グローバルCOE 学術研究員



野田大輔 (Daisuke Noda)
(略歴)

2005年4月 九州大学大学院総合理工学府物質理工学専攻 修士課程 入学
2007年3月 九州大学大学院総合理工学府物質理工学専攻 修士課程 卒業
2007年4月 九州大学大学院総合理工学府物質理工学専攻 博士課程 入学
2008年9月 九州大学グローバルCOEに参加



砂田祐輔 (Yusuke Sunada)
(略歴)

2001年3月 名古屋大学大学院理学研究科物質理学専攻修士課程修了
2001年4月 名古屋大学大学院理学研究科物質理学専攻博士課程入学
2004年3月 名古屋大学大学院理学研究科物質理学専攻博士課程修了
博士 (理学) 取得

(職歴)

2003年4月 日本学術振興会 特別研究員 (DC2) 採用
2004年4月 日本学術振興会 特別研究員 (PD) 採用
2004年12月 九州大学助手 (先導物質化学研究所) 採用
2007年4月 九州大学助教 (先導物質化学研究所) 配置換え



1. はじめに

環境特論Ⅲの講義で解説しているように、触媒は高校の教科書にもとりあげられる物質で、少量の添

加で反応熱は変えずに、反応の活性化エネルギーを下げる効果を持つ (図1)。触媒は反応物と結合して複数の反応中間体を形成することにより、無触媒

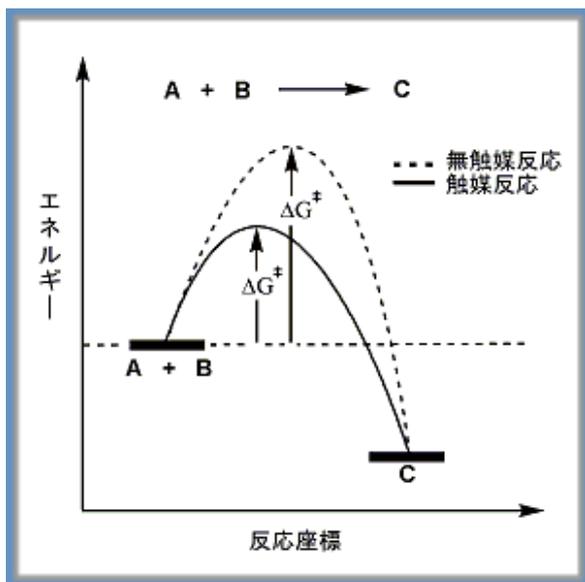


図 1

反応とは異なる遷移状態を経て反応を進行させる。最終的に生成物から分離した触媒種は、反応前と同一の構造をしており、再び反応物と反応を繰り返す。このため、劣化や失活がなければ、触媒は一度反応系に投入すると無限に反応サイクルを繰り返す性質を持っている。このため、有効な触媒の開発は、例えば、本COEでは寺岡研究室がおこなっているような自動車の排ガスの分解のような環境触媒、尹研究室がおこなっているような石炭のガス化触媒、石油の脱硫触媒、燃料電池用触媒、等で幅広く用いられている。著者の研究分野である、医薬品や電子材料に用いられる有機化合物、エンジニアリングプラスチックに用いられる高分子化合物の製造においても、工業的にも実験室的にも触媒は重要な役割を果たしている。この分野においては、金属を含む分子（有機金属錯体）がしばしば触媒として用いられるが、このような分子触媒と総称される物質を用いると、単に活性化エネルギーを少量の添加で下げる効果だけでなく、反応中間体の立体構造や電子構造の制御を触媒分子の構造制御により可能にすることができるため、「ほしいものだけをほしいだけ高効率に作る」高選択的的合成触媒プロセスが実現する。

新炭素資源学 COE では、炭素資源の有効利用（効率的エネルギー変換と化学利用）と地球環境保全に

おける 21 世紀型パラダイムの構築をめざしている。触媒は、前述の環境触媒、炭素資源転換触媒、燃料電池等の多くの分野で重要な役割を果たしているが、筆者らの分子触媒研究は、これらのうち、炭素資源を効率的に、かつ、有効に化学利用するにあたり、「高効率、高選択的」なもの創りを達成することを目的としている。有効な分子触媒の開発は、例えば電子材料や自動車用のエンジニアリングプラスチックの省エネルギー製造の実用化に直結し、これらの製品はまた、その高い品質、性能から製品の軽量化、ダウンサイジングを可能とし、トータルでのエネルギー消費を抑制する効果を持つ。このような分子触媒の触媒前駆体、触媒中間体には金属-炭素結合をもつ化合物、有機金属化合物、がしばしば関与する。有機金属化合物は、その独特の性質から学術的な研究対象としても広く興味をもたれており、「有機金属化学」と呼ばれる化学の中の学際的な分野を形成している。その学術、実用双方の面からの分子触媒化学・有機金属化学の活発な研究成果は、最近のノーベル化学賞において、白川英樹らの導電性プラスチック、野依良治らの不斉合成、Grubbs らのオレフィンメタセシスの 3 つが評価されているのを見ても明らかである。

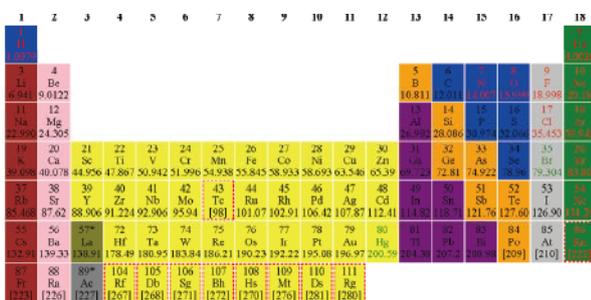
ところが、この活発な分子触媒研究においても、地球環境保全へ人類が果たすべき役割から、21 世紀型のパラダイム変換が求められている。触媒は少量の添加で省エネルギーを達成することができる。20 世紀には、この省資源、省エネルギー効果だけでよかったが、21 世紀においては、さらに少量しか添加していない触媒といえども、製品における残留金属が環境あるいは生物に影響を与えないことの証明、さらには、これらの金属の製品からの回収再利用が要求される。新炭素資源学で、画期的な分子触媒が求められる由縁は、新炭素資源学 COE の成果でこのパラダイム転換を先導すべき役割にあることに帰することができる。すなわち、高効率な分子触媒で、人間生活のトータルな省エネルギーを達成する有機・高分子化合物を生み出し、さらには、使われた触媒

は容易に製品から分離され、完全に回収再使用される。なおかつ、触媒はたとえ極微量が製品に残存したとしても、環境や生物への影響は皆無の安全な元素の利用が達成できれば、パラダイム転換が達成される。

2. 鉄の元素としての重要性

鉄は周期表のほぼ真ん中に位置する元素であり、図2の注釈や図3に示すように地殻に存在する元素としては4番目に多い。太陽系を通じて広く分布していると考えられており、将来においても資源枯渇の問題は考えにくい。一方、生物進化の過程において、生物は水の中に存在する元素をとりこんで複雑な生態系を構築してきているが、鉄はイオンの形で水にも溶解することから、人間の体の中に存在する遷移金属としては最も割合が多い。このことは、体の中に多少の鉄イオンが入ったとしても人間はその解毒システムを備えていることを意味している。これは全生物系で共通であり、すべての生物は鉄を必

周期表における鉄Feの位置



Iron is the second most abundant metal, after aluminum, and the fourth most abundant element in the earth's crust. The core of the earth is believed to consist mainly of iron and nickel, and the occurrence of many iron meteorites suggests that it is abundant throughout the solar system.

Cotton and Wilkinson, Adv. Inorg. Chem.

図2

順位	元素	クラーク数	順位	元素	クラーク数	順位	元素	クラーク数
1	O	49.5	10	Ti	0.46	18	Rb	0.03
2	Si	25.8	11	Cl	0.19	19	Ba	0.023
3	Al	7.56	12	Mn	0.09	20	Zr	0.02
4	Fe	4.7	13	P	0.08	21	Cr	0.02
5	Ca	3.39	14	C	0.08	22	Sr	0.02
6	Na	2.63	15	S	0.06	23	V	0.015
7	K	2.4	16	N	0.03	24	Ni	0.01
8	Mg	1.93	17	F	0.03	25	Cu	0.01
9	H	0.83						

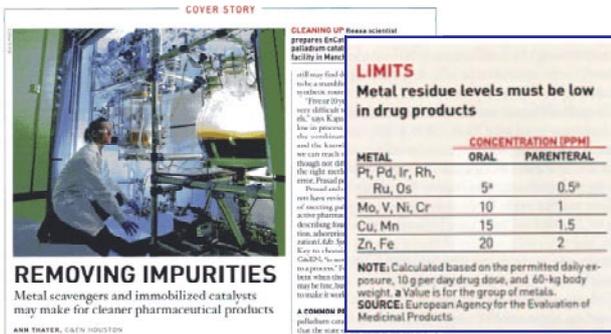
図3 地殻中の元素の存在確率

名称	記号	存在割合	名称	記号	存在割合
酸素	O	61%	鉄	Fe	60ppm
炭素	C	23%	亜鉛	Zn	33ppm
水素	H	10%	銅	Cu	1ppm
窒素	N	2.60%	マンガン	Mn	0.2ppm
カルシウム	Ca	1.40%	ヨウ素	I	0.2ppm
リン	P	1.10%	モリブデン	Mo	0.1ppm
硫黄	S	0.20%	セレン	Se	0.2ppm
カリウム	K	0.20%	クロム	Cr	0.03ppm
ナトリウム	Na	0.14%	コバルト	Co	0.02ppm
塩素	Cl	0.12%			
マグネシウム	Mg	270ppm			

図4 人体に必須な元素群（各元素の人体の中での存在割合）

須元素として体内に有しており、言いかえるならば、鉄は生体に害を及ぼさない。（図4）

鉄の触媒作用は古くから研究されており、空気中の窒素を水素化して合成する有名なアンモニア製造プロセスであるHarbor-Bosch法は全世界で鉄を触媒として高温で稼動している。一方、地球上の窒素循環の一部を形成する根瘤菌による空気中の窒素固定は、鉄を含む酵素の触媒作用で達成されている。しかし、工業的に現在使われている触媒プロセスに鉄が活用されている例は少ない。Harbor-Bosch法に見られるように、鉄触媒反応の多くは高温を要し、また、反応の汎用性に欠けることが多いために、他の金属、ニッケル、コバルト、ロジウム、白金、パラジウム等が頻繁に用いられている。とくに、分子触媒分野では、できるだけ温和な条件で高い選択性をもつ反応が求められており、パラジウムやロジウムのような貴金属が主として用いられてきた。ところが、21紀型パラダイムにおける「環境適合」を考えた場合、分子触媒プロセスには泣き所がある。それは、活性や選択性には優れるが、生成物と触媒との分離に手間とコスト、ひいてはエネルギーがかかることである。図5は、2005年にアメリカ化学会の機関紙に報告された提言であるが、とくに医薬品においては、生成物中の残留金属量に厳しい指針が出されている。医薬品においては、使用時の人体への影響、安全性の観点から残留金属量が問題になるが、同様に分子触媒反応が重要な鍵となっているπ系電子材料や



"Asymmetric catalysis is a great boon but carries with it the problem of having to deal with residual metals."

Chem. Eng. News, Sep. 5, 2005.

図5 有機合成における分子触媒の重要性と触媒に用いた金属の分離の必要性

機能性高分子材料においては、金属残量は製品の品質を損なうために最小値に抑えることが要求されている。

図5に見られるように、金属の中で鉄は亜鉛とともにその許容量が大きいことに特徴がある。したがって、従来貴金属を用いてきた触媒プロセスを鉄で代替できれば、少なくとも医薬品合成の分野では人体への安全性を大幅に緩和できる。さらに、鉄といえども金属であることから、できるだけ容易に鉄を製品から除去し、分離回収再利用できれば、価格の面からも、資源の有効利用の面からも、環境負荷を与えないという面からも理想的なプロセスと考えることができる。

3. 鉄触媒研究の問題点

分子触媒研究には、その触媒の設計と合成、さらには、プロセス改良のための反応機構の解明時の反応中間体の捕捉、同定、が必要である。ところが、鉄触媒研究では、その同定技術がまだ未発達であり十分な研究ができない。その主原因は、多くの鉄錯体が常磁性であることに帰することができる。図5になぜ鉄が磁性を示すかを分子軌道で例をあげてまとめている。詳細は無機化学の講義に任せるが、分子触媒の研究に必須できわめて多くの情報量を提供する核磁気共鳴分光法 (NMR) が、鉄錯体の多くの場

合においてその常磁性のために十分に力を発揮できない、および、常磁性の結果開殻構造をとるために、空気や水への安定性がなくなることが研究上の大きな障害となっている。このため、触媒化学に密接に関係している鉄錯体の動的な化学は、世界中できわめて興味をもたれており、多くの研究需要があるにもかかわらず、研究が可能な技術力、基礎力を持っている研究グループは世界的に希少である。われわれの研究室は、その希少なグループの1つであり、日本経済新聞に報道されている。鉄触媒の研究は、上記の障害のために困難を極め、1つの研究の達成に忍耐と時間を必要とするが、本研究グループはこの分野で世界をリードする研究チームを組み、成果創出に全力をあげている。

鉄触媒、有機物合成に活用

電子・医薬材料 製造安く 高価な貴金属不要に

有機化学で主に使われる合成技術

反応技術	概要
クロスカップリング反応	2つの有機化合物を結合させた場所で結合させる。天然物や電子材料など幅広い材料の合成に利用
リビングカラム重合	鎖状に伸びた分子の長さをコントロールできる。2種類の高分子を結合させる。電子・光学材料、樹脂などに利用
不斉合成反応	右手と左手のように互いに鏡像の分子構造を持つ化合物を分け分け。医薬品などに応用。野依良治理化学研究所所長らが2001年にノーベル化学賞
メタセシス反応	炭素原子の二重結合を切って、別の炭素と物質の結合に使う。本邦の研究者が2005年にノーベル化学賞

鉄触媒は反応の「鍵」を握る。電子・医薬材料の製造に欠かせない。高価な貴金属を必要としない。鉄触媒は反応の「鍵」を握る。電子・医薬材料の製造に欠かせない。高価な貴金属を必要としない。鉄触媒は反応の「鍵」を握る。電子・医薬材料の製造に欠かせない。高価な貴金属を必要としない。

日本経済新聞 2008年12月22日 12面掲載

4. 河村学術研究員の研究の要点

永島研究室の鉄触媒研究の注目すべき成果の1つは、リビングラジカル重合用鉄触媒の開発である。リビング重合は、高分子合成における付加重合において、モノマーが結合してポリマーになる過程で、常にポリマー末端が活性な状態で進行する。このため、リビング重合では分子量や分子量分布の制御が容易であり、さらには、ブロック共重合体など通常の方法ではできないポリマーの合成が可能である。いくつかのリビング重合法が知られているが、その中で工業的にも適応可能なプロセスとしてリビングラジカル重合が注目され、とくに、ATRP (Atom Transfer Radical Polymerization) と呼ばれる方法が活発に研究されている。

永島研究室では、九州大学と企業の組織対応型連携研究の第1号であるDIC株式会社との共同研究で、アミン配位子をもつ鉄錯体のATRP触媒としての有効性を実証に成功した。河村レポートに詳細を譲るが、TACN と呼ばれる環状のトリアミンを配位子とする鉄(II)錯体は効率と制御性に優れたATRP用鉄触媒であるが、とくに、TACN上にメチル基を有する錯体は触媒が容易にポリマーから分離でき、回収再利用が可能であるという優れた利点をもつ。一方、TACN上にイソプロピル基のような大きな置換基をもつ鉄錯体は、活性とモノマー汎用性に優れ、少ない鉄量で重合が達成できるため、ポリマーからの容易な鉄の除去が可能である。これらの方法により、鉄がほとんど含まれない高機能性ポリマーを作り出すことができることは、新炭素資源学の目標の1つである環境適応型の合成プロセス開発の重要な成果である。

5. 野田博士課程学生の研究の要点

電子材料として、あるいは、医薬品原料として、 π 系を持つ化合物の重要性が増している。 π 系をもつ化合物の合成法として、グリニャールカップリング反応と呼ばれる反応が1970年代に開発され、工業

的にも利用される反応として知られている。従来、ニッケルやパラジウムを触媒として用いるプロセスが主流であったが、上記の環境適合の面から、鉄触媒の重要性が再認識され、世界中で活発な研究がおこなわれている。

日本経済新聞の記事にあるように、この分野での第一線研究者は京都大学の中村正治博士であるが、その研究が反応開発であり、反応機構研究が京大ではできない、という理由で共同研究を昨年開始した。野田大輔君の忍耐強い実験により、1年以上かかってすべての反応中間体を同定、単離して新しい反応機構の提唱に成功した。この成果は、世界で一流誌とされるアメリカ化学会誌に掲載が許可され、このNewsLetterが出るころには情報が世界に発信されているはずである。また、中村博士との共同研究は、文部科学省の科学研究費・特定領域研究「元素相乗系化合物の化学」の中で実施されたものであり、領域内共同研究の白眉の成果として領域内でも高く評価されている。詳細は、野田レポートを参照されたい。

6. 今後に向けて

「すべての分子触媒を、安価で資源枯渇の心配がなく、環境適合性が高く人体に安全な鉄で」という考え方は、極端であるが、分子触媒研究の21世紀型パラダイムである。また、構造や反応機構まで解明した研究成果の学術的価値はきわめて高い。一方において、鉄は安価であるだけに、優れた触媒プロセスは工業的な実用化にも直結し、イノベーション創出にも役立つ。新炭素資源学の3つ方向性の1つである、炭素資源の化学への有効利用の一環として、本研究は重要な役割を果たしている。

環境調和型原子移動ラジカル重合用鉄触媒の開発

Development of Environmentally Friendly, and Reusable Iron Catalyst for Atom Transfer Radical Polymerization

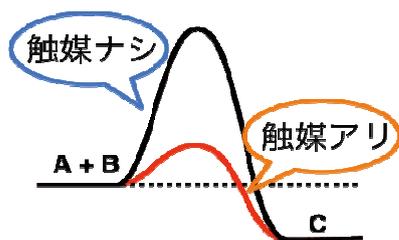
九州大学学術研究員 河村 充展
Kyushu University Mitsunobu Kawamura

Catalysts play an important role to save the energy and resources. Easily available, low-price, low-toxic, catalyst is highly desirable for the age to come. We have recently reported ionic iron complex $[(\text{Me}_3\text{tacn})_2\text{FeCl}_3]^+[(\text{Me}_3\text{tacn})\text{FeCl}_3]^-$ (**1**) as powerful and environmentally friendly catalyst for well-controlled atom transfer radical polymerization (ATRP) of styrene and MMA. The catalyst **1** is readily soluble in methanol and its solubility and robustness allows us to recover the catalyst from the resulting polymers. Furthermore, the recovered catalyst was reusable for ATRP without the loss of efficiency.

