

[008]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

<https://hdl.handle.net/2324/1833809>

出版情報 : Novel Carbon Resource Sciences Newsletter. 8, pp.1-, 2013-02. 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 ニューズレター

VOL. 8
 2013.2

Contents

- 01 MESSAGE
福岡女子大学理事長兼学長 九州大学名誉教授 梶山 千里
- 02 グローバルCOEプログラム「新炭素資源学」代表者総括
- 03 グローバルCOE研究者マップ
研究特集
- 05 「マイクロレビュー」
- 09 「プロジェクト研究紹介」
- 24 事業推進担当者の研究紹介
- 60 シンポジウム・ワークショップ報告
- 88 教育実績
- 103 コア連携+組織的連携の概要・実績・展望
- 113 研究実績報告



M E S C S R A G E

G-COE「新炭素学」ニュースレター 卷頭言



福岡女子大学理事長兼学長
九州大学名誉教授

梶山千里
Tisato Kajiyama

中国を初めとするアジア諸国の経済成長は、日本にとって、とりわけアジアの玄関口である福岡にとってたいへん好ましいことです。このアジアの経済成長は 2003 年頃からの石油の価格の上昇要因のひとつとなり、石油の高騰が安価な石炭の活用を喚起しました。一方では不十分な環境設備での石炭の大量使用によって NOx、SOx、煤塵の大量発生を招き、アジアの環境問題は、局地的な問題から国境を越えた問題になり、距離的に近い九州へ大きな影響を与えています。当時、九州大学総長として、石炭の利用拡大と、アジアの環境問題の解決は技術が重要で、環境技術とそれを理解し展開できる人材が数多く必要と考えておりました。九州大学は 2004 年には小寺山亘理事・副学長を中心に九州大学東アジア環境研究機構を立ち上げ、さらに上海交通大学、北京大学との技術交流を開始しました。九州大学の中にも充分に蓄積されていなかった石炭のクリーンな利用技術の体系化に対して、持田勲特任教授が取り組まれ、この分野の技術と組織の整備を精力的に拡大されました。それが 2007 年 11 月の九州大学の炭素資源国際教育センター設立へと繋がりました。このような背景の元に、九州大学の多くの関係者のご努力が、2008 年 6 月に G-COE プログラム「新炭素学」スタートの母体になったと思います。私の九州大学総長の任期は、2008 年 9 月まででしたが、その後も NEDO のゼロエミッション石炭火力発電プロジェクトでの O₂/CO₂ 石炭ガス化研究の立ち上げを初め、アジアとの技術交流、フォーラムや国際会議など永島英夫教授が G-COE プログラム「新炭素学」を中心に据え、リーダーシップを發揮され、いくつもの目覚ましい活動を展開されて来られました。現在、福岡女子大学の学長として、福岡女子大がこのようなグローバル級の研究と人材育成活動に携われるという比類ない経験ができる喜ばしく思っております。

G-COE プログラム「新炭素学」は、アジアを包含する大きな枠組みの中で、九州大学と福岡女子大学の人材育成事業、科学技術の研究と啓蒙活動で大きな成果をあげつつ、早くも 5 年が過ぎ、今年は最終年度となりました。その間に、2011 年の東日本大地震により、G-COE プログラム「新炭素学」の重要性はますます高まりました。低炭素社会を見据え、広くアジアの研究者と、炭素資源の枯渇、資源品位の低下、環境汚染、地球温暖化対策等の協業を通した技術開発と適応が求められております。日本およびアジアの国々の産官学連携の促進を通して、豊かなクリーンアジアの招来への関係者の貢献を期待します。

グローバルCOEプログラム 「新炭素資源学」代表者総括



拠点リーダー
永島 英夫

平成 20 年度に発足した九州大学グローバル COE プログラム「新炭素資源学」は、平成 25 年 3 月 31 日をもって 5 年間のプロジェクト期間を終了し、自立した活動へと歩みを進めます。本 G-COE は、石油、石炭等の炭素資源は、エネルギー源だけでなく、化学原料として人類の生活になくてはならないものという視点から、炭素資源の有効利用と地球環境を守る先端科学技術と若手研究人材を育成してきました。このプログラム発足の契機となった、急激な経済発展に伴う資源枯渇、環境汚染、地球温暖化という地球規模の問題は、20 世紀の化石資源をエネルギー源とする経済発展から、第一のパラダイムシフトを迫るものでした。炭素資源はエネルギー資源、および、化学原料として極めて重要ですが、環境汚染や、温暖化原因となる CO₂ を多く排出します。地球上に広く存在し埋蔵量も多いが、大気汚染、CO₂ の大量発生という問題を抱える石炭はその象徴的な存在です。発足当初は、第一のパラダイムシフトに対応し、エネルギー変換効率の向上、CO₂ 貯留といった温暖化防止を目指した炭素資源をエネルギー源として「賢く使う」研究を第 1 の軸に、省エネルギーと環境保全を目指した、炭素資源を化学原料として「賢く使う」ための材料・デバイス・システム工学に根ざした研究を第 2 の軸に拠点運営を進めてきました。

プログラム 3 年目に起こった平成 23 年 3 月の東日本大震災と原子力発電所事故は、わが国、ならびに、世界のエネルギー戦略に、第二のパラダイムシフトと呼ぶべき極めて重大な問題を提起しました。平成 24 年 10 月現在、日本の原子力発電所は 1 つを除き運転を停止しており、液化天然ガスを中心とした現実的な炭素資源エネルギー源への振り替えと、省エネルギー対策の徹底で事態を收拾しようとしていますが、液化天然ガス輸入価格の上昇は日本経済に大きな影響を与え、さらには、CO₂ 発生量は上昇を続けています。このような事態は、炭素資源をエネルギー効率の向上、省エネルギーと環境保全の 2 つの軸から追求する新炭素資源学拠点の重要性を益々増大させています。

新炭素資源学拠点では、最先端研究を基盤にした博士後期課程研究人材育成を目的に、研究教育活動を進めています。研究面では、拠点メンバーが複数参画したゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト (NEDO)、電池あるいは触媒に関する元素戦略プロジェクト (文部科学省、JST)、褐炭・バイオマス改質技術国際共同研究 (JST) などの多くのプロジェクトの成果や、国際、地域、产学連携成果が数多く蓄積されています。教育面では、留学生比率 50% 超の学生たちとともに、新炭素資源学に関する共通講義、リサーチプロポーザル、長期、短期のインターンシップ、フィールドワーク (原則として、長期と短期で海外と企業双方を経験)、新炭素資源学フォーラム、国際シンポジウム企画運営等のユニークなカリキュラムを用いて、人材を育成する取り組みを実施しています。これらの活動は、とくに、アジアを中心とした諸外国、韓国、中国、インドネシア、オーストラリア、インド、シンガポール、タイ、マレーシアの研究機関と連携して実施され、日本とアジアとの研究交流を深めているだけでなく、狭い専門、学術の世界に留まらない幅広い視野を持つ学生が育ち、社会に果立つ原動力となりつつあります。

GCOE「新炭素資源学」は、平成 25 年 4 月 1 日から自立して活動します。平成 24 年 9 月に、その自立活動の支援策として「卓越した大学院拠点形成」プログラムが公募され、新炭素資源学拠点は来年度申請することになります。関連した教育プログラムとして、平成 24 年度リーディング大学院プログラム「グリーンアジア国際戦略」が採択され、新炭素資源学に参画した総理工、工の 4 専攻が中核となって修士・博士一貫教育プログラムが開始されました。また、日中韓の協働教育プログラムであるキャンパスアジアプログラム(総理工学府)が平成 23 年度に、ASEAN 諸国との協働教育プログラム(工学府)が平成 24 年度に採択され、活動が開始されました。これらの基盤にも新炭素資源学の 5 年間の活動が貢献しています。新炭素資源学は、教育・研究に大きな広がりを生むプログラムとして高い評価を受けています。

グローバルCOE研究者マップ[®]



九州大学



福岡女子大学

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

事業協力者

連携メンバー

炭素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

炭素資源改質・転換・材料化

平島 剛 ► p27

高度炭素資源処理
バイオマス利用

持田 熱

石炭ガス化
炭素材料・炭素ナノ纖維

尹 聖昊 ► p38

炭素ナノ纖維
炭素材料反応工学

寺岡 靖剛 ► p12, 15, 43, 87

機能性無機材料
環境触媒化学

深井 潤 ► p30

炭素転換熱解析
炭素纖維の省エネ利用

藤岡 祐一 ► p58, 86

石炭ガス化
CO₂回収

林 潤一郎 ► p19, 36, 87

持続的炭素サイクル化学
コプロダクション

松下 洋介

化学反応を伴う熱流体解析
石炭の燃焼・ガス化解析

則永 行庸

炭素資源転換反応工学
化学反応性流体解析

草壁 克己 ► p59

無機分離膜
環境汚染物質分離

革新的石炭ガス化・複合発電に関する共同研究

電力中央研究所・産業技術総合研究所・他大学(秋田大学・愛媛大学・京都大学・群馬大学・東京大学)

国際共同研究・産学人材育成

炭素資源国際教育研究センター・石炭エネルギーセンター・国外研究機関

九州低炭素システム研究会

九州大学・国内企業・九州経済産業局・他大学 研究機関

次世代低消費エネルギー社会を実現する 炭素資源の利用技術開発

基礎化学

友岡 克彦 ► p39

有機合成化学
高効率酸化反応

西田 稔

電子顕微鏡技術
結晶性材料の組織制御

本庄 春雄

非線形散逸構造
フラクタル物理

水野 清義

固体表面構造解析
SiC上グラフェン膜

高橋 良彰

高分子化学
ソフトマターの解析制御

環境材料開発

永島 英夫 ► p17, 25, 61, 103

環境調和型化学
高効率金属錯体触媒

尹 聖昊 ► p38

炭素ナノ纖維
炭素材料反応工学

エネルギー材料開発

大瀧 倫卓 ► p31

熱電変換素子
熱エネルギー回収

岡田 重人 ► p9, 34

次世代リチウム二次電池
用電極活物質・蓄電技術

グリーンプロセス 開発

小山 繁

熱エネルギー変換システム
二酸化炭素の伝熱特性

岩井 芳夫 ► p83

分離技術
超臨界流体技術

梶原 稔尚

高分子加工
シミュレーション

柘植 義文

大規模プロセス管理
プロセス支援システム

次世代エレクトロニクス材料開発

横山 士吉 ► p41

炭素資源のデバイス応用
高分子フォトニック材料

吾郷 浩樹 ► p32

ナノカーボン材料
カーボンナノチューブ

藤田 克彦

有機太陽電池
有機EL素子



炭素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

平島 剛 ▶ p27

高度炭素資源処理
バイオマス利用

佐々木久郎 ▶ p5,28,81

CO₂地中貯留
CO₂-ECBM CO₂-EOR

松井 紀久男 ▶ p54

資源開発に伴う環境修復
石炭鉱山開発と環境問題

島田 英樹

環境低負荷型資源開発
石炭灰の高度利用

環境修復技術

渡邊 公一郎

地球科学データベース
資源開発の環境影響

糸井 龍一

地球資源開発
化石燃料資源開発

笹木 圭子

地下水・土壤汚染修復
環境材料

海中資源関連

中村 昌彦 ▶ p52

海洋観測用ビークル
海洋構造物の位置制御

経塚 雄策

海洋エネルギー利用
海洋環境シミュレーション

胡 長洪

実海域船舶性能予測
船舶シミュレーション

CO₂貯留

佐々木久郎 ▶ p5,28,81

CO₂地中貯留
CO₂-ECBM CO₂-EOR

経済分析

堀井 伸浩

経済発展と石炭産業
中国の石炭電力産業分析

炭素資源の利用に伴う諸問題への 対応技術開発

基礎化学

原田 明 ▶ p47,88

超高感度環境計測
レーザー分光分析

経済分析

藤田 敏之 ▶ p56

環境経済学
地球環境問題の分析

汚染物質分離除去

寺岡 靖剛 ▶ p12,15,43,87

機能性無機材料
環境触媒化学

峯元 雅樹 ▶ p55

流動・輸送現象解析
各種プラントの高性能化

環境計測

鵜野 伊津志 ▶ p49

越境大気汚染の数値解析
アジア域大気環境モデリング

環境関連機能材料

三浦 則雄 ▶ p45

環境センサ
機能性材料及びデバイス

島ノ江 憲剛

ガスセンサの設計
高性能電気化学触媒の開発

竹村 俊彦 ▶ p51

エアロゾルの地球規模
シミュレーション

伊藤 一秀 ▶ p48

生活環境化学物質汚染
室内環境化学

林 徹夫

都市の熱環境解析
住宅エネルギー消費解析

大中 忠勝

生理心理機能と生活環境
熱環境・空気環境学

馬 昌珍

地球規模大気汚染
黄砂粒子の性状

CO₂ Solubility Characteristics of Crude Oils related to Carbon Capture and Utilization (CCU)

Kyuro Sasaki, Yuichi Sugai, OR Chanmoly and Hiroyuki Kono

Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University

Carbon Capture and Utilization (CCU) has been focused in the world to reduce not only CO₂ emissions but also economical cost especially in fossil fuel energy sectors. The Laboratory of Mineral Resources Production and Safety Engineering (REPS), Kyushu University, has investigated physical properties and operation systems of the CCU, especially Enhanced Oil Recovery (EOR) and Enhanced Coal Bed Methane Recovery (ECBMR).

In this review, enhanced cold oil recovery has been introduced as one of CCU applications using immiscible CO₂ gas. The swelling factors of heavy and intermediate crude oils with CO₂ gas dissolution were measured in a cell which pressure was less than 10MPa at expected oil reservoir temperature of 50°C. The swelling factor increased with increasing CO₂ pressure. In CO₂ supercritical phase, gas diffusion coefficients in oil was almost twice as high as those in gas phase. From observation of oil drainage tests using sandstone cores, gas dissolution in the oil does not make a clear effect on oil mobility; however foamy oil, included CO₂ micro bubbles generated by depressurization, induced oil drainage from the oil saturated core.

1. Introduction

Carbon Capture and Storage (CCS) or Utilization (CCU) are expected to be powerful tools to reduce CO₂ emissions to the atmosphere from large scale sources, such as electric power, oil refinery, steel making, cement plants, with continuing their activities Those contain the CO₂ separation or capture from flue gases at the plants and the transport and injecting CO₂ into oil and gas reservoirs, and coal seams. Those technical operations have been accumulated in petroleum industry. Recently, CCU has been popular rapidly, since it can cover economic investments and operation costs by producing variable fuels (Verland der Chemishen Industries, 2009). It has been applied to fossil fuel productions using CO₂, such as Enhanced Oil and Gas Recovery (CO₂-EOR and EGR), Enhanced Coal Bed Methane (CO₂-ECBM).

The cold oil productions by injecting CO₂ into oil reservoirs have been investigated. When the oil is produced with injecting captured CO₂, the produced oil is expected to be 70% “Carbon-free”, because it can be evaluated from difference between the carbon content in the incremental oil produced and volume of CO₂ left in the reservoir. A

next generation CO₂ storage technology can produce 100 % “Carbon-free” oil (Phares, 2008). When injecting CO₂ or CH₄ into oil reservoirs, the oil swelling coefficient and gas diffusion coefficient in the oil phase are important parameters to carry numerical simulation of cold oil production. The interfacial tension and swelling are usually measured in parallel, and used to evaluate the diffusion coefficient.

Dissolution of soluble gas contributes to cold oil production, as it reduces oil viscosity and capillary pressure. It also causes swelling of the oil, which increases oil saturation in reservoir pore space and subsequently the relative permeability of the oil. Measurements of gas diffusion and dissolution behavior in crude oils are required, since gas dissolution is expected to make increase of oil mobility in reservoirs. These oil mobility changes can be used for cold production by understanding drainage mechanisms.

The Laboratory of Mineral Resources Production and Safety Engineering, Kyushu University (REPS) has been measured basic CO₂ characteristics in oil, coal, rocks and coal reservoirs. In this review, measurement results of CO₂ solubility and swelling factor in oils have been presented

in order to propose EOR operations by foaming CO₂ micro bubbles in the oil.

2. Measurement Apparatuses and Procedures

2.1 Crude Oil Samples and Sandstone Core

Two dead oil samples of intermediate and heavy were used for present measurements. The heavy oil was produced in Japan and had the following parameters: API-gravity=11.5; viscosity=821mPa·s @30°C. The intermediate oil was produced in Oman and had the following parameters; API-gravity=29.3 and viscosity=9.7mPa·s @30°C.

The Berea sandstone cores with 25.4 and 38.1 mm in diameter and 50 and 70 mm in length were prepared and used for measurements. The cores were saturated with heavy oil by oil flooding from an end surface after water saturation, however, very fine pores were not saturated completely with oil. The core was placed in the high pressure cell to measure gas solubility and oil drainage amount from the core. Following properties were examined; oil saturation=77.1%, water saturation=22.9%, bulk volume=54.3cm³, porosity=21.0% and absolute permeability=500 to 600 mD.

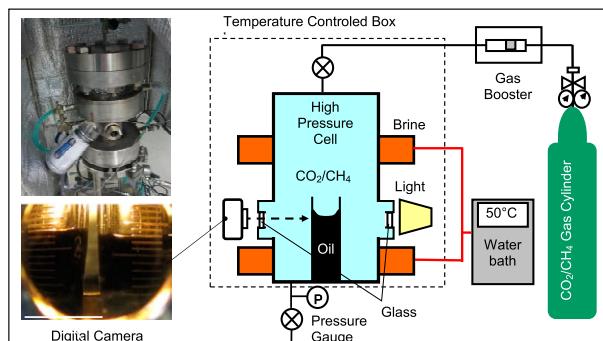


Fig. 1 High pressure cell for swelling measurements

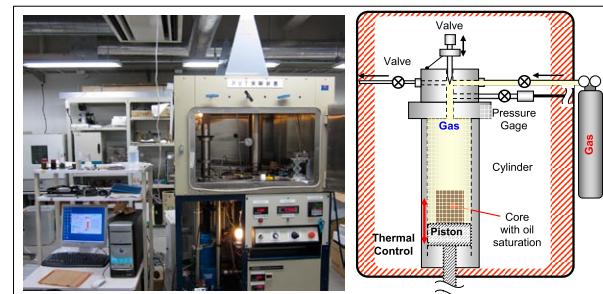


Fig. 2 PVT apparatus and schematic figure of cell

2.2 High Pressure Cell for Swelling Measurements

A high-pressure cell with two visualization windows

was used for the measurement of oil swelling and diffusion coefficient for CO₂ gas (see Fig. 1). Maximum pressure and temperature of the cell were 10MPa and 95°C, respectively. Hot water in a water bath kept constant temperature by a thermostat was circulated through two jackets around the cell, and used to maintain a constant temperature (50°C) in the pressure cell covered with thermal insulation.

Oil swelling was evaluated by photography of the surface movement of the oil column, and then visual inspection of the photographs. The surface movement was generated with gas dissolution in the oil columns. Swelling-time curves were constructed to estimate the diffusion coefficients in the oil from the unsteady diffusion equation. Approximately 2g oil was placed in the column, and the mass of the oil was recorded before the measurements. It was taken few weeks to measure gas dissolution in oil, especially heavy one¹⁾.

2.3 PVT Measurements for CO₂ Gas Dissolution

Accurate CO₂ phase behavior and gas solubility in liquid are essential parameter for proper management of CO₂ injection into reservoirs. Figure 2 shows the PVT apparatus (RUSKA Model 2370) used for present measurements. The volume in the pump cell was changed independently with moving a piston by a computer-controlled servo motor. A set of data consisting pressure, volume and temperature in the cell was recorded continuously every 10s. The stainless steel cylinder was used for the PVT pump cell. They were vertically mounted in the temperature-controlled air bath. The maximum properties of the pump cell are pressure= 70MPa, temperature=200°C, cell volume=360ml.

3. Measurement Results and Discussion

3.1 Swelling Factor-Time Curve

In this study, a unit ratio of oil swelling factor, $R(t)$, before equilibrium dissolution is defined against elapsed time $t(s)$ as:

$$R_s(t) = (S_f(t) - 1)/(S_{f\infty} - 1) \quad (1)$$

where $S_{f\infty}$ is the swelling factor at equilibrium condition. The unit ratio-time curve, $R_s(t)$, shows almost cumulative gas dissolution in the crude oil vs. elapsed time. Figure 3

shows generalized plots in unit ratio of swelling factors, $R_s(t)$, of the heavy oil. The progress of oil swelling with time is closely related to cumulative gas diffusion amount of gas into the oil.

Oil swelling factors of the intermediate oil with CO_2 were larger than those of the heavy oil, while the diffusion time to reach equilibrium of gas dissolution in the heavy oil needed 30 times longer than that of the intermediate oil.

3.2 Oil Swelling Coefficient

The swelling factor at equilibrium less than bubble point pressure is assumed to be proportional to the pressure and is defined as:

$$S_{f\infty} = 1 + f_{sw} \cdot P \quad (2)$$

where f_{sw} is a proportional constant to pressure which is defined as swelling coefficient in this study. The swelling coefficient depends on characteristics of oil and gas.

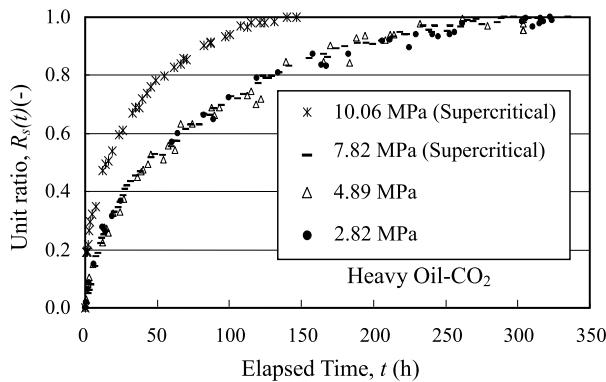


Fig. 3 Generalized plots in unit ratio of swelling factors

The swelling factors of heavy and intermediate oil samples were measured with increasing gas pressure as shown in Fig. 4. These results show that the swelling coefficient of CO_2 in the intermediate oil is approximately 1.8 times higher than that of the heavy oil for pressure range up to 7.8MPa. There was no apparent change in the relationship between pressure and the swelling factor before and after the supercritical pressure around 8 MPa, thus CO_2 dissolution and oil swelling were not so sensitive at pressure less than 10MP.

3.3 Gas Solubility of Crude Oils

The relationship between gas dissolution and the oil

swelling may be proportional, since it is assumed that the gas molecules in the oil phase are existed like in its liquid phase with limited movements, when gas dissolution occurs in the oil.

The PVT measurement results of gas solubility for CO_2 and CH_4 by are plotted in Fig. 5. The gas solubility C_s (mmol/g) can be estimated from the swelling factor, $S_{f\infty}$, using the following empirical equation based on the measurement results as shown in Fig. 6 without difference of CO_2 and CH_4 :

$$C_s = 38.1(S_{f\infty} - 1) \quad (3)$$

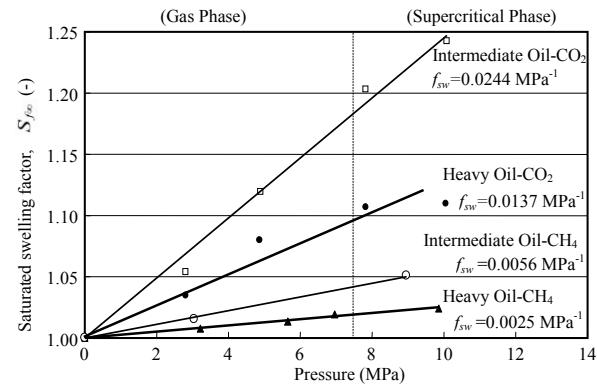


Fig. 4 Swelling factor vs. CO_2 gas pressure

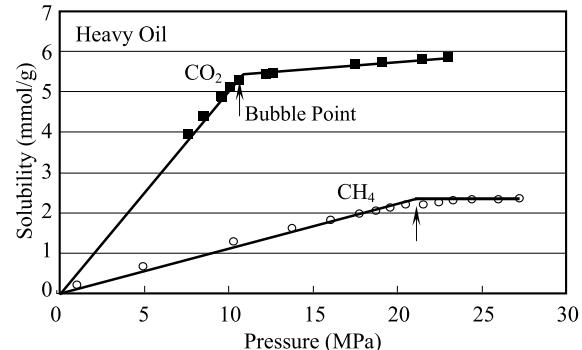


Fig. 5 CO_2 and CH_4 solubility measured by the PVT

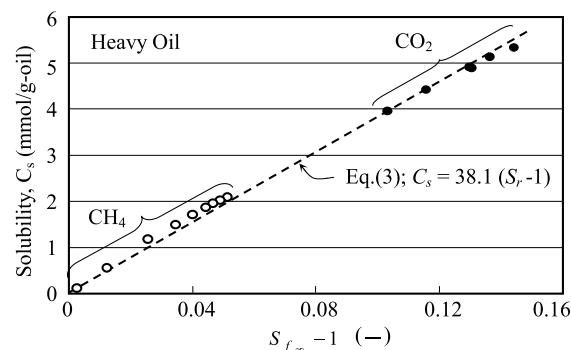


Fig. 6 Gas solubility against swelling factor

3.4 Gas Diffusion Coefficient in Oils

The unit-ratio of oil swelling factor $R_s(t)$ is a function of the diffusion coefficient in oil $D(\text{m}^2/\text{s})$, oil column length $L(\text{m})$ and time $t(\text{s})$. As shown in Fig. 7, values of D were evaluated based on the measured swelling-time curve fitting with following analytical solution;

$$R_s(t) = 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \exp(-D\lambda_n^2 t) \quad (4)$$

where $\lambda_n = (2n-1)\pi/(2L)$ (1/m)

The CO₂ gas diffusion coefficient in the intermediate oil was 50 to 80 times higher than those of the heavy oil. In both of oils, the diffusion coefficients increased slightly with the pressure in CO₂ gas phase. However, the CO₂ gas diffusion coefficients in supercritical CO₂ phase were more than twice as high as those in the gas phase.

The empirical equation between $D(\text{m}^2/\text{s})$ and API-gravity has been presented by Kono et al. (2011) based on the present results and the results of Athabasca bitumen measured by Upreti and Mehrotra (2002);

$$D = 2.9 \times 10^{-11} \cdot \exp(0.247 \times \text{API}) \quad (5)$$

4. Heavy Oil Drainage by Generating Foamy Oil

Oil drainage tests were conducted in the high pressure cell at 50°C by observing heavy oil drainage from oil saturated cores by applying CO₂ dissolution and depressurization. The core was placed for 6 hours in the high pressure cell where 10MPa and 50°C CO₂ gas was injected to form a saturated CO₂ dissolution in oil saturated in the core. The oil drainage from the core surface was not observed on dissolution process, thus the oil in sandstone pores was in stable and not drained by drops of oil viscosity and surface tension due to CO₂ dissolution, while it was clearly observed on the depressurization process with pressure gradient of 0.037MPa/min from 10MPa. As shown in Fig. 8, foamy oil was drained which was observed on the core surface from the pressure less 4 MPa. This shows that foamy oil including CO₂ micro bubbles contributed to heavy oil drainage from the core (Mastman et al., 2001). For an example, Huff and Puff operation with CO₂ gas pressurization and depressurization cycle can be applied for cold heavy oil production.

5. Conclusion

In this review on Carbon Capture and Utilization (CCU), the measurement results of CO₂ gas solubility and related swelling of crude oils have been introduced. Furthermore, the enhanced heavy oil production method has been proposed by generating foamy oil including CO₂ micro bubbles by an operation of depressurization.

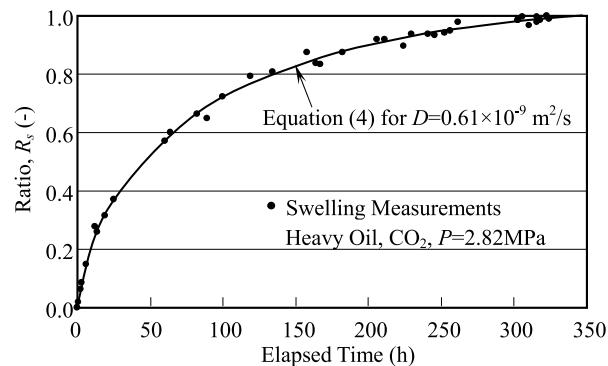


Fig. 7 Typical result of swelling ratio vs. elapsed time

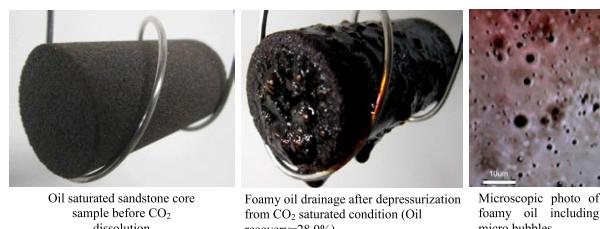


Fig. 8 Heavy oil drainage from oil saturated core (center) and micro-scope photo of foamy oil (right)

References

- 1) H. Sheikha, A.K. Mehrotra and M Pooladi-Darvish, J. of Petroleum Science and Engineering, **53-9**, 189-202 (2006).
- 2) Verland der Chemischen Industries e.V.: Position Paper: Utilization and Storage of CO₂, Ver. 12 (2009).
- 3) L. Phares, Storing CO₂ with Enhanced Oil Recovery, Report No. DOE/NETL-402/1312/02-07-08 (2008).
- 4) M. Mastmann, M.L. Moustakis and D.B. Bennion, Proc. Int. Thermal Operations and Heavy Oil Symp., SPE 69722 (2001).
- 5) H. Kono, K. Sasaki, Y. Sugai et al., Proc. of World Heavy Oil Congress 2011 (Edmonton, Canada), WHOC11-327 (2011).
- 6) S.R. Upreti and A. K. Mehrotra, Canadian J. of Chem. Eng., **80**, 116-125 (2002).