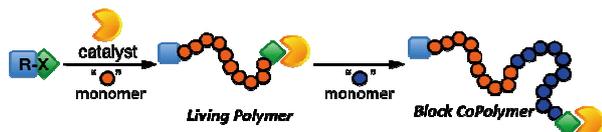
触媒の定義は「反応速度を増加あるいは減少させ、反応の前後で同じ状態である物質」である。触媒は社会で広く利用されており、例えば、自動車の廃棄ガスを浄化する触媒や、石炭、石油等の炭素資源をプラスチック等の合成に必要な化学原料へと転換する触媒はその代表例である。一般に化学反応は、原料にエネルギーを与えることにより、熱力学的に安定な生成物へと変化させる。触媒は、化学反応の熱力学を変えることなく、原料の活性化に必要なエネルギーを減少させるため、「化学反応における省エネルギー」を達成する。一方、触媒は反応の前後で形を変えないため、少量の触媒が繰り返し反応を媒介することにより、多くの物質を作り出す「化学反応における省資源」を達成する物質でもある。さらに、触媒自体も化学物質であるため、その構造は化学者により自在に制御できる。触媒構造の制御は、選択性に代表される化学反応の制御に直結するため、触媒をうまく設計すれば、「好きなものを好きなだけ省資源、省エネルギーで」作り出すことができる。このように、触媒は省エネルギー化、資源の有効活用の鍵を担う物質である。

私たちの生活は、医薬品から、プラスチックにいたるまで、たくさんの有機化合物により支えられている。有機化合物は、主に炭化水素を原料として化学反応により合成されているが、現在のところ、目的とする物質を作る為に必要とされる反応のうち、ほんの一部が触媒反応化されているにすぎない。資源、エネルギーの不足が問題となる中、これからも様々な有機化合物を利用し、豊かな生活をしていく為には、省エネルギー化、資源の有効活用が必須であり、出来るだけ多くの反応の触媒反応化が求められる。このような背景から、触媒反応の開発は現在も活発に続けられており、次々と新しい触媒が開発されている。しかし、これまで開発されてきた触媒の多くは、貴金属を含む遷移金属から出来ている。残念ながらほとんどの遷移金属は、希少で高価なものであり、かつ毒性を持つなど人体、環境への負荷も大きい。より身近に私たちを支えるモノを作るための触媒には、安価で容易に入手可能で、安全、環境への影響も小さいこと等が求められる。我々はこのような要求をみたす触媒として、「鉄」を用いることは出来ないかと研究を続けている。ここでは最近、開発に成功したポリマーの合成を目的とした触媒について紹介する。

ポリマーは、材料として欠かせないモノであり、最近では、高度に構造の制御されたポリマーの重要性が高まっている。高度に構造制御されたポリマーを合成する上で、制御されたラジカル重合 (Controlled Radical Polymerization, CRP) は有効な手段として知られている。中でも、遷移金属触媒によ



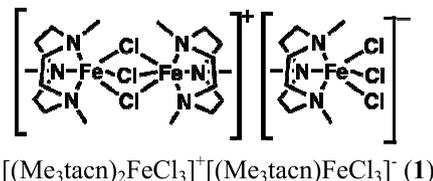
る原子移動ラジカル重合 (Atom Transfer Radical Polymerization, ATRP) は実験室レベルのみならず、工業スケールにおいても用いられる CRP の代表的な例といえる¹⁾。この反応では、ハロゲン化アルキルと、遷移金属触媒の反応により生じたラジカル種と各種モノマーが反応し重合が進行する。反応終了後、別のモノマーを加え重合を行うことで、ブロック共重合体の合成も可能である。



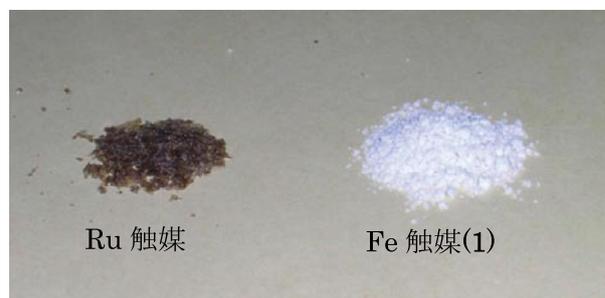
ATRP では基本的に、触媒が常に反応末端近傍に存在し、重合反応のコントロールを行う。その為、高度に制御されたポリマーを合成する為にはハロゲン化アルキルに対して等モルの触媒が必要となる。比較的多量の触媒を必要とする ATRP では、生成物 (ポリマー) 中に残留する触媒が問題となる。触媒が残留すると、まずポリマーが着色し、さらに毒性を持つ遷移金属を含むとなると、安全性も問題になる。つまり、製品としての価値に関わるのである。しかし、蒸留など多様な精製手段を利用出来る他の有機物とは異なり、ポリマーからの触媒の分離は困難である。したがって、ATRP 触媒には、反応の制御性だけでなく、ポリマーからの分離性、安全性等といった性能が同時に求められることになる。残存する触媒をどう取り除くか? という問題を解決すべく、研究が続けられており、これまでに、固-液、及び液-液二相系反応の適用等が報告されている。また、最近、Matyjaszewski らは、非常に高活性な銅触媒を用いることにより、ハロゲン化アルキルに対して 0.001 mol% の触媒を用いるだけでよく制御されたポリマーが得られることを報告している²⁾。ただし、厳密な条件下反応を行う必要がある等、実際に利用するには超えなければならない問題も多い。

ポリマーを精製する方法として再沈殿が挙げられる。ポリマーを有機溶媒に溶解させ、アルコールや水の中に滴下していくとポリマーは不溶化し沈殿する。この際に、触媒がアルコールや水の中に溶解すると、ポリマーから触媒が除ける。すなわち、「触媒の溶解性の制御」は触媒分離法における単純明快

な解決法であるといえる。しかし、有機金属化合物は、一般的に有機溶媒への親和性が高く、水に溶けやすい有機金属触媒の開発はそう容易ではない。最近、我々はイオン構造を有する 3 核鉄触媒 (1)³⁾ が効果的な ATRP 触媒であることを見いだした⁴⁾。

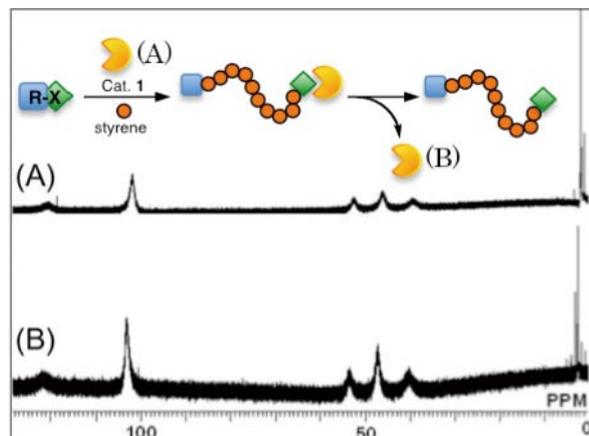


この鉄触媒 (1) はイオン構造を有し、メタノールによく溶解する為、再沈殿による分離でほとんどの触媒を生成物から除くことができる。下の写真は我々の研究室で合成されたルテニウム触媒によって重合したポリマーとこの鉄触媒 (1) により重合したポリマーを比較したものである。再沈殿による精製を行っただけであるが、ポリマーの色の違いを見れば、触媒の残留による着色がいかに重大な問題か、またこの触媒(1)がいかに効率よくポリマーから分離できるのかは明らかである。



この触媒は、「鉄」を中心とした触媒であり、安価で安全という要求に合致し、そのうえほぼ完全に触媒を取り除くことが出来る。この鉄触媒は環境調和型触媒として一つの理想的触媒ともいえる。さらに、回収した鉄触媒は再利用も可能である。本触媒はトリアザシクロノナン (TACN) 骨格を有する堅牢な構造を有し、メタノールを用いて再沈殿を行いポリマーからの触媒の分離を行った後も反応当初(A)と変わらぬ構造を保っている (B)。そのため、窒素雰囲気下ですべての操作を行う必要があるものの、再沈殿により分離した触媒を濃縮、乾燥し重合反応に用

いれば、2度、3度、4度と用いても変わらぬ重合活性を示す。



以上のようにこの鉄触媒 (1) は、ATRP 触媒として求められる、反応の制御性と分離性、安全性、さらに再利用も可能であるというという魅力的な性質を持つ。現在、触媒 (1) をもとに、TACN 配位子の

設計を行い、重合速度の改善、モノマー汎用性の向上等、さらなる高機能触媒の開発を目指し、検討を続けている。

触媒は、省エネルギー化、資源の有効活用の鍵として、これからもますます、その重要性を増していくと考えられる。中でも「鉄」触媒は、「安価で容易に入手可能で、安全」な理想的な触媒といえ、今後も、重合反応にとどまらず、新しい「鉄」触媒の開発を続けていきたいと考えている。

参考文献

- 1) (a) K. Matyjaszewski, J. Xia, *Chem. Rev.*, 2001, **101**, 2921. (b) M. Kamigaito, T. Ando, M. Sawamoto, *Chem. Rev.*, 2001, **101**, 3689.
- 2) P. Tomislav, K. Matyjaszewski, *Chem. Soc. Rev.*, 2008, **37**, 1087.
- 3) A. C. Moreland, T. B. Rauchfuss, *Inorg. Chem.*, 2000, **39**, 3029.
- 4) S. Niibayashi, H. Hayakawa, R.-H. Jin, H. Nagashima, *Chem. Commun.*, 2007, 1855.

Research Report

鉄触媒によるアルキルハライドとアリールGrignard試薬のカップリング反応におけるTMEDAの効果¹⁾

Effect of TMEDA on Iron-Catalyzed Coupling Reactions of Aryl Grignard Reagents with Alkyl Halides.

九州大学大学院総合理工学府物質理工学専攻 野田 大輔
Kyushu University Daisuke Noda

A new reaction mechanism for the iron-catalyzed cross-coupling reaction of aryl Grignard reagents with alkyl halides using (TMEDA)FeAr₂ and (TMEDA)Fe(Ar)Br is proposed on the basis of the isolation and reaction of these organoiron intermediates.

鉄触媒を用いた Grignard カップリング反応は、有機合成のみならず、環境問題という観点からも、非常に興味をもたれている。この反応は、一般的なニッケルやパラジウムを用いた触媒反応よりも、効率や選択性などの反応制御が困難であるが、用いる前駆体を工夫したり、アミン配位子やホスフィン配位子を添加することで反応を制御し、高選択的および高効率な反応の開発に成功している²⁾。

一方で、その反応機構については、有機鉄錯体が常磁性を示し、かつ空気や温度などに対し、不安定であり、取り扱いが困難であるために、明確な結果が得られていないのが現状である。その数少ない研究の一例として、最近、Fürstner らによって、鉄のアート錯体を反応中間体とした反応機構が提唱されている。しかし、tetramethylethylenediamine (TMEDA)をはじめとする添加物の効果については、まだ明確ではない。また一方で、Sen らは、(TMEDA)Fe(CH₂Ph)₂ がアリルブロマイドと反応し、カップリング生成物を得ることを報告しており、Fürstner らによって反応機構の可能性の一つとして提唱されている³⁾。このような背景のもと、私たちは、共同研究者である京都大学化学研究所の中村正治博士らによって開発された、鉄を触媒とするアリール Grignard 試薬(ArMgX)とアルキルハライド(RX)のカップリング反応について、特に添加物として有用であることが示されている、TMEDA の効果に着目した反応機構研究を行った。

クロスカップリング反応は、一般的にはTHF溶媒中にFeCl₃ (5mol%)、ArMgX / THF、RX、TMEDAを

混合して反応させるが、中村らは、ArMgX / THFとTMEDAの混合溶液を、THF溶媒中のFeCl₃とRXへゆっくり滴下するSlow Addition法と、高選択的にカップリング反応が進行することを報告している⁴⁾。

本研究ではまず、2,4,6-Me₃C₆H₂MgBr (mesityl-MgBr) と1-bromooctane (1)をFeCl₃ (5mol%)とTMEDA存在下で36時間反応させた。その結果、目的とするカップリング体である1-octyl-2,4,6-trimethylbenzene (2)が収率32%で生成することを見出した。そこで、FeCl₃、mesityl-MgBr、TMEDAを1:3:10の割合で、THF / C₆D₆ (1:4)混合溶液中で反応させ、¹H-NMRを測定した。その結果、すでにChirikらによって報告されている(TMEDA)Fe(mesityl)₂ (3)が系中で存在することを示唆するスペクトルが得られた⁵⁾。これは、(TMEDA)FeAr₂が反応中間体として存在することを意味する(Figure 1-A.)。

そこで、(1)と鉄錯体(3)との量論反応を検討した。(1)と鉄錯体(3)を1:2の比率で反応させたところ、(1)

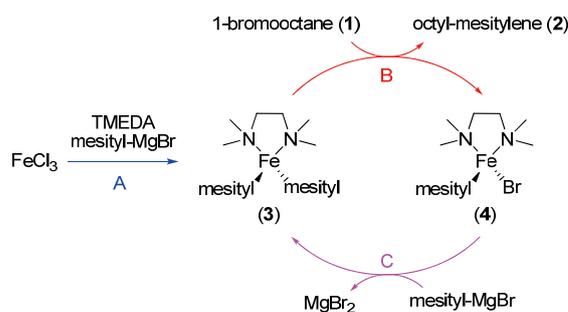
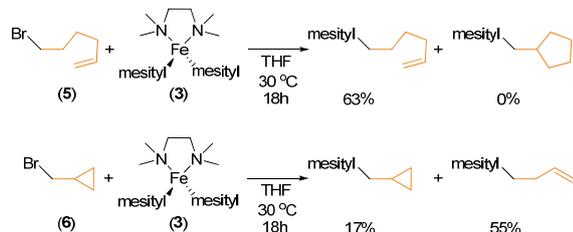


Figure 1.

と生成物(2)の割合が124:76となり、未反応の(1)が存在することが分かった。一方、¹H-NMRスペクトルにより、鉄錯体(3)はほぼ定量的に新規の鉄錯体(TMEDA)FeArBr(4)に変換されていることが分かった。以上の結果より、反応中間体の(TMEDA)FeAr₂はRXと反応し、クロスカップリング生成物(ArR)と(TMEDA)FeArBrが生成することが明らかとなった(Figure 1-B.)。また、鉄錯体(4)は、TMEDA存在下、mesityl-MgBrと反応させると、鉄錯体(3)が再生することを¹H-NMRにより確認した(Figure 1-C.)。この一連の結果をまとめると、Figure 1のようになり、鉄錯体によるArMgXとR-Xのカップリング反応は(TMEDA)FeAr₂と(TMEDA)FeArBrを介して進行していることが分かった。

次に、アルキルハライドとして“radical chlock”と呼ばれる6-bromo-1-hexene (5)、および同様の効果をもつbromomethylcyclopropane (6)を用いて、アルキルラジカルの生成を確認した。(5)はラジカルの生成により閉環し、(6)は逆に開環する。その結果、(5)ではラジカルの生成は確認できなかったものの、(6)はラジカルが生成したことを示した(Scheme 1.)。



Scheme 1.

これは、(5)と(6)ではラジカルが反応する反応速度定数が異なり、25 °Cで(5)と(6)はそれぞれ 1.0×10^5 、 $1.3 \times 10^8 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ であることが知られていることから、今回の鉄触媒を用いたクロスカップリング反応においては、(6)と同等の非常に短寿命のラジカル種が関与していることを示している。一方、中村らは以前にSlow Addition法を適用すると、(5)のラジカル生成による閉環生成物が見られなくなると報告している。この結果と本研究を対比すると、Slow Addition法は、ラジカルの生成寿命の短いFigure 2のような触媒サイクルによる反応を促進させる方法であるといえる。

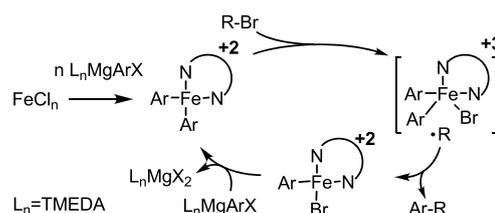


Figure 2.

以上のことより、アリールGrignard試薬とアルキルハライドの鉄触媒を用いたカップリング反応について、Figure 2のような反応機構を提唱するに至った。しかし、Fürstnerらによって報告されている鉄アート錯体による反応機構も否定できない。このことから、鉄触媒を用いたカップリング反応は、複数の反応経路が存在することを示し、条件を検討することにより、高効率で高選択的な反応経路へ導くことが、重要な鍵となると考えられる。

この研究において、この鉄錯体が反応中間体として存在していることを証明するには、不安定な鉄錯体の取り扱い等を含め、困難を極めた。しかし、時間をかけて研究し、論文として高い評価を得たことは、喜ばしい限りである。今後は、鉄錯体の反応性を検討し、配位子設計を通じて新たな触媒反応を開発する予定である。

<参考文献>

- 1) Noda, D.; Sunada, Y.; Hatakeyama, T.; Nakamura, M.; Nagashima, H. *J. Am. Chem. Soc.* **2009**, *131*, 6078.
- 2) (a) Fürstner, A.; Martin, R. *Chem. Lett.* **2005**, *34*, 624. (b) Sherry, B. D.; Fürstner, A. *Acc. Chem. Res.* **2008**, *41*, 1500.
- 3) Fürstner, A.; Martin, R.; Krause, H.; Seidel, G.; Goddard, R.; Lehmann, C. W. *J. Am. Chem. Soc.* **2008**, *130*, 8773.
- 4) Nakamura, M.; Matsuo, K.; Ito, S.; Nakamura, E. *J. Am. Chem. Soc.* **2004**, *126*, 3686.
- 5) Hawrelak, E. J.; Bernskoetter, W. H.; Lobkovsky, E.; Yee, G. T.; Bill, E.; Chirik, P. J. *Inorg. Chem.* **2005**, *44*, 3103.

<発表リスト>

- 野田大輔 畠山琢次 砂田祐輔 中村正治 永島英夫, 「Fe触媒によるグリニャールカップリングの反応機構研究」『第25回有機合成化学セミナー』2007年9月、阿蘇
- 野田大輔 畠山琢次 砂田祐輔 中村正治 永島英夫, 「Fe触媒によるグリニャールカップリングの反応機構研究」『第55回有機金属化学討論会』2007年9月 大阪 2PC-035
- 野田大輔 畠山琢次 砂田祐輔 中村正治 永島英夫, Fe触媒によるグリニャールカップリングの反応機構研究」『第20回若手研究者のためのセミナー』(招待講演) 2007年12月 福岡

Research Report

Development of High-Performance Materials for Eco-Friendly Energy Conversion Processes - Visible Light Responding Photocatalyst for Water Splitting -

九州大学学術研究員 劉 恢
Kyushu University Hui Liu

Nowadays, the world is facing serious environmental problems such as global warming, acid rain, photochemical pollution which mainly originate from the production and usage of fossil fuels. Therefore, it is very urgent to develop a clean and sustainable energy system to solve such problems. One possibility is photocatalysis for water splitting to produce clear hydrogen energy. In this micro review, I will introduce fundamentals and up-to-date developments of visible-light-responding photocatalysts for water splitting.

Introduction

Nowadays, the world is facing serious environmental problem. Many environmental problems, such as green house effect, acid rain and photochemical pollution originated from the production and usage of fossil fuels. So it is very urgent to develop a clean and sustainable energy system to solve such problems. There are at least two ways to solve such problems. In one way, we have to optimize the conventional energy utilization system. For example, coal gasification by using catalysts has been developed for power plant for reducing the CO₂ production. In another way, we have to develop new energy systems, such as solar-hydrogen system, to substitute the fossil fuels. In both approaches of eco-friendly energy conversion, development of high-performance materials processes is very critical, and my research is concerned with (1) investigation and development of inorganic materials to facilitate coal gasification and (2) investigation and development of novel visible-light-responding photocatalysts for VOC removal and water splitting.

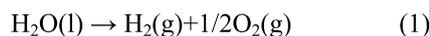
In this micro review, I will focus on visible-light-responding photocatalysts for water splitting.

Fundamentals of photocatalytic water splitting

Photocatalytic water splitting¹⁾, so called Honda-Fujishima effect, was discovered more than 30 years ago. In this process, light energy is transformed to chemical energy as H₂ energy when H₂O is

decomposed to H₂ and O₂ by using light energy. So the reaction of photocatalytic water splitting is called as artificial photosynthesis.

Water splitting as shown in equation 1 is difficult to take place because of 237 kJ/mol of Gibbs free energy.



To achieve splitting water, photon of 1.23 eV, the theoretical minimum energy requirement corresponding to light of about 1100 nm, will be absorbed by photocatalysts to excite an electron from valence band to conduction band. Considering the hydrogen overpotential, 1.8 eV of photon was suggested to use for water splitting²⁾.

Besides, the bottom level of the conduction band has to be more negative than the redox potential of H⁺/H₂ (0 V vs. NHE), while the top level of the valence band has to be more positive than the redox potential of O₂/H₂O (1.23 V) as shown in Fig 1.

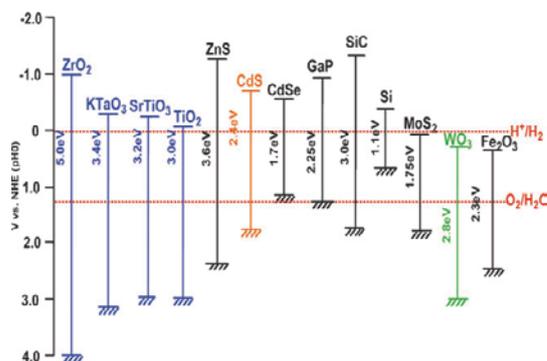


Fig. 1 Relationship between band structure of semiconductor and redox potentials of water splitting³⁾.

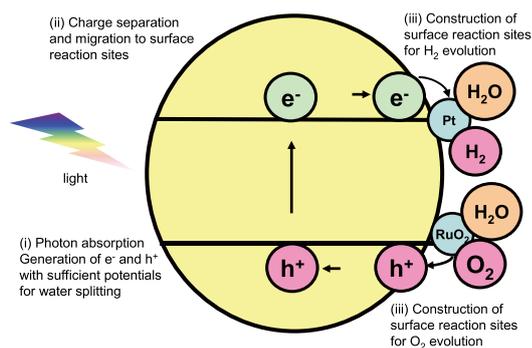


Fig. 2 Main processes in photocatalytic water splitting⁴⁾.

Main processes in a photocatalytic reaction are shown in Fig. 2. The first step (i) of the photocatalytic reaction is absorption of photons to form electron-hole pairs in the photocatalyst. The band gap of a photocatalyst should be wider than 1.8 eV to meet the requirement of water splitting as mentioned above. At the same time, for visible-light-responding photocatalyst, the band gap should be narrower than 3.0 eV to absorb visible light ($\lambda > 420$ nm). Moreover, the conduction and valence band positions should satisfy the energy requirements set by the reduction and oxidation potentials for H_2O , respectively. Therefore, it is very difficult to design photocatalysts for water splitting under visible light.

After absorbing photon, photogenerated carriers separate and migrate to surface of photocatalysts (step ii). The crystal structure and the crystallinity strongly affect these processes. The defects in the crystal work as trapping and recombination centers between photogenerated electrons and holes, resulting in a decrease in the photocatalytic activity. Therefore, a high degree of crystallinity with a less amount of the defects, rather than a high surface area, is required of photocatalysts, especially for an uphill reaction like water splitting.

The final step (iii) consists of the surface chemical reactions. The important points for this step are surface character (active sites) and quantity (surface area). Cocatalysts such as Pt, NiO, and RuO_2 are usually loaded to introduce active sites for H_2 evolution because the conduction band levels of many oxide photocatalysts are not high enough to reduce H_2O to produce H_2 without catalytic assistance. Active sites for 4-electron oxidation

of H_2O are required for O_2 evolution. Although this reaction is demanding, cocatalysts are unnecessary for oxide photocatalysts because the valence band is deep enough to oxidize H_2O to form O_2 .

Short survey of development of visible-light-responding photocatalysts

Up to date, a lot of photocatalysts were discovered by researchers, but many of them only work under UV light, which occupy only 4% of solar energy. In order to take advantage of much more solar energy, visible-light-driven photocatalysts becomes more and more important. However, a few photocatalysts can stoichiometrically split water into hydrogen and oxygen under visible light up to date. Many visible-light-driven photocatalysts produced either hydrogen or oxygen from sacrificial reagent solution due to unsuitable conduction band or valence band. So it is necessary and useful to discuss development of visible-light-responding photocatalysts for overall water splitting from a view point of designing new materials.

1. Synthesis of oxide photocatalysts.

Recently, some new oxide photocatalysts were synthesized such as InMO_4 ($M=\text{V}^{5+}, \text{Nb}^{5+}, \text{Ta}^{5+}$)⁵⁻¹¹⁾, AMn_2O_4 ($A=\text{Cu}, \text{Zn}$)^{12, 13)}, AInO_2 ($A=\text{Li}, \text{Na}$)¹⁴⁾ and so on. However, those materials only produced H_2 or O_2 from sacrificial reagent solution under visible light irradiation.

2. Non-metal doping to TiO_2

The development of oxide photocatalysts have been almost exclusively investigated from the combination and substitution of metal cations. Non-metal doping to TiO_2 was firstly proved by R. Asahi *et al.* to be an effective way to make photocatalysts responsible to visible light¹⁵⁾. After N-doping, TiO_2 decompose methylene blue and gaseous acetaldehyde under visible light ($\lambda < 500$ nm). Three requirements should be satisfied to realize visible light response. Firstly, doping should produce states in the band gap of TiO_2 to absorb visible light; Secondly, the conduction band, including subsequent impurity states, should be as high as that of TiO_2 or higher than the $\text{H}_2/\text{H}_2\text{O}$ level to ensure its photoreduction activity; finally the states in the gap

should overlap sufficiently with the band states of TiO₂ to transfer photoexcited carriers to reactive sites at the catalyst surface within their lifetime. However, N-doping TiO₂ cannot be applied to overall water splitting.

3. Oxynitride photocatalyst

Recently, GaN:ZnO oxynitride solid solution was discovered as visible-light-responding photocatalyst for overall water splitting^{16, 17}. This material has wurtzite-type crystal structure. After loading RuO₂, it can split H₂O into H₂ and O₂ under visible light ($\lambda < 460$ nm). Quantum efficiency was 0.14% in the range of 300 nm and 480 nm. The calculation of density functional theory showed that the bottom of conduction band consisted of Ga 4s and 4p orbitals and the top of valence band came from the N2p and Zn3d orbital, repulsion of which make the band gap of the oxynitride solid narrow to absorb visible light. GaN:ZnO also proved that formation of solid solution was an effective method to adjust the band gap of materials.

4. Z-scheme photocatalysis systems

Z-scheme photocatalytic system (Fig. 3) was reported firstly by Sayama et al.¹⁸ to achieve overall water splitting by using IO₃⁻/I redox couple, which responded to visible light up to 450 nm. In this system, SrTiO₃:Cr and WO₃ were used as photocatalysts for producing H₂ and O₂ respectively. Besides those photocatalysts, BiVO₄¹⁹, Bi₂MoO₆¹⁹ and TaON²⁰ can be used for H₂ production and Rh-doped SrTiO₃ for O₂ production¹⁹. The quantum efficiency of Z-scheme photocatalytic systems is still low (< 0.3%) because of usage of redox couple. However this system has one advantage that H₂ and O₂ can be separately produced to avoid possibility of explosion comparing to normal H₂-O₂-mixture system.

5. Band engineering

For overall water splitting under visible light, the band gap of photocatalyst should meet to the redox potential of water and be smaller than 3 eV to absorb visible light ($\lambda > 420$ nm). In general, the valence band of oxide photocatalyst was consisted of O2p orbital (*ca.* +3 eV).

At the same time, conduction band of photocatalysts should be higher than 0 eV for reducing water. Since most of oxide photocatalysts for overall water splitting

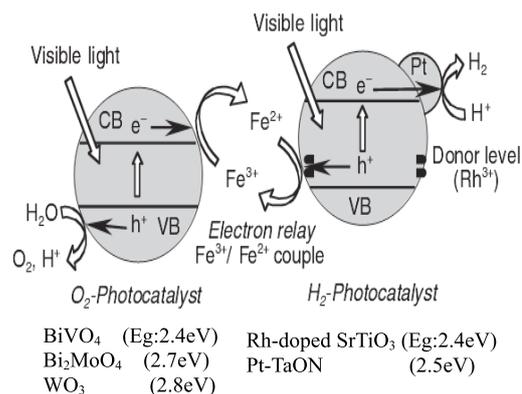


Fig. 3 Z-scheme photocatalytic system for water splitting.

hardly absorbed visible light, adjustment of the band structure of photocatalysts is one of major strategies for developing new materials. This method was called as the band engineering. The purpose of band engineering is to use donor level or new valence band with higher potential than O2p to narrow the band gap as shown in Fig. 4. In three types of band engineering, the formation of a solid solution is the most promising way to develop a new photocatalyst because the simultaneous adjustment of conduction and valence bands is possible.

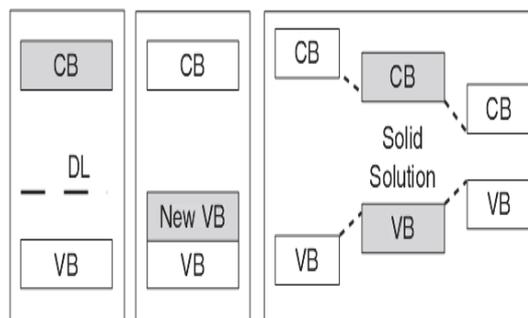


Fig. 4 Three types of band engineering for the design of visible-light-driven photocatalysts.

Developments of visible-light-responding photocatalysts for overall water splitting in my research

As mentioned above, many new photocatalysts were discovered to have the ability of absorbing visible light, but most of them are active to produce either H₂ or O₂ with sacrificial reagents. In order to split water to H₂ and O₂ under visible light, the conduction band and valence band of a photocatalyst should meet the potential

requirements of reduction and oxidation of H_2O at the same time. Band engineering by the formation of a solid solution was reported to be a feasible and effective method to obtain suitable conduction band and valence band for splitting water^{16, 21}. I focused on BiVO_4 and Bi_2WO_6 ²²⁻²⁴ which were reported to be visible-light responding but inactive for overall water splitting. In my study, BiYWO_6 and $\text{Bi}_x\text{Y}_{1-x}\text{VO}_4$ solid solutions were synthesized and found that they could split water under visible light.

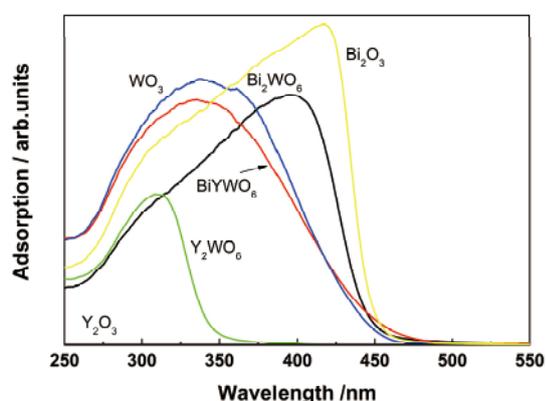


Fig. 5 Diffuse reflection spectra of BiYWO_6 , Bi_2O_3 , Y_2O_3 , WO_3 , Bi_2WO_6 and Y_2WO_6 .

BiYWO_6 (BYW), a solid solution of Bi_2WO_6 (BW) and Y_2WO_6 (YW), was found to be a new photocatalyst for overall water splitting under visible light irradiation. The band gap of BYW was 2.71 eV and it absorbed visible light up to 470 nm shown in Fig. 5. The loading of cocatalysts such as RuO_2 and $\text{Pt-Cr}_2\text{O}_3$ was indispensable to photocatalytically split water, and the best performance was observed with 0.5 wt% RuO_2/BYW : under irradiation of visible light ($\lambda > 420$ nm) to the reaction system of 100 mL H_2O and 0.5 g catalyst, amounts of the produced hydrogen and oxygen were about 12.3 and 5.6 μmol in each 3 h, respectively. Since both end materials of BW and YW were inactive for the photocatalytic water splitting, the formation of the solid solution was proven to be the feasible method to obtain visible-light-driven photocatalyst through the adjustment of position of conduction and valence bands of the oxide.

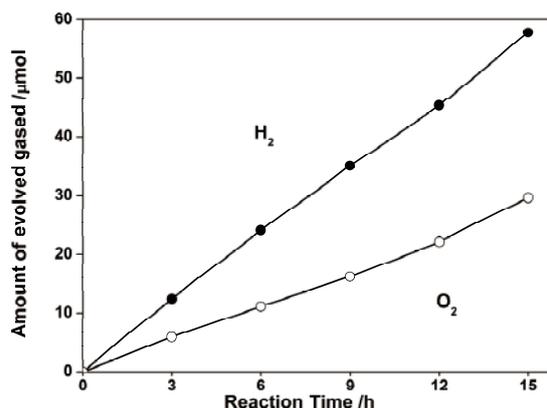


Fig. 6 Amounts of H_2 and O_2 produced on 0.5 wt% $\text{RuO}_2\text{-BYW}$ under visible light irradiation.

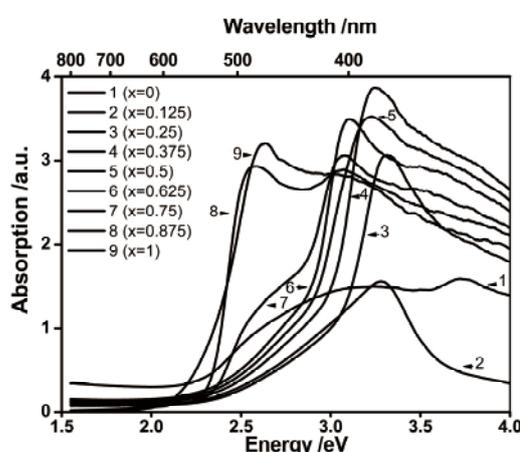


Fig. 7 Diffuse reflectance spectra of the BYV solid solutions ($0 \leq x \leq 1$).

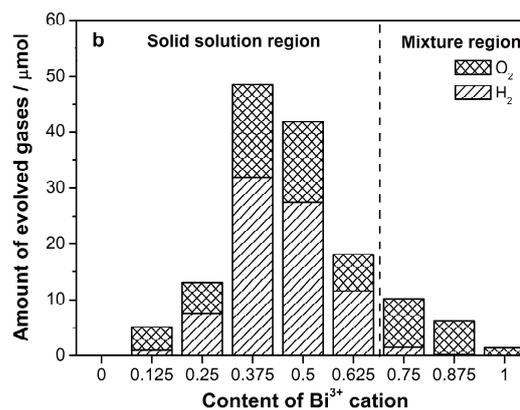


Fig. 8 Photocatalytic activity of BYV solid solution ($0 \leq x \leq 1$) loaded with 1 wt% Pt-1 wt% Cr_2O_3 for water splitting under visible light ($\lambda > 420$ nm).