高容量、高電位フッ化物系正極活物質の研究開発 (NEDO RISING プロジェクト)

九州大学先導物質化学研究所 岡田 重人
Kyushu University Shigeto Okada

1. RISING プロジェクト概要

革新型蓄電池先端科学基礎研究開発（通称 RISING プロジェクト）は、次世代電気自動車用革新電池の早期実用化に資することを目的に 2009 年度からスタートした新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）主管の 7 年計画の国家プロジェクトで、Spring-8 や J-PARC の高度解析技術を駆使して、電池特性を大きく左右する電極界面現象の学術的解析を進めつつ、既存リチウムイオン電池の延長では到達の難しい電池重量当たり 300 Wh/kg の高エネルギー密度蓄電池系を新規材料系、反応系で見出し、電気自動車の航続距離換算で 400 km に相当する 500 Wh/kg 達成の技術的メドを得ることが最終目標である。

京都大学小久見善八特任教授をプロジェクトリーダーとし、我が国を代表する電池研究者が、「高度解析技術開発」「電池反応解析」「材料革新」「革新型蓄電池開発」の 4 つのグループにわかつて京大宇治キャンパスを拠点に研究を進めており、先導研岡田研究室は初年度からサテライトとして材料革新グループに参画している（表 1）。今年度からさらに追加公募で新規参入した研究機関を含め、現在自動車メーカー 4 社、電池メーカー 7 社、素材メーカー 1 社及び 12 大学・6 研究機関が参画し、年間予算 40 億円にも及ぶ蓄電池では世界最大級の大型プロジェクトである。これに直接関わっている九大関係者としては、我々の他に、山木準一九大名誉教授が革新型蓄電池開発グループのリーダーとして 2012 年春から着任しており、また、今年度追加公募で工学府石原達巳研究室が革新電池グループにて空気電

池の開発に参画することが決定し、九大勢の今後の活躍が期待されている。

2. 本テーマ概要

次世代リチウム二次電池の正極材料として、現在、経済性及び安全性の観点から最も有力視されている材料としてオリビン系リン酸鉄が挙げられるが、正極重量当たり 560 Wh/kg の理論エネルギー密度限界がネックとなっている¹⁾。そこで鉄系ポリアニオン正極最大のエネルギー密度を有する LiFePO₄ を凌駕する容量を達成する最短ルートとして考えられるのが、アニオンの小型軽量化であり、究極のアニオン候補と考えられるのが元素中最大の電気陰性度を有するフッ素である。フッ化物は合成が難しいというだけの理由から、正極活物質の報告例が極端に少なかった経緯があるが、酸化物系正極活物質同様、フッ素系の中にもスピネル系が存在する。同じスピネル骨格をもちらがら酸素とフッ素アニオンの違いが正極特性に及ぼす影響を比べることは、非常に興味深いテーマである。また、リチウム含有酸化物系ではトレランスファクターの関係で安定相が得られないペロブスカイト構造が、フッ素系では容易に得られるという魅力もある。これまでの検討でフッ化ポリアニオンやペロブスカイト型フッ化金属などのフッ化物の中から、フッ素の小さな電気化学当量と高い電気陰性度を生かした 5 V 級高電位型正極活物質 Li₂CoPO₄F²⁾ や LiFePO₄ を凌ぐ理論容量の高容量型正極活物質 FeF₃³⁾ が見つかっている。本稿では、本プロジェクトで大容量の革新的フッ化物正極候補として合成、検討してきた正極候補群を紹介する。

京都大学、(独)産業技術総合研究所 関西センター、各企業			
	高度解析技術開発グループ	電池反応解析グループ	材料革新グループ
	in situ NMR		革新型蓄電池開発グループ
東北大			
早稲田大		交流インピーダンス法 FFT 利用 in situ 測定	
(財)ファインセラミックスセンター 静岡大		電子線ホログラフィーと電位分布 電力発生機構	
立命館大	軟 X 線測定技術 (世界最小放射光)		各種の材料解析結果を 材料革新グループ、 革新型蓄電池開発グループへ展開
(共)高エネルギー 加速器研究機構 茨城大 (独)日本原子力 研究開発機構	J-PARC における 中性子線測定		表面被膜効果解析 酸化物構造と安定性解明 モデルセルでの検証
東京工業大			
九州大			

表1. NEDO RISINGプロジェクトの研究体制

① クリオライト型 Li₃MF₆⁴⁾：クリオライト（水晶石）構造の α -Li₃FeF₆ を湿式合成で作成し、電気化学特性を検討した。クリオライト構造 α -Li₃FeF₆（図 1）は、ペロブスカイト構造 FeF₃ で Fe を c 軸に沿って一つおきに Li で置換すると得られる。式中の残りの 2 個の Li が脱挿入する可能性があり、またこの構造中に更に Li を挿入できる可能性もある。 α -Li₃FeF₆ は HF 水溶液に Li₂CO₃ と FeCl₃ を加えた溶媒を加熱し、ろ過後再焼成にて単相合成に成功した。放電プロファイルは 116 mAh/g の可逆容量を示し、電位は 2.8 V (vs Li/Li⁺) であり、充放電特性も良好であった（図 2）。

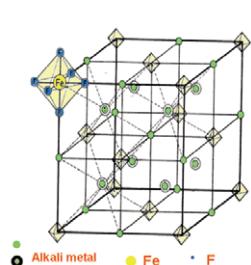


図1. α -Li₃FeF₆
クリオライト構造

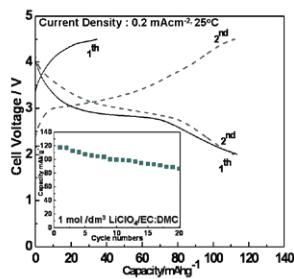


図2. α -Li₃FeF₆
充放電プロファイル

② **トリルチル型 Li₂MF₆**⁵⁾：トリルチル構造 Li₂TiF₆（図3）は Li を Ti、F を O に置き換えるとルチル型 TiO₂ の結晶構造に類似し、中心金属の価数は異なるもののクリオライト構造 α - Li₃FeF₆ と同様に、6 個の F が金属を囲んだ 8 面体が Li で結合した構造を有しており、Li の脱挿入に必要なトンネル構造も存在する。この系でもし Ti⁴⁺/Ti²⁺ の可逆 2 電子反応ができれば、304 mAh/g もの理論容量が期待できる。出発原料にフッ化水素水溶液を加え真空下加熱後、不純物を取り除くために再度加熱し、単相 Li₂TiF₆を得ることに成功した。粒径を微小均一化させ、正極特性を改善するため、スプレードライ法を用い、100 - 150 nm 粒子の集合体からなる球状試料を作成し、充放電容量の改善を試み、可逆容量の改善に成功したが、現時点では、まだ 2 電子反応までは実現できていない。

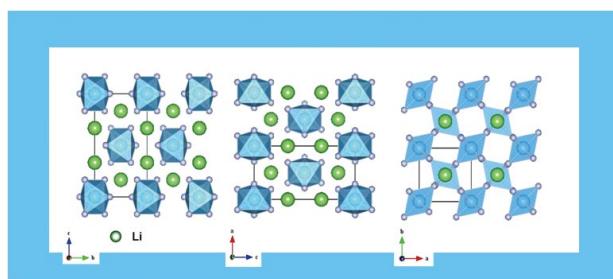


図3. Li₂TiF₆ トリルチル構造

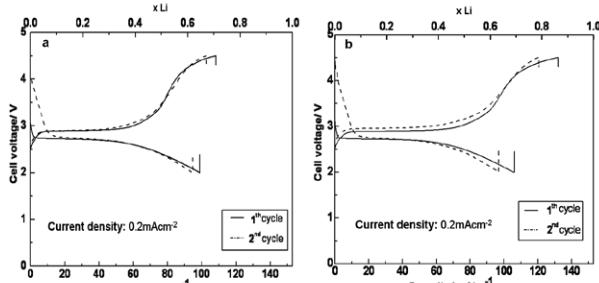


図4. Li₂TiF₆ の充放電特性におけるナノ化効果
(右はスプレードライでナノ化したもの)

③ **逆スピネル型 Li₂MF₄**：逆スピネル型 Li₂NiF₄ の単相合成に成功し、フッ化物コンバージョン反応に起因すると思わ

れる初期容量 250 mAh/g を超える 1.5 V 終止放電容量が得られた。さらに、充電プロファイルには、Ni²⁺/Ni⁴⁺ のレドックスの存在を暗示する 5 V 付近のプラト一部の痕跡が認められ（図5）、今後さらに高い電位まで充電可能な耐酸化性電解液系が開発されれば、理論容量 360 mAh/g に肉薄する高電圧容量が見出される可能性が高い。

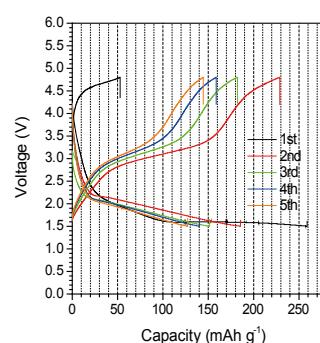


図5. Li₂NiF₄ の充放電特性
開発されれば、理論容量 360 mAh/g に肉薄する高電圧容量が見出される可能性が高い。

④ **ペロブスカイト型 NaFeF₃**^{6, 7)}：従来メカノケミカルで数時間かけて室温合成していた NaFeF₃ のより簡便な直接合成法として、低融点の出発物質 NaHF₂ と NaF を用いることで NaFeF₃ を短時間に溶融急冷合成でき、200 mAh/g の可逆容量が得られる（図6）ことを明らかにした（特願 2011-035252）。

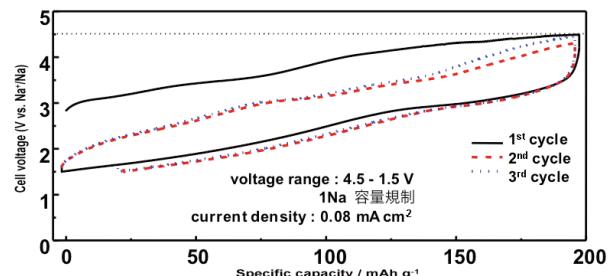


図6. 溶融急冷法により合成されたNaFeF₃の
対Na充放電プロファイル

⑤ **オキシフルオライド型 FeOF**⁸⁾：材料コストが安価でありながら大容量を実現するための一番の近道は鉄系材料の中からコンバージョン反応が可能な系を見出すことである。表2はこれまでに報告されている鉄系コンバージョン正極の3種類で、酸化物系は理論容量が大きいのに対し、フッ化物系は平均放電電位が高いという相反する特徴を持つ。そして、そのハイブリッド体であるオキシフルオライド型 FeOF には、双方のメリットが期待される。しかし、これまで FeOF を合成するには、揮発性のフッ化物であるために 6 万気圧もの高圧合成⁹⁾ や量産性に難のあるレーザー蒸着法¹⁰⁾、FeSiF₆H₂O といった有害物質が原料で単相を得にくい液相合成¹¹⁾ の 3 つに限られていた。今回、ごく短時間の加熱でフッ素の揮発を抑えることのできる溶融急冷法により、FeOF の単相を大量に得るプロセスを新たに見出すことに成功した（特願 2011-138850）。

研究特集「プロジェクト研究紹介」

表2. 代表的鉄系コンバージョン正極活物質

	FeF_3	FeOF	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$
結晶構造	Perovskite 	Rutile 	Corundum
空間群	$R\bar{3}c$	$P4_2/mnm$	$R\bar{3}c$
平均電位 (V vs. Li ⁺ /Li)	2.3	1.4	0.8
理論容量(mAh/g)	712	885	1006
反応式	$3\text{Li}^+ + 3\text{e}^- + \text{FeF}_3 \rightarrow 3\text{LiF} + \text{Fe}^0$	$3\text{Li}^+ + 3\text{e}^- + \text{FeOF} \rightarrow \text{LiF} + \text{Li}_2\text{O} + \text{Fe}^0$	$6\text{Li}^+ + 6\text{e}^- + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 3\text{Li}_2\text{O} + 2\text{Fe}^0$

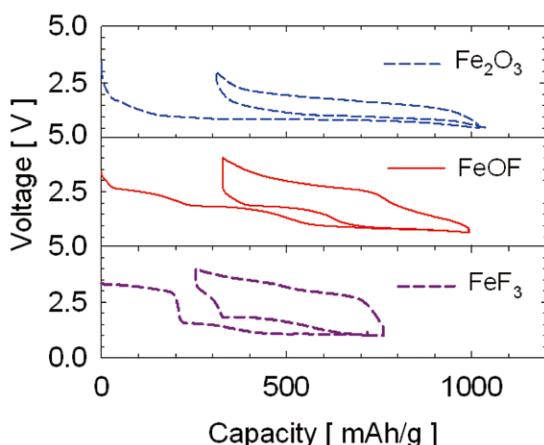


図7. 代表的鉄系コンバージョン正極活物質の対 Li深深度充放電プロファイル

溶融急冷法により得られた試料は、空間群 $P4_2/mnm$ を有する正方晶ルチル型 FeOF であることを確認した。他の鉄系コンバージョン正極である FeF_3 、 Fe_2O_3 と放電プロファイルを比較したところ、 Fe_2O_3 並の大きな可逆容量で、より高い平均放電電圧が得られた（図7）。

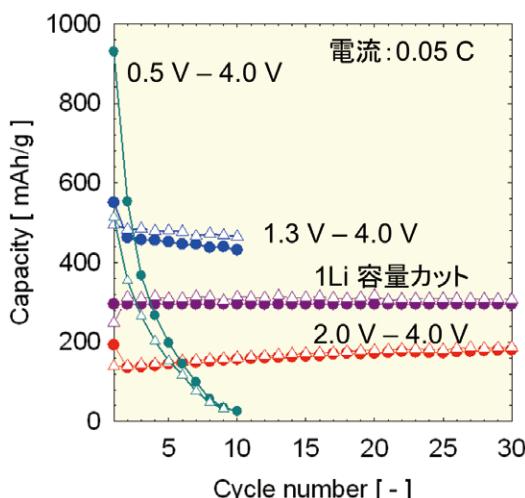


図8. FeOFのサイクル特性のサイクル深度依存性

コンバージョン系正極共通の課題はそのサイクル性にあるが、図8に示すように FeOF は 1.3 V-4.0 V の比較的深い充放電深度においても 1.5 電子反応に相当する 450 mAh/g の大容量で比較的安定な可逆性を示している。また、この深度の放電サンプルから金属鉄の XRD 回折ピークが検出され、可逆コンバージョン反応が起こっていることが確認できた。

謝辞

本研究の成果は、NEDO RISING プロジェクト九大サテライト登録メンバーであった山木準一九大名誉教授、土井貴之京大特任准教授、Irina D. Gocheva 南洋理工大博士研究員や修士課程を卒業していった上村雄一（現シャープ）、西村章宏（現古河電池）、小松秀行（現日産）、さらに小林栄次教務職員、智原久仁子支援研究員、喜多條鮎子特任助教、趙魏麗博士研究員、Nikolay Dimov 博士研究員、堀博伸博士研究員他、現岡田研メンバーの協力によるものです。

参考文献

- 1) A. K. Padhi, K. S. Nanjundaswamy, C. Masquelier, S. Okada, and J. B. Goodenough, *J. Electrochem. Soc.*, **144**, 1609 (1997).
- 2) S. Okada, M. Ueno, Y. Uebou, and J. Yamaki, *J. Power Sources*, **146**, 565 (2005).
- 3) H. Arai, S. Okada, Y. Sakurai, and J. Yamaki, *J. Power Sources*, **68**, 716 (1997).
- 4) I. D. Gocheva, Y. Kamimura, T. Doi, S. Okada, J. Yamaki, and T. Nishida, *Engineering Sciences Reports*, Kyushu University, **31**, 7 (2009).
- 5) I. D. Gocheva, T. Doi, S. Okada, and J. Yamaki, *Electrochemistry*, **78**, No.5, 471 (2010).
- 6) I. D. Gocheva, M. Nishijima, T. Doi, S. Okada, J. Yamaki, and T. Nishida, *J. Power Sources*, **187**, 247 (2009).
- 7) N. Dimov, A. Nishimura, K. Chihara, A. Kitajou, I. D. Gocheva, and S. Okada, *Electrochim. Acta*, in press.
- 8) A. Kitajou, R. Nagano, and S. Okada, Extended Abstract of 222th ECS Fall Meeting, #851 (2012).
- 9) B. L. Chamberland, A. Sleight, and W. H. Cloud, *J. Solid State chem.*, **2**, 49 (1970).
- 10) L. Yu, H. X. Wang, and Z. Y. Liu, *Electrochimica Acta*, **56**, 767 (2010).
- 11) N. Pereira, F. Badway, M. Wartelsky, S. Gunn, and G. G. Amatucci, *J. Electrochem. Soc.*, **156**, A407 (2009).



文部科学省・大学の世界展開力強化事業 「エネルギー環境理工学グローバル人材育成のための 大学院協働教育プログラム」の紹介

九州大学総合理工学研究院 寺岡 靖剛

Kyushu University Yasutake Teraoka

【プログラム発足の背景】

九州大学は、アジアに向けた海港都市福岡に位置する総合大学として、アジアにとどまらず広く全世界で活躍する人材を輩出してきた。日本及び世界の発展に更なる貢献を果たすことを目的に、「人間性の教育」「社会性の教育」「国際性の教育」「専門性の教育」を教育理念に掲げ、平成23年5月1日現在1,866名の留学生のうち89.7%をアジア地域から政策的に受入れるなど、地理的・歴史的な特性を活かしたアジア重視戦略を展開し、アジアを代表する世界的研究・教育拠点大学となることを目指している。中でも総合理工学府は、平成20年に採択された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と人材育成に取り組むグローバルCOE「新炭素資源学」を中心に、中国、韓国等の大学と双方向型研究・教育交流の中で優秀な若手研究者の人材育成を行うなど中心的役割を担ってきた。そのような実績を基に、総合理工学府では、文部科学省「大学の世界展開力強化事業」の一環としての「キャンパスアジアプログラム」に応募、その採択を受けて「エネルギー環境理工学国際コース」の設置を目指し、エネルギー環境理工学グローバル人材育成のための活動を平成23年度より開始した。

【プログラムの目的】

キャンパスアジアプログラムは、エネルギー問題とそれに関連する環境問題に関する科学と技術（以降「エネルギー環境理工学」という。）分野において、将来グローバルに活躍できる高度研究者・技術者を国際連携の下で育成するためのダブルディグリー理工系修士課程協働教育プログラムを、九州大学（日本）、上海交通大学（中国）、釜山大学校（韓国）が共同開発し、本格的に実施することを目的とするものである。このため上記日中韓間の三大学がコンソーシアムを形成すると共に、総合理工学府内に「エネルギー環境理工学国際コース」を設置する。また、将来的には、本プログラムの成果に基づき、ジョイントディグリー制度

による国際連携大学院を設立展開し、更に日中韓三大学コンソーシアムを拡大することを目指している。

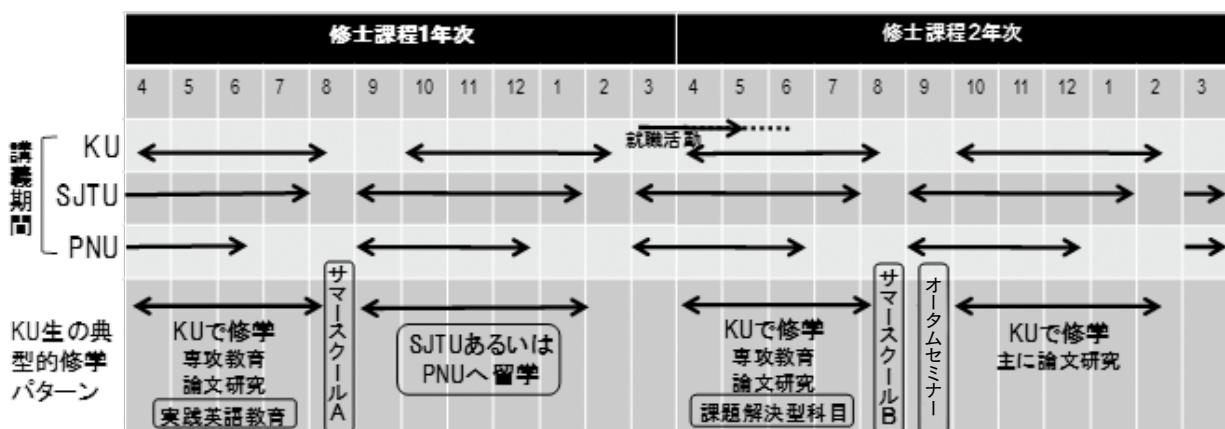
【プログラムの概要】

- ① 本プログラムにおいて育成を目指す「エネルギー環境理工学グローバル人材」の具体像は、
 - (1)専門分野の深い知識の修得とそれに基づく研究開発能力
 - (2)エネルギー環境問題の現状の理解と発展的考察力
 - (3)グローバルに活動するために必要な英語力
 - (4)グローバル化時代に求められる研究者・技術者倫理、異国文化・人・社会の理解を備えた人材である。
- ② 大学院協働教育プログラム：上記人材の育成のために、エネルギー環境理工学分野の深い専門性とその国際的な応用展開能力の涵養をポリシーとする理工系大学院協働教育プログラムを構築する。このため総合理工学府内に使用言語を英語とした修士課程「エネルギー環境理工学国際コース」を設置する。この国際コースは、「専門教育カリキュラム」、「エネルギー環境理工学カリキュラム」、「修士論文研究」で構成される。本コース固有に新設するエネルギー環境理工学カリキュラムでは、インターンシップ科目、課題解決型科目、知財を含む技術者・研究者倫理科目等を設定し、3大学合同でコース修了証明証を授与する。さらに、単位互換を活用した専門教育科目の単位認定、修士論文研究の共同審査方法を確立し、標準修了年限内のダブルディグリー授与を可能にすることを目指している。各年度の本コンソーシアムに参加する全体の交流学生の規模は、財政支援対象の交換留学生30名、サマースクールへの参加学生60名である。
- ③ 質保証を伴ったカリキュラム体系の設計と成績管理、学位授与の統一的実施：日中韓三大学コンソーシアム内には、それぞれの大学に国内PDCA委員会、そのリ

研究特集「プロジェクト研究紹介」

一で構成する国際 PDCA 委員会を設置し、その主導のもと、各大学のカリキュラム／ディプロマポリシー、単位互換や単位・学位授与に関する法制度との関係を慎重に考慮しつつ、シラバス・成績評価基準の共通化、共同教材の開発や共同講義による教育方法・レベルの標準化、単位認定と学位授与の審査の共同・統一化、出口管理の徹底等により、3 大学の質保証の伴ったカリキュラム体系の構築、取り組み内容をホームページで公開すること等により透明性をもって推進する。

- ④ 日中韓の学生へ魅力的なプログラム提供：参加学生に対して、グローバル性の涵養のみならず、アジアを中心とするグローバルなキャリアパス形成を可能とするために、各大学において、留学が就職の障害とならないような就職情報の提供やメール相談を行うとともに、参加学生への企業からの冠奨学金等の獲得など修学支援・就職支援・生活支援を強化し、日中韓の参加学生を全面的にサポートする。



[3大学の講義スケジュールと九大生修学パターン図]

【今までの活動実績及び今後の予定】

H24. 3. 12～3. 13

キックオフイベントとして総理工でスプリングセミナーを実施。3 大学の総長・副学長列席の下に MOU 調印後、正式発足。また 2 日間に亘ってセミナー、学生セッション、伊都キャンパス（水素センター）見学を実施した。

H24. 8. 16～8. 26

釜山大校主催のサマースクール（第1回）に参加（九大生からは修士1年生 21名を派遣）

H24. 8～9月

上海交通大学及び釜山大学へ九大生をそれぞれ 3 名ずつ派遣

H24. 10月

上海交通大学及び釜山大学からの留学生それぞれ 3 名ずつを受入れ開始

H25. 2月

CSS=EEST 開催予定 (Cross Straits Symposium = Energy-Environment Science and Technology)

H25. 4月

エネルギー環境理工学グローバルコース正式発足。ダブルディグリー取得1期生となる学生の交換留学開始予定



H24. 3. 12 スプリングセミナーに先立ち

3大学総長・副学長によるMOU調印式

(左から Huang Zhen 上海交通大学副学長、有川総長、
Kim KiSeob 釜山大学校学長)



H24.3.13 セミナー内学生セッションの様子



H24.3.13 セミナー内伊都キャンパス水素センター見学



H24.8.16~26 第1回サマースクール (PNUにて) LG電子見学



サマースクール Opening ceremony (PNUにて)

日本－インド（JSPS-DST）二国間共同研究の紹介

九州大学大学院総合理工学研究院 寺岡 靖剛
Kyushu University Yasutake Teraoka

1. 経緯

日本学術振興会（JSPS）と Department of Science and Technology, India (DST) それぞれが、日本、インドの対応機関として実施している平成 24,25 年度日本－インド共同研究に、筆者と Dr. Nitin Labhsetwar (CSIR-NEERI) が代表者を務める「ディーゼルパティキュレートの高効率除去用貴金属フリー酸化物触媒の開発 (Catalysing Soot-NO_x Reaction without Precious Metals: Mixed Oxide Catalysts for Diesel Exhaust Emission Control)」が採択された。筆者と Dr. Labhsetwar は、環境触媒分野で 10 年以上にわたって交流があり、さらに CSIR-NEERI (インド国立環境工学研究所) が G-COE 「新炭素資源学」のコア連携機関になってからは、人的交流、共同研究が活発になり、その結果として 7 編の論文を国際ジャーナルに発表している。提案内容のみならず、それに係わるこれまでの共同研究の実績が採択にプラスに働いていることは疑う余地もなく、G-COE の一つのアウトカムと位置付けられよう。

以下の文章は申請書の「相手国との研究交流の必要性と意義」の項目に記載したものである。インドを環境触媒技術の実践の場と捉えて共同研究の必要性を述べたもので、G-COE 「新炭素資源学」の基本的なスタンスと相通ずるところがあるので、紹介しておく。

「低エネルギー消費型内燃機関であるディーゼルエンジンは、自動車や発電機の動力源として、今後さらに普及していくことが予想され、排ガス浄化技術の開発は「環境負荷なきエネルギー供給」において極めて重要である。近年、

発展が目覚ましく、今後加速度的に成長することが見込まれるインドにおいても、ディーゼルエンジンの利用が爆発的に拡大することが予想され、自動車排ガス浄化を始めとする環境触媒技術先進国のが我が国と、環境技術の実践の場であるインドの研究機関が協力し、開発する側の立場と使う側の立場の両視点から研究開発に取り組むことは、環境保全とエネルギー確保の両立の観点から極めて有意義である。」

2. 研究背景・目的

本研究は、ディーゼル排出パティキュレート浄化のための安価な貴金属フリー触媒の開発を目指すものである。

ディーゼル車は、ガソリン車に比べてエネルギー効率が高く、低炭素化、省エネルギーの観点からは優れている。しかし、ディーゼル車から排出される窒素酸化物 (NO_x) とパティキュレート (PM) による都市部の大気汚染が深刻化しており、これらの排出抑制技術の開発が、環境に優しいディーゼル車の存続を可能にし、延いてはエネルギー、環境問題の解決に大きく貢献できる。さらに、電力供給網の整備が不十分であるインドを始めとする途上国においては、分散型電源としてのディーゼル発電機の利用の拡大が予想され、その排ガス浄化も環境負荷なきエネルギー供給の観点から重要である。

ディーゼル車から排出される PM の除去には、ディーゼルパティキュレートフィルター (DPF) が、大型車を中心的に実用化されているが、捕集された PM を効率よく燃焼除

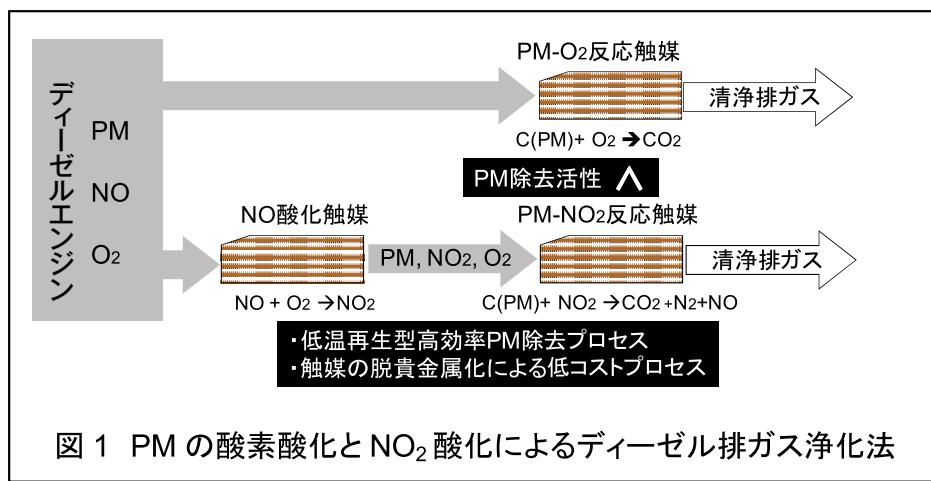


図 1 PM の酸素酸化と NO₂ 酸化によるディーゼル排ガス浄化法

去して DPF を再生するために触媒付 DPF (cat-DPF) の開発が不可欠である。これまでの cat-DPF 用触媒開発は、PM の酸素による直接酸化触媒が中心であったが、PM の燃焼は NO₂ の共存により促進されることから、NO から NO₂ への酸化触媒と PM-NO₂ 反応触媒を直列に連結して使用することが、効率的再生に有効である (図 1)。しかし、これらの反応、特に NO 酸化に対する現存する高活性触媒は、Pt を代表とする貴金属系触媒が中心であり、資源制約並びに低コスト化の観点からの脱貴金属化が強く望まれている。

以上の背景から、本研究では、NO 酸化と PM-NO₂ 反応に対する貴金属フリー高活性触媒の開発を通して、“環境問題”、“エネルギー問題”、“資源問題”的解決に直結し、先進国のみならず途上国にも普及可能な低コスト先進排ガス浄化技術の開発を推進している。

3. 研究内容

日本、インドの研究参画者のこれまでの研究実績をもとに、具体的に以下の項目の研究を分担、共同して実施している。

- i) NO 酸化、PM 酸化に要求される低温レドックス特性などの性質を考慮したペロブスカイトや他の複合金属

酸化物の材料設計

- ii) 種々の先進合成技術を駆使した触媒合成と詳細なキャラクタリゼーション
- iii) NO 酸化、PM-NO₂ 反応に対する触媒基礎特性の評価及び反応条件 (ガス組成、空間速度など) の影響の解明
- iv) ラボスケールの cat-DPF の作製と実排ガス中の特性評価
- v) 反応機構の解明

上記の実施項目 v) に関して、PM の除去反応は、固体反応物である PM を捕集機能付流通系固定触媒床で (半) 連続的に除去する触媒技術である。その核心は固 (触媒) - 固 (PM) - 気 (O₂, NO_x) 触媒反応であり、図 2 に示すように反応 (開始) 点となる三者が接する界面 (三相界面) を形成するための固体触媒と固体 PM との接触が極めて重要になる。即ち、PM 除去触媒反応は、PM / 触媒界面で反応が開始 (着火) し、非接触部分まで燃焼を伝播させる必要があり、高活性触媒の探索のみならず、PM / 触媒の接触と反応の伝搬を念頭に置いた触媒開発、触媒調製が必要であることから、従来の不均一系触媒反応とは全く異なる、固体反応物を対象とする新しい触媒化学、反応工学、触媒調製化学の構築を視野に入れて取り組んでいる。

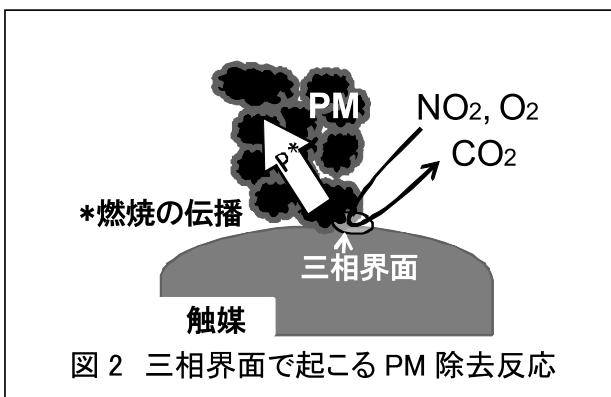


図 2 三相界面で起こる PM 除去反応

CREST 「有機合成用鉄触媒の高機能化」紹介

先導物質化学研究所 永島 英夫
Kyushu University Hideo Nagashima

1. JST-CREST「元素戦略」が目指す方向性と意義

科学技術振興機構（JST）のCRESTプログラムは、国が定める戦略目標を設定し、課題達成型基礎研究と革新的技術シーズの創出をめざすチーム型研究である。本研究は、ナノテクノロジー・材料・光技術の中の「元素戦略に基づく物質・材料の革新的機能の創出」領域に属している。玉尾皓平研究総括のもとに、資源・エネルギー・環境問題の解決に「元素戦略」を共通概念とする物質・材料の革新的機能の創出をめざす12の研究チームが集結し、研究を実施している。

元素戦略は、物質の特性・機能を決める特性元素の役割を理解し、有効利用する、というコンセプトであり、周期表に存在する様々な元素を使いこなすことによる革新的な物質・材料機能の開発をめざしている。急速な経済発展による資源枯渇が心配されているのは、本COEでとりあげ

る炭素資源だけでなく、白金、パラジウム、コバルト等レアメタルと呼ばれる元素群がある。レアメタルは、電極、磁石、触媒等現代社会に必須であることから、その代替をカモンメタルに求める研究が強く望まれている。また、できるだけ少ない元素量で高い機能を発現すること、使った元素は回収再使用等循環させること、さらに、毒性の高い元素を用いない、ことも重要な課題である。これらの課題をまとめて、元素戦略プロジェクトでは、「元素代替」、「元素減量」、「元素循環」、「元素規制」の4つのキーワードを研究目標に設定している。

2. 領域における本研究の位置づけ、社会的意義、研究戦略

筆者は、新しい遷移金属錯体を合成し、これらを触媒とする有機合成、高分子合成プロセスに応用する研究に従事している。錯体触媒は主として有機溶媒中で反応し、金属

Homogeneous Catalysis by Transition Metal Complexes

3

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



REMOVING IMPURITIES
Metal scavengers and immobilized catalysts may make for cleaner pharmaceutical products

LIMITS
Metal residue levels must be low in drug products

METAL	CONCENTRATION (PPM)	ORAL	PARENTERAL
Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os	5 ^a	0.5 ^a	
Mo, V, Ni, Cr	10	1	
Cu, Mn	15	1.5	
Zn / Fe	20	2	

NOTE: Calculated based on the permitted daily exposure, 10 g per day drug dose, and 60-kg body weight. ^aValue is for the group of metals.
SOURCE: European Agency for the Evaluation of Medicinal Products

60kg体重の患者が10グラムの薬を飲むとき、医薬品中に許容される金属残留量

戦略②
分離回収プロセスを組み込んだ触媒反応の開発(元素循環)

戦略③
高活性触媒の開発による触媒量の低減(元素減量)

戦略④
安全な反応・反応媒体(元素規制)

戦略①
すべての金属触媒を鉄を中心とした生元素へ(元素代替)

生元素
生体安全性
低環境負荷

鉄
非レアメタル
資源量が豊富
低成本

としてはパラジウム等の貴金属が多用される。周期表の遷移金属の中では、鉄がカモンメタルの代表であり、広汎に地球上に分布して存在し埋蔵量も多い。環境負荷も低く、生体安全性も高い。ところが、鉄はスピニを持ち、しばしば不安定で常磁性を示す錯体を生じるだけでなく、異なるスピニ状態をもつ鉄種が反応中間体に含まれる。このため、触媒設計、触媒反応設計が極めて困難である。

本研究では、パラジウムや白金のような貴金属の触媒機能の代替となる鉄錯体触媒の開発（元素代替）を軸に、触媒を回収再利用するシステムの確立（元素循環）、高活性触媒の開発（元素減量）、安全な反応、反応媒体を用いる（元素規制）という元素戦略プロジェクトの4つのキーワードのうち3つを追求している。錯体触媒の元素戦略の重要性は、図に示すように、アメリカ化学会の Chem.Eng.News の2005年9月の記事に象徴的に表されている。錯体触媒を用いる有機合成反応は、ノーベル化学賞では、野依、Sharpless の不斉合成、Grubbs、Schrock のオレフィンメタセシス、最近のパラジウム触媒を用いるカップリング反応に見られるように、現在では多くの工業プロセスに用いられているが、反応が溶液中でおこなわれ、触媒も生成物も有機溶媒に可溶であることから、反応後に生成物の分離が必要となる。分離プロセスはコストが高く、かつ、医薬品等の高付加価値製品においては精製後の金属残留量を ppm オーダーまで低下させる必要がある。この解決法は3つあり、触媒の活性を究極的に高めて分離プロセスを不要

または簡便にする、分離回収再使用をおこなう、そして、許容残留量が多い鉄に代表される生元素を用いることである。

3. 研究の進捗状況

筆者らは鉄触媒開発の指針として、「配位子場制御」という考え方を提案している。すなわち、鉄を取り囲む配位子とよばれる化合物の電子構造に注目し、鉄触媒の機能を、一電子酸化還元、二電子酸化還元、その中間になるよう設計していく手法である。この配位子場制御は、同時に高活性触媒設計にも重要な役割を果たす。一方、安全な反応媒体の使用を含む分離回収再使用プロセスは、ケイ素特有の性質をもつシリコーンや多数の官能基をもつハイパープランチポリマーといった高分子材料を活用して実現を図っている。双方の目標を満たす触媒反応として、メタノール洗浄で容易に生成物から分離することができる、回収再利用可能な原子移動型ラジカル重合用鉄触媒の開発に成功している。本研究は、また、チーム研究であり、分子研、京大、北大、慶大、東大、阪大、シンガポール南洋工大的研究者、3社の企業アドバイザーの参加を得て、より高度な分離回収システムや鉄以外のカモンメタルの触媒設計を含む、総合的な触媒開発研究を進めている。平成23年10月の研究開始後、1年余りを経過し、鉄触媒の化学の難しさと魅力、斬新な触媒回収プロセスを作り出す難しさを実感するとともに、元素科学の学問としての面白さ、次世代の技術シーズの創出に手ごたえを感じている。

インドネシア科学院との共同研究： 革新的褐炭・バイオマス改質のための科学基盤確立

先導物質化学研究所 林 潤一郎
Kyushu University Jun-ichiro Hayashi

1. はじめに：研究の背景と目的

グローバル COE：新炭素資源学の事業担当者および研究協力者（平島 剛（代表）、尹 聖昊、持田 真、則永行庸、松岡洋介、野中壯泰、宮脇 仁、工藤真二、筆者）は、本 COE ならびに科学技術戦略推進費プログラム（文部科学省、JST）の支援を受け、2010 年 7 月以来、インドネシア科学院（Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia、LIPI）の研究者（Anggoro Tri Mursito、Soetijo Hariyanto、Mutia Dewi Yuniati）とインドネシアの低品位資源（褐炭およびバイオマス）の改質と転換に関する技術革新を目指した共同研究を実施してきた。本稿では、我々が「革新的な褐炭・バイオマス改質技術」に着目した背景と提案の特徴、共同研究の体制について述べ、ついで、これまでに得られた研究成果を紹介する。

インドネシアの石炭埋蔵量は 500 億トンと推定され、自国の一次エネルギー（現在のシェアは約 30%）として、また、輸出用資源としても極めて重要度が高い。しかしながら、同国の石炭資源の 58% は、含水率が 30~45 重量 % の褐炭であり、利用に伴う CO₂ 排出の低減のためには、省エネルギー型の乾燥技術をはじめとする改質（upgrading）が必要である。現在までに、乾燥技術、乾燥炭着火防止技術が開発され、一部は商用化しているが、改質炭の用途はボイラ、微粉炭火力に限られ、高付加価値改質炭製造技術の実現と

普及が国家戦略上の課題となっている（The Indonesian Energy Policy, 2007）。インドネシアは非常に高いバイオマスピテンシャルを有することでも知られているが、未整備インフラの問題に加えて褐炭と同様に高含水率というネガティブな物性を考えると、褐炭との統合的な改質は合理性が高く、温暖化ガス排出削減に対する実効寄与も大きい。いっぽう、石炭はわが国の一次エネルギー供給の 18% を占める。発電分野ではガス化複合発電、二酸化炭素回収貯留（CCS）技術が、製鉄分野では高効率コークス製造技術などの開発や実証が進むなか、長期にわたるコークス原料炭、ガス化原料炭の確保にむけた戦略が欠かせず、とくに、産炭国との連携による低品位炭の次世代高効率改質技術の開発は最重要課題の一つに位置づけられる（資源エネルギー庁、2009）。

インドネシア褐炭は、高含水率であることを除けば、その多くが低灰分含有率、低灰分融点、高ガス化反応性等の特徴を持ち、バイオマスも同様である。これらのポジティブ物性を強化し、さらに、含水率低減のみを目的とした従来技術によっては困難である、特別の物性を賦与する改質技術をわが国とインドネシアが共同で確立できれば、これが両国にもたらす益は顕著であると期待される。図 1 に本研究の基本的な考え方を示した。詳細は次項に述べるが、本研究では、例えば、褐炭・バイオマスを、含有水を蒸発

表 1. 本研究における 7 つのタスク

タスク番号・タスク名	内容・目標
1 水熱脱水・改質	非蒸発型省エネルギー脱水法である水熱処理および水溶性有機物の有効利用法（ケミカルズ回収を含む）開発
2 マイルド熱分解	タールフリー炭化物（TFAC）と軽質油を選択的に製造するための熱分解法の開発。セルロースの選択的熱分解法の開発
3 TFAC 低温ガス化	マイルド熱分解由来の TFAC を原料とするタールフリー低温ガス化法の開発
4 接触水熱ガス化	マイルド熱分解、水熱処理に由来する水溶性有機物からの合成ガス・クリーン水製造法の開発
5 コークス・炭素材料の製造	高強度コークス製造のための熱間ブリケッティング・炭化法および Li イオン電池電極材製造法の開発
6 重質油の改質と高機能化	熱分解（常法）による重質油を原料とするバインダー、炭素繊維原料の製造
7 プロセスシミュレーション	各プロセスの物質・熱フローダイヤグラム作成

させることなく加熱し、熱水中で起こる物理化学的な構造変化によって疎水化する水熱処理、このようにして改質した固体を比較的低温で熱分解し、高いガス化反応性を持つタールフリー炭化物 (tar-free active char = TFAC) を製造すると同時に、不揮発残渣を含まない軽質油を選択的に製造するマイルド熱分解技術、TFAC および軽質油をそれぞれ高品位燃料あるいは高品位の合成ガス原料とする低温ガス化技術、さらには、褐炭・バイオマスの比較的フレキシブルな高分子構造や特異な炭化特性に立脚したコークス

等の素材や炭素材料の製造技術の開発を目指した基礎研究を開展した。後述するが、我々が提案する個々の改質・転換プロセスは、相互の連結によって、プロセスを経る度に生成物の付加価値が連鎖的に向上する「シーケンシャル改質・転換」システムを構成することが可能である。換言すれば、本研究で研究開発の対象とした個々のプロセスは、シーケンシャル改質・転換システムのモジュールとして機能する。本研究は、7つのタスク（表1）から構成される。次項に個々のタスクの成果を述べる。

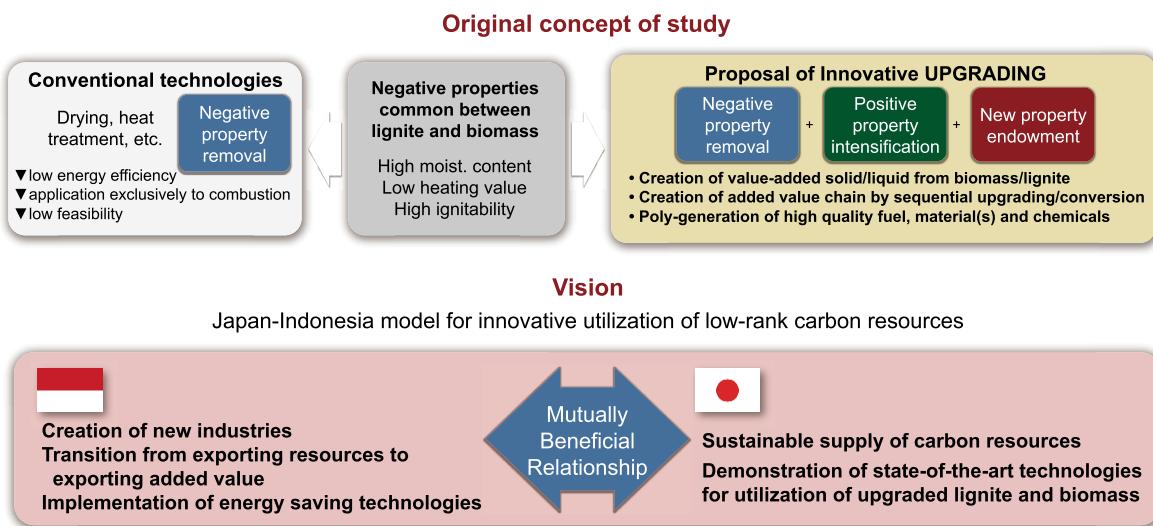


図1. 本研究の基本コンセプトおよびビジョン

2. 研究成果

各タスクにおいて取り組んだモジュールプロセス（一部）について研究開発の成果を概説する。

2.1 タスク 1：水熱脱水・改質（平島、野中、Anggoro、林）

非蒸発型省エネルギー脱水法である水熱処理および水溶性有機物の有効利用法の開発に取り組んだ。高含水率のバイオマス、褐炭およびピート（亜炭）を 140~380°C の加圧水中で熱処理することによって、10~28 wt% であった含水率（平衡含水率）が 5 wt% 程度まで低下すること、熱処理温度の増加とともに乾燥後の固体の発熱量が大きくなることを明らかにした。水熱処理は固体の H/C 原子比、O/C 原子比をいずれも低下させるが、これらの因子は処理温度の変化によっていわゆる Coal Band 上を移動することを明らかにした。水熱処理では、処理中に生成した親水性の低分子が水に抽出されるが、バイオマスの場合、140°C までにヘミセルロースが、230°C までにセルロースが加水分解し、糖類、フラン類等が抽出され、リグニンリッチ成分が固体として残ることがわかった。褐炭の水熱処理ではカテコール

ルを比較的高濃度で含む水を調製できる。カテコールは珪酸塩と水溶性の錯体 $\text{Si}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_2)_3$ を形成するが、この錯体は酸性溶液中でキノンと水不溶の SiO_2 あるいは Si(OH)_4 に分解する。この性質を利用して、 $\text{Si}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_2)_3$ 溶液を酸性の鉱山廃液に添加すると、 SiO_2 、 Si(OH)_4 がパイライト (FeS_2) の表面をコーティングし、これにより廃液の流出を防止、抑制できることを示した（図2）。

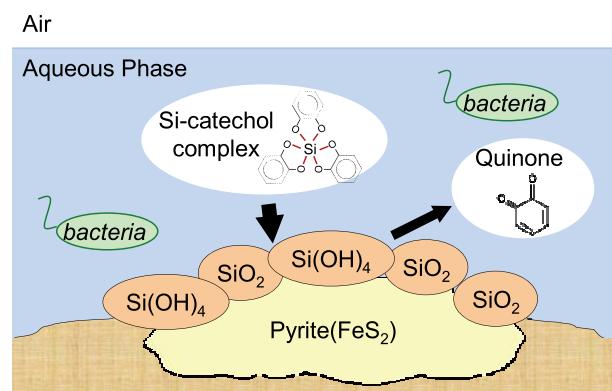


図2. 酸性鉱山廃水抑制剤（水溶性Si-カテコール錯体）による表面コーティング機構

研究特集「プロジェクト研究紹介」

2.2 タスク 2：マイルド熱分解（林、平島、則永、工藤、Hariyanto）

タールフリー炭化物（TFAC）と軽質油を選択的に製造するための褐炭・バイオマスの熱分解法ならびにセルロースの選択的熱分解法の開発に取り組んだ。褐炭、バイオマスは油分を自身の高分子マトリクス中に吸収、保持する物性があり、これを利用することによって熱分解における発生が不可避の重質油（黒色、ピッチ状、収率：10～30 wt%）を“原料を媒体として”熱分解工程に完全リサイクルできる。この重質油リサイクル式マイルド熱分解（500～600°C）を実験室規模で模擬し、その結果、重質油をいっさい系外に排出することなく、蒸発残渣フリーの軽質油と無煙化した炭化物（TFAC、再加熱時のタール発生量＜

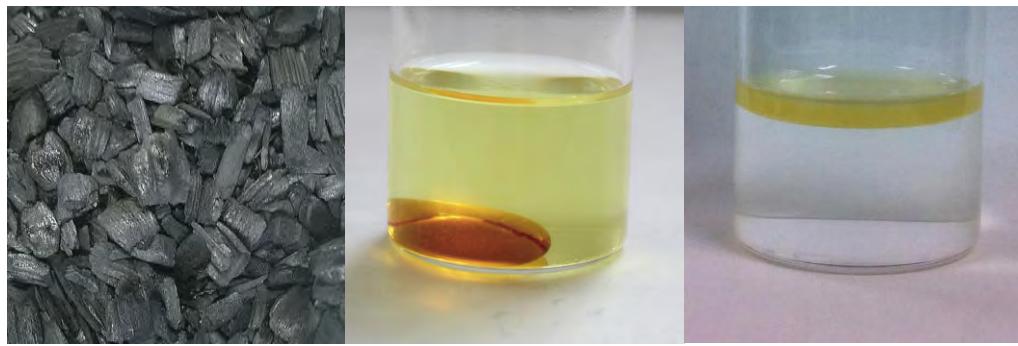


図3. 重質油リサイクル式マイルド熱分解によって得られた木質バイオマス由來のTFAC（左）、軽質油（中）および褐炭由來の軽質油（右）。木質バイオマス熱分解の場合、重質油リサイクルによってTFAC収率は約1.5倍になり、軽質油が15 wt%程度の収率（水を除く）で得られる。

2.3 タスク 3：TFACの低温ガス化（則永、松下、林、工藤）

石炭やバイオマスの低温ガス化は、長らく研究者の夢であったが、低温化にともなうタールの残留がプロセスの実現を阻んできた。2.2に述べたマイルド熱分解は、無煙＝タールフリーしかも高反応性、という物性を褐炭やバイオマスに賦与する。TFACに含まれる残留タールの量（900°C以上の温度に加熱した際のタール発生量）を定量化する熱分解-GC/MS 法を確立し、バイオマス、褐炭それぞれの場合について、マイルド熱分解を 550°C、600°Cあるいはそれ以上にすれば、残留タールを 0.01 wt% 未満に低減できる、すなわち褐炭、バイオマスを TFAC に改質できることが分かった。TFAC のガス化は、酸素・水蒸気あるいは空気・水蒸気を酸化剤とするガス化を粒子移動層反応器（アップドラフトガス化炉）においてガス化することを想定した精密反応シミュレータの開発とシミュレーションに必要なガス化反応機構決定とモデリング研究を並行し、その結果、グロス冷ガス効率が 90% を大きく超える 700°C 級の低温ガス化が常圧下で実現できることが明らかになった。ガス化触媒となる Ca や Fe の安価な前駆物質を簡便な操作で褐炭

0.01 wt%）を併産することに成功した（図 3）。重質油は、原料マトリクスと化学的に相互作用する結果、リサイクル中に熱分解が促進され、TFAC と軽質油に転換することがわかった。セルロースの熱分解では、350°C でも熱分解しない安定なイオン液体 1-butyl-2,3-dimethylimidazolium (BMMIM) と混合したセルロースを大気圧中で加熱することにより、単位構造内の脱水が促進され、常法ではわずかしか生成しないレボグルコセン（levoglucosenone；LGO）を約 30% のモノマー基準収率で選択的に生成することに成功した。LGO は、医薬品プラットホームとして期待されるが、高価であること等の理由によって利用されてこなかった。

ヘイオン交換担持する手法も開発し、ガス化速度の大幅な向上を確認した（図 4）。

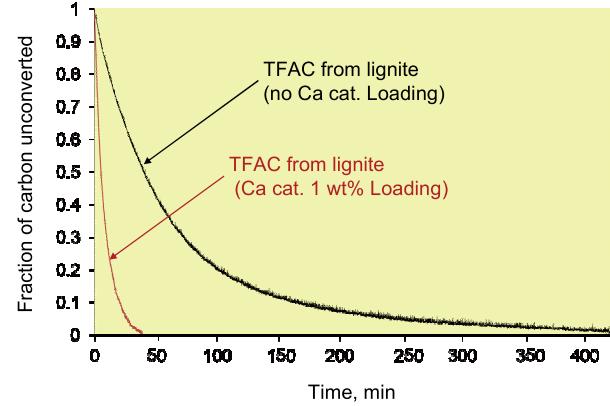


図4. Ca触媒の担持によるTFAC水蒸気ガス化の迅速化と反応時間の大縮短

2.4 タスク 4：接触水熱ガス化（工藤、則永、Mutia、林）

2.1 に述べた水熱処理、2.2 に述べたマイルド熱分解では、いずれも有機物を比較的高濃度で含有した水相が発生する。

この水相は水蒸気改質（合成ガス製造）に適しているが、従来法は、反応熱に加えて多量の水の蒸発潜熱に相当する熱供給が必要であるため、冷ガス効率を高めることができない。これに対して、水相を亜臨界状態で適切な触媒と接触することにより、水熱ガス化が300°C程度の低温でも迅速に進行する。バイオマス熱分解由来の水相（TOC = 10,000 ppm）を原料とする水熱ガス化では、新規に開発したPt-Ni/C複合触媒を用いて、350°Cで99.95%以上のガス化率（反応後の水のTOC < 5 ppm）を達成した。この成果を踏まえて接触水熱ガス化を他の原料にも適用し、Ni/C系触媒（図5）および他の炭素担持金属触媒を用いることにより、ジャトロファ油からのパラフィン合成（メタノール、水素不要の燃料油合成）、アルカリ溶解リグニン・褐炭からの合成ガス製造に成功した。

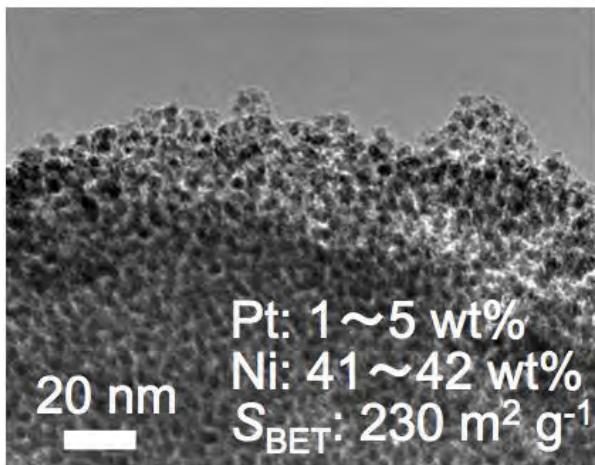


図5. 接触水熱ガス化のために調製した炭素担持Pt-Ni触媒

2.5 タスク5: コークス・炭素材製造(林、尹、宮脇、持田)

褐炭、バイオマスからの高強度コークス製造およびLiイオン電池電極材製造法の開発に取り組んだ。褐炭粒子を100°C以上に加熱しながら機械的圧力を加えると粒子の可塑化と合一（癒着）が進行して緻密なブリケット（成型炭）が調製できること、このブリケットを常法によって炭化すると、高品位炭から現行法によって製造されるコークスの2~7倍の強度を有するコークスを製造できることを明らかにした。この熱間成型・炭化法を2.2に述べた水熱処理（200°C、高分子鎖の物理的な再編成）を施した褐炭に適用すると、処理を施さない常法による乾燥褐炭よりも2~3倍の強度を有するコークスを製造できることも示した。水熱処理-熱間成型・炭化はバイオマスにも適用でき、条件を最適化すると現行コークスの10倍近い強度を有するコークスを製造することができた。木質バイオマスを適切な温度と雰囲気で長時間加熱して得た炭化物は、市販のLiイオン電池用電極材に近い性能（放電容量、初期効率）を示すことを明らかにした。

2.6 タスク6: バインダーおよび炭素繊維原料の製造(尹、宮脇、持田)

バイオマスの熱分解によって得られるバイオオイルは含酸素官能基に富み、このうちメチロール基は架橋の前駆部位であり、バイオオイルの自己硬化を促進する。そこで、メチロール基をはじめとする含酸素官能基の除去と、これに加えて他の安価なオイルを共炭化剤として添加することによって、軟化温度上昇と長時間の熱安定性を実現し、バインダーピッチあるいは炭素繊維用前駆体ピッチを高い収率で調製することに成功した。



図6. 褐炭の熱間成型・炭化法によって調製した高強度コークス

3. シーケンシャル改質

2.に述べた褐炭・バイオマスの改質・転換プロセスは、これらを組み合わせることによって高付加価値の燃料や素材、材料が次々と連鎖的に生み出されるシステムを構築することができる。褐炭やバイオマス資源が産出、集積するサイトに応じて最適なシステムを提示すること、さらに、周辺のインフラや経済状況に応じてシステムの拡張（多製品化）やその逆の縮小も可能である。図7にポリジエネレーションの全体スキームを描いた。タスク7では、個々のプロセスと全体システムの物質取支、熱・エネルギー効率の検討を実施している。

4. おわりに

本研究では、褐炭・バイオマスのシーケンシャル改質・転換のコンセプトに立脚して想定システムの中で機能するモジュールプロセスの開発を進めてきた。これまでにインドネシア国内における二度のワークショップ等を含めた产学あるいは産学官連携体制を構築にも取り組んできた。今後は、確立した科学基盤に基づくパイロット規模試験研究、実証研究へと移行し、インドネシアと我が国に跨がるシーケンシャル改質・転換システムの実装を目指したい。