Besides BYW, another novel visible-light-driven $\text{Bi}_x\text{Y}_{1-x}\text{VO}_4$ (BYV) solid solution in the tetragonal zircon

type was synthesized by the solid-state reaction. The crystal structure of BYV was dependent on the x value: it was a single phase solid solution oxides with tetragonal zircon type in $0 < x < 0.75$; however it was regarded as a mixture changing from tetragonal structure to monoclinic one in $0.75 < x < 1$. The tetragonal BYV ($0 < x < 0.75$) solid solution oxides loaded with Rh (1 wt%)-CuO (1 wt%) were discovered to split water to stoichiometric hydrogen and oxygen under visible light up to 510 nm. Among these catalysts, $\text{Bi}_{0.375}\text{Y}_{0.625}\text{VO}_4$ showed the best photocatalytic activity for overall water splitting in all the samples under either full arc or visible light irradiation (Fig. 8), of which the apparent quantum efficiency reached 0.72% at 420 nm light irradiation. BYV solid solution was proved to remain high photocatalytic activity as well as stable crystal structure and chemical states in the surface in the repeated runs. For tetragonal BYV ($0 < x < 0.75$) solid solution, Bi6s lone pair formed new valence band and increased the light absorption range to about 520 nm from the 420 nm of zircon-type BiVO_4 due to the distortion of $\text{Bi}(\text{Y})\text{O}_8$ and VO_4 polyhedrons. The photocatalytic activity of BYV for overall water splitting might be attributed to the single zircon-type structure with distorted $\text{Bi}(\text{Y})\text{O}_8$ dodecahedron and VO_4 tetrahedron as well as the cocatalyst providing active site.

In summary, I succeeded to develop visible-light-responding photocatalysts for overall water splitting by applying the band engineering technique by the formation of solid solutions. Although the quantum efficiency of the photocatalytic overall water splitting is still low, the steady progress in the material development will lead the usage of “solar hydrogen” in the future.

Reference

- 1) A. Fujishima, and K. Honda, *Nature* 238 (1972), P. 37.
- 2) H.P. Maruska, and A.k. Ghosh, *Solar Energy* 20 (1978), P. 443.
- 3) A. Kudo, and Y. Miseki, *Chem. Soc. Rev.* 38 (2009), P. 253.
- 4) A. Kudo, H. Kato, and I. Tsuji, *Chem. Lett.* 33 (2004), P. 1534.
- 5) Z.G. Zou, J.H. Ye, K. Sayama, and H. Arakawa, *J. Photochem. Photobiol. A* 148 (2002), P. 65.
- 6) J. Bandara, C.P.K. Udawatta, and C.S.K. Rajapakse, *Photochemical & Photobiological Sciences* 4 (2005), P. 857.
- 7) Z.G. Zou, J.H. Ye, R. Abe, K. Sayama, and H. Arakawa, *Science and Technology in Catalysis 2002*, Kodansha Ltd, Tokyo. 165.
- 8) Z. Zou, J. Ye, and H. Arakawa, *Int. J. Hydrogen Energy* 28 (2003), P. 663.
- 9) Z. Zou, J. Ye, and H. Arakawa, *J. Phys. Chem. B* 106 (2002), P. 517.
- 10) Z. Zou, J. Ye, and H. Arakawa, *J. Mater. Res.* 16 (2001), P. 35.
- 11) Z. Zou, and H. Arakawa, *J. Photochem. Photobiol. A* 158 (2003), P. 145.
- 12) Y. Bessekhoud, D. Robert, and J.V. Weber, *J. Photochem. Photobiol. A* 157 (2003), P. 47.
- 13) Y. Bessekhoud, D. Robert, and J.V. Weber, *Catal. Today* 101 (2005), P. 315.
- 14) J. Sato, H. Kobayashi, N. Saito, H. Nishiyama, and Y. Inoue, *J. Photochem. Photobiol. A* 158 (2003), P. 139.
- 15) R. Asahi, T. Morikawa, T. Ohwaki, K. Aoki, and Y. Taga, *Science* 293 (2001), P. 269.
- 16) K. Maeda, K. Teramura, D.L. Lu, T. Takata, N. Saito, Y. Inoue, and K. Domen, *Nature* 440 (2006), P. 295.
- 17) K. Maeda, K. Teramura, H. Masuda, T. Takata, N. Saito, Y. Inoue, and K. Domen, *J. Phys. Chem. B* 110 (2006), P. 13107.
- 18) R. Abe, K. Sayama, and H. Arakawa, *Chem. Phys. Lett.* 362 (2002), P. 441.
- 19) B.L. Cushing, V.L. Kolesnichenko, and C.J. O'Connor, *Chem. Rev.* 104 (2004), P. 3893.
- 20) R. Abe, T. Takata, H. Sugihara, and K. Domen, *Chem. Commun.* (2005), P. 3829.
- 21) Y. Lee, H. Terashima, Y. Shimodaira, K. Teramura, M. Hara, H. Kobayashi, K. Domen, and M. Yashima, *J. Phys. Chem. C* 111 (2007), P. 1042.
- 22) M. Liu, W. You, Z. Lei, G. Zhou, J. Yang, G. Wu, and G. Ma, *Chem. Commun* (2004), P. 2192.
- 23) S. Tokunaga, H. Kato, and A. Kudo, *Chem. Mater.* 13 (2001), P. 4624.
- 24) A. Ishikawa, T. Takata, J.N. Kondo, M. Hara, H. Kobayashi, and K. Domen, *J. Am. Chem. Soc.* 124 (2002), P. 13547.

地球温暖化問題と市場的手段の環境効果

Global Warming Issue and the Environmental Effect of Market-Based Instrument

九州大学学術研究員 日野 道啓
Kyushu University Michihiro Hino

As measures for controlling global warming issue, the approach paid attention to is international environmental policies that use the “Market-based instrument”. In today’s international situation where WEO (world environmental organization) doesn’t exist, the positive effects caused for the environment that excludes the cost-effectiveness of “Joint implementation” and “Expansion of the environmental industry” that are practicable and substantial measures against environmental problems are the following two points. One is effect of the spread of the technology; other is effect of the incentive on technical innovation.

地球規模の環境問題には、国際的な関心が向けられている。とくに、地球温暖化問題への関心は高い。

地球温暖化問題とは、地球の表面温度が上昇してしまうことおよびそれに付随する問題群をさす。地球温暖化問題の原因は、「温室効果ガス」の大気中の濃度の上昇である。温室効果ガスとは、地表から放出される熱を吸収し、地表を暖める働きをもつ気体の総称である。二酸化炭素 (CO₂) やメタンガス (CH₄) などがこれに該当する。

さて、CO₂を排出する活動として、具体的には、化石燃料の使用などを指摘できる。また、CH₄は、ゴミなどの廃棄物から排出されるほか、農作物を作る水田からも排出される。したがって、温室効果ガスを排出する活動とは、先進国および途上国の企業および消費者の日常的な経済活動に由来するものであるといえる（主要国の温室効果ガスの排出状況については図1参照）。

このような性質をもつため、地球温暖化問題への取組みは、国際的な枠組みのなかで実行されなければならない。また、企業のみならず消費者の意識改革の必要性が求められる問題である。しかし、世界中の企業および消費者の日常的な活動を改めることは、容易ではない。そこで、注目を集めている取組みが、「市場的手段 (Market-based instrument)」を活用した国際的な環境政策 (international

environmental policy) である。

市場的手段とは、価格メカニズムを機能・円滑化させることで、特定の政策目標を実現するものである。たとえば、国内環境政策であるが、アメリカでは、1990年に大気中のSO_x (硫黄酸化物) 削減を企図してSO_xの排出権取引が実施され、削減実績をあげている。

さて、WEO (世界環境機関) が存在しない、今日の国際情勢において、現実的観点から、国際的に実施可能な市場的手段は、次の3点である。第1に、排出量取引である。これは本来、市場で取引できない汚染物質を排出する権利の売買可能な市場を造り、汚染物質の削減を効率的に達成しようとする手段である。実際、地球温暖化問題への対応策である「京都議定書」に設けられた京都メカニズムにおいて、

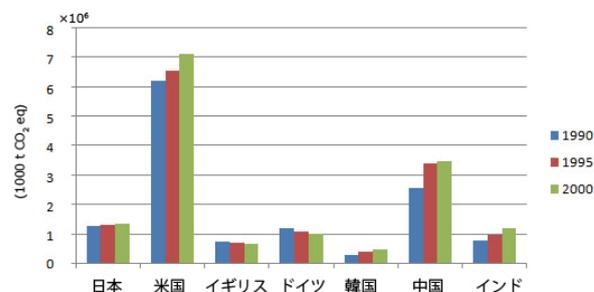


図1 主要国における温室効果ガスの排出状況
出所) OECD Environmental Data Compendium, 2007より作成

「排出量取引」として整備されている。第2に、「共同実施」である。これは、汚染物質の削減技術の異なる国家間において、環境技術の相対的に優れる国が、環境技術の相対的に優れない国に対して投資を行い、投資の結果、削減された汚染物質と同等のクレジットが、投資国に移転されるというものである。京都メカニズムでは、途上国を投資対象とした「CDM（クリーン開発メカニズム）」、先進国および移行国を対象とした「JI（共同実施）」として整備されている。第3に、「環境産業の拡大」である。この政策は、WTO（世界貿易機関）における「環境物品およびサービス（Environmental Goods and Services：EG&S）」の自由化交渉にみられる。EG&Sとは、「類似の用途をもつ商品に比べて、相対的に優れる環境技術が体化されている、または環境問題への取り組みに必要な商品」をさす。WTOでは、これらの商品の関税および非関税障壁を削減・撤廃することで、自由貿易と環境保全の両立を図ろうとしている。ただ、アメリカおよびEU、そして途上国間の対立が解消されず、十分な成果はあがっていない。しかし、EUの提案に、アメリカが賛同した形で、「気候変動に優しい物品およびサービス（climate-friendly goods and services）」リストが、2007年12月に提案された。これは、EG&Sのなかでも、とくに、地球温暖化問題に資する、またはその対策に必要な商品を選定したものである。

さて、排出権利の売買にとどまらない環境問題への実体的対策を必然的にとまらなう「共同実施」と「環境産業の拡大」の費用効果以外の環境へ及ぼす正の効果は次の2点である。第1に、「技術の普及効果」である。EG&Sを考えた場合、政策の本質的機能は、当該商品の関税および非関税障壁の削減・撤廃によ

って、当該商品の価格低下を実現し、環境対策に必要な商品の流通を拡大させる点とともに、代替商品に対して相対的に優れる環境技術が体化された当該商品の選好を高める点である。つまり、後者の効果を換言すると、代替商品に対する当該商品の品質の良好性という情報を価格低下によって情報伝達することである。その結果、当該商品の選好が高まる限り、当該商品に体化された環境技術は普及することになる。

「技術の普及効果」は、経済学の一般的な命題に即して理解すると、市場均衡への過程を示している。市場均衡とは、需要量と供給量が等しい状態をさす。つまり、EG&Sの価格変化による、均衡点に向けた需要量と供給量の収束過程を意味する。ただし、理論的には、EG&S価格の伸縮性（価格の自由な変動）が確保されなければ、均衡は実現されない。

ただし、「共同実施」においては、費用対効果が対策の主要因であるため、均衡への収束をより期待できる。つまり、国内での環境対策費用より、外国での環境対策費用が低い場合に限り、共同実施の事業が実施させる。各国の排出枠をいったん無視すると、事業数が増大するにつれ、低費用の事業がなくなっていき、国内の事業費用と外国の事業費用が一致するところまで、共同実施が行われることになる。

ただし、市場的手段には、「技術の普及効果」以外にもう1つ重要な効果がある。それは、「技術開発の誘因効果」である。「共同実施」の実施可能性は、その事業によって国際的に普及される環境技術に依存していることは容易に理解できる。したがって、低費用の事業が徐々に消滅するにつれて、企業には、新たな事業の実施を可能にする環境技術を開発する誘因がある。たとえば、近年、CDMにおける新しい事業の可能性を提供する技術として注目されている、CCS（二酸化炭素回収貯蔵）に関する技術開発を指摘できる。

このような作用は、理論的には、市場における既存の均衡点を打破し、新しい均衡点への移動を導くものである。シュンペーター（Schumpeter, J.）が、



図2 3つの国際的に実施可能な市場的手段

「新結合（イノベーション）」と呼んだ作用である。中長期的には、市場的手段の利用可能性がイノベーションの程度に依存していることは明らかであり、市場的手段の実施に大きく関与する重要な活動であるといえる。

地球温暖化問題に対する、市場的手段の果たす役割は大きく、環境技術の普及およびイノベーションの誘因を提供する国際的な装置であるといえよう。また、市場的手段は、経済活動そのものを禁止ないし制限するものではないため、経済発展を強く志向する途上国にとっても、比較的受け入れやすい政策である。事実、CDM では、一定の成果があがっている。

ところで、「新炭素資源学」は、現実の環境問題への対策を地球規模で理解し、実現的な政策論に立脚し、問題解決を図るという課題をもつ。さて、政策を実現するうえでの主要な障害は、次の3点であろう。第1に、技術的な課題、第2に、費用的な課題、第3に、政治経済学的な課題である。第3の典型的な課題が、途上国の経済発展と環境保全の両立である。この問題は根が深く、その根本は、人類の繁栄と環境問題の解決という普遍的な課題に直結している。今後、現代の世界経済における環境問題および途上国への影響についての研究成果を報告していくことにする。

昨年度 研究実績報告

受賞・新聞・雑誌掲載記事

●受賞

平成20年度 文部科学大臣表彰 若手科学者賞

(2008/04/15)

吾郷 浩樹

「カーボンナノチューブの成長と機能化の研究」

●受賞

平成20年度 文部科学大臣表彰 若手科学者賞

(2008/04/15)

竹村 俊彦

「エアロゾルの気候に対する影響の定量的評価の研究」

●受賞

ナノ学会第6回大会 産業タイムズ社賞

(2008/05/09)

吾郷 浩樹

「炭素同位体を用いた単層カーボンナノチューブの水平配向成長の可視化」および「表面原子配列によってプログラムされた単層カーボンナノチューブの配向成長」の研究業績により、ナノ学会第6回大会で「産業タイムズ社賞」を受賞。

●受賞

バンドン工科大学 功労賞

(2009/01/08)

松井 紀久男

インドネシアの露天掘り石炭鉱山の環境低負荷型資源開発を目的として、資源開発分野と環境開発分野の学際的共同研究を行った結果、環境に優しいリハビリテーション工法の開発に成功したことが評価された。

●受賞

平成20年度 資源・素材学会 第34回論文賞

(2009/03/27)

笹木 圭子、松田 稔

浦田 智弘、平島 剛

金野 英隆

“Sorption of Co^{2+} Ions on the Biogenic Mn Oxide Produced by a Mn-Oxidizing Fungus, *Paraconiothyrium* sp. WL-2”
K. SASAKI, M. MATSUDA, T. URATA, T. HIRAJIMA, H. KONNO: Materials Transactions, Vol. 49(3), pp. 605-611, 2008.

●受賞

プラスチック 成形加工学会 功労者表彰

(2008/06/04)

梶原 稔尚

●受賞

H20年度 九州大学研究 産学連携活動表彰

(2008/05/12)

岡田 重人

●受賞

H20年度 九州大学研究 産学連携活動表彰

(2008/05/12)

寺岡 靖剛

●受賞

H20年度 九州大学研究 産学連携活動表彰

(2008/05/12)

横山 士吉

●受賞

H20年度 九州大学研究 産学連携活動表彰

(2008/05/12)

藤田 克彦

●受賞

ICNME2008 Outstanding Poster Presentation Award

(2008/12/16-18)

井上 振一郎

“Nonlinear Optical Responses in Polymer Two-Dimensional Photonic Crystals”

●受賞／学生受賞

第8回 分離技術国際会議 ICSST08

Outstanding Paper Award of ICSST08

(2008/10/03)

下山 祐介

平山 武史

岩井 芳夫

“Gas Chromatographic Determination of Infinite Dilution Activity Coefficients for Alcohols, Ketones and Aromatic Hydrocarbons in 4-Methyl-N-Butylpyridinium Tetrafluoroborate and 1-Butyl-3-Methylimidazolium Hexafluorophosphate”

●受賞／学生受賞
日本環境化学会
第17回
環境化学技術賞
 (2008/06/12)

澤津橋 徹哉、塚原 千幸人
 嬉野 絢子、中尾 智春
 馬場 恵吾、福永 義徳
 三浦 則雄

「PCB迅速分析のための液体クロマトグラフィッククリーンアップ剤の探索と分離特性 評価」

●受賞／学生受賞
The 8TH Mini International Symposium for Energy Conversion and Storage, 2009
Best Award of Outstanding Presenters at poster session

“Electrochemical Performance of Aqueous Rechargeable Lithium Ion Battery (ARLB) based on LiFePO_4 and $\text{LiTi}_2(\text{PO}_4)_3$ ”
 S.I. Park, T., Saito, T. Doi, Y.P. Wu, S. Okada and J. Yamaki.

●受賞／学生受賞
The IUMRS International Conference in Asia 2008 Certificate of Award for Encouragement of Research in Materials Science
 (2008/12/13)

石丸 雅大
 (共同研究者:板倉 賢、西田 稔)

“Microstructure Analysis of High Coercive PLD-Made NdFeB Thick-Film Improved by Tb-diffusion-coating Treatment”

●受賞／学生受賞
第45回化学関連支部合同九州大会
若手研究者奨励賞
(無機化学)
 (2008/07/05)

池田 寛
 (共同研究者:大瀧 倫卓)

「分子鑄型を用いた電解酸化法による酸化物ナノ超格子の合成と物性」
 参考URL: http://kcsj.jp/award_y.html

●受賞／学生受賞
CINEST International Symposium on Earth Science and Technology 2008
Best Paper Award (DC Award)

In recognition of quality of content and presentation
 Hitoshi Takamori, Keiko Sasaki, Hitoshi Yoshizaka and Tsuyoshi Hirajima
 “Role of Wood-chips in Premeable Reactive Barriers for Removal of Borate in Groundwaters”
 Phung Quoc Huy, Kyuro Sasaki and Yuichi Sugai
 “Effects of SO_2 and pH Concentration on CO_2 Adsorption Capacity in Coal Seams”
 Ryohei Takahashi, Koichiro Watanabe, Akira Imai, Hiroharu Matsueda and Victor M. Okrugin
 “Genesis and Formation of ORE Deposits in Kamchatka Peninsula, Far Eastern Russia”

●報道掲載

"Science Watch"
Fast Breaking Papers 2008 (April)

<http://sciencewatch.com/dr/fbp/2008/08apr/fbp/08apr/fbpMiura/>

三浦 則雄

インタビュー記事掲載

以下の論文の2007年9月～12月における被引用速度がEngineering分野(全22科学分野中)においてトップ(Thomson Scientific社の調査による)になったため。Recent Advancements in Surface Plasmon Resonance Immunosensors for Detection of Small Molecules of Biomedical, Food and Environmental Interest, D. R. Shankaran, K. V. Gobi, N. Miura, Sensors and Actuators B, 121, 158-177 (2007).