研究特集「プロジェクト研究紹介」

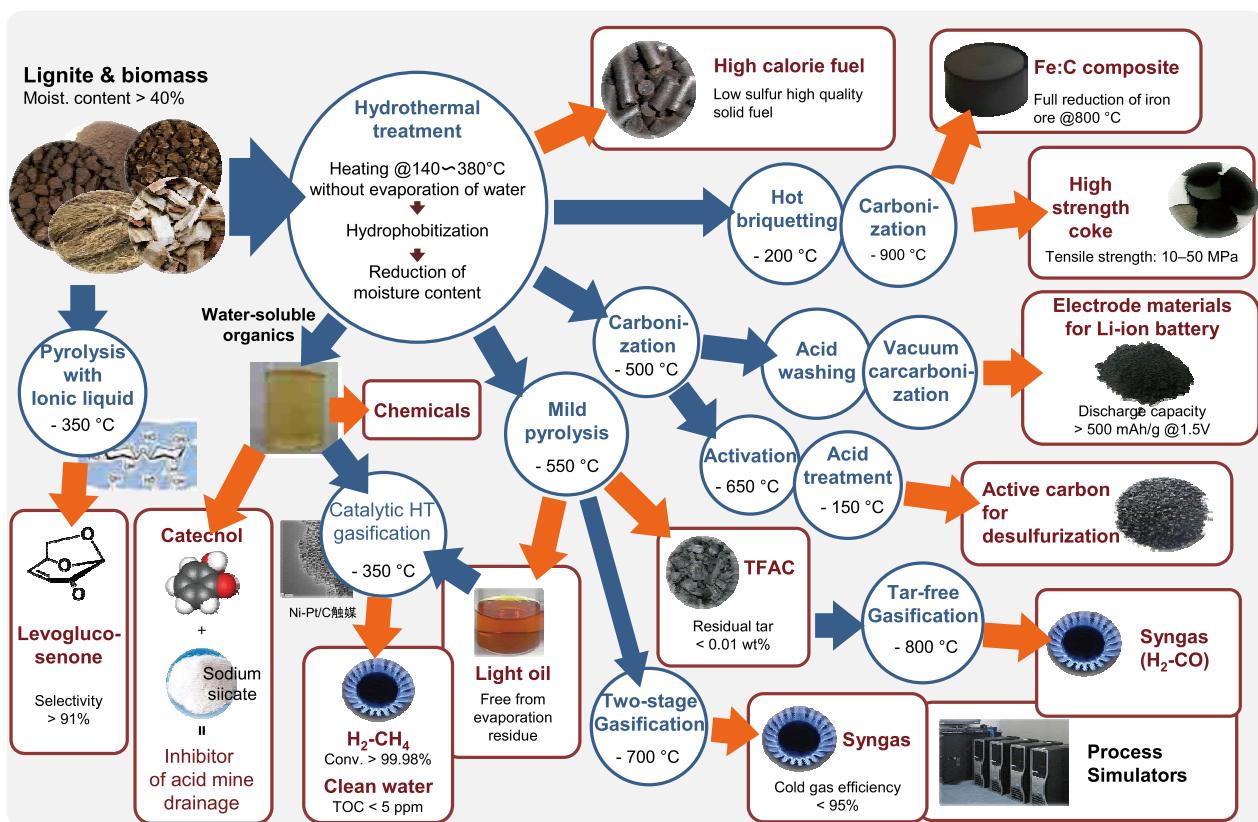


図7. 本研究において開発したプロセスを組み合わせた褐炭・バイオマスのシーケンシャル改質・転換システムの例

事業推進担当者 の研究紹介

炭素資源利用学

分子触媒による省資源・省エネルギー・低環境負荷有機・高分子合成	25
永島 英夫 九州大学 先導物質化学研究所 分子集積化學部門	
バイオマスおよび低品位炭の改質研究	27
平島 剛 九州大学 大学院工学研究院 地球資源システム工学部門	
非在来型資源開発と CCS に関する研究	28
佐々木 久郎 九州大学 大学院工学研究院 地球資源システム工学部門	
未利用温排水の回生技術の開発研究	30
深井 潤 九州大学 大学院工学研究院 化学工学部門	
熱 - 電気直接エネルギー変換のための熱電変換材料の研究	31
大瀧 倫卓 九州大学 大学院総合理工学研究院 エネルギー物質科学部門	
ナノカーボン材料の創製と応用	32
吾郷 浩樹 九州大学 先導物質化学研究所 融合材料部門	
ポストリチウムイオン電池の研究	34
岡田 重人 九州大学 先導物質化学研究所 先端素子材料部門	
ガス化を核とする低品位炭素資源からの高効率ポリジェネレーションに関する研究	36
林 潤一郎 九州大学 先導物質化学研究所 先端素子材料部門	
炭素資源の高効率利用と機能性炭素材料の開発	38
尹 聖昊 九州大学 先導物質化学研究所 先端素子材料部門	
炭素資源の効率的変換法の開発	39
友岡 克彦 九州大学 先導物質化学研究所 分子集積化學部門	
電気光学光導波路の研究	41
横山 士吉 九州大学 先導物質化学研究所 先端素子材料部門	

炭素資源環境学

自動車排ガス浄化触媒に関する研究	43
寺岡 靖剛 九州大学 大学院総合理工学研究院 エネルギー物質科学部門	
環境関連機能デバイス・材料	45
三浦 則雄 九州大学 産学連携センター プロジェクト部門	
環境・生体関連高感度分子計測の研究	47
原田 明 九州大学 大学院総合理工学研究院 エネルギー物質科学部門	
室内環境の公衆衛生工学研究	48
伊藤 一秀 九州大学 大学院総合理工学研究院 エネルギー環境共生工学部門	
東アジア域の大気環境変動の研究	49
鶴野 伊津志 九州大学 応用力学研究所 地球環境力学部門	
大気エアロゾルの環境への影響評価	51
竹村 俊彦 九州大学 応用力学研究所 地球環境力学部門	
海洋観測用水中ビーカーに関する研究	52
中村 昌彦 九州大学 応用力学研究所 地球環境力学部門	
インドネシアの石炭鉱山での捨石集積場における酸性坑廃水に関する研究	54
松井 紀久男 九州大学 大学院工学研究院 地球資源システム工学部門	
環境保全およびエネルギー回収技術の開発研究	55
峯元 雅樹 九州大学 大学院工学研究院 化学工学部門	
環境経済学の理論研究およびアジア中小企業の省エネルギーに関する調査研究	56
藤田 敏之 九州大学 大学院経済学研究院 経済工学部門	
石炭ガス化、CO ₂ 回収の研究	58
藤岡 衍一 福岡女子大学・国際文理学部環境科学科	
環境汚染物質の光分解に関する研究	59
草壁 克己 崇城大学工学部ナノサイエンス学科	

事業推進担当者の研究紹介

炭素資源利用学

分子触媒による省資源・省エネルギー・低環境負荷有機・高分子合成

永島 英夫 九州大学 先導物質化学研究所 分子集積化学部門



【概要】遷移金属錯体触媒による有機・高分子合成反応は省資源・省エネルギーでの「もの創り」の鍵になる科学技術であるが、反応が均一系でおこなわれることから生成物に残留する金属が環境負荷、あるいは、生体安全性に問題を残している。元素戦略に基づく、低環境負荷触媒の開発において、高活性触媒の開発、触媒の自動離、鉄触媒の利用、に新しい知見を得た。

【研究背景】

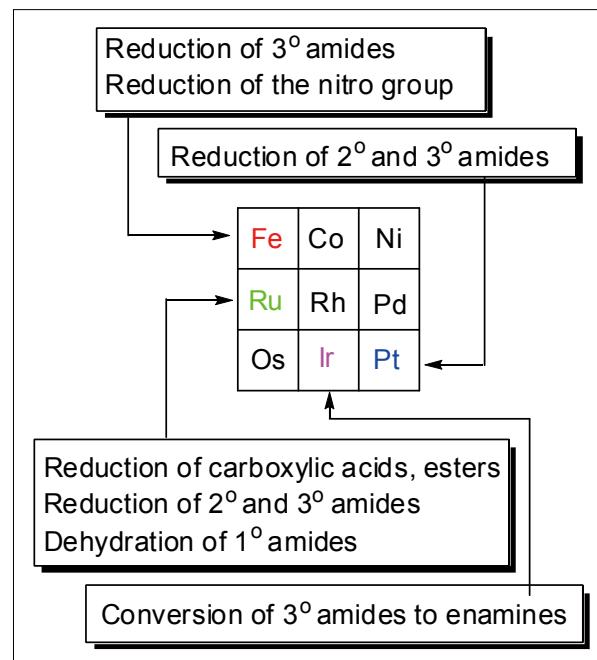
現代の人間の生活に、プラスチック、医農薬等の化学製品がなくてはならないものになっている。これらの多くは炭素資源、とくに石油が原料となっており、その効率的な化学変換で、様々な構造や機能をもつ有機・高分子物質が製造されている。このような物質製造プロセスに必須なのが、ごく少量の添加で化学反応の活性化工エネルギーを引き下げる触媒であり、とくに、溶液中で有機金属錯体を用いる分子触媒プロセスはファインケミカル合成に必須のものとなっている。活性や選択性に優れる分子触媒であるが、反応終了後の触媒の生成物からの分離が環境負荷、生体安全性の面から、および、実用的視点からはコストの面から課題とされている。本研究室では、「元素減量」、「元素循環」、「元素代替」からなる「元素戦略」でこの課題を解決する触媒、触媒反応開発をおこなっている。

【元素減量・多様な元素を含む高活性触媒の開発】

窒素を含む有機化合物にアミド、アミンがある。アミドの還元による反応は、アミンの重要な合成法であるが、従来法は発火性の試薬を用いる、反応条件が過酷である、といった欠点を持っていた。本研究室では、安全な試薬であるヒドロシランを還元剤としたアミドのアミンへの変換反応をルテニウム錯体触媒を用いて達成している。新しい成果は、この反応系の他金属への展開であり、白金触媒は従来ヒドロシラン還元活性を持たないとされていたが、Si-H基を2つ分子内に有するヒドロシランを用いると、市販の白金塩で容易にアミドの還元が達成できることを見出し、実用性のあるアミド還元法を実現した。一方、イリジウム錯体触媒を用いると、同じアミド原料からアミンではなくエナミンの合成が可能となった。このイリジウム触媒は高い活性を持ち、われわれの実験でのチャンピオンデータは、1ppmの触媒でのエナミン合成を達成している。

【元素循環・反応終了後に自動的に触媒が分離できる反応の開発とシロキサン樹脂固定化触媒への展開】

分子触媒を医薬品合成の最終段階に応用する際、反応後処理後の金属残留量の目安として、貴金属では、経口投与で5ppm、静脈注射で0.5ppmという目安がある。われわれは、2005年にアミドをルテニウム触媒



多様な元素を含む触媒的シラン還元

存在下でヒドロシラン還元する際、シロキサンポリマーであるポリメチルヒドロシロキサンを用いると反応が進行するとともに不溶性のシリコーンゲルが生じ、その樹脂の中に用いた金属触媒が完全に取り込まれて生成物から自動分離することを見出した。この自動分離は前述の白金やイリジウム触媒でも達成されている。新しい発見は、シリコーンゲルに内包された金属種は触媒活性を保っていることである。言い換えれば、金属種でポリメチルヒドロシロキサンと適当な架橋剤でシリコーンゲルを触媒的に合成すると、触媒活性をもつ金属種が不溶性のシリコーンゲルに固定化されることを示している。これは固定化触媒という、ろ過のみで分離回収再利用が可能な触媒を簡便に合成する手法となる。アミドは、ルテニウム触媒存在下でポリメチルヒドロシロキサンの酸素架橋によりシリコーンゲルを与え、アミドのヒドロシラン還元に活性を持つが、ゲルの耐久性は小さい。そこで、架橋剤としてジオールを用いる方法を見出し、ルテニウムを内包したエチレンジオキシ架橋ゲルがアルケンの異性化反応に繰り返し再利用可能である触媒を開発した。白金触媒ではジエンが架橋剤となり、ニトロアレンの水素化反応の繰り返し再利用可能な触媒が合成できる。架橋部に他の金属が配位できる官能基を組み込む手法も、銅塩の組み込みを例に達成し、原子移動ラジカル環化反応や不斉シクロプロパン化反応における触媒の回収再利用を達成している。

【元素代替・鉄触媒反応の開発】

金属錯体を用いる分子触媒反応の活性中心は、配位子にとりかこまれた遷移金属種である。多くの遷移金属の中で、白金、パラジウム、ロジウムといった貴金属は多くの工業的な触媒プロセスに応用されている。しかしながら、これらは高価で資源制約にさらされている。鉄は豊富に、かつ、地球上にあまねく存在し、安価で、環境負荷、生体への毒性もない。すべての触媒を鉄に転換できれば、資源量、コスト、環境負荷すべてを満足する理想的な触媒反応が可能であるが、鉄はスピノもつために触媒設計が極めて難しい。われわれはこの問題に錯体化学と有機・高分子合成化学の手法を駆使して挑戦しているが、この5年間の間に、鉄カルボニル触媒を用いるアミドのヒドロシラン還元の達成、鉄触媒を用いるクロスカップリング反応の反応機構の解明、原子移動型ラジカル反応に最適な回収再利用可能な鉄触媒の開発に成功している。これらは、触媒の構造解析、反応機構解析を伴う鉄触媒反応であり、世界的にも高いレベルにある。

【将来展望】

分子触媒反応の有機・高分子合成に果たす役割は大きく、とくに少量の触媒を添加するのみで低消費エネルギーで、炭素資源に由来するもの創りが達成できることは特筆すべき利点である。本研究では、これに元素減量、元素循環、元素代替という手法で、分子触媒の問題点であった生成物に残留する金属の環境負荷低減と生体安全性を付与することに成功している。効率的な炭素資源の利用と環境保全をめざす新炭素資源学の目標の1つを具体的に実現したことは意義があり、今後のさらなる展開を期している。最後に、本研究の達成には、6名のCOEコース生（花田、高崎、野田、堤、原田）が中心的役割を果たしてくれたことに感謝する。

発表論文、学会発表など

- 1) Hanada, S. ; Tsutsumi, E. ; Motoyama, Y. ; Nagashima, H. *J. Am. Chem. Soc.* **2009**, *131* (41), 15032-15040.
- 2) Motoyama, Y. ; Nishikata, T. ; Nagashima, H. *Chem. Asian. J.* **2011**, *6*, 78-82.
- 3) Noda, D. ; Sunada, Y. ; Hatakeyama, T. ; Nakamura, M. ; Nagashima, H. *J. Am. Chem. Soc.* **2009**, *131* (17), 6078-6079.
- 4) Sunada, Y. ; Kawakami, H. ; Imaoka, T. ; Motoyama, H. ; Nagashima, H. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2009**, *48*, 9511-9514.

事業推進担当者の研究紹介

炭素資源利用学

バイオマスおよび低品位炭の改質研究

平島 剛 九州大学 大学院工学研究院 地球資源システム工学部門



【概要】 インドネシアには褐炭、ピート（泥炭）、バイオマスなどの高水分、低品質炭素資源が大量に存在しているが、自然発火や開墾のための火入れによる二酸化炭素発生源や、石炭中に含まれる黄鉄鉱に起因する酸性鉱山廃水発生源になつたりしている。本研究では、これら低品質炭素資源の有効利用に関する研究を行った。

本研究では、アジア圏に大量に賦存するものの高水分のためそのままでは燃料として利用困難な各種バイオマスおよび低石炭化度炭（泥炭、褐炭、亜瀝青炭）を水熱処理により脱水・改質し、改質液中のケミカルズの有効利用、固体残さの燃料化について検討を行う¹⁻³とともに、石炭の微生物を用いた脱硫法⁴、燃焼灰の有効利用法⁵などについても検討した。改質実験は、内容積500mLのオートクレーブを用いて、反応温度200-380℃、反応時間30minの条件にておこなった。その結果、原料により処理温度ごとの産物歩留まりは変化し、固体燃料として好ましい特徴を有する産物が得られた。すなわち、バイオマスを原料とした場合、固体産物の炭素含有率は約50wt%から80wt%に増加し、一方酸素含有率は大幅に減少したため、発熱量は約20 MJ/Kgから30 MJ/Kgへ大きく増加した。更に、平衡含水率は相対湿度によらず、3~4wt%以下となり、低吸湿性となることも分かった。また、この時のバイオマス構成成分の分解挙動について調べたところ、200℃（近傍）ではバイオマス構成成分のうちヘミセルロースが、250℃（近傍）ではセルロースが主に分解されることが分かり、液成分として、200℃近傍では、ヘミセルロース分解物であるフルフラールや酢酸が、250℃付近では5-HMFが効率よく生成することを見出した。また、特にフルフラールについては、活性炭吸着により効率よく分離回収できることも分かった。反応温度や時間を制御しながら、多段階の反応を行うことにより、より効率的なバイオマス利用プロセスが構築出来る可能性も見出した。処理過程にともなう改質機構を、溶液分析及び固体のFT-IRおよび¹³C-NMR分析などから考察した。また、石炭化度の大きく異なる泥炭、褐炭、亜瀝青炭を用いた場合には、石炭化度の高いものほど改質後の収率は高くなること、産物の性状は、改質温度が同じであれば、単独試料および混合試料ともに上記の結果とほぼ同様な改質結果となることを明らかにした。さらに、ベンチスケールの連続改質により得られる産物性状は、上記回分試験結果から予測できること、低品位炭改質液にはカテコールが含まれており黄鉄鉱の溶解を抑制するのに利用でき酸性鉱山廃水抑制が可能であることを明らかにした。

発表論文、学会発表など

- 1) Nonaka, M., Hirajima, T., Sasaki, K., Fuel, 90 (8), pp. 2578-2584(2011)
- 2) Mursito, A.T., Hirajima, T., Sasaki, K., Fuel 89 (3), pp. 635-641(2010)
- 3) Yuliansyah, A.T., T. Hirajima, Kumagai, S., Sasaki, K., Waste Biomass Valor 1, pp.395–405(2010)
- 4) Farahat, M., Hirajima, T., Minerals Engineering, 36-38 , pp. 242-247(2012)
- 5) Hirajima, T et al., International Journal of Mineral Processing, 95 (1-4) , pp. 18-24(2010)

非在来型資源開発と CCS に関する研究

佐々木 久郎 九州大学 大学院工学研究院 地球資源システム工学部門



[概要] 新炭素資源学に関わり、鉱物資源の開発や非在来型資源であるメタンハイドレートやオイルサンド等の重質油の原位置生産手法の研究のほか、二酸化炭素回収・貯留 / 利用 (CCS/CCU) を目標とした CO₂ や微生物を利用する石油・石炭層ガスの増進回収法および地下の温熱環境制御などの研究を実施した。

近年の鉱物資源の開発においては、例えば水平坑井などのブレークスルー的な坑井掘削技術によってオイルサンドやシェールガスなどの非在来型資源が新たな在来資源に組み込まれ、商業生産に移行している。地下や海底下に賦存する鉱物資源やエネルギー資源を地上まで採掘する工学が「資源開発工学」である。その教育・研究内容は、鉱物品位・貯留分布から資源賦存量（鉱量あるいは貯留量）の推定手法、掘削・運搬システムなどを含めた経済性、安全性および環境保全に配慮した資源開発システムが主な対象となっている。

地球資源システム工学部門・資源開発工学研究室における鉱物資源開発に関わる研究課題は以下のとおりである。

- メタンハイドレート層からのメタンガス生産（図 1）
- 重質油やオイルサンドの原位置生産技術
- 微生物を利用した石油資源の生産技術
- 石炭の自然発火などの発熱・ガス化に関する数値モデル
- レーザガス法による地下通気網の計測と解析手法の開発
- 地球統計学による地質推計とオープンピット鉱山の最適化

また、地球の気候変動抑制に関わる課題として、大規模排出源で回収した CO₂ を地下に貯留する (CCS) および CO₂ をエネルギー資源などの増産に利用する (CCU) に関わる以下の研究を進めている。

- 二酸化炭素回収利用技術 (CO₂-EOR や CO₂-ECBM など)
- CCS による貯留層からの CO₂ 漏洩モニタリング技術（図 2）
- 経済活動と二酸化炭素の排出量との相関関係
- 大気中からの直接的な二酸化炭素の大気回収 (CO₂-Air Capture) と地下貯留サイトの選定スキーム（図 3）
- さらに、鉱山やトンネルの地下空間利用の高度化を目的とした温熱環境制御を実施している（図 4）。

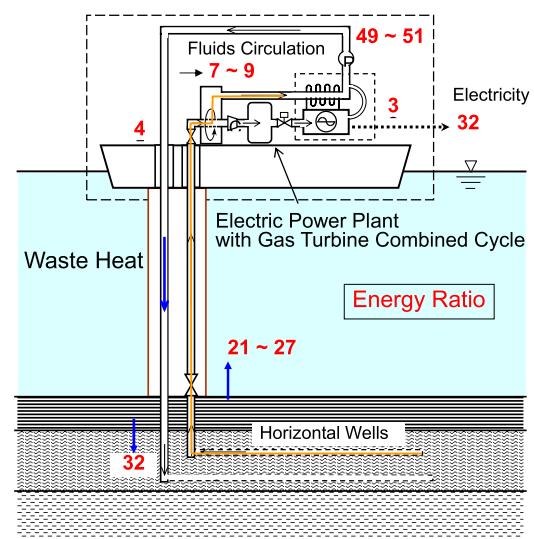
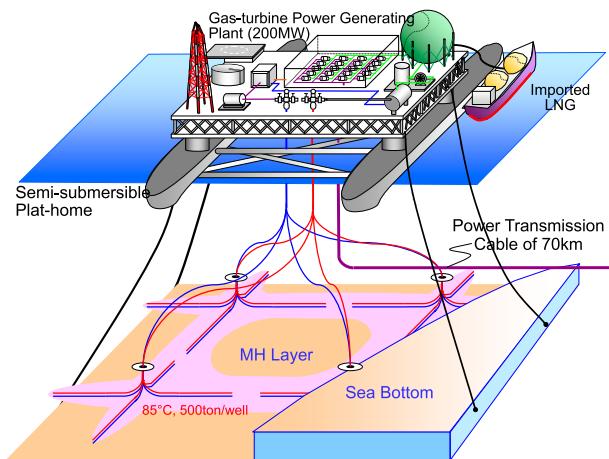


図1 統合化したメタンハイドレート層からのガス生産・発電・送電システム（上）および発電廃熱をハイドレート分解熱に利用する閉じた熱サイクルの開発（下）⁵⁾ (MH21委託研究)

事業推進担当者の研究紹介



図2 CO₂ナチュラルアナロジー試験フィールド (INAS) の構築と浅層花崗岩層における漏洩CO₂のモニタリングに関する研究¹⁾ (九州大学伊都キャンパス西地区共同利用スペース, H22-23九州大学P&P研究)

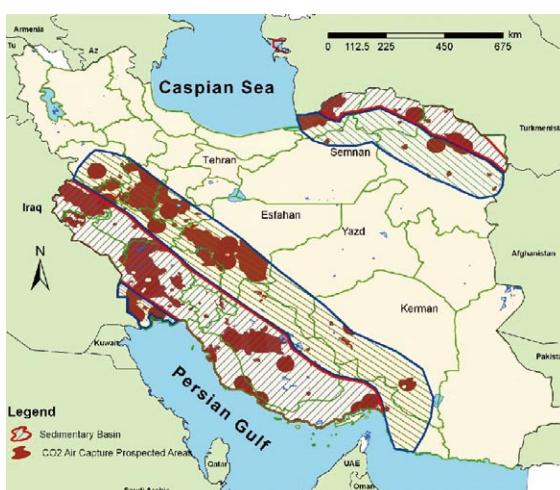


図3 GISを利用したCO₂大気回収・地中貯留サイトのイラン国での候補地の抽出^{3),4)}

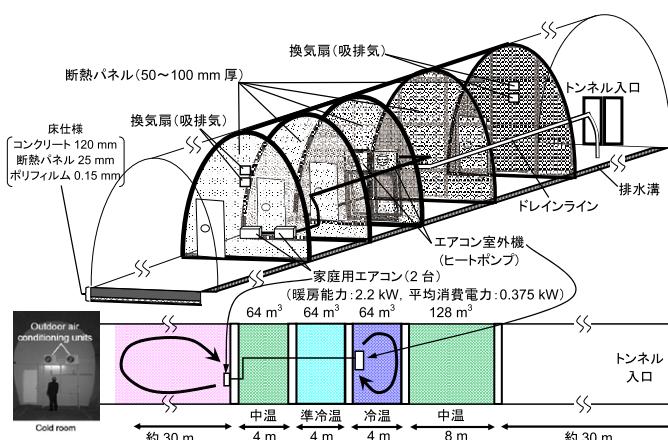


図4 未利用トンネルを利用した貯蔵空間の温熱環境制御実施例²⁾ (鳩川トンネル、H20-22唐津市との共同研究)

発表論文、学会発表など

- 1) 佐々木・菅井, 地下に貯留した二酸化炭素の地表面への漏出の早期検出装置および方法, 特願 2012-2228408 (2012).
- 2) Y. Sugai and K. Sasaki, et al., *Tunnelling and Underground Space Technology*, 32, 180 (2012).
- 3) A. Yousefi-Sahzabi, K. Sasaki, Y. Sugai,, *WIT Trans. on Ecology and Environment*, 157-1, 525 (2012).
- 4) A. Yousefi-Sahzabi, K. Sasaki, Y. Sugai, et al., *Journal of Cleaner Production*, 19, 1982 (2011).
- 5) K. Sasaki, S. Ono, Y. Sugai, et al., *J CPT (SPE)*, 48-10, 21 (2009) .

未利用温排水の回生技術の開発研究

深井 潤 九州大学 大学院工学研究院 化学工学部門



[概要] 工場で排出される低温排水を水蒸気に回生・再利用するために新原理の吸着式ヒートポンプを提案し、ラボスケール装置のサイクル運転で水蒸気が生成することを実証した。また、開発目標を明確にするために、本システムの最大理論蒸気生成量、最適サイクル時間などを推算する理論モデルを構築した。

我が国のエネルギー消費の4割は産業部門で、そのうちの6割以上が化学産業と鉄鋼によるものである。投入されたエネルギーの約6割は排熱として環境中に放出されており、80°C以下の低温排水、200°C以下の中低温排ガスの再利用は進んでいない。このような環境温度に近い排熱利用は、エネルギー有効利用のための基盤技術として位置づけられており、以前から様々な原理の技術開発が進められてきた。その中で、吸収式ヒートポンプによる冷熱生成、デシカント空調などにおける吸収材や吸着材の再生に排熱を利用する技術は確立されつつある。その一方で、工場では蒸気需要が多いにもかかわらず、排熱を利用した蒸気生成ヒートポンプの開発は遅れている。本研究では、従来の吸着式ヒートポンプの弱点を克服した新システムの開発という学術的な意味合いも含めて、低温排水から150~180°Cの蒸気を回生する吸着式ヒートポンプの開発を行っている。

吸着式ヒートポンプの基本原理では、吸着材の再生では反応器を減圧すると同時に脱着に必要な熱を反応器外部から補給する。また、吸着においてもその時放出される熱を反応器外部へ放出しなければならない。このような操作を行うために反応器内に熱交換器が設置されているが、この熱交換器を通しての吸脱着熱の熱輸送速度の遅さを克服することが吸着式ヒートポンプの大きな課題の一つとされてきた。著者らも長年この熱輸送速度改善という課題に取り組んできたが、本研究では、熱交換器を反応器から取り外した新しい原理の吸着式ヒートポンプの原理を提案し、ラボスケールでの実証試験を行っている。

その結果、サイクル運転によって約80°Cの温水から約140°Cの水蒸気が生成できることを実証するに至っている。また、本研究目的に適した吸着材のゼオライトの選定、理論解析モデルの構築などを通して、蒸気生成量の最大理論値、最適なサイクル時間などを推算できるに至っている。実験値を理論値へ近づけるために克服すべき課題も多いが、吸着式ヒートポンプの新たな作動原理の有効性を確認できたことは大きな成果である。

発表論文、学会発表など

- 1) E. Oktariani et al., *Proc. 6th Int'l Symp. of Novel Carbon Res. Scie.*, Fukuoka (2010)
- 2) E. Oktariani, *Int. J. Energy Research*, (2011)
- 3) 中曾浩一 et al., エネルギー資源学会論文誌, 32, 9 (2011)
- 4) B. Xue et al. *Chem. Eng. Japan*, 45, 408 (2012)

事業推進担当者の研究紹介

炭素資源利用学

熱-電気直接エネルギー変換のための 熱電変換材料の研究

大瀧 倫卓 九州大学 大学院総合理工学研究院 エネルギー物質科学部門



[概要] 社会の至る所で発生し捨てられている廃熱エネルギーの有効利用を目的として、高温大気中で安定で、環境に優しく安価で安全な酸化物熱電変換材料の開発を進めている。実用デバイスを指向した酸化物セラミックス材料において、ナノ構造制御や複合ドーピングによる材料開発を推進しており、n型、p型とも世界最高性能を報告している。

現代社会における一次エネルギー供給の約2/3は、有効に利用されることなく廃熱として環境に捨てられている。しかし、この膨大な廃熱エネルギーは、個々は小規模で希薄に分散しており、さらにエクセルギーが低い（環境温度との差が小さい）という低質なエネルギーであるため、利用することが難しい。固体素子によって温度差を電力に直接変換する熱電変換は、小型軽量化が容易で信頼性が高く、微小な温度差でも発電可能なので、未利用廃熱エネルギーの新たな有効利用技術として化石燃料の消費量やCO₂排出量の削減に貢献できると注目されている。既存の熱電材料はBi, Te, Pbなどの重元素の合金や化合物で、耐熱性が低く、有毒で稀少な元素を用いるものが多く、材料合成にも多くのエネルギーを必要とする。我々は、耐熱性に優れた酸化物熱電材料の開発を世界に先駆けて開始し、CaMnO₃系やZnO系などの有望なn型酸化物材料を初めて見出すと共に、p型層状コバルト酸化物においてもプロセシングやドーピングの改良により、実用的なセラミックス材料において優れた熱電性能を見出している。特に、ZnO系やCa₃Co₄O₇系の複合ドーピングにより、自発的にナノコンポジット構造が形成される事を見出し、n型、p型ともバルク酸化物としての世界最高性能を報告している。このようなナノレベルの構造制御は、従来からのミクロンオーダーの構造制御よりはるかに微細なサイズ領域に踏み込むことにより、バルク材料の熱電性能を飛躍的に向上させる可能性を秘めている。電気伝導と熱伝導の独立制御という熱電変換材料研究の究極の目標に向けて、酸化物特有の結晶構造と伝導機構の多様性に着目しつつ、新規材料の探索研究も含めた多方面展開を進めている。

発表論文、学会発表など

- 1) M. Ohtaki and S. Miyaishi, *J. Electron. Mater.*, **42**, in press. (2013).
- 2) N. V. Long, M. Ohtaki, T. Matsubara, C. M. Thi, M. Nogami, *J. Phys. Chem. C*, **116**, 12265 (2012).
- 3) T. Sugahara and M. Ohtaki, *Appl. Phys. Lett.*, **99**, 062107 (2011).
- 4) N. V. Nong, N. Pryds, S. Linderoth, M. Ohtaki, *Adv. Mater.*, **23**, 2484 (2011).
- 5) M. Ohtaki, K. Araki, K. Yamamoto, *J. Electron. Mater.*, **38**, 1234 (2009).