Knowledge Link (日本の研究者による注目論文&インタビュー)

<http://www.thomsonscientific.jp/knowledgelink/esi-topics/fbp/>

The screenshot shows the ScienceWatch.com website interface. At the top, there's a navigation bar with 'Home', 'About Scientific', 'Press Room', and 'Contact Us'. The main content area is titled 'FAST BREAKING PAPERS - 2008' and 'April 2008'. A featured article is highlighted: 'Norio Miura talks with ScienceWatch.com and answers a few questions about this month's Fast Breaking Paper in the field of Engineering.' The article title is 'Recent advancements in surface plasmon resonance immunosensors for detection of small molecules of biomedical, food and environmental interest'. The authors listed are Shankaran, D.R., Gobi, K.V., and Miura, N. The journal is 'Sensors and Actuators B: Chemical', volume 121, pages 158-177, published in 2007. A small portrait of Norio Miura is shown next to the article text. Below the article, there are several questions and answers (Q&A) regarding the paper's significance, methodology, and application areas.

The screenshot shows the Knowledge Link website interface. At the top, there's a navigation bar with 'Home', 'About Scientific', 'Press Room', and 'Contact Us'. The main content area is titled 'Essential Science Indicators™ special TOPICS'. Below this, there's a section for 'ESI SPECIAL TOPICS NEWS' and '最新情報' (Latest Information) for '2008年 4月' (April 2008). A featured article is highlighted: 'Fast Breaking Papers' with the title 'Recent advancements in surface plasmon resonance immunosensors for detection of small molecules of biomedical, food and environmental interest'. The authors listed are Shankaran, D.R., Gobi, K.V., and Miura, N. The journal is 'Sensors and Actuators B: Chemical', volume 121, pages 158-177, published in 2007. A small portrait of Norio Miura is shown next to the article text. Below the article, there's a section for 'Emerging Research Fronts' with the title 'Modulation of oestrogen receptor signaling by association with the activated doxin receptor'. The authors listed are Miura, N., and Gobi, K.V. The journal is 'Sensors and Actuators B: Chemical', volume 121, pages 158-177, published in 2007. At the bottom, there's a section for '過去の年別一覧' (List of Past Years) with buttons for 'This Month's Special Topics', 'Fast Breaking Papers', 'New Hot Papers', 'Emerging Research Fronts', 'Fast Moving Fronts', and 'Research Front Maps'.

●報道掲載

Nature Publishing Group (NPG) Asia Materials (Published: 25 November 2008): Research Highlight

井上 振一郎、横山 士吉

Enhancement of two-photon excited fluorescence in two-dimensional nonlinear optical polymer photonic crystal waveguides.

S.-I. Inoue, S. Yokoyama: Appl. Phys. Lett., Vol. 93, pp. 111110, 2008.

Research Highlights とは、アジア太平洋地域における材料科学分野の最高レベルの研究成果をNature誌の刊行で知られるNature Publishing Group (NPG)の国際的な編集委員会によって選出し、ハイライト紹介する試み。

Molecular imaging: Exciting fluorescence : research highlight : NPG Asia Materials



research highlight Molecular imaging: Exciting fluorescence

Light emission from organic molecules is promising for applications ranging from fluorescence imaging to data storage. To overcome intrinsically weak emission efficiencies, Shin-ichiro Inoue and Shiyoshi Yokoyama from Kyushu University in Japan*, now demonstrate that photonic crystals can be used to significantly enhance non-linear optical emission from fluorescent molecules.

The advantage of non-linear optical processes compared to conventional light-emission techniques is that the intensity varies strongly with the excitation energy, which produces higher definition images. The high resolution that can be achieved is not only relevant for imaging, but can also be used in optical data storage where it allows for a higher data integration density.

One of the most widely used non-linear processes is two-photon excited fluorescence (TPEF), where the combined energy of two low-energy photons from a laser beam is used to excite an electron into a higher state. As the excited electrons relax back to the ground state, they emit the energy gained and this fluorescence is detected.

Unfortunately, "despite the important technological potential of this method, the majority of known organic molecules have very small two-photon excitation efficiencies, hampering the widespread use of TPEF applications", says Inoue. To solve the problem of low efficiencies, the researchers use a photonic crystal that is placed on top of a thin polymer layer containing the fluorescent molecules (Fig. 1).

The photonic crystal facilitates the coupling between the incident laser and the molecules. At certain laser incident angles this can lead to a strong coupling of light into the photonic crystal, this subsequently increases the light absorption by the molecules, leading to a much stronger TPEF process.

Indeed, in their experiments Inoue and Yokoyama observed a significant enhancement of TPEF at the predicted laser beam angles. These enhancements can be as high as two orders of magnitude. Therefore, much lower and less damaging incident laser powers than in conventional TPEF experiments can be used, making this technique particularly suitable for molecules with low TPEF efficiencies.

Inoue is very confident that "this dramatic improvement in performance will stimulate a number of applications, for example in optical data storage".

Reference

1. Inoue, S.-I. & Yokoyama, S. Enhancement of two-photon excited fluorescence in two-dimensional nonlinear optical polymer photonic crystal waveguides. *Appl. Phys. Lett.* **93**, 111110 (2008). | article |

Author affiliation

Shin-ichiro Inoue*, and Shiyoshi Yokoyama
Institute for Materials Chemistry and Engineering, Kyushu University, 6-1 Kasuga-Kam, Kasuga, Fukuoka 816-8580, Japan. * inoue@ion.kyushu-u.ac.jp

This research highlight has been approved by the author of the original article and all copyright data contained within has been provided by said author.

NPG Asia Materials
© 2008 Taylor Institute of Technology

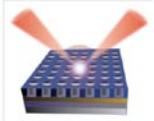


Fig. 1: The two-photon excited fluorescence process from organic molecules embedded within a polymer layer can be significantly enhanced by a photonic crystal at the surface.

NEWS

Researchers exchanging global perspectives

By Erica Vargas

Dr. Tayfun Bahadaghi, a Petroleum Engineering professor at the University of Alberta, visited Japan in 2006 through the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) Postdoctoral Fellowship Program, an idea sparked to provide a number of other researchers an opportunity to be involved in international collaborations.

During his visit to Kyushu University, he met with Dr. Kyuro Sasaki, who had spent his post-doctoral period at the University of Alberta more than 10 years ago.

When the two professors met at a Calgary conference in 2007, they decided to create a departmental exchange program. By early July 2008, papers were signed and the five-year exchange program between the University of Alberta and Kyushu University became official. "The exchange of technology and ideas are always good, not only for students but also for professors," says Bahadaghi.

The program is open to senior graduate students, post-doctoral fellows, and faculty members to conduct joint research. Each year two students from Kyushu and two students from Alberta will stay at the partner departments

for a period of under 10 months. The program has already started enhancing the perspective of a young Japanese researcher.

Dr. Yuichi Sagai, the first participant in the program, arrived with in Edmonton his family on July 21st, 2008 and stayed at the University of Alberta until the end of September 2008. Already, he has delved into his research, and even enjoyed visiting some of Alberta's natural sights on the weekends.

Under the supervision of Bahadaghi, Sagai is researching Enhanced Oil Recovery (EOR) using microorganisms. He will investigate the behavior and growth of effective microorganisms that are injected into an oil reservoir, and the byproducts that they produce such as polymers, gases and surfactants, which help enhanced oil recovery. One of his masters students from Japan, Machiko Oka, will also be joining him in his research for a month this summer.

"Collaborations like this one are very important for young researchers especially. The Japanese government puts a very high importance on education and so we know the theory behind petroleum engineering very well. But

being a country without many natural resources like oil, gas, gold, or copper, we don't always get the chance to put this knowledge into practice as much as we would like to. This increasing consumption of energy and resources presents a threat to the human activities in Japan. We need to learn how to obtain and work with these resources effectively to sustain development in our country," he explained.

The University of Alberta is one of four international universities that collaborate with Kyushu University's engineering program.

Bahadaghi is pleased with the scope of program agreement and its potential for creating solutions both in Kyushu and Alberta.

"Our agreement covers not only



Dr. Yuichi Sagai, Dr. Kyuro Sasaki and Akito Matsumura tour the university of Alberta Campus, meeting with residence services and library staff to ensure a comfortable stay for future exchange participants.

petroleum but also other disciplines in our department. Documents were signed by three departments at Kyushu University, the Department of Earth Resources Engineering, the Department of Civil and Structural Engineering, and Department of Urban and Environmental Engineering. At the University of Alberta, the Department of Civil and Environmental Engineering signed it representing all of its eight disciplines. So, the coverage is widespread and almost all disciplines in our department can participate and benefit from this agreement."

●報道掲載 アルバータ大学 工学部広報 (2008年、12月号)

佐々木 久郎
菅井 裕一
アルバータ大学工学部
<http://www.engineering.ualberta.ca/civil//pdfs/October%202008.pdf>

●報道掲載 西日本新聞 (2008/12/24)

佐々木 久郎
「休眠トンネルの貯蔵庫化 実験現場を公開 九大院教授『来年度末に評価書』」

日本経済新聞 2008年12月24日(水)

鉄触媒、有機物合成に活用

電子・医薬材料 製造安く 高価な貴金属不要に

有機化学で主に使われる合成技術「反応経路」の改良で、従来の貴金属触媒に代わり、鉄触媒を用いた有機物合成が可能になると、九州大学の菅井裕一教授らが発表した。鉄触媒は高価な貴金属触媒に比べて、製造コストが安く、環境にも優しい。菅井教授らは、鉄触媒を用いた有機物合成の反応経路を改良し、従来の貴金属触媒に代わり、鉄触媒を用いた有機物合成が可能になると発表した。鉄触媒は高価な貴金属触媒に比べて、製造コストが安く、環境にも優しい。菅井教授らは、鉄触媒を用いた有機物合成の反応経路を改良し、従来の貴金属触媒に代わり、鉄触媒を用いた有機物合成が可能になると発表した。

九州大学工学部教授の菅井裕一氏らが、鉄触媒を用いた有機物合成の反応経路を改良し、従来の貴金属触媒に代わり、鉄触媒を用いた有機物合成が可能になると発表した。鉄触媒は高価な貴金属触媒に比べて、製造コストが安く、環境にも優しい。菅井教授らは、鉄触媒を用いた有機物合成の反応経路を改良し、従来の貴金属触媒に代わり、鉄触媒を用いた有機物合成が可能になると発表した。

2008年12月24日 水曜日

休眠トンネルの貯蔵庫化 実験現場を公開

九大院教授『来年度末に評価書』

九州大学工学部教授の菅井裕一氏らが、鉄触媒を用いた有機物合成の反応経路を改良し、従来の貴金属触媒に代わり、鉄触媒を用いた有機物合成が可能になると発表した。鉄触媒は高価な貴金属触媒に比べて、製造コストが安く、環境にも優しい。菅井教授らは、鉄触媒を用いた有機物合成の反応経路を改良し、従来の貴金属触媒に代わり、鉄触媒を用いた有機物合成が可能になると発表した。

九州大学工学部教授の菅井裕一氏らが、鉄触媒を用いた有機物合成の反応経路を改良し、従来の貴金属触媒に代わり、鉄触媒を用いた有機物合成が可能になると発表した。鉄触媒は高価な貴金属触媒に比べて、製造コストが安く、環境にも優しい。菅井教授らは、鉄触媒を用いた有機物合成の反応経路を改良し、従来の貴金属触媒に代わり、鉄触媒を用いた有機物合成が可能になると発表した。

●報道掲載 日本経済新聞 (2008/12/22)

永島 英夫
「鉄触媒、有機物合成に活用 電子・医薬材料製造安く 高価な貴金属不要に」

SYMPOSIUM & WORKSHOP

▶ 主催

第1回 国際シンポジウム(キックオフ・シンポジウム)

日 時: 2008年10月26日
 場 所: グランドハイアット福岡(3階)
 担当者: 永島 英夫、菊池 裕嗣、岡田 重人

〈開会挨拶〉

永島 英夫(拠点リーダー・九州大学先導物質化学研究所)
 有川 節夫(九州大学総長)
 谷 広太(文部科学省 地球・環境科学技術推進室)
 橋高 公久(九州経済産業局)

〈G-COEプログラム概要紹介〉

永島 英夫(拠点リーダー・九州大学先導物質化学研究所)
 寺岡 靖剛(拠点副リーダー、セクションリーダー・九州大学総合理工学研究院)
 平島 剛(セクションリーダー・九州大学工学研究院)

〈講演〉

- 尹 聖昊(九州大学先導物質化学研究所)
 "Carbon Materials for Energy and Environmental Devices"
- 佐藤 幹夫(電力中央研究所、エネルギー技術研究所)
 "Fossil fuel energy outlook and engineering solutions for climate change in electric power sector"
- Yanqing Wu(中国・上海交通大学)
 "The Global COE for Novel Carbon Resource Sciences: Geological storage of CO₂"
- Sudarto Notosiswoyo(インドネシア・バンドン工科大学)
 "Research Activities Related to Conventional Energy (Oil, Gas, and Coal) in Institute Technology Bandung, Indonesia"
- Doo-hwan Jung(韓国・エネルギー研究院)
 "Current Situation of Energy in Korea"
- Chun-Zhu Li(オーストラリア・モナシュ大学)
 "Energy Research in Curtin University of Technology Australia"



Earth Resource Science and Technology -2nd International Symposium of Novel Carbon Resource Sciences

日 時: 2009年3月10~11日
 場 所: インドネシア・バンドン工科大学
 担当者: Sudarto Notosiswojo (ITB)、Budi Sulistiant (ITB)、永島 英夫、松井 紀久男、平島 剛、佐々木 久郎

〈基調講演〉

- 松井 紀久男(九州大学工学研究院)
 "Development of Eco-Friendly Coal Mines in Overseas Countries Considering Environmental Issues"
- 佐々木 久郎(九州大学工学研究院)
 "Two Major Problems of Japanese CO₂ ECBM Test Project at Yubari, Japan"
- Yanqing Wu(中国・上海交通大学)
 "Modeling and Remediation with Permeable Reactive Barriers in Groundwater Contaminated by Perchloroethylene"



Chun-Zhu Li (オーストラリア・カーティン工科大学)
"Catalytic Effects of Alkali and Alkaline Earth Metallic Species during the Gasification of Brown Coal"

Dwiwahju Sasongko (インドネシア・バンドン工科大学)
"Coal Gasification and Liquefaction: a Brief Review"

Bukin Daulay (インドネシア・エネルギー・鉱物資源省)
"Low Rank Coal Upgrading"

〈特別講演〉

岡田 重人、土井 貴之、山木 準一 (九州大学先端物質化学研究所)
"Cathode Active Materials for Post Lithium-Ion Battery"

深井 潤、中曾 浩一 (九州大学工学研究院)
"Application of Carbon Fibers to Thermal Engineering"

桑原 憲、小山 繁 (九州大学総合理工学研究院)
"Researches on Improving the Performance of Refrigeration/Air-conditioning System in Our Laboratory Related to the Energy Saving/Environmental Protection Technology"

草場 一、永長 久寛、寺岡 靖剛 (九州大学総合理工学研究院)、下川 弘宣 (総合理工学府)
"Development of Catalyst for the Removal of Particulate Matter from Diesel Exhausts"

辻 剛志、辻 正治、土井 貴之、山木 準一 (九州大学先端物質化学研究所)、水城 健志、仲西 政孝 (九州大学総合理工学府)
"Preparation of Nano-sized Functional Materials Using Laser Ablation in Liquids"

公開講座・講演会



九州大学G-COE「新炭素資源学」公開講座および環境経済に関する講演会

日時: 2009年3月25日

場所: アクロス福岡 国際会議場(3階)

担当者: 藤田 敏之、堀井 伸浩、日野 道啓

〈口頭発表〉

平島 剛、野中 壯泰 (九州大学工学研究院)
"Upgrading of Low Rank Coal and Woody Biomass by Hydrothermal Treatment"
含、全50件

〈公開講座〉

永島 英夫 (九州大学先端物質化学研究所)
「今、地球規模で起こっていること: エネルギー・環境・地球温暖化」

大中 忠勝 (福岡女子大学人間環境学部)
「家の中で感じる地球温暖化—十分な睡眠がとれていますか?—」

馬 昌珍 (福岡女子大学人間環境学部)
「炭素粒子を中心とした車排出大気汚染物質の性状特性」

堀 史郎 (九州大学産学連携センター)
「次世代の日本の舵取り: エネルギー環境政策を考える」

〈講演会〉

永島 英夫 (九州大学先端物質化学研究所)
「新炭素資源学プロジェクトの概要・九州大学の取り組み」

堀井 伸浩 (九州大学大学院経済学研究院)
「中国のエネルギー・環境問題と世界への影響」

第1部 中国のエネルギー利用の現状と持続可能性への挑戦
王 宏英 (山西省社会科学院能源経済研究所)
「中国の石炭産業の改革とクリーンコールテクノロジーの進展」

堀井 伸浩 (九州大学大学院経済学研究院)
「中国の電力産業における省エネルギー・環境対策: 中国における排煙脱硫装置の普及とその背景に焦点を当てて」

張 希良 (中国清華大学3E研究院)
「中国の再生可能エネルギー産業の急成長: 企業の競争力分析」

第2部 日本の省エネルギー・環境技術をいかに中国に普及させるか?
原田 達朗 (九州電力総合研究所・九州大学特任教授)
「日本のクリーンエネルギー技術の状況〜電力を中心に」

藤田敏之 (九州大学大学院経済学研究院)
「京都メカニズムの必要性」

藤田敏之(九州大学大学院経済学研究院)
[京都メカニズムの必要性]

〔総合討論〕
[中国のエネルギー・環境問題の転換点に日本はどのように食い込んでいくべきか?]

ファシリテーター:
藤田 敏之(九州大学大学院経済学研究院)

パネリスト:
王 宏英(山西省社会科学院能源経済研究所)
張 希良(中国清華大学3E研究院)
高橋 正貴(世界銀行・上級電力エンジニア)
原田 達朗(九州電力総合研究所・九州大学特任准教授)
堀井 伸浩(九州大学大学院経済学研究院)

▶ 共催

The First KU-SJTU Joint Workshop on Environment and Energy Issues in Relation with Novel Carbon Resource Sciences – 日中セミナー –

日 時:2008年11月12日
場 所:九州大学筑紫キャンパス
担当者:寺岡 靖剛

〈学生交流ディベート〉
テーマ:[石炭資源は石油資源に代わるエネルギーとなりうるか?]