ナノカーボン材料の創製と応用

吾郷 浩樹 九州大学 先導物質化学研究所 融合材料部門



[概要] ナノスケールで規則的な構造を有するナノカーボンは、従来の炭素材料にはないユニークな物性や優れた特徴を示すことから、エレクトロニクスの新材料として期待されている。本研究では、グラフェンとカーボンナノチューブの構造制御法の開発を通じて、集積化やフレキシブルデバイスなどへの応用の可能性の探索を行った。

1. はじめに

カーボンナノチューブ、グラフェンに代表されるナノカーボン材料は、非常に高いキャリア移動度に加え、透明性や機械的柔軟性などシリコンデバイスでは難しいユニークな特性が得られることから、新規なエレクトロニクス材料として大きな期待を集めている。今後のデバイス応用のためにには、ナノチューブでは直径や方向、グラフェンでは層数やエッジの状態など高度な制御が必要となる。本プログラムでは、新たな「カーボンエレクトロニクス」の実現を目指して研究を行った。

2. カーボンナノチューブ

カーボンナノチューブでは位置と方向の制御、さらには電子構造を決定するカイラリティの制御は非常に重要な課題である。2005年に、我々はサファイア単結晶表面で单層カーボンナノチューブ(SWNT)が自己組織的に水平方向に配向成長することを見出した。この知見をさらに発展させ、成長位置を触媒のパターニングで、方向をサファイアの結晶面で制御することに成功した(図1(a,c))。さらに、成長中の折り曲げや二方向成長(図1(b))なども実現した。また半導体的なSWNTでは良好なトランジスタ特性を得ている(図1(d))。さらに、ナノチューブのカイラリティの制御を目的として、成長条件の探索を行い、超高真空中でのアニーリングによって触媒粒径を

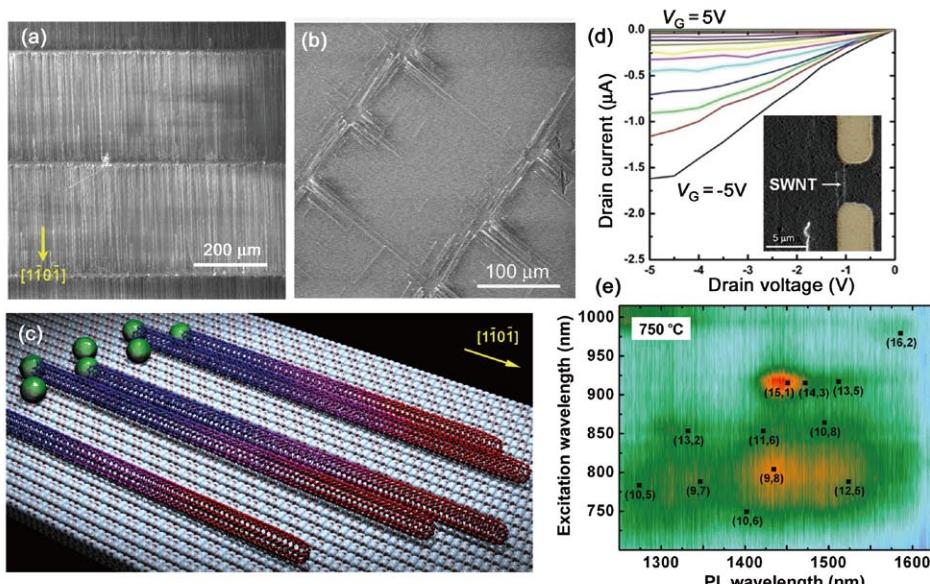


図1 (a) ライン状の触媒パターンからサファイア上に水平に成長したSWNTのSEM像。(b) 二方向に成長させたSWNT。(c) サファイア上の水平配向SWNTのイラスト。(d) 1本の半導体SWNTを用いたトランジスタの特性。(e) 水平配向SWNTからの近赤外発光マッピングによるカイラリティの同定の結果。

事業推進担当者の研究紹介

均一にすることでナノチューブの直径も高度に制御できることを見出した。近赤外フォトルミネッセンス測定からは、サファイアの結晶面に依存した SWNT のカイラリティ分布の違いも観測しており（図 1 (e)）、ナノチューブのカイラリティ制御に向けた研究が着実に進展した。

3. グラフェン

グラフェンは 2004 年にグラファイトから剥離して得られた比較的新しい材料である。最近は大面積に転写可能な膜が安価に合成できることから化学蒸着法（CVD 法）が活発に研究されるようになってきた。通常は図 2 (a) に示すように多結晶の金属膜が利用されているが、金属の多結晶性を反映して多数の小さなドメインからなる多結晶グラフェンが生成される。このような多結晶グラフェンでは、ドメインバンダリーがキャリア移動度や機械的強度の低下につながってしまう。そこで本研究では、図 2 (b) のように単結晶基板上にエピタキシャルに金属膜を堆積させ、さらにその上にエピタキシャルにグラフェンを成長させることを目指した。その結果、図 2 (c) に示すように層数が均一で六員環の方位が揃った極めて高品質なグラフェンを合成することに世界で先駆けて成功した。また、Cu (111) と Cu (100) を用いたグラフェン成長についても検討を行い、ミクロなドメイン構造が金属触媒の結晶面に大きく依存することを明らかにした（図 2 (d,e)）。さらに、最近ではグラフェンにバンドギャップを与えるため、一次元状の細長いグラフェンであるナオリボンの選択的な合成や加工を検討するとともに、グラフェンによるフレキシブルデバイスを目指して図 2 (f) のようにゴム上に転写したグラフェンの物性や利用についても研究を展開している。

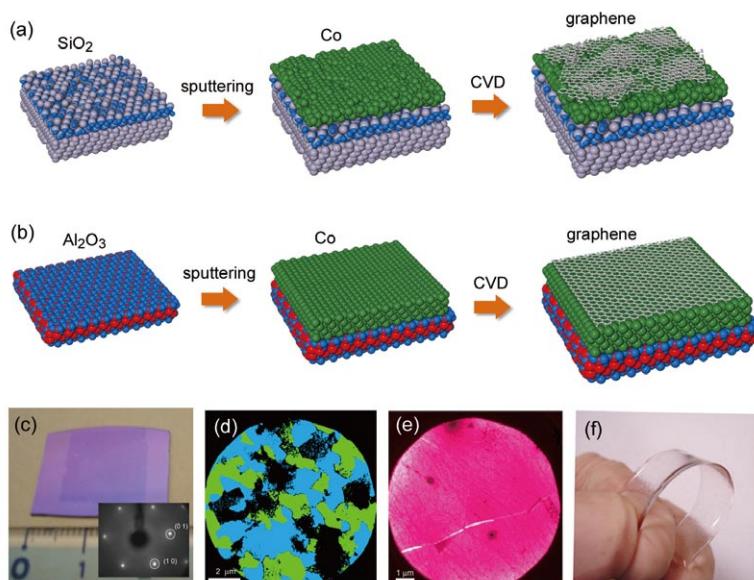


図2 (a) 従来の多結晶金属触媒と (b) ヘテロエピタキシャル金属触媒を用いたグラフェンのCVD成長のスキーム。(c) シリコン上に転写した単層グラフェンと電子回折像。(d) Cu (100) と (e) Cu (111) 面上に成長したグラフェンのドメイン構造。(f) フレキシブルな透明基板に転写した単層グラフェン。

4. おわりに

ナノカーボンは電気的・機械的・熱的に興味深い材料であり、炭素材料の高機能化・高度利用という面で非常に期待される材料である。我々の先駆的な研究は、若手研究者向けの大型予算である「最先端・次世代研究開発支援プログラム」の採択へつながっており、今後より一層研究を進める所存である。

発表論文、学会発表など

- 1) N. Ishigami, H. Ago, T. Nishi, K. Ikeda, M. Tsuji, T. Ikuta, K. Takahashi, *J. Am. Chem. Soc.*, **130**, 17264 (2008).
- 2) H. Ago, Y. Ito, N. Mizuta, K. Yoshida, B. Hu, C. M. Orofeo, M. Tsuji, K. Ikeda, S. Mizuno, *ACS Nano*, **4**, 7407 (2010).
- 3) H. Ago, I. Tanaka, C. M. Orofeo, M. Tsuji, K. Ikeda, *Small*, **6**, 1226 (2010).
- 4) Y. Ogawa, B. Hu, C. M. Orofeo, M. Tsuji, K. Ikeda, S. Mizuno, H. Hibino, H. Ago, *J. Phys. Chem. Lett.*, **3**, 219 (2012).
- 5) M. A. Bissett, W. Izumida, R. Saito, H. Ago, *ACS Nano*, **6**, 10229 (2012).

ポストリチウムイオン電池の研究

岡田 重人 九州大学 先導物質化学研究所 先端素子材料部門



[概要]「蓄電立国」日本を代表する新規大型蓄電池の開発により、福島原発事故以降、逼迫する我が国の電力需給状況を解消することで、スマートグリッドという新産業構築と電力不足解消による震災復興という喫緊の国家課題の同時解決をめざすことが本研究テーマの目標である。

炭酸ガス排出量削減のためだけでなく、ナショナルセキュリティの観点からも化石燃料依存度を下げ、自然エネルギーによるエネルギー自給率を高める必要性がある。特に福島原発事故以降、我が国の電力は時間変動の激しい自然エネルギーへの依存度を高めざるを得ず、電力需給の時間的アンバランスが深刻化することは不可避となる。エネルギー変換効率の高い大型蓄電池によって電力使用量のピークシフト、ピークカットを実現することが我が国喫緊の課題となる背景がここにある。また、新型蓄電池はこれまで我が国の産業を牽引してきた半導体に変わる新しい産業の兆として電気通信から、自動車、ロボット、電力産業に至るまで幅広い範囲での波及効果が期待され、「蓄電立国」は新生日本を象徴する新たな国家アイデンティティーの1つと位置づけられている。

このような時代の要請を受ける形で、G-COE 発足から5年間にわたり、本研究は、複数の国家プロジェクトの支援を受け、主に下記4つのアプローチから次世代大型蓄電池の実現に向けた材料研究を展開中である。

1) 大型 Li イオン二次電池用新規レアメタルフリー正極材料の研究 [H19-23 年度 NEDO 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発 / 要素技術開発、H21-27 年度 NEDO 革新型蓄電池先端科学基礎研究事業]

現行 Li イオン二次電池に使われている LiCoO_2 に代表される第一世代の酸化物系正極材料には、Co や Ni 等のレアメタルの多用、4 値異常電子価状態の利用、高温時の酸素脱離といった、安全面、コスト面における材料レベルの本質的問題を多数抱えており、電気自動車や負荷平準化用大型 Li イオン二次電池の開発の足枷になっている。そこで①レアメタルフリー、②頂点骨格構造、③カウンターカチオンの電子吸引効果を物質設計指針に次世代正極材料探索を進めたところ、フッ化物ペロブスカイトという新しい正極物質群の中の FeF_3 (特開 2008-130265) にて 3Li コンバージョン反応による可逆充放電反応を確認し、現在、電気自動車用正極として最有力視されているオリビン型 LiFePO_4 (特許第 3484003 号) を大幅に凌ぐ 1000Wh/kg 達成のメドを得た(図 1¹⁾)。また FeF_3 は酸素を含まない組成のため、酸素脱離による発熱量が少なく、熱安定性に優れた正極であることを TG-DSC 測定にて確認した²⁾。

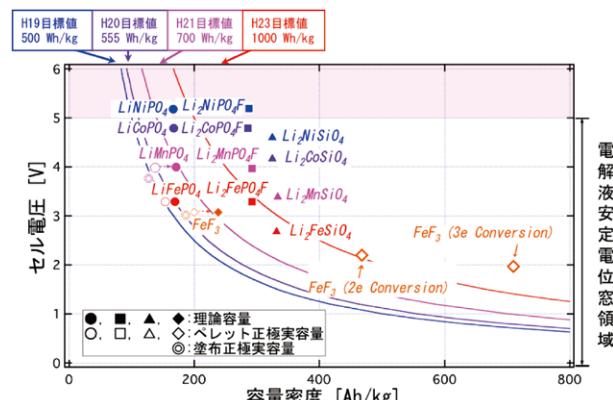


図1. 次世代正極材料候補

事業推進担当者の研究紹介

2) Na イオン二次電池の研究 [H21-25 年度文科省元素戦略]

正極の環境負荷低減の抜本策として、負極を Li から Na に置き換える試みがある。Na は Li より 3 衍以上埋蔵量が多く、最も環境負荷の小さな負極材料であるが、イオン体積が Li の 2 倍、原子量は 3 倍あるため、既存の Li イオン電池用無機系正極では挿入サイトが小さすぎる。Na に適したホストとして頂点共有骨格や二次元層状構造を持つ様々な物質探索を通じ、 NaFeO_2 に代表される数種類の鉄系 Na イオン電池用正極を見出してきたが、最近新たに金属を全く含まない有機系正極ロジゾン酸二ナトリウム $\text{Na}_2\text{C}_6\text{O}_6$ が極めて有望な Na イオン電池用正極であることを見出した（図 2³⁾）。

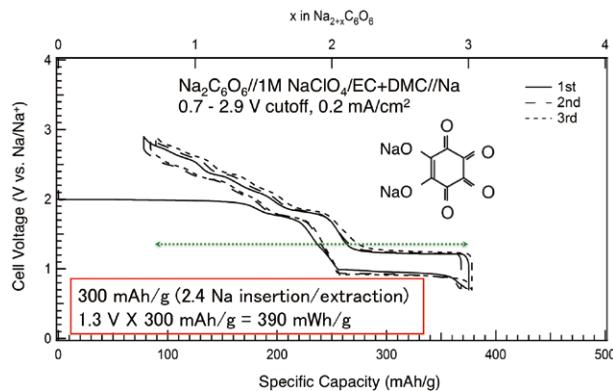


図2. $\text{Na}_2\text{C}_6\text{O}_6$ の Na イオン電池充放電特性

3) オールナシコン全固体二次電池の研究 [H18-20 年度 JST 革新的技術開発研究事業、H21 年度 JST 都市エリア产学官連携促進事業（一般型）]

可燃物を一切含まない最も安全な二次電池として無機系全固体電池があるが、正負両電極—固体電解質の界面抵抗が律速になり、電流がなかなか取れない。そこで電極、電解質をすべてリン酸ナシコンの頂点共有構造にすることで電極—電解質界面抵抗低減を図り、全固体 Na イオン二次電池の室温動作に初めて成功した⁴⁾。

4) 水系 Li イオン二次電池の研究 [H24-33 年度国家課題対応型研究開発推進事業文科省元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>]

Li イオン二次電池の非水溶媒を水溶液系に置き換えることができれば、安価で燃えず、内部抵抗も小さな電池が実現する。Nernst 式が許す図 3 の電位窓の中に収まる正負極としてトンネル型 $\text{Na}_{0.44}\text{MnO}_2$ 酸化物とナシコン型 $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$ を選択することで、水系電解液中において可逆な Na イオン電池を組むことが可能で、しかもイオン伝導度に優れる水系電解液では、非水系に比べ、取得電流の大幅な改善が図れることを実証し、低コスト大型蓄電池開発の糸口を得た⁵⁾。

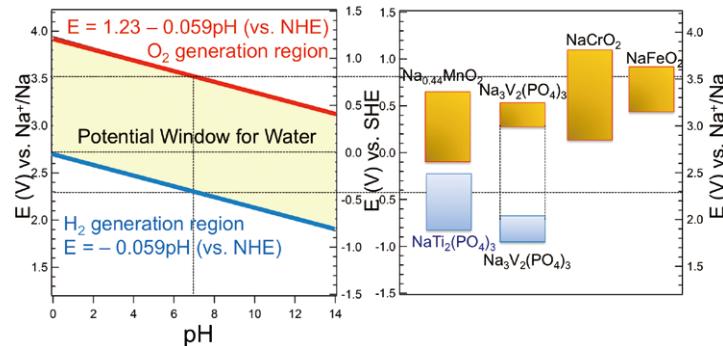


図3. 水系電解液における対Na電位窓と正負極電位の関係

発表論文、学会発表など

- 1) M. Nishijima, I. D. Gocheva, S. Okada, T. Doi, J. Yamaki, and T. Nishida, *J. Power Sources*, **190**, 558 (2009).
- 2) M. Zhou, L. Zhao, A. Kitajou, S. Okada, and J. Yamaki, *J. Power Sources*, **203**, 103 (2012).
- 3) K. Chihara, N. Chujo, A. Kitajou, and S. Okada, *Electrochim. Acta*, in press.
- 4) Y. Noguchi, E. Kobayashi, L.S. Plashnitsa, S. Okada, and J. Yamaki, *Electrochim. Acta*, in press.
- 5) S. -I. Park, I. D. Gocheva, S. Okada, and J. Yamaki, *J. Electrochem. Soc.*, **158**, A1067 (2011).

ガス化を核とする低品位炭素資源からの高効率ポリジェネレーションに関する研究

林 潤一郎 九州大学 先導物質化学研究所 先端素子材料部門



[概要] 高含水率・低発熱量等の物性を有するために有効利用がなされていない褐炭、バイオマス等の低品位炭素資源を合成ガス、クリーン固体燃料、オイル、ケミカルズへと高効率に転換するための熱化学・触媒反応系を提案、これらの反応工学的研究に取り組んだ。その結果、これまでにない低温迅速ガス化法、炭素資源・鉱物資源複合転換法等の開発と概念実証に成功した。

2009年4月に本COEの事業担当者となって以降、ガス化をコアプロセスとする低品位資源の多元的・複合的な転換システムの構築に向けた反応工学的研究を展開してきた。ガス化は、多様な炭素資源をエネルギー・ケミカルズ分野に共通のプラットホームである合成ガス（主成分=H₂・COあるいはCH₄）へと統合する機能を持つが、それ故に転換における化学エネルギー損失を極限まで削減する必要がある。図1に示したように、商用化を控えた石炭ガス化（第一世代）は1000 °Cを優に超える高温での部分燃焼に基づいており、最新鋭プロセスにおいても原料化学エネルギーの約20%が失われる。1000°C以下で操作されることが多いバイオマスのガス化は残留タールの消去という課題が解決できていない。

筆者は、ガス化に含まれる熱化学反応系の解析的研究を通じて得た知見を踏まえ、逐次並列的に進行する固体（粒子）内反応、気相反応および気固反応を分離、統合によって再編成し、目的に応じて気固中間成分間の化学相互作用を排除あるいは強化することができる反応器システムの必要性を提案し、この概念に従い、より低温でかつ迅速な石炭、バイオマスのガス化（図1中、第二～第五世代ガス化）の概念実証に取り組んできた。

【第二世代ガス化】

初期反応である熱分解によって生成する炭化物（チャー）と揮発成分の間に強い化学相互作用（VCCI）があること、すなわち、チャーのガス化が水素等の軽質ガスだけでなくタールによって著しく阻害される一方、タールはチャー表面で炭素析出を伴って迅速分解することを明らかにした。そこで、熱分解直後にはVCCIを強化してタールを分解し、次いでチャーを軽質ガスから分離して（VCCIを排除して）水蒸気ガス化する工程を含むマルチ反応器システムを開発した。このシステムによって化学エネルギーを10%未満に低減できる。

【第三世代ガス化】

褐炭やバイオマスの重質油リサイクル式熱分解法を開発し、これにより、再加熱時にタールをほとんど発生しないチャーと軽質油（軽油相当燃料油、フェノール類等のケミカルズ）を選択的に併産できるようになった。このときに得られるチャー（タールフリー・活性チャー；TFAC）を原料とすれば、VCCIやタール発生を考慮する必要のない低温ガス化を実現できる。チャー中のわずかな残留タールとその化学組成を10⁻⁸～10⁻¹ wt%の広範囲にわたって定量する分析手法の開発、事前の安価・クリーンな触媒（Ca、Fe）担持法を併せて開発し、触媒担持TFACの有効性を800 °C以下の流動層ガス化（定常ガス化）において実証することに成功した。この第三世代ガス化は、国内の研究者が提案した究極のガス化複合発電技術（S-IGFC、理論送電端効率>70%）に適用可能である。

【第四世代ガス化】

第二世代ガス化法の開発に適用した逐次並列反応の再編成の概念に加えて、吸熱・発熱反応工程の時空間制御の

事業推進担当者の研究紹介

概念（二段化学クエンチ）を適用し、第四世代ガス化法の開発に取り組んだ。実プロセスを模擬した連続反応系において、成否の鍵となる「モバイル金属触媒（カリウム）を担持したチャー粒子層における同時タール水蒸気改質・チャー水蒸気ガス化」、「残留重質タール << 0.01 wt%」を定常状態 (700 °C) で実現し、反応系出口の生成ガス温度（熱分解工程への熱授与後）< 400 °C というプロセス成立の要件を満足できることを示した。

【第五世代ガス化】

褐炭やバイオマスの低温ガス化や触媒の適用を阻害する最大の物性的要因のひとつは、それらの資源が固体であるということである。バイオマス熱分解で生成する軽質油成分の多くは、同時に生成する水に溶解した状態で得られる。バイオマス熱分解由来の水相 (TOC を 10,000~40,000 ppm) を原料として接触水熱ガス化（反応性媒体 = 亜臨界水）法の開発に取り組み、炭素に担持した Pt-Ni 触媒の適用によって TOC 低減率 > 99.98% のガス化に成功した。ついで、「炭素資源の均一相化～水熱ガス化」にも挑戦した。アルカリ (Na_2CO_3) 水溶液への褐炭の溶解 (300°C、溶解率 90%) に成功し、ついで溶解液を原料とする接触水熱ガス化法の開発に取り組み、その結果、特定の金属種を炭素に担持した触媒によって溶解褐炭の完全ガス化 (350°C) に成功した。製紙プロセスにおいて多量に発生する黒液（リグニンのアルカリ水溶液）のガス化も達成し、第五世代ガス化の概念を実証した。

【炭素資源 - 金属資源の複合転換】

低品位鉄鉱石（ゲーサイト；主成分 = FeOOH ）を改質触媒前駆物質とするバイオマスガス化にも取り組んだ。反応系内でタールを多量に含む揮発成分をチャー (TFAC) から分離し、ゲーサイト由来の酸化鉄粒子と接触させ、さらに、粒子表面に析出した炭素による直還期間を設けることによって、タールの完全改質・クリーン合成ガス製造と還元鉄：炭素コンポジット製造を同時に達成した。鉱石は最終的に失活するが、失活過程 = 素材製造工程とする新しいコプロダクションを提示することができた。

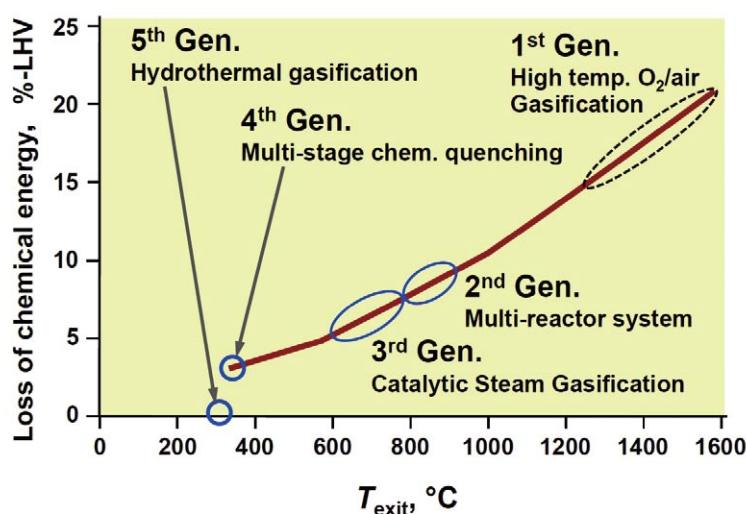


図1. 第一～第五世代ガス化の操作温度（反応系出口における生成ガス温度）と化学エネルギー損失率の関係。

発表論文、学会発表など

- 1) S. Kudo, K. Sugiyama, K. Norinaga, C.-Z. Li, T. Akiyama, J.-i. Hayashi, Fuel, 103, 64 (2013).
- 2) T. Sueyasu, T. Oike, A. Mori, S. Kudo, K. Norinaga, J.-i. Hayashi, Energy Fuels, 26, 199 (2012).
- 3) S. Hosokai, K. Norinaga, T. Kimura, M. Nakano, C.-Z. Li, J.-i. Hayashi, Energy Fuels, 25, 5387 (2011).
- 4) S. Idesh, S. Kudo, K. Norinaga, J.-i. Hayashi, Energy Fuels, 26, 296 (2012)
- 5) T. Matsuhara, H. Hosokai, K. Matsuoka, K. Norinaga, C.-Z. Li, J.-i. Hayashi, Energy Fuels, 24, 76 (2010)

炭素資源の高効率利用と機能性炭素材料の開発

尹 聖昊 九州大学 先導物質化学研究所 先端素子材料部門



[概要] 我々は、低品位炭素資源の高効率利用・高付加価値化やエネルギーデバイス及び環境保全材用の新規物性・高機能性を有する炭素材料開発に関する研究を、国内外の多数のプロジェクトに参画しながら長年継続して実施している。ここでは、最近5年間の(G-COEに関する)研究成果の概要を紹介する。

褐炭やバイオマス、分解油残渣などの低品位炭素資源を用い、エネルギー資源や化学原料として高効率利用や高付加価値化への可能性を多数見出している。例えば、NEDO「ゼロエミッション石炭火力技術開発」プロジェクトに於いて、褐炭や亜瀝青炭の低温水蒸気ガス化用の回収可能な担持型高活性ガス化触媒を開発した¹。この触媒は、700°Cという低温における高い石炭ガス化活性と500°Cにおける高いタール改質特性を併せ持つのみならず、バイオマスについても高いガス化特性を示すことを確認している。「産油国等石油関連産業基盤整備事業」では、サウジアラビア王国やクウェート国との共同研究を通じて重質油の改質に取り組んでおり、脱硫や脱金属メカニズムの解明などに大きな成果を挙げた²。JST「革新的褐炭・バイオマス改質技術の科学基盤」課題に於いては、マングローブ生木から高放電容量かつ高初期効率を示すリチウムイオン電池負極材用ハードカーボンの調製に成功している。また、バイオタールのエチレンボトムオイルとの共炭化により長纖維紡糸用ピッチの開発にも道筋をつけた。NEDO「ゼロエミッション石炭ガス化発電」プロジェクトでは、安定操業において最も問題となる石炭灰・スラグの排出特性を決定する溶融特性と構造について高温粘度計と固体NMRを主とした多くの分析手法を駆使して評価し、これらの相関性を見出している³。NEDO「産炭国石炭開発・利用協力事業」に於いては、インドネシア褐炭の乾留条件制御により製造したチャーを用いた成型コークス製造の可能性を確認した。これら以外にも、日本や韓国の複数の企業との共同研究により、分解油残渣からの炭素纖維強化プラスチック用炭素纖維やニードルコークスの製造、回収した炭素纖維複合材料の再生などについての可能性を確認している。

環境保全材用の炭素材料開発に関する成果としては、例えば、NEDO「活性炭素纖維及び活性炭素ナノ纖維を用いた日中大都市大気汚染のための迅速・計測対処技術開発」プロジェクトに於ける、TiO₂光触媒及び尿素の活性炭素纖維(ACF)への担持による室温でNO_xを除去可能な材料の開発がある⁴。また、中国精華大学の道路脇にNO_xを長期間除去可能なACFフェンスを設置し、その有効性の実証も行った。更に、高湿度下においてもホルムアルデヒドを選択的に除去可能な活性炭素ナノ纖維(ACNF)吸着材を開発し、より研究を発展させることで、紫外線照射が不要で屋内で使用可能なホルムアルデヒドを無害化可能な酸化マンガン担持ACNF複合材料の開発にも成功している⁵。

以上に述べた他にも、電気二重層キャパシタや二次電池、燃料電池用の電極材、電気脱塩材、ナノ流体用添加剤、吸着式ヒートポンプ・冷凍サイクル用の高性能炭素系吸着材などに適用できるエネルギー高効率利用及び環境保全を目指した炭素材料開発を進めており、これらの研究成果は学会発表や論文発表、特許などで報告している。

発表論文、学会発表など

- 1) Y.-K. Kim, L. Hao, J.-I. Park, J. Miyawaki, I. Mochida, S.-H. Yoon, *Fuel*, **94**, 516 (2012).
- 2) J.-I. Park, K. Nakano, Y.-K. Kim, J. Miyawaki, S.-H. Yoon, I. Mochida, *Catal. Today*, **164**, 100 (2011).
- 3) X. Lin, K. Ideta, J. Miyawaki, H. Takebe, S.-H. Yoon, I. Mochida, *Energy Fuels*, **26**, 2136 (2012).
- 4) J. Miyawaki, T. Shimohara, N. Shirahama, A. Yasutake, M. Yoshikawa, I. Mochida, S.-H. Yoon, *Appl. Catal. B Environ.*, **110**, 2011 (2011).
- 5) J. Miyawaki, G.-H. Lee, J. Yeh, N. Shiratori, T. Shimohara, I. Mochida, S.-H. Yoon, *Catal. Today*, **185**, 278 (2012).

炭素資源利用学

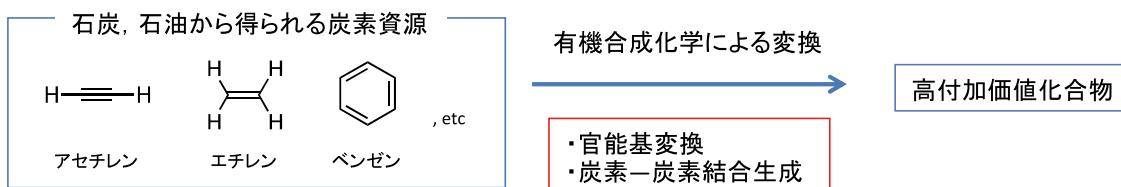
炭素資源の効率的変換法の開発

友岡 克彦 九州大学 先導物質化学研究所 分子集積化学部門



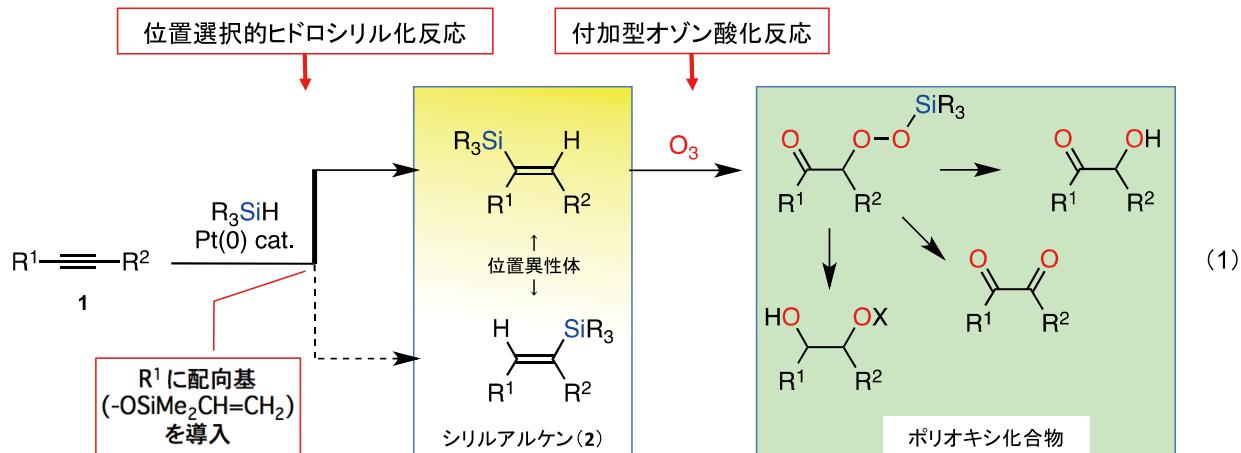
[概要] 石炭、石油から得られる炭素資源を化学原料としてより有効に利用することを目的として、新たな分子変換法の開発と、従来にない特性を有する新規化合物の設計・合成・評価について検討し、いくつかの成果を得た。

石炭、石油などの炭素資源からはアセチレン、エチレン、ベンゼンなどの炭化水素化合物が潤沢に得られる。これら単純・安価な化合物を高付加価値な化合物に変換するためには、有機合成化学的手法によって官能基変換や炭素-炭素結合生成などを行う必要がある。本G-COEプログラムにおいて我々は、主として、アセチレンに代表されるアルキン類の高度官能基化法の開発、ならびに特異なキラル特性を有する新化合物の開発について検討し、以下の成果を得た。

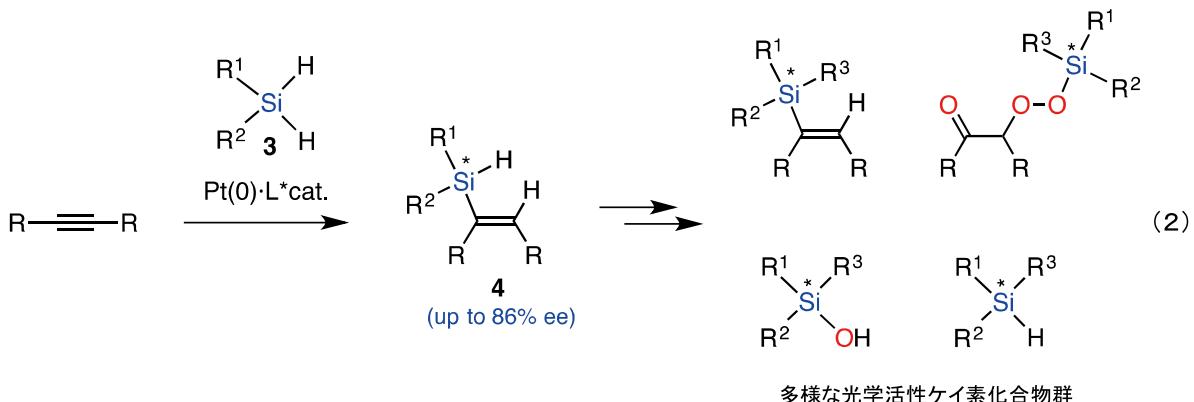


・アルキンの高度官能基化法の開発

アルキン¹はヒドロシリル化反応（炭素-炭素不飽和結合に対して水素とケイ素を付加させる反応）によって、化学原料として有用なシリルアルケン²に変換することができる。この反応は白金触媒の存在によって効率的に進行する優れた分子変換法であるが、基質として非対称アルキンを用いた場合には位置異性体の混合物が生じることが未解決問題として残されていた。この問題の一つの解法として我々は、アルキンに「白金と配位し得る配向基」を導入することでヒドロシリル化反応の位置選択性を制御するという新手法の開発に成功した（式1）¹⁾。これにより得られるシリルアルケンは、別途開発した付加型オゾン酸化反応によって多様なポリオキシ化合物に変換することができる²⁾。

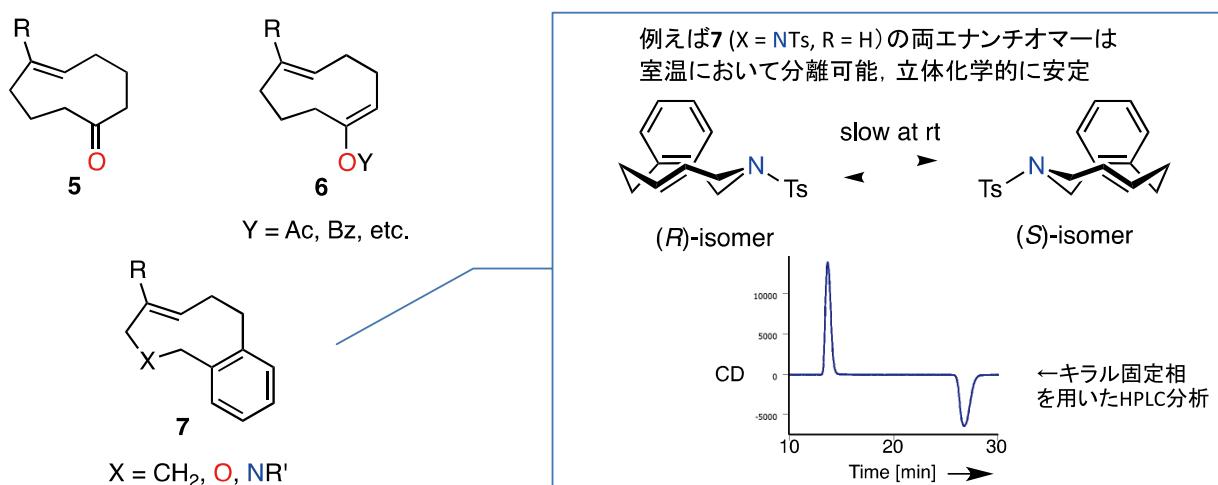


さらに我々は、アルキンに対するヒドロシリル化反応を不斉白金触媒 $[Pt(0) \cdot L^*]$ の存在下、ジヒドロシラン **3** を用いて行うとケイ素不斉中心を有するキラルシリルアルケン **4** の触媒的不斉合成法となることを明らかにした（式2）³⁾。これらの新手法は、炭素資源から潤沢に得られる単純なアルキン類の効率的官能基化法、多様な高付加価値化合物の合成法として有用である。



・特異なキラル特性を有する新化合物の開発

キラル化合物の化学に関してはこれまでに膨大な研究がなされてきたが、その大半は sp^3 炭素原子の中心性不斉（不斉炭素）を有する化合物を対象とするものであった。これに対して先に我々は、ある種の中員環アルケンが炭素不斉を持たないにもかかわらず安定なキラリティーを有していることを見出した。これはアルケンの π 面に由来する面不斉の存在による現象である。そこで我々は本 G-COE プログラムにおいて、この特異な面不斉中員環化合物の基礎・応用研究を系統的に行い、新たに、動的面不斉を有するケトン **5** とそのエノラート **6** や、*ortho*-シクロファン **7** の創製と立体化学挙動の解析を行うとともに、それらの有機合成化学的有用性を明らかにした^{4, 5)}。



発表論文、学会発表など

- 1) Kawasaki, Y. ; Ishikawa, Y. ; Igawa, K. ; Tomooka, K. *J. Am. Chem. Soc.* **2011**, *133*, 20712.
- 2) Igawa, K. ; Kawasaki, Y. ; Tomooka, K. *Chem. Lett.*, **2011**, *40*, 233.
- 3) Igawa, K. ; Yoshihiro, D. ; Ichikawa, N. ; Kokan, N. ; Tomooka, K. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2012**, *51*, 12745.
- 4) Tomooka, K. ; Ezawa, T. ; Inoue, H. ; Uehara, K. ; Igawa, K. *J. Am. Chem. Soc.* **2011**, *133*, 1754.
- 5) Tomooka, K. ; Iso, C. ; Uehara, K. ; Suzuki, M. ; Nishikawa-Shimono, R. ; Igawa, K. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2012**, *51*, 10355.

事業推進担当者の研究紹介

炭素資源利用学

電気光学光導波路の研究

横山 士吉 九州大学 先導物質化学研究所 先端素子材料部門



[概要] 近年の情報量増大に対する光デバイスの高速化、低消費電力化のため高性能有機電気光学(EO)材料の研究開発が進展している。こうした有機 EO 材料を用いた光変調デバイスの基本構造であるリッジ導波路の作製には、材料選択、作製方法など多くの検討が必要となる。本研究では設計した光導波路構造および変調器電極用マスクの作製をレーザー描画装置にて実施し、フォトリソグラフィーおよびナノインプリント法によるリッジ型光導波路を作製した。

背景と研究目的：国内の情報通信量は、2年で約2倍の増加が試算されており、信号処理の高速化が求められる一方、処理に関わる電力消費の低減化がシステムとして必須となっている。こうした要請は基幹の光通信網だけでなく、LSI内においても求められてきており、消費電力の増大によるクロック周波数の限界によって進められているCPUの多コア化においては、配線での発熱および、信号遅延の顕在化に対し、光配線による抑制が検討されている。

電気光学材料は電圧印加によって屈折率が変化する物質であり、高速電気信号を光信号へ変換することができる。従来光変調器には材料として無機結晶のニオブ酸リチウムなどが用いられてきたが、近年ではその性能を凌駕して加工性にも優れた有機ポリマー材料が開発されている。本研究では当研究グループで開発した電気光学(EO)ポリマーの超高速・低消費電力光デバイスへの応用を目指している。図1に本研究で作製するリッジ型光導波路構造の概念図を示す。本構造の作製のため、前年度において下部クラッド層の材料選定および平滑な導波路構造作製のための条件検討を行い、所望の形状を得ることができた。そこで今回はクラッド層に対し高機能 EO ポリマーを積層し、光導波路および変調器構造を作製することを目的とした。

実験：本研究では光導波路パターン形成に、前年度と同様のフォトレジストへの紫外線照射によるフォトリソグラフィー法と、ナノインプリント法の2種類の手法を用いた。フォトリソグラフィーではクラッド加工後 EO ポリマーを積層し、ナノインプリント法ではクラッド層に EO ポリマーを積層後、EO ポリマーをモールドにより加工した。

今回クラッド加工用および変調デバイスに用いる上部電極用、さらにインプリントモールド用フォトマスクの作製を財団法人北九州産業学術推進機構共同研究開発センターのレーザー直描装置(DWL-66、ハイデルベルグ)によって行った。導波路構造の作製は以下の通り行った。

1) フォトリソグラフィー法

4インチシリコン基板上に高屈折率ポリマーをクラッド層としてスピンドルコート法により $2 \mu\text{m}$ 製膜し、その後フォトリソグラフィーのためネガ型フォトレジスト(ZPN1150)を $3.0 \mu\text{m}$ 塗布した。作製したフォトマスクを介して紫外線照射し現像することで導波路パターンを転写し、CHF₃ および Ar を用いた反応性イオンエッチング(RIE)によるドライエッ칭によりクラッド層にリッジ溝構造を作製した。作製したクラッド層に EO ポリマーをスピンドルコートし、さらに上部クラッド層を製膜することで導波路構造とした。

2) インプリント法

1) の手法と同様にフォトリソグラフィー法を用いて、 $2 \mu\text{m}$ 厚のシリコン酸化膜付シリコン基板を加工し、イン

プリント用モールドを作製した。作製したモールドを用いてクラッド層上に製膜した EO ポリマーをガラス転移温度付近でプレスすることでリッジ導波路構造を作製した。

結果と考察：図 2 にフォトリソグラフィー法により作製した光導波路構造の断面電子顕微鏡 (SEM) 像の一例を示す。リッジ深さ 500nm、導波路幅 4 μm の EO ポリマーコアを上下クラッドで挟んだ構造を精度よく作製できた。また変調器に用いる上部電極構造もアライメントマークにより位置ずれ $\pm 5 \mu\text{m}$ 以内で作製可能であることも確認した。また図 3 にナノインプリント法により作製した導波路構造の SEM 像を示す。設計幅 4 μm に対してほぼ設計寸法での EO ポリマーの加工が可能であり、光導波路への適用が可能である。

展望：今回、EO ポリマーを用いたリッジ型光導波路をフォトリソグラフィー法およびナノインプリント法により作製できた。作製した光導波路は高い電気光学特性と光変調特性を持つことが期待できる。さらに電極構造も導波路にあわせ積層可能であるため、今後電圧印加による光変調動作の確認を行い、新規 EO ポリマー光変調デバイスの開発につなげる。

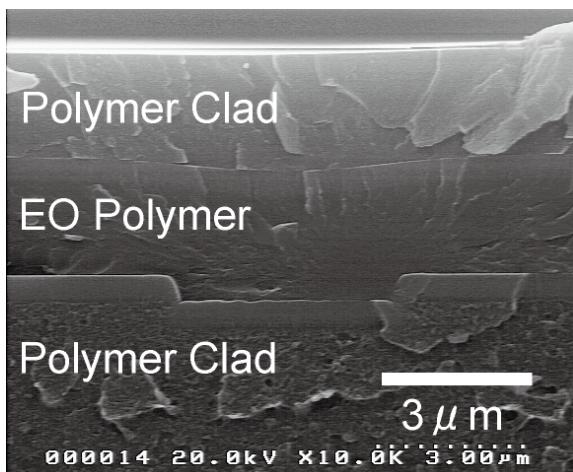


Fig.1. Cross-sectional SEM image of fabricated polymer ridge waveguide using photolithography.

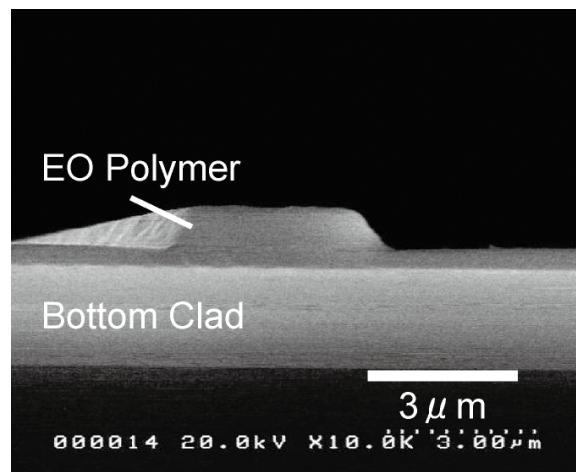


Fig.2 Cross-sectional SEM image of imprinted EO polymer ridge waveguide.

発表論文、学会発表など

- 1) F. Yu, A. M. Spring, L. Li, F. Qiu, K. Yamamoto, and S. Yokoyama, J. Polym. Sci. A, (2012) in press
- 2) F. Qiu, F. Yu, A. M. Spring, and S. Yokoyama, J. Opt. Soc. B, 29, 3069-3071 (2012)
- 3) F. Qiu, F. Yu, A. M. Spring, and S. Yokoyama, Opt. Lett., 37, 4086-4088 (2012).
- 4) F. Qiu, F. Yu, K. Yamamoto, and S. Yokoyama, KJF International Conference on Organic Materials for Electronic and Photonics, Sendai (2012).
- 5) F. Yu, K. Yamamoto, and S. Yokoyama, ICONO12, Ireland (2011).

事業推進担当者の研究紹介

炭素資源環境学

自動車排ガス浄化触媒に関する研究

寺岡 靖剛 九州大学 大学院総合理工学研究院 エネルギー物質科学部門



【概要】自動車排ガスは主要な大気環境汚染源であり、その浄化は環境保全の立場から極めて重要である。ガソリン自動車の三元触媒に対しては使用貴金属量の低減を、ディーゼル自動車排ガスに対してはパティキュレート除去触媒の開発を目的とし、触媒の「構造と機能の設計」とそれを実現するための「ナノ・メソ制御合成」を研究戦略として取り組んだ。

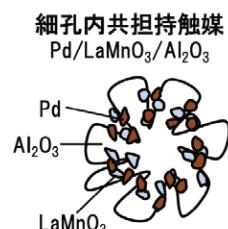
大気環境浄化用触媒を研究ターゲットとし、その中でも特に自動車排ガス浄化触媒に焦点を当てて取り組んできた。自動車排ガスは主要な大気環境汚染源であり、その浄化は都市部を中心とする大気環境保全の立場から極めて重要である。現行の自動車はガソリン自動車とディーゼル自動車に大別され、それぞれ排ガス性状が異なるため、異なる後処理浄化技術が必要となる。ガソリン車から排出される一酸化炭素(CO)、炭化水素(HC)及び窒素酸化物(NOx)は、三元触媒法により高レベル浄化が達成されているが、Pt, Pd, Rhの貴金属を多量に使用しているため、使用貴金属量の低減が資源問題とも関係して重要である。一方ディーゼル排ガスからはNOxとパティキュレートマター(PM)が除去対象物質である。ディーゼル車はガソリン自動車に比べてエネルギー効率が高く、CO₂排出量の低減の観点からは優れているが、その存続は排ガス浄化技術の開発にかかっている。

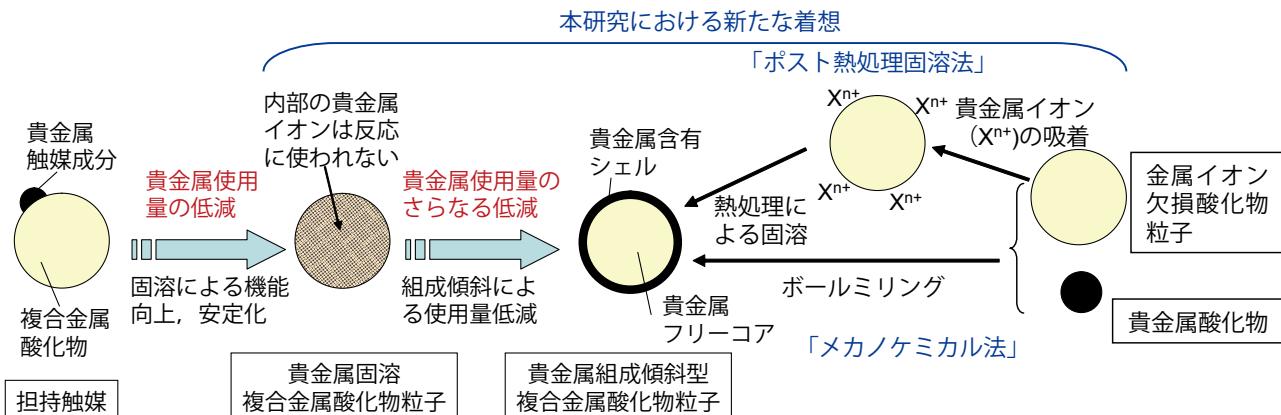
ガソリン車三元触媒からの貴金属量低減に関する研究

貴金属の代替および機能支援を可能にし、貴金属ミニマム/フリー化に資する貴金属ペロブスカイト同時担持触媒、貴金属組成傾斜(コアーシェル)型粒子触媒などのペロブスカイト触媒に関する研究を、「構造・機能設計」と「ナノ・メソ制御合成」を戦略として実施した。材料設計、調製法の開発、キャラクタリゼーション、触媒機能評価を通して、貴金属フリーあるいはその使用量を最小限に抑えつつ厳しい浄化性能の要求を満足できる「環境」と「希少元素資源」の保全を同時に達成できるガソリン自動車排ガス浄化触媒の開発を最終目的としている。

担持触媒においては、多孔性アルミナ担体の細孔内でLaMnO₃などのペロブスカイト型酸化物微粒子を選択的に合成する方法を開発し、それを用いることで右図に示すようなPdとLaMnO₃が細孔内に共存する触媒の合成に成功した。この共担持触媒は実用のPd/Al₂O₃触媒より高活性で、同じ活性を与えるPd量を低減できることを明らかにしている。

一方、ペロブスカイト粒子自体に工夫をこらすことによる貴金属低減を達成する研究にも取り組んだ。ペロブスカイト中に固溶安定化することによる貴金属低減は達成されているが、この材料では酸化物内部の貴金属が使われないことから、貴金属を酸化物表面近傍に固溶させた貴金属組成傾斜型ペロブスカイト型酸化物の合成により特性を維持しつつ貴金属量の低減を達成するものである(下図参照)。組成傾斜粒子を可能とする精緻な合成法(ポスト固溶法)として、「メカノケミカル法」と「ポスト熱処理固溶法」を新たに考案し、その合成に成功している。

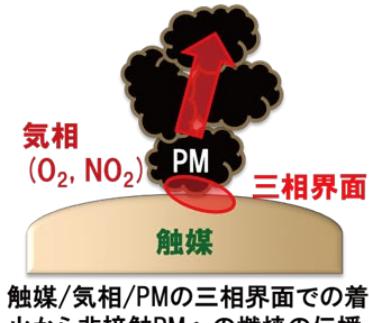




ディーゼル排ガスからのPM除去触媒並びにPMセンサの開発

ディーゼル車から排出されるPMの排出抑制技術として、ディーゼルパティキュレートフィルター(DPF)が実用化されつつあるが、捕集されたPMの燃焼除去の効率を上げるためにPM酸化触媒をコートした触媒付DPF(Cat-DPF)の開発が不可欠となっている。

PM除去触媒には「PM活性化成分+酸素活性化成分」の組み合わせが必要との観点から触媒開発を行い、(La,K)MnO₃などのK固溶ペロブスカイト型酸化物やAg/CeO₂などの触媒を開発した。さらに、PM除去反応は固(触媒)-固(PM)-気(O₂, NO_x)触媒反応であり、触媒反応は三者が接する界面(三相界面)で進行する(右図)ため、固体触媒と固体PMとの接触が極めて重要になる。従ってPM除去触媒開発では、高活性触媒の探索はもちろんのこと、PM/触媒の接触とリモートPMへの燃焼の伝播を念頭に置いた材料開発、調製技術が重要であり、PMのサイズ(通常0.1~1 μm)オーダーの触媒形態制御を組み込むこと(例えばロッド状粒子を用いる)により真に高性能なPM除去触媒が得られることを明らかにしつつある。



PMはスoot(soot)表面に軽油成分などの揮発性有機化合物(SOF)が吸着した構造をとっており、sootとSOFの両方の酸化除去が必要である。活性成分としてsootの酸化にはAg(Ag/TiO₂, Ag/CeO₂)が、SOFの酸化にはPt(Pt/TiO₂, Pt/CeO₂)が有効であることを明らかにするとともに、これら触媒を用いることでsootとSOFの分離検出が可能な接触燃焼式PMセンサの開発にも成功している。

なお、自動車排ガス浄化を含む環境触媒に関しては、G-COE「新炭素資源学」拠点のコアパートナーである上海交通大学、インド国立環境工学研究所との共同研究を実施し、それぞれ4編、8編の共著論文を発表している。

発表論文、学会発表など

- 1) P. Doggali, H. Kusaba, H. Einaga, S. Bensaïd, S. Rayalu, Y. Teraoka, N. Labhsetwar, *Journal of Hazardous Materials* **186**(1), 796-804 (2011).
- 2) Z. Jiang, W. Zhang, W. Shangguan, X. Wu, Y. Teraoka, *Journal of Physical Chemistry C*, **115**(26), 13035-13040 (2011).
- 3) C.-B. Lim, H. Einaga, Y. Sadaoka, Y. Teraoka, *Sensors and Actuators B*, **160**(1), 463-470 (2011)
- 4) H. Shimokawa, Y. Kurihara, H. Kusaba, H. Einaga, Y. Teraoka, *Catalysis Today*, **185**(1), 99-103 (2012)
- 5) A. Tou, H. Einaga, Y. Teraoka, *Catalysis Today*, doi:cattod.2012.04.033 (2012).