参加者:28名(内、上海交通大学学生:8名)



地球科学技術に関する国際シンポジウム2008

日 時:2008年12月1~2日
場 所:九州大学西新プラザ
担当者:松井 紀久男、平島 剛、
Rudy Sayoga Gautama (ITB)、Vladimir Kebo (VSB)

〈Plenary Lectures〉
Rudy Sayoga Gautama (バンドン工科大学)
"On the Issue of Acid Mine Drainage in Indonesian Mines"

Tayfun Babadagli (アルバータ大学・鉱山石油スクール)
"Evaluation of the Critical Parameters Affecting CO₂ Sequestration Performance During Enhanced Oil Recovery"

Suseno Kramadibrata (バンドン工科大学)
"Failure Criteria Development Using Triaxial Test Multistage and Conventional"

〈口頭発表〉全62件

〈ポスター発表〉全33件

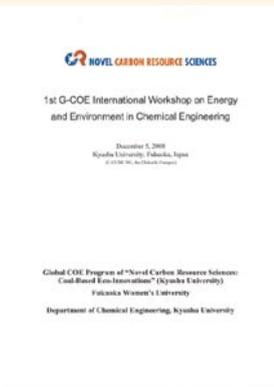
The 1st International Workshop on Energy and Environment in Chemical Engineering

日 時:2008年12月5日
場 所:九州大学筑紫キャンパスC-Cube303
担当者:深井 潤

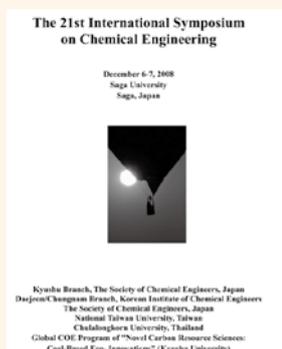
〈講演〉
Sang Done Kim (KAIST, Korea)
"Current Status of Clean Fossil Energy Technology in Korea"

Doo Hwan Jung (KIER, Korea)
"Application of Carbon Materials in Fuel Cell Industry"

Tharapong Vitidsant (Chulalongkorn, Univ., Korea)
"Catalytic Cracking of Waste Plastics and Used Vegetable Oil to Liquid Fuel"



Yongtaek Lee (Chungnam National Univ., Korea)
 "Application of Zeolite Membranes for Preparation of Bioethanol"



The 21st International Workshop on Chemical Engineering

日時: 2008年12月6~7日

場所: 佐賀大学

担当者: 草壁 克己

〈口頭発表〉全146件

〈ポスター発表〉全99件



ユビキタス情報化社会を支える光利用有機・高分子化学 第1回国際シンポジウム

日時: 2008年12月19~20日

場所: 九州大学筑紫キャンパスC-Cube301、303

担当者: 横山 士吉、菊池 裕嗣、友岡 克彦

〈講演〉

Shiyoshi Yokoyama (Kyushu Univ.)

"Smart Polymers for Optoelectronic Applications"

Larry Dalton (Univ. of Washington)

"Organic Nonlinear Optical Materials, Silicon Photonics, and Plasmonics"

Dong Hoon Choi (Korea Univ.)

"Stability Control of Electro-optic Effect Using New Maleimide Copolymers Containing Photoreactive Tricyanopyrrolidene-based Chromophores"

Soo Young Park (Seoul National Univ.)

"Highly Fluorescent and Semiconducting Organic Nanostructures: Nanoparticle"

Akira Otomo (Nat. Inst. Info. & Commun. Tech)

"Molecular-scale Photonic Devices for Energy Saving Information Technology"

Hirotsugu Kikuchi (Kyushu Univ.)

"Electro-optics of Nano-structured Liquid Crystals"

Ryo Irie (Kumamoto Univ.)

"Development of Chiral 2,6-trans-1,2,6-Trisubstituted Piperidine and its Metal Complexes for Asymmetric Catalyses"

Toshiyuki Hamura (Kwansei Gakuin Univ.)

"Synthesis, Reactivity, and Structure of Strained Aromatic Compounds"

Kazunobu Igawa (Kyushu Univ.)

"Enantioselective Synthesis of Chiral Silanol: Asymmetric Nucleophilic Substitution Reaction of Achiral Dialkoxysilane"

Young-Ger Suh (Seoul National Univ.)

"Total Syntheses and Synthesis-Based Structure Elucidation and Biological Activity of Macrospherides"

Masato Ito (Tokyo Institute of Technology)

"Design of Bifunctional Cp*Ru Catalysts for Asymmetric Synthesis"

Masanari Kimura (Nagasaki Univ.)

"Transition Metal Catalyzed C-C Bond Formation and Cleavage Reaction Utilizing Organoborane"

Tatsuya Uchida (Kyushu Univ.)

"Unique Catalysis of Ru(salen) Complexes: Aerobic OH-oxidation under Irradiated and Non-irradiated Conditions"

Yoshihiko Yamamoto (Tokyo Institute Technology)

"Cu-Catalyzed Hydroarylation of Electron-Deficient Alkynes"

Mitsuru Shindo (Kyushu Univ.)

"Stereoselective Olefination of Carbonyl Compounds Controlled by Torquoselectivity"

〈ポスター発表〉全16件



International Workshop on “Recent Advances in Science and Technology for Exhaust Treatments of Mobile Sources”

日 時: 2009年2月13日

場 所: 九州大学筑紫キャンパスC-Cube301

担当者: 寺岡 靖剛

〈講演〉

Nitin Labhsetwar (National Environmental Engineering Research Institute, India)

“Non-noble Metal Based Catalysts: Possibilities for Their Applications in Exhaust Treatments of Mobile Sources”

Vito Specchia (Politecnico di Torino, Italy)

“Vehicle Emissions Control via Catalytic Reaction Engineering: State-of-the-art at Politecnico of Turin”

Koji Takasaki and Prof. Hiroshi Tajima (Kyushu University, Japan)

“Marine Exhaust Emission Regulation and Control”

Hideaki Hamada (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan)

“Development of Ir/silica-based Catalysts for the Selective Reduction of NO with CO Applied to Diesel Exhaust”

Hong He (Research Center for Eco-Environmental Sciences, CAS, China)

“Selective Catalytic Reduction of NO_x by Ethanol over Precipitable Silver Compound Catalysts and the Application of AgCl/Al₂O₃ to Diesel Exhaust Treatment”

Norio Miura (Kyushu University, Japan)

“Zirconia-based Gas Sensors Aiming at Monitoring of Automotive Exhaust”

Masato Machida (Kumamoto University, Japan)

“Catalytic Applications of Large-capacity Oxygen Storage Materials”



Fourth International Conference of The Yellow Sea Rim International Exchange Meeting on Building Environment and Energy (YSRIM 2009)

日 時: 2008年1月29~30日

場 所: メルパルク熊本

担当者: 林 徹夫、伊藤 一秀

〈特別講演〉

鳥居修一(熊本大学)

“Thermal Fluid-Flow Control in Opened or Closed Indoor with Injection and Suction Ducts by Using Vertical Partition Plate”

〈基調講演〉

中上英俊((株)住環境計画研究所)

「アジアにおけるESCO事業の現状と将来」

〈口頭発表〉全15件

〈ポスター発表〉全25件



▶ G-COE新炭素資源学 セミナー

日付	セミナー	講演者
2008/7/17	Production Optimization for Developing Thin Oilsands Layers 【開催場所】 九州大学伊都キャンパス ウエスト2号館 国際プロジェクトA W2-517	Bae, Wisup (Sejong University, Korea)
2008/9/11	Antimicrobial Polymers Today: The Chemistry and Applications 【開催場所】 九州大学筑紫キャンパス C-Cube 303	El-Refaie Kenawy (Tanta University, Arab Republic of Egypt)
2008/11/17	Nanomanufacturing with Colloids of Nanoparticles and Carbon Nanotubes: Fluid and Heat Transfer Physics 【開催場所】 九州大学伊都キャンパス ウエスト4号館7階 732号室(ゼミ室A)	Dimos Poulikakos (チューリッヒ工科大学)
2008/11/21	第129回KASTECセミナー 【開催場所】 九州大学筑紫キャンパス 産学連携センター 3階研修室	泉 順 (九州大学 産学連携センター、吸着技術工業(株)) 内山 政弘 (九州大学 産学連携センター、独立行政法人国立環境研究所)
2008/12/1	『企業における研究開発』 ~三菱化学における研究開発を例にして~ 【開催場所】 九州大学筑紫キャンパス 先導物質化学研究所南棟112	浦田 尚男 (株)三菱ケミカルホールディングスグループ基盤強化室)
2008/12/16	Organometallic Seminar XXXVI 「分子触媒化学の新パラダイム」 【開催場所】 九州大学国際ホール	吉田 拓人(広島大学) 齊藤 進(名古屋大学) 徳永 信(九州大学・理学研究院) 高井 和彦、國信 洋一郎(岡山大学)



01 G-COE「新炭素資源学」国際シンポジウムを開催

10月26日(日)、福岡市のグランドハイアット福岡にて、九州大学グローバルCOEプログラム「新炭素資源学」のキックオフシンポジウム「The First International Symposium of Novel Carbon Resource Sciences」が開催されました。

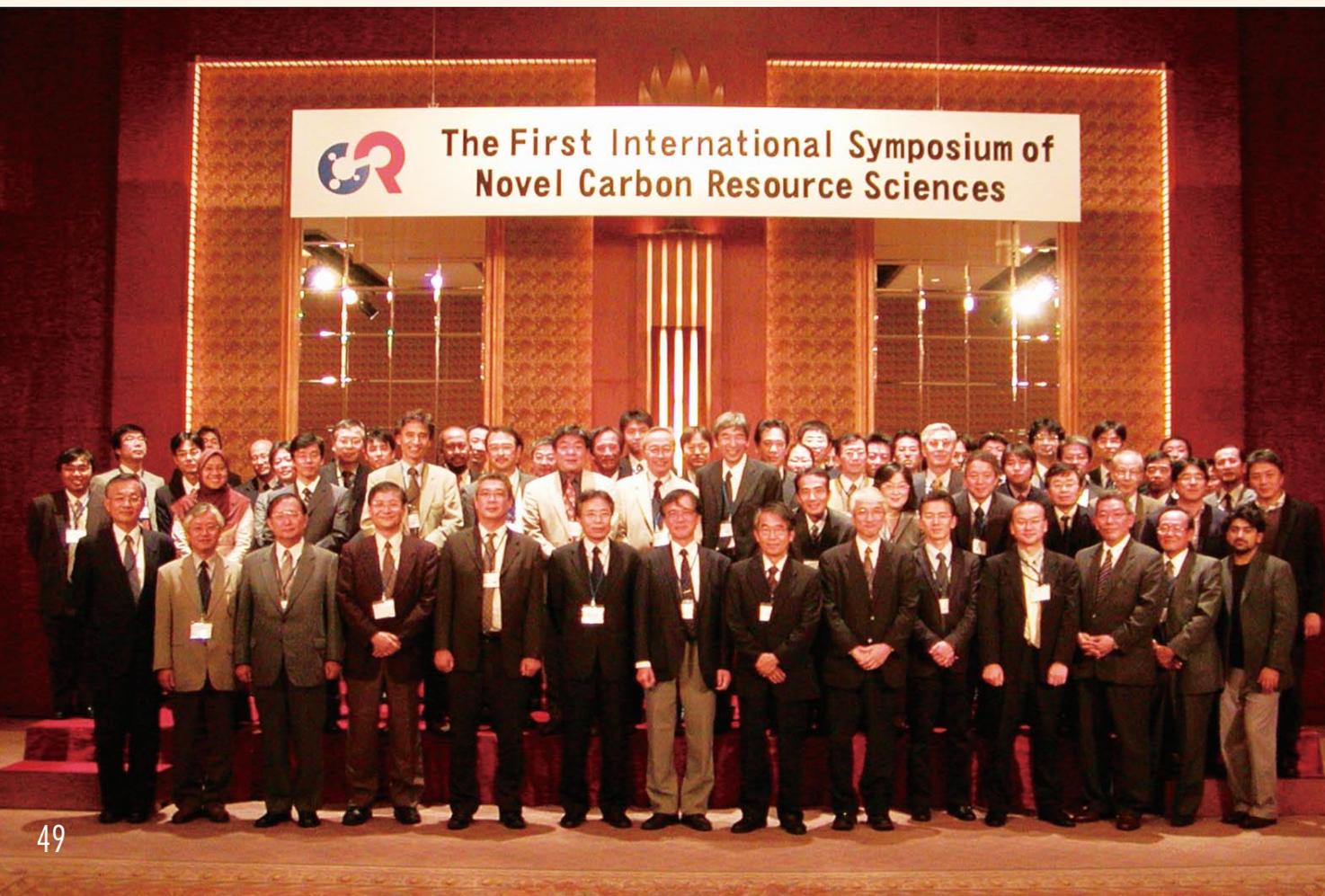
まず拠点リーダーの永島英夫教授(先導物質化学研究所長)、有川節夫九大総長、文部科学省地球・環境科学技術推進室長の谷広太氏、九州経済産業局長の橋高公久氏から開会の挨拶があり、続いて、永島教授、寺岡靖剛教授(総合理工学研究院長)、平島剛教授(工学研究院)からG-COEプログラムの背景・目的・計画、教育プロ

グラム、連携協力に関する紹介がなされました。また拠点からは、尹聖昊教授(先導物質化学研究所)が、エネルギー・環境技術の分野における炭素素材の意義に関する代表講演を行いました。

産学連携の招待講演では、(財)電力中央研究所・研究参事の佐藤幹夫氏による、エネルギー問題の展望と電力セクターにおける気候変動対応策についての発表がありました。国際連携の招待講演では、韓国エネルギー研究院・先端燃料電池研究センター長のDoo-hwan Jung氏、中国・上海交通大学のYanqing Wu教授、インドネシア・バンドン工科大学のSudarto Notosis-



開会の挨拶をする橋高公久氏



woyo教授、オーストラリア・モナシュ大学の Chun-Zhu Li教授から、各国におけるエネルギー・環境問題やそれに関する研究の現状についての報告がなされました。

シンポジウムには学内外から171名の参加があり、活発な議論が交わされました。最後に、本G-COEプログラムを九州大学と共同で運営している福岡女子大学の高木誠学長から閉会の挨拶が述べられ、盛会のうちに閉幕しました。



1	2	3
4	5	
6		
7	8	9

G-COEプログラムの背景・目的・計画、教育プログラム、連携協力に関する紹介をする1.永島英夫教授、2.寺岡靖剛教授、3.平島剛教授 4.エネルギー・環境技術の分野における炭素素材の意義に関する代表講演を行う尹聖昊教授 5.エネルギー問題の展望と電力セクターにおける気候変動対応策についての発表をする佐藤幹夫氏 6.エネルギー・環境問題やそれに関する研究の現状についての報告をする韓国エネルギー研究院・先端燃料電池研究センター長のDoo-hwan Jung氏 7.中国・上海交通大学のYanqing Wu教授 8.インドネシア・バンドン工科大学のSudarto Notosiswoyo教授 9.オーストラリア・モナシュ大学のChun-Zhu Li教授



02 「新炭素資源学」 第二回国際シンポジウムをインドネシアで開催



3月10・11日、インドネシアのバンドン工科大学 (ITB) で、キックオフシンポジウムに続く第二回国際シンポジウムが本COEとの間で共同開催されました。

第一日目は、はじめにITBのSudarto Notosiswoyo 鋳産石油工学部長、本GCOE拠点リーダーの永島英夫教授、ITBのDjoko Santoso学長から開会の挨拶があり、次いで、基調講演として、中国・上海交通大学のYanqing Wu教授、オーストラリア・カーティン工科大学のChun-Zhu Li教授、ITBのDwiwahju Sasongko産業技術学部長により、それぞれの専門分野である地下水汚染問題、褐炭利用、石炭ガス化の観点から新炭素資源学の可能性が展望されました。その後、二つの部屋に分かれ、環境科学、炭素資源関連新規材料、熱エネル

ギー、政策と新炭素技術をテーマとする分科会が行われました。九州大学からは、本GCOEの深井潤教授、岡田重人准教授をはじめとする4名の教員が、熱工学における炭素繊維、次世代ナトリウム電池、ナノサイズ機能性物質生成技術、冷蔵・冷房の効率化といったテーマに関する特別講演を行い、ほかに4名の教員と11名の学生が口頭発表を行いました。

第二日目は、新炭素資源学の一分野である資源工学に焦点が当てられ、まず本GCOEの松井紀久男教授、佐々木久郎教授、ITB鋳産石炭技術センター長のBukin Daulay博士により、それぞれの専門分野である、環境に配慮した炭鉱開発、夕張におけるCO₂貯留、低品位炭改質の観点からの基調講演が行われました。その後、二つの部屋

に分かれて、地球資源、炭鉱科学技術、石炭資源利用、熱エネルギー、石油工学に関する分科会が開かれ、九州大学からは、4名の教員と11名の学生が口頭発表を行いました。各分科会では、CO₂貯留、インドネシアに多く分布する低石炭化度炭(褐炭、亜瀝青炭など)の有効利用・クリーン化、インドネシアの露天掘り鋳山の開発にかかわる環境問題といった、新炭素資源学にとって重要な課題について特に多くの議論が行われました。

シンポジウムには、アジア諸国をはじめとする世界9カ国から招待者を含め174名(組織スタッフ50名を除く)が出席し、活発な議論が交わされました。九州大学からは、37名の教員・学生・スタッフが出席し、うち35名の教員・学生が口頭発表を行いました。ま



7



9

1~3.会場のインドネシア・バンドン工科大学 (ITB) 4~6.第一日目の様子 7.8.第二日目の様子 9.10.第一日目の夜に開かれた懇親会の様子 11.カモジャン・クレーター国立公園内の間欠泉・温泉沼 12.西ジャワ州ボゴールにあるポンコール金鉱の見学 13.GCOE評価懇談会の様子