事業推進担当者の研究紹介

炭素資源環境学

環境関連機能デバイス・材料

三浦 則雄 九州大学 産学連携センター プロジェクト部門



[概要] 安定化ジルコニアをベース材料とした自動車排ガス監視用及び環境モニタリング用の高性能な固体電気化学式ガスセンサの構築を、最適な検知極材料の探索、反応界面の微細構造の設計および作動条件の最適化などにより行った。また、高効率な酸素製造のための圧力スイング吸着（PSA）法用新規高温作動型酸素吸着剤としてのペロブスカイト型複合酸化物の探索・検討を行った。

1) 自動車排ガス監視用及び環境モニタリング用の高性能な固体電気化学式ガスセンサの構築

自動車排ガス監視用及び環境モニタリング用の高性能な固体電気化学式ガスセンサを目指して、最適な検知極材料の探索、反応界面の微細構造の設計および作動条件の最適化などの検討を行った。

まず、車載用ガスセンサとして種々の単独酸化物を検知極に用いた混成電位型安定化ジルコニア（YSZ）センサの応答特性について検討したところ、酸化スズを検知極に用いた素子が、水素およびプロパンに対して高い感度を示すことがわかった。そこで、本素子と炭化水素に対してのみ選択性的な応答を示すチタン酸ニッケル検知極とを組み合わせた素子を作製して両極間の電位差を測定することで、プロパンに対する応答を相殺して、水素を高感度かつ高選択性に検知できることがわかった。

次に、種々の粒子径のナノ Au 粒子を検知極に用いたジルコニアセンサについては、Au 粒子径や検知極材料のモルフォロジの違いによって、応答特性が大きく変化することを見出した。また、Au ナノ粒子を 1wt% 添加した ZnCr₂O₄ を検知極 (ZnCr₂O₄ (+Au) -SE) に用いた素子では、CO 及び炭化水素に対して高い感度を示した。そこで、本素子と炭化水素に対してのみ選択性的な応答を示すことがわかっている ZnCr₂O₄-SE を組み合わせた素子を作製して両極間の電位差を測定することで、プロパンに対する感度を相殺して CO に対して高感度かつ選択性的な応答が得られることがわかった。

自動車排ガス制御用酸素 / 空燃比センサにおいては、Pt/空気参照極を用いているため、センサ素子構造が複雑で小型化は難しい。そのため、Pt/空気極を代替することにより、素子構造の簡素化や小型化が容易な新規固体参照極の開発が切望されている。そこで、新規固体参照極材料として Mn 系化合物を取り上げて検討したところ、酸素センサや空燃比センサの参照極として非常に安定な作動をすることを見出した。また、この Mn 系新規固体参照極を酸化物系検知極と組み合わせることで、電位検出型および電流検出型ガスセンサとしても良好な作動することがわかった。さらに、この新規固体参照極の作動機構について検討を行った結果、YSZ 中へ Mn²⁺ の固溶が起り、その固溶限界は 12 mol% であることを明らかにした。また、Mn 固溶 YSZ の電気伝導に対する活性化エネルギーは、Mn 系参照極が酸素に対して不活性となる約 575°C を境に変化することを見出した。以上のことから、約 575°C 以下の作動温度では、YSZ 中で Mn²⁺ の存在により隣接する酸素空孔が固定化され、酸化物イオン活量が一定となるために、本 Mn 系参照極は酸素および種々の排ガス成分に対して不活性であることを明らかにした。

一方、環境モニタリング用センサとして、NiO 検知極を用いた混成電位型ジルコニアセンサでは、他ガスの共存による影響をあまり受けずに、水蒸気存在下においても 50 ppb という極低濃度のトルエンに対して比較的良好な感度と選択性を示すことを見出した。また、本素子はトルエン以外の他の VOC (m-キシレン、ベンゼン、エチルベンゼン、スチレン、ホルムアルデヒド) に対しても比較的高い感度を示した。また、本センサは市販の全炭化水素分析計と比較しても良好な VOC 検知特性を示すことが分かった。ただし、本素子はエタノールガスによる干渉を大き

く受けすることが明らかとなった。そのため、このエタノールの干渉を除去するために、酸化スズ触媒層を NiO 検知極上に積層することで、トルエン濃度をあまり低下させずに、エタノール濃度を大幅に低減してその妨害を防ぐことができることを見出した。

2) 高効率な酸素製造のための圧力スイング吸着 (PSA) 法用新規高温作動型酸素吸着剤の検討

省エネルギーや省資源の観点から、産業上の基幹物質の一つである酸素の安価な製造法の確立は極めて重要である。そのため、これまでの低温作動とは異なり高温作動による高効率な酸素製造が可能な圧力スイング吸着 (PSA) 法を取り上げ、従来の酸素吸着剤よりも大幅に優れた特性を有するペロブスカイト型複合酸化物を高温作動型新規酸素吸着剤として検討した。具体的には、種々の組成のペロブスカイト試料を調製し、結晶構造変化、物性評価、酸素吸着条件の最適化などを行った。

まず、硝酸塩を原料とする蒸発乾固法によって調製した $\text{BaFeO}_{3-\delta}$ および $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ について粉末 X 線回折を行ったところ、前者は六方晶ペロブスカイト型、一方、後者は正方晶ペロブスカイト型の結晶構造を示すことを確認した。両試料の比表面積については、 $\text{BaFeO}_{3-\delta}$ が $0.18 \text{ m}^2/\text{g}$ であるのに対し、 $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ では $0.72 \text{ m}^2/\text{g}$ とより大きいことが分かった。ペロブスカイト型酸化物においては、酸素は表面吸着されるのではなくバルク内部に吸着されるため、その吸着量は比表面積には依存しないが、酸素の脱着速度には大きく影響している。そこで、両試料の酸素吸着量を熱重量分析装置による重量変化から算出したところ、 $\text{BaFeO}_{3-\delta}$ の 300°C における可逆的酸素吸着量は約 $6.78 \text{ cm}^3/\text{g}$ を示し、 $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ については約 $11.3 \text{ cm}^3/\text{g}$ を示すことが分かった。 $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ の酸素吸着 / 脱着の速度については、 $\text{BaFeO}_{3-\delta}$ に比べてかなり大きかった。また、ヨードメトリの結果、 $\text{BaFeO}_{3-\delta}$ では酸素吸着時の酸素含有量は 2.60、脱着時の酸素含有量は 2.48 であったため、異なる酸素分圧での酸素含有量の差は 0.12 と求められた。一方、 $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ では酸素吸着時の酸素含有量は 2.71、脱着時の酸素含有量は 2.51 を示したため、酸素含有量の差は 0.20 が得られた。これより、酸素脱着時では試料中に含まれるほとんどの Fe は 3 値で存在するが、酸素吸着時では 4 値の Fe が一部で存在していると推測される。次に、 $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ の B サイトに原子価が 3 値の金属元素を置換した $\text{SrFe}_{0.9}\text{M}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ ($\text{M}=\text{Al, Ga, In}$) の各試料を調製した。得られた試料はいずれも立方晶ペロブスカイト型の結晶構造を示した。各試料の酸素脱着特性を熱重量分析によって調べたところ、酸素脱着速度で比較すると $\text{SrFe}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ が最も大きい値を示し、 $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ に比べて約 5 倍の脱着速度を示すことが分かった。さらに、 Ga^{3+} の置換量を変化させた時の 500°C における酸素脱着特性の変化を調べた。その結果、酸素吸着量は Ga^{3+} の置換量の増加とともに徐々に低下するが、脱着速度は向上することが分かった。

ここで検討した $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ 試料を用いて、自作の小型 PSA- 酸素吸脱着特性評価装置を使った空気分離試験を行ったところ、 600°C での脱着工程において約 60 vol.% 程度の酸素富化空気を実際に得ることができたことから、本試料は PSA 用新規酸素吸着剤として有望であることを確認した。

発表論文、学会発表など

- 1) Y. Fujio, V. V. Plashnitsa, M. Breedon, N. Miura, *Langmuir*, **28**, 1638-1645 (2012).
- 2) T. Masunaga, J. Izumi, N. Miura, *Chemical Engineering Science*, **84**, 108-112 (2012).
- 3) N. Miura, H. Jin, R. Wama, S. Nakakubo, P. Elumalai, V. V. Plashnitsa, *Sensors and Actuators B*, **152**(2), 261-266 (2011).
- 4) V. V. Plashnitsa, P. Elumalai, Y. Fujio, T. Kawaguchi, N. Miura, *Nanoscale*, **3**, 2286-2293 (2011).
- 5) T. Sato, V. V. Plashnitsa, M. Utiyama, N. Miura, *Electrochemistry Communications*, **12**(4), 524-526 (2010).

事業推進担当者の研究紹介

炭素資源環境学

環境・生体関連高感度分子計測の研究

原田 明 九州大学 大学院総合理工学研究院 エネルギー物質科学部門



[概要] 環境・生体関連の低濃度化学種をターゲットとした新規分析手法の開発を進めた。深紫外レーザー励起光熱変換分光法の技術開発を進め、液体中環境・生体関連の非蛍光性分子の超高感度・その場計測性能を満たす装置の設計指針を提案した。光イオン化分光法、共焦点レーザー等を用いて、水面に吸着した希薄分子の状態解析への実験的アプローチに先鞭を付けた。

環境・生体関連で重要な役割を果たす化学種の多くは非蛍光性であるため、化学修飾等の手を加えない限り、單一分子レベルの高感度特性とともに光計測の簡便性を有する蛍光分光手法でもそのまま用いることはできない。一方、光吸収に基づく光熱変換分光法は、感度では蛍光法に及ばないものの、低濃度の非蛍光性化学種のその場計測法として魅力的である。しかし、対象化学種の光吸収が紫外域にのみあることが多いため、その性能が生かし切れていた。そこで、溶媒（主に水）のバックグラウンド吸収を避けつつも、あらゆる化学種に対応できる励起波長として深紫外光を光源とした装置系を開発し、最高性能を実現するための設計指針を示した。

地球表面の70.8%は水である。水面には、有機物質が濃縮され、光が当たり、酸素が多量に供給される。水面で起こる物理・化学現象の分子論的理理解は、基礎的にも応用上の重要性が高い。しかしながら、水面分子選択性かつ高感度特性を有する実験的観測手法はほとんど無い。水面分子を対象とした分子動力学シミュレーションと量子化学的計算の急速な発展の一方で、実験手法の欠落は深刻な問題と考えられる。そこで、対象分子が限られるが、検出感度に優れ、中程度の界面選択性を実現できる共焦点レーザー蛍光分光法、対象分子は多様であるが、感度が中程度で界面選択性の高い光イオン化分光法、感度には劣るが、対象分子の種類は中程度の種類で、界面選択性は極めて高い第二高調波発生法を、熱力学的界面観測手法である界面張力測定法と合わせて利用し、水面分子の状態解析を進めてきた。これまでに得られた知見を総合的にまとめて発表した。

発表論文、学会発表など

- 1) 原田 明, “超高感度計測” “非破壊三次元分析” in「レーザ一分光分析」(丸善、2009), 原田 明, 澤田嗣郎 編, pp.3-9, 43-58, 62-59, 173-175 .
- 2) S. Hirashima, H. Katae, A. Harata, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **48**, 07GE04-1 -5 (2009).
- 3) A. Harata, M. Sato, T. Ishioka, “Ionization of Solute Molecules at the Liquid Water Surface, Interfaces, and Self-Assembled Systems”, in “Charged Particle and Photon Interactions with Matter: Recent Advances, Applications, and Interfaces”, eds. Y. Hatano, Y. Katsumura, A. Mozzumder (CRC press, Taylor & Francis, Boca Raton) Chapter 17, pp. 445-472 (2010).
- 4) H. Katae, S. Hirashima, A. Harata, *J. Phys.: Conf. Ser.* **214**, 012122, 1-4 (2010).
- 5) N. Fujii, A. Harata, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **50**, 07HC05, 1-2 (2011).

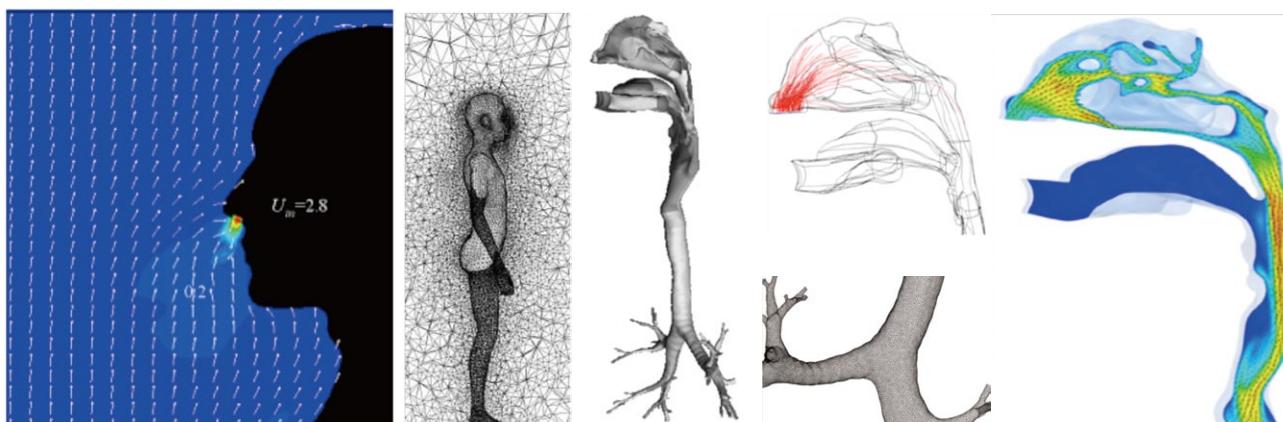
室内環境の公衆衛生工学研究

伊藤 一秀 九州大学 大学院総合理工学研究院 エネルギー環境共生工学部門



【概要】 室内環境スケールの各種汚染物質の不均一濃度場予測モデルと数値人体モデルを用いた健康影響予測モデルを統合し、総合的な経気道暴露予測手法を構築すると共に、大規模病院内での空気感染性汚染物質による感染伝播シミュレーションを実施し、空気感染を効果的に抑制する空調システムを提案した。

室内環境中に存在するガス状、粒子状の各種汚染物質を対象とした室内濃度分布予測手法の開発、数値人体モデルを用いた呼吸空気質予測手法の開発、空気感染性汚染物質を対象とした閉鎖空間内での感染伝播シミュレーション手法の開発等に取り組んできた。特に数値人体モデルの開発に関しては、呼吸サイクルを再現した上で、生理発熱をモデル化した皮膚表面温度制御ルーチンを組み込んだ解析手法を構築し、加えて、数値気道モデルによる気道内流れ場、汚染物質拡散場解析を数値人体モデルによる環境解析に統合することで、室内スケールから人体の呼吸器系まで含んだ総合シミュレーション手法を確立した。人一人接触による感染確率と経気道暴露による感染確率を分離した新たな数理疫学モデルを開発し、数値人体モデルを用いた環境解析と連成させることで、広範な空間スケール、時間スケールを対象とした感染伝播予測を可能とする数値解析スキームを構築した。



発表論文、学会発表など

- 1) Cong Li and Kazuhide Ito : Numerical analysis of convective heat and mass transfer around human body under strong wind : *International Journal of High-Rise Buildings*, 1 (2), pp107-116, 2012
- 2) Yunqing Fan and Kazuhide Ito: Energy Consumption Analysis Intended for Real Office Space with Energy Recovery Ventilator by Integrating BES and CFD Approach : *Building and Environment*, 52 (3), pp57-67, 2012
- 3) Kazuhide Ito and Hiroshi Harashima : Coupled CFD Analysis of size distributions on indoor secondary organic aerosol derived from ozone / limonene reactions : *Building and Environment*, 46 (3), pp711-718, 2011
- 4) Kazuhide Ito and Kaoru Takigasaki : Multi-target Identification for Emission Parameters of Building Materials by Unsteady Concentration Measurement in Airtight Micro-Cell Type Chamber : *Building and Environment*, 46 (2), pp518-526, 2011

事業推進担当者の研究紹介

炭素資源環境学

東アジア域の大気環境変動の研究

鶴野伊津志 九州大学 応用力学研究所 地球環境力学部門



【概要】 化学物質輸送モデル CMAQ と NASA 地球観測衛星に搭載された MODIS エアロゾルセンサーから得られた東アジア域におけるエアロゾルの光学的厚さの 2000-2010 年の経年変化と SO₂ 発生量の関係を中心とした解析結果を示す。

アジアスケールの越境大気汚染に起因する光化学オキシダントの増加傾向が報告されている。越境大気汚染時にはオキシダントなどの汚染ガスのみでなく、大気微粒子エアロゾル（硫酸塩、硝酸塩など）も同時に増加することが知られている。そのため、大気汚染に起因するエアロゾルの分布、その物理化学的な特徴、経年変化と気象変化への影響を調べる必要がある。地上のオキシダントは大気汚染常時監視局における観測値の経年変化を解析することで増加傾向をとらえることが出来るが、エアロゾルについては経年変化の解析に利用できる地上観測点は極めて限定的であり、その経年変化の実態は十分に把握されていない。これに対して、人工衛星に搭載された MODIS センサーのエアロゾルの光学的厚さ（AOD）の観測データは 2000 年から得られている。AOD は大気の鉛直気柱内のエアロゾル濃度と明瞭な対応関係がある。MODIS AOD の観測結果を解析することで 10 年スケールのアジア域のエアロゾル濃度の地域的な経年変化を調べることができる。

アジア域では人為起源の SO₂ の排出に伴う硫酸塩粒子が大気中のエアロゾルの主要構成成分である。東アジア域での過去 30 年間の人為起源の SO₂ の発生量は急激な経済成長に比例して劇的に増加し、その傾向は 2000 年代になっても継続している。例えば、2000 年から 2005 年にかけて中国での人為起源 SO₂ の発生量は 12.7% / 年で増加し、28Mton / 年から 51Mton / 年に急増している。一方、2005 年以降の急速に普及した脱硫装置により火力発電所からの SO₂ の排出が減少し、中国環境保護省の 2005-2009 年の期間の推計では SO₂ の排出総量が 4% / 年の減少が報告され、衛星計測などの SO₂ 濃度も 2006 年頃をピークに減少に転じている。

本研究では、化学物質輸送モデルと NASA 地球観測衛星に搭載された MODIS エアロゾルセンサーから得られた東アジア域における AOD の 2000-2010 年の経年変化と SO₂ 発生量の関係を中心とした解析結果を示す。解析には Terra 衛星に搭載された MODIS センサーのレベル 3 の 550nm の AOD データ（1°x1° 緯度経度格子の月平均値）の fine-mode の AOD を利用した。SO₂ の発生量の増加を議論するために GOME と SCIAMACHY 衛星センサーで計測された対流圏の SO₂ の鉛直カラム濃度も利用した。化学物質輸送モデルには CMAQ (version 4.4) を用いた [Uno et al., 2007]。人為起源汚染質の排出量は REAS を用いた。

図 1 は MODIS とモデルの AOD の比較結果を示す。図 1a は、MODIS AOD の 2004-2006 年の 3 年平均値、図 1b は CMAQ で計算された 2000-2005 年の 6 年平均値を示す。図から AOD > 0.5 の領域が黄海から東シナ海にかけて広がり、AOD の高い尾根線が、黄海から韓国、日本海、北日本にかけて伸び、その南東方向には減少していることが判る。図 1c-d には、3 年間平均の AOD の差を示している。2000 年から 2005 年にかけては、AOD は東アジアのほぼ全域で上昇しているが、その後は一転して減少になっている。

日本海上の AOD の経年変化と中国国内の SO₂ 排出量や衛星センサーの SO₂ 対流圏鉛直カラム濃度 (VCD) との関係を図 2 に示す。中国の SO₂ の排出量と中国東中央領域 (Central East China ; CEC) での SO₂ VCD と日本海での AOD (MODIS と CMAQ) の年平均値の経年変化を示す。衛星から計測された SO₂ VCD は、SO₂ の排出量推計値で非常に高い相関 (相関係数 0.97) が確認できる。CEC での SO₂ VCD は 2007 年まで増加して、その後、

減少している。これは、大規模火力発電所への脱硫装置の普及のためと考えられ、同様な傾向は中国内モンゴル地域でのOMI衛星のSO₂VCDからも報告されている。東アジア域のAODは、4-8%/年で有意に増加していることが判る。2006年から2010年にかけては4-7%/年の割合で減少している。このように、2000年から2010年の10年間の前半で劇的な増加を示した後に、ここで示した領域では後半5年間で減少に転じている。これは、SO₂の排出量の減少で生成される硫酸塩が減少しているためであり、その傾向が日本海上のAODの衛星計測から比較的正確に把握できることがわかる。これは、急激に変化している発生源変化をリモートの地点の衛星データから逆推定することが可能であることを意味し、環境変化のモニタリングに有用であり、今後の更なる発展が期待できる。

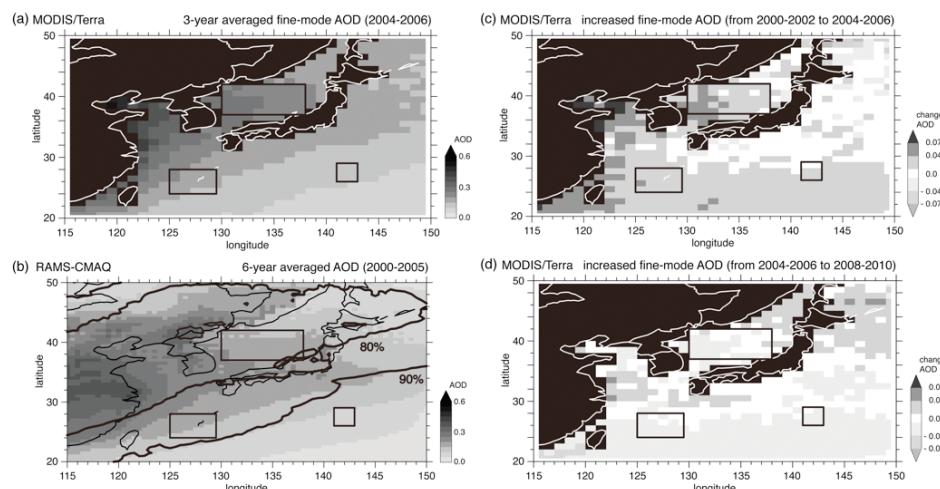


図1 (a) MODIS(陸上は黒塗りしている)、(b) CMAQでの光学的厚さ、(c)、(d)は光学的厚さの3年平均の差

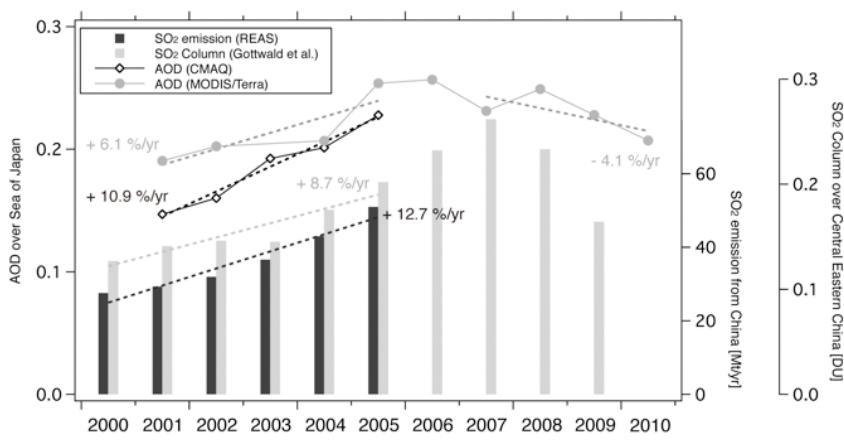


図2 中国SO₂の排出量と日本海AODの経年変化

発表論文、学会発表など

- 1) Itahashi, S., Uno, I. et al. *Atmos. Physic. Chem.*, **12**, 2631 (2012).
- 2) Uno, I. et al. *Atmos. Physic. Chem.*, **7**, 1671 (2007).
- 3) Itahashi, S., Uno, I. et al. *Environ. Sci. Technol.*, **46**, 6733 (2012).
- 4) Hara, Y., Uno, I., *SOLA*, **7**, 77 (2011).
- 5) Uno, I. et al. *Nature Geoscience*, **2**, DOI:10.1038/NGEO0583 (2009).

事業推進担当者の研究紹介

炭素資源環境学

大気エアロゾルの環境への影響評価

竹村 俊彦 九州大学 応用力学研究所 地球環境力学部門



【概要】これまでに開発してきた地球規模のエアロゾルの輸送および気候影響をシミュレートする数値モデル SPRINTARS (<http://sprintars.net>) を用いて、エアロゾルの気候影響を定量的に評価し、さらに、エアロゾル週間予測システムを開発した。

大気浮遊粒子状物質（エアロゾル）には、様々な種類が存在し、大気環境を悪化させる物質であるとともに、気候変動を引き起こす物質でもある。世界各国・各組織での地球温暖化対策の科学的根拠資料となる気候変動に関する政府間パネル（IPCC）から公表される評価報告書によると、エアロゾルはトータルとして温暖化を相殺する物質であり、気候変動の正確な評価のためには欠かすことのできない要素であることが示されている。

これまでに、地球規模のエアロゾルの輸送および気候影響をシミュレートする数値モデル SPRINTARS (<http://sprintars.net>) を開発してきた。SPRINTARS は、大気中のエアロゾルの輸送過程（発生・移流・対流・拡散・変質・沈着）を計算するとともに、エアロゾルの気候影響を大気大循環モデルと結合して計算する。SPRINTARS を用いて、人為起源エアロゾルの直接効果（太陽放射・赤外放射の散乱・吸収）放射強制力を -0.1 W m^{-2} 、水雲に対する間接効果（エアロゾルの雲凝結核の機能を通した雲粒径や雲寿命の変化）放射強制力は -0.9 W m^{-2} と評価し、IPCC AR4 での評価に貢献した。その後、SPRINTARS では、エアロゾルの氷晶核としての機能を考慮するように改良された。また、人為起源黒色炭素の準直接効果放射強制力を全球平均 $+0.1 \text{ W m}^{-2}$ 未満と評価した。2013 年に公表予定である IPCC 第 5 次評価報告書では、代表執筆者（Lead Author）を務めている。

SPRINTARS は、大気エアロゾルによる気候変動を評価するために開発を進めてきたが、応用利用として、エアロゾル分布の週間予測システムを開発して運用している (<http://sprintars.net/forecastj.html>)。ホームページを通して一般に公開することで、多方面で活用されている。

発表論文、学会発表など

- 1) T. Takemura, et al., *Atmos. Chem. Phys.*, **9**, 3061 (2009).
- 2) 竹村俊彦. 天氣, **56**, 455 (2009).
- 3) T. Takemura, et al., *SOLA*, **7**, 101 (2011).
- 4) T. Takemura, et al., *EOS Trans. AGU*, **92**, 397 (2011).
- 5) T. Takemura and T. Uchida, *SOLA*, **7**, 181 (2011).

海洋観測用水中ビーグルに関する研究

中村 昌彦 九州大学 応用力学研究所 地球環境力学部門



[概要] 定点長期海洋観測では係留系を使用した海洋観測が広く行われているが、係留系では水深方向の離散的なデータしか得ることが出来ない上、係留系を回収するまで計測データを確認することが出来ず、係留終了までは観測の成否を確かめる手段が無い。また、係留系の設置にはその設計から投入まで多大な労力と費用が必要となり、観測海域の変更も容易でない。このような問題点を解決し、観測対象海域において鉛直空間・時間連続データを取得するために水中グライダーを利用するバーチャルモアリングについて研究を行った。

Fig.1に水中グライダーを用いたバーチャルモアリングの概念図を示す。グライダーは機体内部に各種観測機器を搭載し、バーチャルモアリングを実施する海域の海面と海底とを往復する。この間に計測された各種観測データは、グライダー内のメモリーに保存されると同時に、グライダーが海面に浮上した際に基地局に逐次送信される。

海面浮上時にはGPSにより自機の現在位置を確認し、潮流等の影響によりバーチャルモアリングの対象海域から外れている場合には、潜航時にグライダーの運動を制御して設定海域へと帰還する。グライダーは定期的に潜航・浮上を繰り返しながら観測海域の計測を続けるが、計測を行わない間は海底に機体を着底させ電源を切って待機し、潮流等により機体が流されることを防ぐと共にバッテリーの消耗を抑え長期間の運用を図る。また、基地局からの指令により観測スケジュールを変更することも可能である。

[BOOMERANG]

比較的浅い海域でバーチャルモアリングを効率よく実現するためには、浮上または海底で待機中のビーグルが位置を修正するために、どの方向に向かっても潜航・浮上可能であることが望ましい。そこで、グライダーは、船首方向を限定せずに、全周囲方向に対して移動可能な円盤型とした。グライダーの投入・回収を容易にし、曳網・延縄等の漁具に捕らえられにくくするために、突起物の無い円盤形状は有利である。

外観をFig.2に示す。動作試験はFig.3に外観を示す長崎大学水産学部附属練習船長崎丸（総トン数842トン）と共同で実施され、Fig.3に示す長崎県高島海域（水深：40m～90m）および鹿児島湾内（水深：50m～100m）において試験を行ってきた。

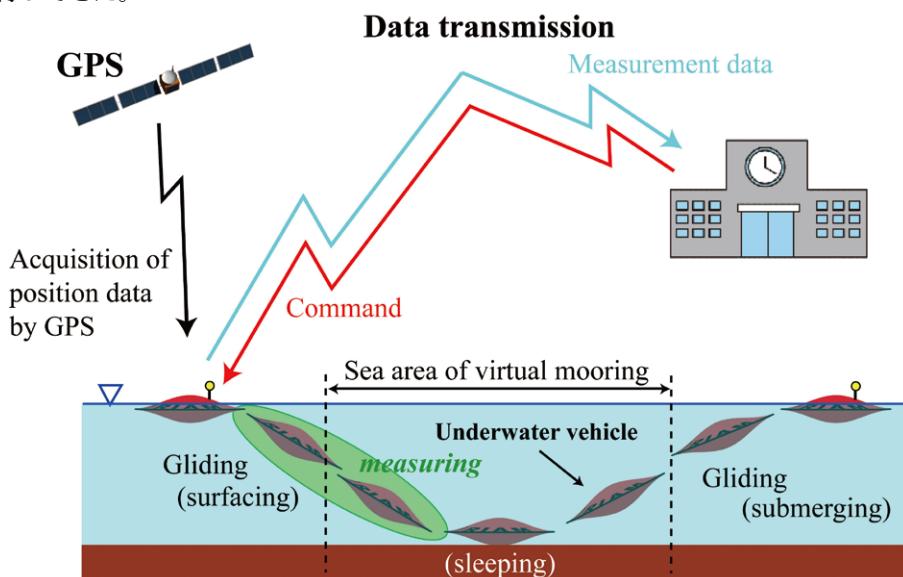


Fig. 1 Concept of virtual mooring

事業推進担当者の研究紹介



Fig. 2 Disk type underwater glider "BOOMERANG"

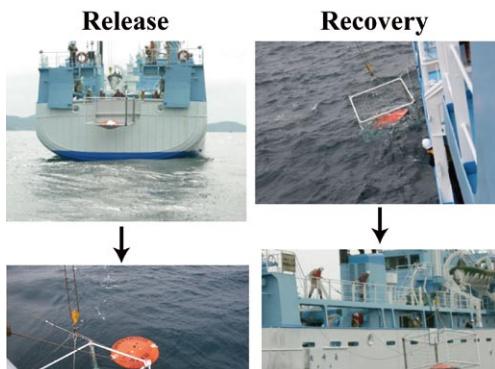


Fig. 3 Release and recovery of vehicle

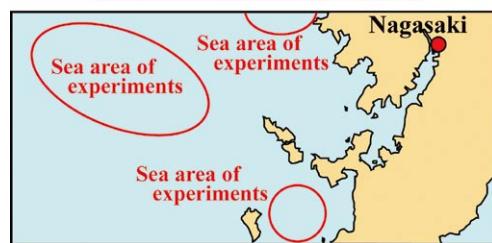


Fig. 4 Sea area of experiment

2010年度よりビークルの運用に向け内部機器の信頼性向上と観測機器の増設(ADCP)が実施されている。Fig.5は2012年3月に鹿児島湾内で実施された、完全無索状態での自律潜航・浮上動作結果である。青色の記号は水深50m海域でのビークル浮上位置、赤色の記号は水深100m海域での浮上位置を示している。今後実際の海洋観測を通じて運動データを蓄積することによりビークル制御アルゴリズムを改良し、バーチャルモアリング性能を向上していく計画である。



Fig.5 Surfacing locations of prototype vehicle

発表論文、学会発表など

- 1) M.Nakamura, W.Koterayama, M.Inada, K.Marabayashi, T.Hyodo, H.Yoshimura and Y.Morii, "Disk Type Underwater Glider for Virtual Mooring and Field Experiment", Int. Journal of Offshore and Polar Engineering, Vol.19, No.1, pp.66-70 (2009)
- 2) 中村昌彦、小寺山亘、兵頭孝司、稻田勝、丸林賢次、吉村浩、森井康宏、「バーチャルモアリング用円盤型水中グライダーの開発」、日本船舶海洋工学会論文集、第13号、pp.205-218 (2011).
- 3) W.Koterayama, M.Nakamura, Y.Ito and H.Yoshimura, "Autonomous Underwater Vehicle for Practical Use in Ocean Observations", Proc. of the Tenth Pacific-Asia Offshore Mechanics Symposium, pp.169-175 (2012).