8



10



12



11



13

た、今回のシンポジウムでは本GCOEの学生が、一人1セッションずつ、セッションアシスタントとして、座長とともに質疑応答やセッションの運営に参画しました。第一日目の夜には懇親会が開かれ、インドネシアの伝統的な楽器の演奏などを通じて交流を深めました。

シンポジウムの翌日には、資源・エネルギー大国であるインドネシアの代表的な施設の現地視察として、カモジャン地熱発電所やポンコール金鉱への見学会が行われ、九州大学からもあわせて約20名の教員・学生が参加しました。西ジャワ州ガルトにあるカモジャン地熱発電所は、世界有数の地熱エネルギー埋蔵量を誇り、地熱開発に力を入れているインドネシアを代表する施設であり、見学会では、インドネシアの地熱発電の

現状や同発電所の施設・発電規模・立地条件などの説明と、スチームタービン等の設備、およびカモジャン・クレーター国立公園内の間欠泉・温泉沼の見学が行われました。西ジャワ州ボゴールにあるポンコール金鉱は、地元企業によりサブレベル採掘法で操業されているインドネシア有数の金鉱であり、見学会では坑内の通気環境に焦点が当てられ、切羽と通気設備の見学や、現在掘削中の新たな立坑の効果と検証方法についての質疑応答が行われました。こうした見学会のほか、各参加者の専門分野ごとに、ITB各研究室への訪問が行われ、交流を深めました。

また、シンポジウムの前日には、拠点リーダーの永島教授をはじめとするGCOEの教員・スタッフ6名が、ITBのDjoko Santoso

学長、Indratmo Sukarno副学長を表敬訪問しました。あわせて、ITBの先生方6名、中国のWu教授、オーストラリアのLi教授を交えたGCOE評価懇談会を実施し、平成20年度の活動報告と、今後の研究・教育交流の在り方、今後の国際シンポジウムの実施計画などについての意見交換を行いました。

今回のシンポジウムは、GCOEの学生・教員にとり、視野の拡大、研究交流、人的ネットワークの構築などあらゆる面で実り多いものとなりました。当拠点では、今回に続く海外でのシンポジウムを、中国やオーストラリアなどアジアとその周辺地域で今後も積極的に開催してゆきたいと考えています。

03 九州大学G-COE「新炭素資源学」公開講座および環境経済に関する新炭素資源学G-COE講演会を開催

3月25日、福岡市天神のアクロス福岡にて、九州大学G-COE「新炭素資源学」公開講座および環境経済に関する新炭素資源学G-COE講演会が行われました。

前半の公開講座の部では、専門家だけでなく、一般の市民の皆さんにも新炭素資源学の意義を理解していただくという見地から、社会的観点や生活に密着した視点からの講演および討論が行われました。まず、九州大学大学院経済学研究院の藤田敏之准教授から開会の挨拶があり、次いで、拠点リーダーの永島英夫教授、福岡女子大学人間環境学部の大中忠勝教授、福岡女子大学人間環境学部の馬昌珍准教授、九州大学産学連携センターの堀史郎教授による講演がなされました。

後半の講演会の部では、世界的なエネルギー・環境問題の解決にとって重要な位置

を占める中国の状況を主題に、ノーベル平和賞(2007年)に輝いた「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」の第四次評価報告書の代表執筆者を務めた中国清華大学3E研究院の張希良教授や、世界銀行の上級電力エンジニアである高橋正貴氏などの専門家を海外からお招きし、より専門的な見地から講演と討論が行われました。まず、九州大学大学院経済学研究院長・学府長の川波洋一教授から開会の挨拶があり、次いで、永島教授による基調講演、そして、九州大学大学院経済学研究院の堀井伸浩准教授による講演会趣旨説明がなされました。講演会第一部「中国のエネルギー利用の現状と持続可能性への挑戦」では、中国山西省社会科学院能源経済研究所の王安英所長、堀井准教授、張教授によって、日本において十分に知られていない中国のエ

ネルギー対策の実態について講演がなされました。講演会第二部「日本の省エネルギー・環境技術をいかに中国に普及させるか?」では、九州電力総合研究所の原田達朗氏、藤田准教授によって、日本の環境技術とその普及の可能性について講演が行われました。最後に、王所長、張教授、原田氏、藤田准教授、堀井准教授、および高橋氏の間で総合討論が行われ、中国の環境問題への取組みの評価の共有化および日・中の今後の環境問題への取組みの課題と展望について活発な議論が交わされました。

公開講座・講演会には、計162名が参加し、一般からも多数(45名)の参加者がありました。講演者に対しては、参加者から多くの質問・意見が寄せられ、活発な質疑が交わされました。閉会后、招待者を交えた懇親



会も行われました。

今回の公開講座は、新炭素資源学を日常生活や社会全体の視点から捉えなおすことで、聴衆に対して問題提起や情報提供を行うことができたというだけでなく、本GCOE拠点のメンバー・学生にとって自らの研究をより広い文脈の中で把握する機会となったという意味でも、有意義なものとなりました。また、後半の講演会は、この分野で世界をリードする一流の専門家による最新の知見を拠点内外に提供する大変貴重な機会となりました。本拠点では、国際的・学際的・社会的に広い視野をもった公開講座や講演会を今後も積極的に開催していきたいと考えています。



休憩時間に談笑する参加者

1	2	3
4	5	6
7	8	9

10

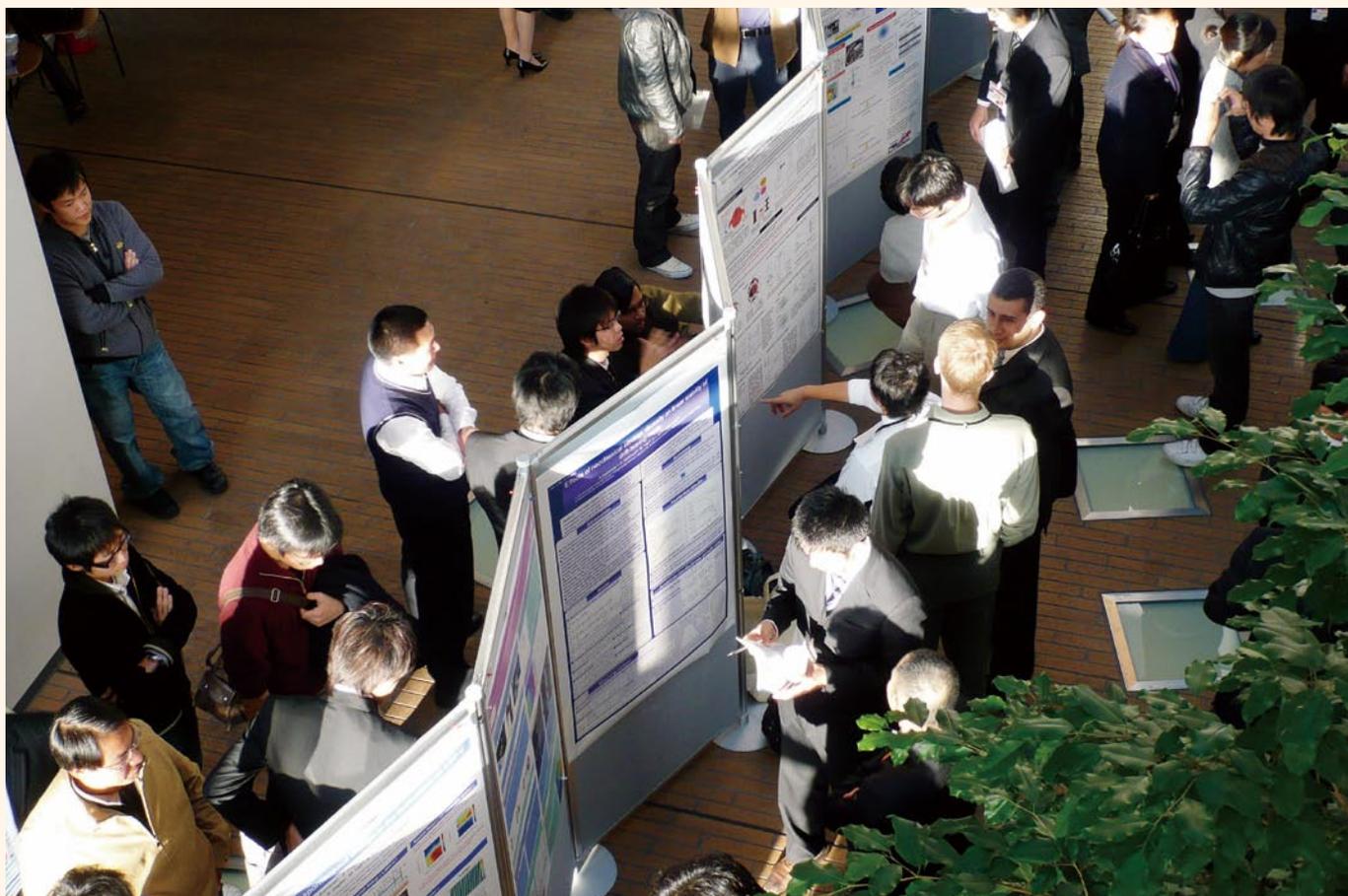
1.拠点リーダー 永島英夫教授 2.福岡女子大学人間環境学部 大中忠勝教授 3.福岡女子大学人間環境学部 馬昌珍准教授 4.九州大学産学連携センター 堀史郎教授 5.九州大学大学院経済学研究院長・学府長 川波洋一教授 6.九州大学大学院経済学研究院 堀井伸浩准教授 7.中国山西省社会科学院能源経済研究所 王宏英所長 8.中国清華大学3E研究院 張希良教授 9.九州電力総合研究所 原田達朗氏 10.総合討論の様子



04 第10回 Cross Straits Symposium on Materials, Energy and Environmental Sciences (CSS10)

九州大学総合理工学研究院 寺岡 靖剛

Yasutake Teraoka



ポスター発表の様子

CSSについて

平成10年、九州大学大学院総合理工学研究科(平成12年4月から大学院総合理工学府)は『英語による「物質」「エネルギー」「環境」を融合した研究発表』を通じての学生交流の場を設けることを釜山国立大学校(PNU; Pusan National University)、浦項工科大学校(POSTECH; Pohang University of Science and Technology)の両校に提案した。PNUは大学間交流校、POSTECHは部局間交流校として長い交流実績があった点に加え、地理的に近く往来が容易である点が大きな要因となり、開催が同意された。このシンポジウムは、九州と対馬、対馬と韓国の二つの海峡を挟んで友好を深める意味をこめてCross Straits Symposium

on Materials, Energy and Environmental Sciences(CSS)と名付けられ、第1回は平成11年11月1-2日に発案した九州大学総合理工学府が主催して筑紫キャンパスで行われた。主催は3校の輪番制とし、第2回(平成12年11月2-3日)はPNU(韓国釜山市)、第3回(平成13年11月15-16日)はPOSTECH(韓国浦項市)が当番校を務め、4ラウンド目となる第10回を平成20年11月13-14日に九州大学筑紫キャンパスで開催した。

本セミナーは、九州大学総合理工学府、PNU、POSTECHの3つの大学間での開催であることから「3校セミナー」と称しているが、九州大学が主催した第7回(平成17年12月1-2日)では、中国の上海交通大学(SJTU)から2名の教員と6名の博士課程

学生を招待して、参加校の拡大を実現した。

CSSと学生の国際化教育

本シンポジウムは、発表の主体が博士学生であるばかりでなく、企画、運営の相当部分を学生が主体的に行っており、国際化教育の一環として成果を挙げているものとして、重要視している。総合理工学府において、平成17、18年度の魅力ある大学院教育イニシアティブ事業として採択された「ものづくり型実践的研究人材の戦略的育成」プログラムにおいても、CSSを重要な国際化教育プログラムと位置づけ、前述のCSS7へのSJTUの教員、学生の招聘やCSS8への学生の派遣などを行い、学生の国際力涵養に実効をあげた。

新炭素資源学G-COEにおいても、博士

講演発表数		POS TEC	PNU	SJTU	KU	計
招待講義		1	1	1	1	4
口頭	材料	2	2		3	7
	環境	2	2	1	2	7
	エネルギー	2	2	1	2	7
ポスター	材料	3	7	2	30	42
	環境	4	2	2	9	17
	エネルギー	6	8	1	36	51
計		19	23	7	82	135

各大学参加者の講演発表数

学生が主体的に運営する国際交流セミナーであるCSSは、必修科目に定めている「新炭素資源学国際演習」の趣旨に合致するものとして位置づけている。

CSS10について

CSS10は第4ラウンド目の最初として、また第10回の記念すべき大会として、九州大学大学院総合理工学府が主催して、平成20年11月13-14日に九州大学筑紫キャンパスで開催した。材料、エネルギー、環境の各分野から韓国側約40名、日本側約80名、さらに特別参加された上海交通大学からの8名の大学院生が集い、それぞれが口頭またはポスター発表を行い、それに関する議論を深めるとともに、学生セッション等により相互交流を深めることができた。今後3国の院生が、お互いに競争切磋琢磨して研究の促進に大いに寄与することが期待される。参加各大学からそれぞれ1名の教員による招待講演が行われたが、いずれも平易でありながら内容の濃いもので、院生向きに良く準備された感銘深い講演が行われ、教育効

果の極めて高いシンポジウムでもあった。講演発表数は上表のとおりで、優秀講演として口頭発表21件、ポスター発表10件が表彰された。また、このシンポジウムの高い意義を再認識して継続が決定され、次回は平成21年秋にPNUの主催で開催されることになった。

CSS10における発表、討論のみならず、企画、運営に、また後述の上海交通大学とのG-COEセミナーに総合理工学府所属のG-COE学生18名が積極的に関与し、それらをもとに「新炭素資源学国際演習」の1単位を認定した。

上海交通大学とG-COEセミナー

上海交通大学 (SJTU) は新炭素資源学G-COEの海外コア連携校であり、上記のCSS10に学生、教員を招聘した。また、CSS10に先立ち、平成20年11月12日の午後に、The First KU-SJTU Joint Workshop on Environment and Energy Issues in Relation with Novel Carbon Resource Sciencesを開催した。永島拠点

リーダーによる新炭素資源学G-COEの紹介、寺岡副拠点リーダーによるG-COE事業における両大学の連携構想についての紹介後、学生によるディベートを行った。

ディベートの対象テーマは、学生自身で「the use of coal as energy source instead of oil」と設定し、参加学生に事前にYes、Noの立場で各自の考えをまとめておくよう依頼していた。KUの代表学生(コーディネーター)によるエネルギー事情の簡単な紹介の後、価格、埋蔵量、環境汚染の観点から、日中学生が入り混じった「Yes」、「No」グループ間で活発な議論が繰り広げられた。このテーマには明確な回答があるはずもないが、何れの意見も説得力があった。「新炭素資源学」の根幹に関わるテーマであり、学生間での意見交換は極めて有意義であった。今回は、時間の制約で1時間半のディベートであったが、次回以降は教員、学生と一緒に長時間の企画を組めばさらに有意義なセミナーになること、ならびに学生の英語力が向上すれば実効がさらにあがることを両大学の教員、学生が確信した。

◆ Program for discussion the "Selected Topics" by students

1. Introductions of students (Name, Major, ...)
2. Discussion the "Selected Topics" by students
 - We will debate about
 - the use of coal as energy source instead of oil.**
 - 2-1 Introduction of actual situation in general
 - 2-2 Discussion on the use of coal based on three points (price, the amount of deposit, air pollution)
 - 2-3 Opinion from professor
3. Closing this session



日中学生によるディベート

05 地球科学技術に関する 国際シンポジウム2008

九州大学工学研究院 佐々木 久郎
Kyuro Sasaki

平成20年12月1日、2日に地球科学技術に関する国際シンポジウムが福岡市の西新プラザにおいて開催されました。同シンポジウムには、国内8研究機関から102名(うち留学生48名)および海外8機関から27名が参加し、“資源”“環境”“地球科学”の3分野に分かれて大学院生および若手研究者を中心とした口頭発表およびポスター発表が行なわれ、それぞれの会場で活発なディスカッションが行なわれました。また、シンポジウム初日には、海外で地球科学技術に関する先端的な研究を展開している一流研

究者であるインドネシア・バンドン工科大学のRudy Sayoga Gautama教授、カナダ・アルバータ大学のTayfun Babadagli教授ならびにインドネシア・バンドン工科大学のSuseno Kramadibrata教授によるプレナリーレクチャーが行なわれました。

Rudy Sayoga Gautama教授は石炭鉱山開発における酸性鉱廃水の制御手法に関する研究のスペシャリストであり、新炭素資源の上流すなわち石炭生産現場における環境に配慮した開発・処理手法の現状について具体的に講演していただきました。

Tayfun Babadagli教授は、CO₂を用いた石油の増進回収法に関する最先端の研究を進めており、新炭素資源としての重質油の開発におけるCO₂の利用と、CO₂の効果的な削減方法としてのCO₂-採油増進法の今後の展望について講演していただきました。

Suseno Kramadibrata教授は石炭鉱山の効率的かつ安全な開発手法に関する研究のスペシャリストであり、今後地下深部へと進展していくことが予想される石炭開発における安全な作業環境の確保について、最新の研究状況を講演していただきました。



Rudy Sayoga Gautama教授のご講演



Tayfun Babadagli教授のご講演



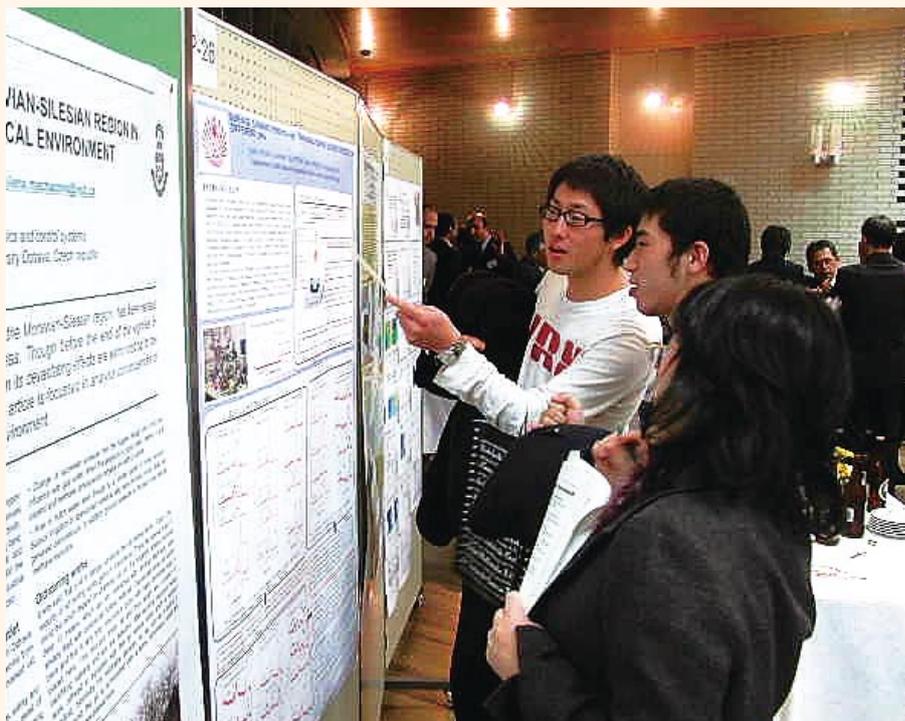
Suseno Kramadibrata教授のご講演



口頭発表会の様子



活発な質疑



ポスターセッションの様子

06 1st G-COE International Workshop on Energy and Environment in Chemical Engineering

九州大学工学研究院 深井 潤

Jun Fukai

平成20年12月5日に、化学工学におけるエネルギーと環境に関するワークショップが開催されました。海外から招聘した3名の一流講師によるレクチャーが行われました。

まず、KAISTのSang Done Kim教授から、韓国における一次エネルギーからエネルギー消費構造、発電プラントにおけるCO₂発生状況、さらに化石資源からのクリーン発電プラントの開発状況の現状を講演頂きました。

次に、韓国エネルギー資源研究所のDoo Hwan Jung所長から、燃料電池開発に関する現状から始まり、多孔質カーボン繊維を利用したアノード触媒開発、カーボンナノファイバーを利用したカソード触媒開発に関して実験データを交えながら講演頂きました。最後に、Chulalongkorn大学のTharapong Vitidsant教授から、アジア・韓国におけるバイオエタノールの使途、需要予測な

どを紹介して頂いた後、膜分離によるバイオエタノール製造、ゼオライト膜性能について講演頂きました。

本ワークショップは主に院生の聴講を対象に開催したものです。各講演後の質疑時間に活発な討論が行われました。



講演風景



Prof. Sang Done Kim



Dr. Doo Hwan Jung



Prof. Tharapong Vitidsant

07 The 21st International Symposium on Chemical Engineering

福岡女子大学人間環境学研究所 草壁 克己

Katsuki Kusakabe

平成20年12月6日、7日に、佐賀大学理工学部で化学工学に関する第21回国際シンポジウムが開催されました。本会議はすべての発表を学生が行うことを特色とする教育的色彩の強いシンポジウムとしてこれまで21年間続けており、参加した九州地区の教員の大部分は学生時代にこのシンポジウムで発表をした経験があります。このシンポジウムは毎年開催しており、現在のところ日本側は九州地区で韓国側は大田・忠南地区で交互に開催しています。

シンポジウムには日本、韓国、台湾およびタイからの参加が予定されていましたが、タイ国際空港が封鎖された影響でタイの学生が参加できなかったのが残念でした。シンポジ

ウムの参加者は314名で、そのうち教員は72名、学生は242名でした。学生は講演発表を行うと共に懇親会で国際交流を行うことが大きな目的となります。今回の会議ではエネルギー、環境、反応・反応器など多くのセッションの発表内容が新炭素資源学に関連しましたが、特にエネルギー関連のセッションをG-COE「新炭素資源学」のセッションとし、九州大学G-COE「新炭素資源学」に参画する研究室の学生も多数

参加しました。多くの学生は初めての英語による発表のため緊張しながらも一生懸命にプレゼンを行います。研究成果は未完了のものも見受けられますが、逆に最先端の話を



学生賞を受賞した韓国学生のスピーチ

聞くことができ有意義です。本会議では発表と討議内容が優れた学生に対して学生賞(最優秀賞、金賞、銀賞およびポスター賞)を与え、懇親会で表彰式を行いました。

08 ユビキタス情報化社会を支える光利用有機・高分子化学 第1回国際シンポジウム

九州大学先導物質化学研究所 横山 士吉、友岡 克彦

Shiyoshi Yokoyama, Katsuhiko Tomooka



第1部シンポジウム:基調講演



第2部シンポジウム:招待講演



第2部シンポジウム:学生による質疑



第2部シンポジウムの講演者、主催者



ポスターセッション

平成20年12月19日、20日の両日、本G-COEと先導物質化学研究所の共催で有機・高分子化学に関する国際シンポジウムを開催しました。本国際シンポジウムは二部構成であり、第1部(初日)では、光ネットワークや有機ディスプレイ材料などユビキタス情報通信への応用を目指した応用研究について、第2部(二日目)では、多様な機能性・生理活性分子の合成を指向した有機合成化学の新展開について発表と議論が行われました。また、大学院生による最新の成果発表がポスター形式で行われました。

第1部では、3名の海外研究による招待講演をお願いしました。参加いただいたLarry Dalton教授(ワシントン大学)は、有機非線形光学材料・デバイス分野の世界的な権威であり、Dong Hoon Choi教授(高麗大学)、Soo Young Park教授(ソウル大学)も光エレクトロニクス分野において韓国を代表する研究者です。材料化学、電

気工学、および光エレクトロニクスの融合領域の研究分野であり、世界最先端の研究を理解するには高度な専門知識を必要としますが、先生方には化学分野の大学院生が多く参加していることから、内容を化学系に工夫して講演していただきました。Dalton教授の講演は、超高速光変調器を実現するための非線形光学色素の特性、高分子ホストにおける色素の配向ダイナミクスなど化学系学生にも理解が容易な内容にトピックスを選んでいただきました。Choi教授とPark教授は、化学科と材料科学科に所属されており、有機ELや太陽電池に関する話題も含まれ、先導研の研究者、学生にも研究内容を深く理解できたことと思います。

第2部では、Young-Ger Suh教授(ソウル大学)を初めとする学外6名の研究者に招待講演をお願いするとともに、学内研究者3名による講演が行われました。その内容は、不斉合成の新手法、炭素-炭素結合

生成の新手法、高歪み分子の合成と特性、生理活性化合物の合成とその機能解明など、広い分野に渡りました。本シンポジウムでは、学内参加者のみならず、9つの大学、高専から100名を超す教員、学生に参加頂き、活発な議論、質疑応答がなされました。また、シンポジウム二日目には、第1部、第2部の両分野合同で16名の学生によるポスター発表が行われ、最新の成果報告と活発な議論がなされました。

以上の様に、今回の国際シンポジウムは本G-COEの主要課題の一つである「次世代低消費エネルギー社会を実現する石炭等化石資源の利用技術開発」に関する最新の研究成果を相互に発表、学ぶ良い機会となりました。また、参加した多くの大学院生間で活発な討論、交流が行われたことは、本G-COEの教育プログラムにも大いに寄与したと考えられます。

09 International Workshop on “Recent Advances in Science and Technology for Exhaust Treatments of Mobile Sources” (NCRS G-COE Symposium/Workshop Series 2008-VIII)

九州大学総合理工学研究院 寺岡 靖剛

Yasutake Teraoka



1. Prof. Specchia
2. Prof. Miura
3. Dr. Labhsetwar
4. Prof. Teraoka
5. Dr. Hamada
6. Prof. Machida
7. Mr. Shimokawa
8. Prof. He
9. Prof. Wu (Shanghai Jiao Tong Univ.)

標記国際ワークショップを平成20年2月13日(金)に九州大学筑紫キャンパスにおいて開催した。炭素資源(燃料)の持続的利用に対して重要な課題である車に代表される移動発生源の排ガス浄化技術の現状と課題について意見交換する場を提供することを目的としたものである。

永島教授(拠点リーダー)の開会あいさつ、オーガナイザーである寺岡教授からG-COEと本ワークショップの簡単な趣旨説明に続いて、以下の講演があった。

Dr. Nitin Labhsetwar (National Environmental Engineering Research Institute, India); “Non-noble metal based catalysts: Possibilities for their applications in exhaust treatments of mobile sources”

Prof. Vito Specchia (Politecnico di Torino, Italy); “Vehicle emissions control via catalytic reaction engineering: State-of-the-art at Politecnico of Turin”

Prof. Koji Takasaki and Prof. Hiroshi Tajima (Kyushu University, Japan); “Marine exhaust emission regulation and control”

Dr. Hideaki Hamada (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan); “Development of Ir/silica-based catalysts for the selective reduction of NO with CO applied to diesel exhaust”

Prof. Hong He (Research Center for Eco-Environmental Sciences, CAS, China); “Selective catalytic reduction of NO_x by ethanol over precipitable silver compound catalysts and the application of AgCl/Al₂O₃ to diesel exhaust treatment”

Prof. Norio Miura (Kyushu University, Japan); “Zirconia-based gas sensors aiming at monitoring of automotive exhaust”

Mr. Hironobu Shimokawa and Prof. Yasutake Teraoka (Kyushu University, Japan); “Catalyst development and catalysis of diesel particulate removal”

Prof. Masato Machida (Kumamoto University, Japan); “Catalytic applications of large-capacity oxygen storage materials”

ワークショップ終了後、「充実した内容のワークショップで、関連研究者に参加を呼び掛けるなどもっとオープンにすべきであった」という複数のコメントを頂いたことから判るように、成功裏に終了した。さらに、本分野で活躍する国内外からの招待者、本G-COE関係者に交じって、博士課程3年生(Mr. Shimokawa)が堂々と発表、議論を行ったことは、若手研究者の国際化、育成というG-COEの目的を具現化したものであった。

10 Fourth International Conference of The Yellow Sea Rim International Exchange Meeting on Building Environment and Energy (YSRIM 2009)

九州大学総合理工学研究院 伊藤 一秀

Kazuhide Ito

2009年1月29日～30日の2日間にわたり、メルパルク熊本を会場として第4回環黄海建築環境エネルギー国際交流会議(YSRIM2009)が空気調和・衛生工学会九州支部(日本)、大韓設備工学会釜山・蔚山・慶南支部(韓国)、上海市制冷学会(中国)と九州大学グローバルCOE 新炭素資源学の共同主催で開催された。

YSRIMは、環黄海都市部を中心としたアジア各国の都市・建築の持続化に向けた環境とエネルギーに関する研究と実務に関する情報を積極的に発信するための国際交流会議である。第4回の今回は特に「アジアにおけるESCO事業の現状と未来」に関するテーマを中心に情報交換を行った。

日本、韓国、中国より総勢100名以上の参加者がおり、休憩時間にも大変熱心な議論が行われた。

特別講演会

鳥居修一(熊本大学、教授)

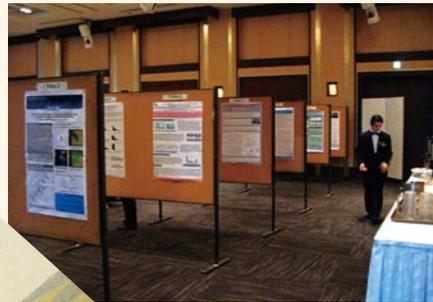
“Thermal Fluid-Flow Control in Opened or Closed Indoor with Injection and Suction Ducts by Using Vertical Partition Plate”



基調講演会

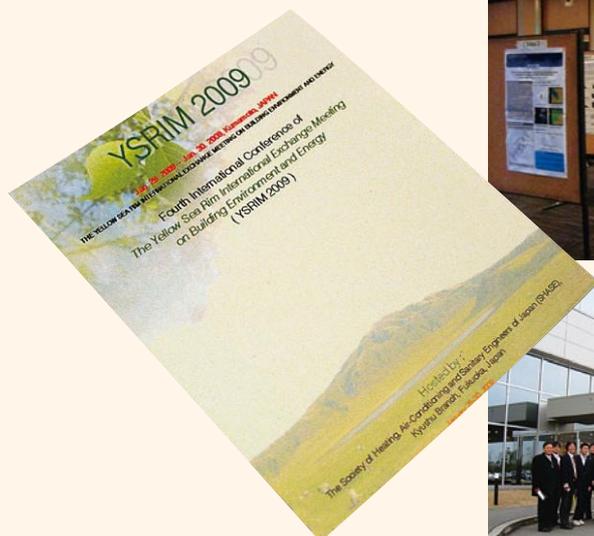
中上英俊((株)住環境計画研究所、所長)

「アジアにおけるESCO事業の現状と将来」



1	2
3	
4	5

1.2.口頭発表の様子 3.ポスター発表の様子
4.5.施設見学(SONYの工場)と懇親会での挨拶の様子





炭素資源国際教育研究センターは、炭素資源の開発、有効利用、地球環境、エネルギー問題の解決にむけた課題に取り組むため、2008年4月に、九州大学に設立されました。事務局は筑紫キャンパスにあり、その概要は、ホームページ<http://cr.cm.kyushu-u.ac.jp/>に紹介されています。センターは、炭素資源に関わる課題を包含する新しい学問体系を構築するとともに、産学連携のもと炭素資源の人材開発や創造的で先進的な研究開発を進めています。また、炭素資源の国際的なネットワークの構築を推進しています。

炭素資源国際教育研究センターの発足の経緯は、平成19年初頭から顕在化した石炭、石油等の炭素資源が世界的に不足し、価格が高騰するとともに、資源枯渇が心配されるようになったことが発端となっています。当時の梶山九州大学総長がトップダウンで、本問題を集中的に研究する組織の立ち上げを指示し、持田勲名誉教授（現・炭素資源国際教育研究センター特任教授）の強力なサポートとアドバイスのもとに、永島英夫先導物質化学研究所長が代表となるリサーチコア（九州大学の部局横断型の研究者組織で、世界的教育研究拠点形成するための準備をおこなう）を平成19年8月に立ち上げました。このリサーチコアに参加した教員を中心に、産学連携で石炭等の化石資源の人材育成を目的とした経済産業省の教材開発事業（平成19～21年度）を8月末から発足させ、現在その最終年度に入っております。この事業への産業界の強い関心、さらには、資源・エネルギー・環境、あるいは、地球温暖化問題への社会的な関心が高まる中、九州大学はこれらの炭素資源に関わる諸問題を総合的に解決するには、九州大学にそれらを専門に取り扱うセンターの設置が必要である、という結論に達しました。炭素資源国際教育研究センターは、この結論に対応して平成20年4月の設置をめざして急ピッチで準備を進め、学内の諸委員会での審議を経て、19年末にはほぼ発足を待つばかりとなりました。そして、その設置予定のセンターの最初の競争的事業への応募が、グローバルCOE事業の申請でした。

炭素資源国際教育センターは、グローバルCOE事業の媒体としての役割を持ち、グローバルCOE拠点は大学の組織上は総長の直轄組織ですが、活動はセンターの事業の一環としておこなっています。客員教授、訪問教授、学術研究員等は拠点で採用を審議し、センター委員会で承認を得て発令しています。また、以下に述べる2つの炭素資源国際教育センターの事業は、本COEと密接な連携を図りつつ実施されています。センターの活動の具体的な内容については次回のNewsLetterに詳しく紹介する予定ですが、その主要な活動の2つを簡単に本号に紹介します。最新情報はセンターのホームページをご覧ください。

石炭等化石資源中核人材育成事業

正式名:アジアで活躍できる地球環境・資源制約に対応する石炭等化石資源高度利用中核人材育成事業

本事業は、経済産業省委託事業「産学連携人材育成事業（産学人材育成パートナーシップ事業）」として、平成19年度に採択され、21年度までの予定で石炭の利用に関わる諸科学技術の教材を作成しています。九州大学の各部局（先導物質化学研究所、工学研究院、理学研究院、総合理工学研究院、農学研究院、経済学研究院、産学連携センター）と公的研究機関、産業界との共同作業により教材開発（テキストの作成）と実証講義を行っています。実証講義は、その年に開発されたテキストを実際に講義に利用して有効性を実証するもので、ホームページを通じて希望者を募集しています。九州大学の大学院生は、講義を受けることにより単位として認定されます。また、産業界、あるいは、他大学からの受講希望者を受け入れています。本分野が実践を重んじることから、講義のほか企業での現場見学（実習を含む）、現場の問題を解決するセミナーも同時に開催し、豊富な背景をもつ講師陣による基礎から実業に至る幅広い経験を積むことができます。22年度からの自立に向けて、現在、最終年度の教材開発が進んでいるほか、アジアで活躍する人材育成に向けて一部の教材の英語化が検討されています。COEでは、この事業の実証講義を炭素資源関連科目として履修を推奨しています。

九州低炭素システム研究会

http://cr.cm.kyushu-u.ac.jp/?page_id=37

九州低炭素システム研究会は、平成20年9月に北部九州地域の石炭等化石資源の環境調和型利活用等に取り組む企業、石炭産業の発展における研究者の情報交換、勉強の会として、九州経済産業局と九州大学を中心に組織されました。北部九州地域は、石炭等化石資源の研究者が多く、このポテンシャルを踏まえ、産学官が一堂に会し、エネルギー資源ならびに地球環境問題への対応策として「低炭素システム」に着目し、①環境に配慮した持続可能な低炭素社会の早期実現、②研究拠点・人材育成及び交流拠点・海外展開の拠点構築に向けて、産学官が議論を行い、石炭等化石資源中核人材育成・研究拠点の構築/CCT（クリーン・コール・テクノロジー）の研究者交流拠点化/CCT技術移転拠点化の推進を図っています。参加機関は17企業、7大学、13行政機関（発足時）で、現在会員が増加しつつあります。平成20年度は3回の研究会を開催しています。



発行:九州大学グローバルCOEプログラム拠点「新炭素資源学」事務局

〒816-8580 福岡県春日市春日公園6-1
TEL: 092-583-7616 FAX: 092-583-7619
Email: ncrs@cm.kyushu-u.ac.jp
URL: <http://ncrs.cm.kyushu-u.ac.jp>

編 集 後 記

G-COEが発足して以来、走りながらの拠点構築の中で、このNewsLetter第1号も走りながらの作業でした。次号からは、MicroReview等の研究論文をJournalとして併設し、事業活動の紹介を中心としたNewsLetterとは異なる方針で編集したいと思います。(ニュースレター編集委員)