インドネシアの石炭鉱山での捨石集積場における酸性坑廃水に関する研究

松井 紀久男 九州大学 大学院工学研究院 地球資源システム工学部門

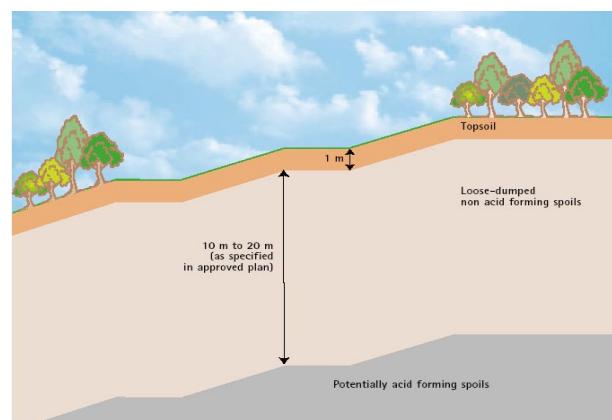


[概要] インドネシアの石炭生産量は2010年では2億7,500万トンであり、ほぼ全量が露天掘りから生産されている。そのうち2億1,800万トンを海外に輸出し、5,700万トンを国内の発電用に利用している。石炭需要の増大によって今後も石炭鉱山の開発は更なる増加傾向にあり、それに伴う環境問題に対する関心は非常に高く鉱山開発でのリハビリーションの必要性が増大し対応が求められている。

本研究では、インドネシア最大の露天掘り石炭鉱山である Kaltim Prima Coal (KPC) 鉱山を対象とし、この鉱山の捨石集積場における廃石の埋戻しに伴う AMD 発生要因について工学的に明確にするとともに、インドネシアの高温多雨の気候条件や石炭燃焼灰の利用を考慮した埋戻し方法を検討し、効果的な AMD 対策の技術的指針を示した。

まず、現状の廃石の埋戻し方法を模した NAF と PAF を層状に埋戻す手法について取り上げ、本手法の AMD の発生状況を熱帯地方特有の降雨状況を加味したカラム試験によって検証した。その結果から、実験初期の段階では埋戻した材料の水飽和度が不十分であるために AMD が多く発生したが、水飽和度の変化が認められなくなると NAF 中に存在する粘土鉱物と PAF の緩衝作用に加え、埋戻した材料中の酸素濃度が小さくなり、これらの相互作用によって AMD の抑制機能が著しく向上することが明らかになった。

次に、石炭燃焼灰が酸中和能力を有することを踏まえ、AMD 抑制効果が最大限に発揮できる埋戻し方法の確立を図るためにカラム試験を実施した結果、NAF 及び PAF 層の間に石炭燃焼灰層を設けることにより NAF 及び PAF 層のみより 1 オーダー程度小さい酸素拡散係数を示し、埋戻した材料中の酸素濃度を効果的に低減できることを示した。また、石炭燃焼灰層から 1mg/L 以下のカドミウム、クロム等の重金属が浸出することを確認しているが、インドネシアにおける環境基準以下であったことから、石炭燃焼灰層からの環境汚染は極めて小さいことを明確にし、石炭燃焼灰の利用を考慮した AMD 抑制のための効果的な新たな埋戻し方法を提案した。



発表論文、学会発表など

- 1) S.Maryati, H.Shimada, T.Sasaoka and K.Matsui, Journal of Geographic Information System, 4[1], (2012).
- 2) H.Shimada, G.J.Kusuma, T.Sasaoka and K. Matsui, International Journal of Mining, Reclamation and Environment, 26[1], (2012).
- 3) G.J.Kusuma, H.Shimada, T,Sasaoka and K.Matsui, Journal of Environmental Protection , 3[7], (2012).

事業推進担当者の研究紹介

炭素資源環境学

環境保全およびエネルギー回収技術の開発研究

峯元 雅樹 九州大学 大学院工学研究院 化学工学部門



[概要] 本事業では、環境・エネルギー・化学プラント内の物質及び輸送現象に関する研究を行った。特に、環境問題(SO_x・NO_xに起因する酸性雨、CO₂に起因する地球温暖化)とエネルギー問題(燃料電池、省エネルギー、高効率化、メタンハイドレート等の海底資源)について実験と分析の両面から取り組み、新プロセスの考案、高性能化、コンパクト化、低コスト化等、幅広い世の中のニーズに応えている。

- 1) 固体高分子形燃料電池の高性能化: 固体高分子形燃料電池の高性能化を目指し、実験と解析を行った。本分野では、特に流路内・拡散相内・セル面内のフラッディング現象に着目し、それぞれ数値解析と実験により液滴の挙動および発電性能低下のメカニズムを把握することを目的としている。さらに、これらのデータを基に耐フラッディング性能を有する高出力・高安定セルの開発につながる適切なセパレータ流路形状と拡散相性状を求めた。
- 2) メタンハイドレート回収システム: 日本近海に存在するメタンハイドレート量は、我が国の天然ガス使用量の約100年分に相当するといわれている。本研究では、メタンハイドレート回収法として、ガスリフト法を提案し、実験と数値計算により、最適な操作条件、制御方法を検討し、高効率なハイドレート回収システムを構築した。
- 3) 吸着によるCO₂除去・濃縮システム: 地球温暖化が懸念される今日、CO₂排出量の大幅な削減が急務となっている。大規模火力発電所からの排ガスを対象とし、ロータ径、ガス流量、制御方法の最適値を自動的に求める手法を提案した。本システムにより、10%のCO₂を90%以上にまで濃縮できることがわかった。
- 4) 電気化学的方法によるCO₂分離・濃縮システム: 電気化学的な方法を用いてCO₂を分離・濃縮する新しい手法を提案した。この方法では、まずCO₂をK₂CO₃水溶液に吸収させ、次にイオン交換膜を用いてこの水溶液を電気化学的に濃縮する。この濃縮液を減圧することによりCO₂を回収する。この手法では、従来の方法と比較して、常温でのCO₂の放散・回収が可能であるため、必要とされるエネルギーを大幅に削減できる可能性が期待できる。
- 5) IGCC ガス化炉内の溶融スラグの流動解析: 石炭ガス化複合発電システム(IGCC)のガス化炉内では、高温にさらされた石炭がガス化するとともに、固体成分は溶融スラグとしてガス化炉底部により排出される。IGCCガス化炉の安全運転のためには、この溶融スラグの流下状況を予測することが重要である。本研究は、新たに溶融スラグの流動を計算するためのシミュレーションモデルを作製し、実測が困難なスラグの流下状況を予測することを目的として実施しており、その計算プログラムを作製した。
- 6) 充填層内のガス流速分布の自動均一化: 触媒や吸着剤は従来粒子形状のものが多く使用されてきたが、近年これに代わる圧力損失の低いハニカムが注目されている。しかし、ハニカムは低圧力損失であるため、偏流が起こりやすいという欠点があり、これに起因する性能や耐久性の低下などの問題が浮上する。本研究では、低圧力損失であるハニカムの特徴を生かしつつ、流動を均一にするための流路形状を自動的に設計する解析手法を提案した。

発表論文、学会発表など

- 1) S. Hironaka, Y. Matsukuma, and M. Minemoto, *J. Power and Energy System*, 5, 388 (2011)
- 2) T. Koga, Y. Matsukuma, and M. Minemoto, *J. Carbon Resources Sic.*, 3, 6 (2011)
- 3) Y. Matsukuma and M. Minemoto, *Kagaku kogaku Ronbunshu*, 36, 149 (2010)
- 4) Y. Matsukuma and M. Minemoto, *Kagaku kogaku Ronbunshu*, 35, 573 (2009)
- 5) G. Inoue and M. Minemoto, *ECS Transactions*, 16, 769 (2008)

環境経済学の理論研究およびアジア中小企業の省エネルギーに関する調査研究

藤田 敏之 九州大学 大学院経済学研究院 経済工学部門



[概要] ゲーム理論を用いて国際環境協定の自己拘束性を分析し、安定的な環境協定が成立するための条件を模索するとともに、リアルオプション理論を用いて不可逆性をもつ環境政策のタイミングを分析し、不確実性下の最適な意思決定を考察した。また環境省プロジェクトにおける実態調査の結果を踏まえ、アジア諸国における中小企業の省エネルギー促進政策を提案した。

私が2008年以降の5年間に行った研究内容および研究成果を3つのカテゴリーに分けて手短にまとめる。以下の1と2は理論的色彩の強い研究であり、3はフィールドワークとアンケート調査の分析にもとづく実証的色彩の強い調査研究である。

1. 国際環境協定の自己拘束性に関する研究（末尾の業績1,2）

地球環境問題の解決に向けては国家間の交渉および国際環境協定の締結が不可欠であるが、現在地球温暖化防止交渉の難航にみられるように環境対策に関する国々の足並みが揃っているとはいえない状況である。これらの国々の態度は、国際協定を国の間のゲームとしてとらえた場合の合理的行動として理解できる。私の研究では、ゲーム理論的枠組みでどの国にも離脱へのインセンティブが生じない「自己拘束的な」国際協定を設計するために、どのようなルールが必要になるかを検討している。得られた主要な結論は以下のようである。

- (1) 何のルールもない場合には、自己拘束的な協定のサイズは非常に小さい。国家間の所得移転はそのサイズを拡大する有望な施策であるが、所得移転だけでは不十分であり、ある国が離脱したら協定が解散するという強いルールとともに用いられることが必要である。
- (2) 直接的な環境保全行動の水準を定める協定よりも、各国が他国の環境保全行動に同調することをルールに含めたマッチング協定というスキームが有効かつ現実的であり、均衡においてすべての国が協定に参加し効率的な結果を導くマッチングのルールが存在することが明らかになった。またその有効性が少数の同じ条件にある（対称的な）国々のケースだけでなく、国の大ささや非対称な場合にも成り立つことが示された。

2. 不可逆性と環境政策のタイミングに関する研究（業績4,5）

環境問題においては通常大きな不確実性が存在し、また多くの場合環境政策は不可逆性を有する。したがって、ある政策が提案されたとしてもそれを行うべきかどうかがわからないことがしばしばである。私の研究では、このような状況でリアルオプションという方法論により、環境政策の最適なタイミングを検証している。これは今後例えば温暖化対策と原子力発電などに関する政策を決定する上で重要な視点であると思われる。不可逆性としては、一度排出された汚染を回収するのが困難であることを意味する「排出の不可逆性」と汚染削減投資にかかる費用がサンクコストになり他の用途では使えないことを意味する「投資の不可逆性」を考慮する。主要な結論は以下のようである。

事業推進担当者の研究紹介

- (1) 排出の不可逆性は最適な政策実施のタイミングを早めるのに対し、投資の不可逆性は反対にタイミングを遅らせるが、投資の不可逆性の効果が不確実性の度合いが増すにつれて大きくなるので、不確実性が高い場合、社会の変革をともなう投資の不可逆性が強い政策の実施には慎重になるべきである。
- (2) 複数の主体が存在するときには、確定的な状況と同様にただ乗りをするインセンティブが働き、非協力解での政策実施のタイミングが協力解に比べて遅くなるので、越境的な問題を扱う際には政策のタイミングについての拘束力を伴った合意が必要になる。その実現のためには強い国際協力体制の確立が重要である。

3. アジア諸国の中小企業での省エネルギー促進に関する調査研究（業績3）

3年にわたって行われた環境省プロジェクト「国際都市間協働によるアジア途上国都市の低炭素型発展に関する研究」に参加し、アジア諸国の都市における低炭素社会構築に向けての有効な政策を中小企業に焦点を当てつつ検討した。具体的には、大連、重慶、バンコク、ホーチミンの企業を対象として省エネルギー、CSR（企業の社会的責任）取り組み状況に関するヒアリングおよびアンケートによる調査を実施した。主要な結論は以下のようである。

- (1) アンケート結果の回帰分析により、CSRへの知識や意識の強さを示す指標と企業の省エネルギー行動に関する意識やパフォーマンスを数値化した指標との間に有意な正の相関がみられた。省エネルギー行動を促進するためにはCSRへの意識を高めることが必要で、そのために表彰制度などを導入することが重要と思われる。
- (2) どの都市でも中小企業の省エネルギーへの関心は高いが、実際の行動には結びついていない。ヒアリングの結果から、その要因はコスト面での制約および情報不足であることが類推される。そこで日本の国内CDM制度に注目し、九州地区での実態を調査した結果、この制度は主に小規模事業者に対する省エネ診断などの情報提供機能、補助金としてのインセンティブ機能を有することと、ソフト支援機関が取引業者間のマッチングや取引費用低減に関して重要な役割を果たしていることが判明した。アジア諸国での国内CDM制度の設計と、制度を円滑に機能させるための仲介組織の設立が有効な政策と思われる。

発表論文、学会発表など

- 1) T. Fujita, *Strategic Behavior and the Environment*, 3, forthcoming (2013).
- 2) T. Fujita, *Intl. J. Environmental, Cultural, Economic and Social Sustainability*, 7, 17 (2011).
- 3) S. Hori, T. Fujita, *J. Novel Carbon Res. Scie.*, 1, 24 (2010).
- 4) T. Fujita, *Proc. of the 3rd Intl. Symp. on Novel Carbon Res. Scie.*, KN2, 59, Fukuoka (2009).
- 5) T. Fujita, in *Enterprise Management and Change in a Transitional Economy*, ed. by S. Zhao, Nanjing University Press, Nanjing, 661(2008).

石炭ガス化、CO₂回収の研究

藤岡 祐一

福岡女子大学・国際文理学部環境科学科



【概要】新規な石炭ガス化技術の構築のために、石炭ガス化ガスからの高温乾式脱硫における炭素析出の反応機構の解明と、石炭ガス化ガスからの消費エネルギーを低減させる経済的なCO₂の回収技術についてアミン水溶系の吸収液の特性とプロセスの操作条件について研究を実施している。

【石炭ガス化の乾式脱硫】

石炭ガス化のFe系脱硫剤を用いた高温乾式脱硫装置における炭素析出に関する研究を実施している。熱力学的平衡条件でのC-H-O系化学平衡三元図が、炭素析出防止のためのCO₂、H₂O添加量の指標となる。O₂-CO₂吹きガス化炉のガス組成における炭素析出に影響を与えるガスの組成、および炭素析出の触媒となる鉄の挙動を明らかにするために、速度論的な検討を行った。化学平衡を炭素析出が起きにくい方向へ変化させる手法と、炭素析出速度の低下を図る方法の併用が実用的であると考える。ガス組成を変化する方法として、水蒸気、二酸化炭素の添加、および燃焼排ガスのリサイクルによるガス組成の変化について熱天秤を中心とした実験を行った。400℃～500℃では脱硫温度の低下が有効であった。いずれの対策でも、炭素析出防止に適した条件は鉄系の脱硫至適条件から離れていくことになるので、脱硫速度の低下を招かないように鉄原子の脱硫担体への分散方法の検討を同時に進めている。

【CO₂回収】

石炭ガス化炉における新規なCO₂回収方法を検討している。CO₂回収プロセスは石炭ガス化発電装置に組み入れることを想定して、圧力が25気圧でCO₂濃度が30～50%のガス化ガスから回収して99%程度のCO₂濃度に濃縮することを想定している。発電プラントと回収装置では熱のやりとりが可能であるので、発電プラントから回収プラントへ供給する熱源を有効利用できるように、再生温度および圧力の選定条件が広い範囲で調節可能なアミン水溶液系の探索とそのCO₂吸収溶液のCO₂回収条件把握をターゲットとした。圧力変動と低温熱源からの熱の組み合わせ方と、吸収溶液の再生率と再生速度、および最も省エネになる再生方法を検討中である。

発表論文、学会発表など

- 1) Y. Yu, Y. Fujioka, *Novel Carbon Res. Scie.*, 7, 5(2012).
- 2) Y. Yu, Y. Fujioka, *9th Intl. Symp. of Novel Carbon Res. Scie.*, P50, 113, Fukuoka (2012).
- 3) K. Goto, H. Okabe, F. A. Chowdhury, S. Shimizu, Y. Fujioka, M. Onoda, *Int. Jour. GHG Cont.*, 5, 1214(2011).
- 4) K. Tomizaki, S. Shimizu, M. Onoda, Y. Fujioka, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 49, 1214(2010).
- 5) H. Yamada, S. Shimizu, H. Okabe, Y. Matsuzaki, F. A. Chowdhury, Y. Fujioka, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 49, 2449(2010).

事業推進担当者の研究紹介

炭素資源環境学

環境汚染物質の光分解に関する研究

草壁 克己 崇城大学工学部ナノサイエンス学科



[概要] 粒子状炭素物質など多様な環境汚染物質を除去する目的でメソポーラスチタニアを光触媒とし、希薄な環境汚染物質に対応するために吸着性を増すためチタニア表面に高比表面積のシリカを分散させた。モデル物質としてメチレンブルーの光分解を行い、吸着・分解モデルを提案した。さらに可視光応答型とするために酸化タンゲステンを担持することに成功した。

シリカ担持したメソポーラスチタニア複合体を、界面活性剤をテンプレートとしたゾルゲル法により合成した。このとき $\text{Si}/(\text{Ti} + \text{Si})$ モル比 α を 0.091、0.167 および 0.27 とした。この複合体を用いて波長 365 nm の紫外光照射下でメチレンブルーの液相光分解反応を行い、その光触媒活性と吸着特性を評価した。複合体上へのメチレンブルーの吸着性は光非照射条件で評価した。

メソポーラスチタニア単独ではメチレンブルーをほとんど吸着することができなかった。しかしながら、高比表面積のシリカを分散担持することで、メチレンブルーとの接触初期において十分な吸着速度を示し、1 時間経過後には吸着平衡に達した。メチレンブルーの液相光分解実験の結果から、シリカ担持モル比 α が 0.091 で合成したシリカ担持メソポーラスチタニアが最大の光分解速度を示した。同様の光分解特性は、揮発性有機化合物であるトルエンの気相光分解においても確認された。

複合体の光分解挙動に対して、吸着と光分解が同時に進行する反応速度モデルを新たに提案した。光分解挙動については液相中の非吸着メチレンブルーとシリカ表面の吸着メチレンブルーに分けて、それらの反応速度をそれぞれ評価した。メソポーラスチタニア光触媒では非吸着メチレンブルーの光分解だけが起こる。一方、シリカ担持メソポーラスチタニア表面では吸着性と非吸着性メチレンブルーの光分解が同時に進行した。シリカを分散することで、希薄なメチレンブルーの吸着が進みメソポーラスチタニア表面上でのメチレンブルー濃度が高くなる効果と、チタニア自体の光分解活性が向上する効果があることがわかった。低シリカ担持複合体 ($\alpha = 0.091$) の光分解活性は、高シリカ担持複合体 ($\alpha = 0.167$ および 0.27) よりも高いことを明らかにした。低シリカ担持複合体 ($\alpha = 0.091$) の光分解活性が高いのは、メソポーラスチタニア表面上にシリカが高分散しているからと考えられる。

太陽光や照明などの可視光照射下で光分解を促進するために、酸化タンゲステン (WO_3)・シリカ担持メソポーラスチタニア (WST) 光触媒を、ゾルゲル法を用いて合成した。メチレンブルーをモデル物質として、紫外線および可視光照射下で WST の光分解活性を評価した。シリカチタニア複合ゾル中にポリオキシタンゲステン酸ゾルを加えた複合ゾルを乾燥後、800°Cで焼成して作成した酸化タンゲステン担持光触媒 (WST-1) は、焼成中にチタニアの結晶転移が進むために紫外線照射下で光分解活性を示さなかった。焼成温度を下げるため、合成したタンゲステン酸微粒子をシリカチタニアゾルに混合した後、450°Cで焼成して複合光触媒 (WST-2) を作成した。WST-2 光触媒は紫外線照射下で酸化タンゲステン担持メソポーラスチタニアよりも高い光分解活性を示した。さらに酸化タンゲステンを担持することで可視領域の光吸収特性が向上して、可視光照射下でメチレンブルーが分解できることを明らかにした。

発表論文、学会発表など

- 1) K. Kusakabe, M. Ezaki, A. Sakoguchi, K. Oda, N. Ikeda, *Chem. Eng. J.*, **180**, 245 (2012).
- 2) M.F. Irfan, M.R. Usman, K. Kusakabe, *Energy*, **36**, 12 (2011).
- 3) S.M. Son, H. Kimura, K. Kusakabe, *Bioresource Technology*, **102**, 2130 (2011).
- 4) G. Guan et al., *AIChE J.*, **56**, 1383 (2010).
- 5) G. Guan, K. Kusakabe, K. Moriyama, N. Sakurai, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **48**, 1357 (2009).
- 6) G. Guan, K. Kusakabe, S. Yamasaki, *Fuel Process. Technol.*, **90**, 520 (2009).

SYMPORIUM WORKSHOP SEMINAR FISCAL YEAR 2012

Symposium & Workshop

[共催] 第22回万有福岡シンポジウム

—新しい発想による有機合成、有機合成からの新しい発想—

[日 時] 2012年5月19日

[場 所] 九州大学医学部百年記念講堂

[共催] 地球科学技術に関する国際シンポジウム2012

[日 時] 2012年9月18日～19日

[場 所] バンドン工科大学(インドネシア)

[共催] The 5th G-COE International Workshop on Energy and Environment in Chemical Engineering

[日 時] 2012年10月12日

[場 所] 九州大学伊都キャンパス 鉄鋼リサーチセンター&ウェスト4号館

[主催] The 9th International Symposium on Novel Carbon Resource Sciences

[日 時] 2012年11月2日～3日

[場 所] 九州大学筑紫キャンパス

[共催] サイエンスマンス・フコオカ メインイベント～みんなで育てよう科学の芽～

[日 時] 2012年11月10日～11日

[場 所] アクロス福岡

[共催] Cross Straits Symposium on Materials, Energy and Environmental Sciences 14

[日 時] 2013年2月18日～19日

[場 所] 九州大学筑紫キャンパス

講演会

[共催] 福岡女子大学国際セミナー「インドの社会と女性問題」

～インドおよびインド環境工学研究所での若手人材育成を例に～

[日 時] 2012年5月10日

[場 所] 福岡女子大学 多目的ホール

[講 師] Dr. Sadhana Rayalu (National Environmental Engineering Research Institute, India)

[主催] G-COE「新炭素資源学」講演会

Molecularly engineered materials for carbon capture, valorisation and sequestration

[日 時] 2012年5月11日

[場 所] 九州大学筑紫キャンパス C-CUBE303

[講 師] Dr. Sadhana Rayalu (National Environmental Engineering Research Institute, India)

[主催] G-COE「新炭素資源学」講演会「粉体技術とその応用」

[日 時] 2012年6月27日

[場 所] 九州大学筑紫キャンパス 先導物質化研究所 111号室

[講 師] Dr. Hsiao-Po Kuo (Department of Chemical and Materials Engineering, Chang Gung University, Taiwan)

協賛・後援セミナー

The 5th KU-KU (Kyushu Univ. - Korea Univ.) Joint Workshop on Functional Materials

[日 時] 2012年10月25日～27日

[場 所] 高麗大学(韓国)

主催 第9回新炭素資源学国際シンポジウム

The 9th International Symposium on Novel Carbon Resource Sciences

日時：2012年11月2日～3日

場所：九州大学筑紫キャンパス

九州大学先導物質化学研究所 GCOE「新炭素資源学」拠点リーダー 永島 英夫

2008年秋にキックオフシンポジウムを福岡で開催して以来、今回のシンポジウムは9回目となり、グローバルCOE事業の期間中における最終シンポジウムとなります。グローバルCOEの事業としてのコンセプトは、各分野における世界と連携した最先端研究の実施であり、それを通じた博士後期課程の学生や博士研究員クラスの若手研究者の育成です。これまでのシンポジウムは、新炭素資源学に関する招待講演と学生・博士研究員の研究発表で構成し、シンポジウム毎にテーマ的な特徴を持たせてきました。福岡で開催した第1

回、3回、6回がコースの主専攻の研究内容である、炭素資源の効率的利用、省エネルギー、環境保全の3つを配置したものであったのに対し、第2回（インドネシア・バンドン）では資源工学、第4回（中国・上海）では環境保全、第5回（オーストラリア・パース）では炭素資源エネルギー変換、第7回（韓国・ソウル）ではエネルギー材料・デバイス、第8回（インド・ナーグプル）では地球温暖化の防止、といった特徴あるシンポジウムとなっています。それぞれに招聘した研究者からは優れた研究成果の報告があり、また、とくにコース生や博士研究

員においてはそれぞれの研究成果の発表の場がありました。一方、コースカリキュラムが充実した時点から開始した学生セッションでは、アジアの学生たちを招聘した特定テーマでのディベートを毎回実施しており、現在では、COEの学生が集まるといろんな角度での議論が他国の大学院生を交えて活発におこなわれるようになっています。

第9回のNCRSシンポジウムは、以上培った経験を活かしつつ、最終シンポジウムである特徴を活かして「新炭素資源学」を考える場を構築する目的で、3つの柱で

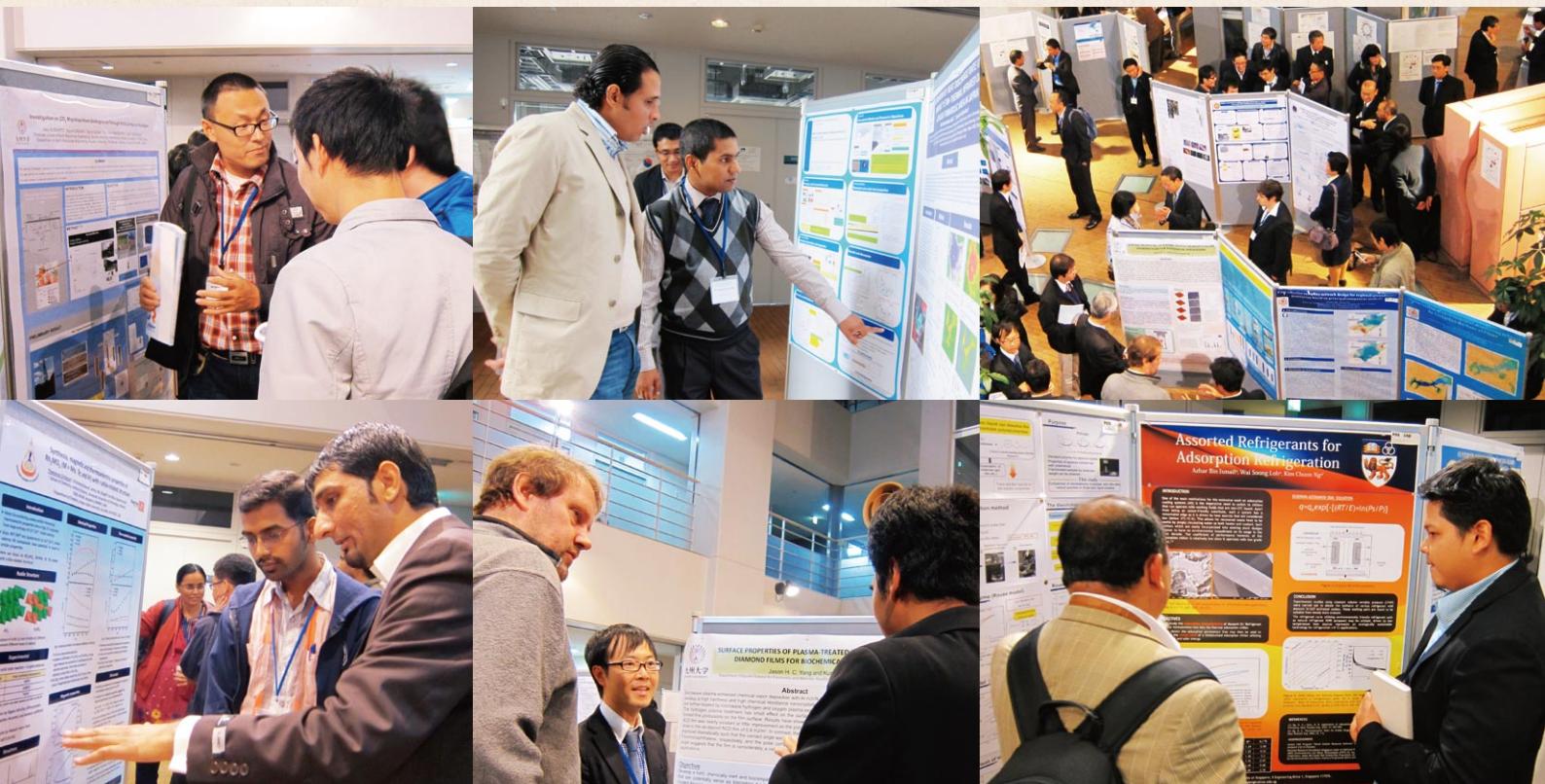


構成しました。第一の柱は、2日間にわたる5つのセッションでの研究発表であり、「炭素資源の効率的利用と低炭素プロセス」、「省エネルギー物質・デバイス」、「環境保全物質・デバイス」、「資源マネジメントと環境保全」、「アジアの環境経済」をテーマに、それぞれに講師を招き、基調講演と招待講演で活発な意見交換を実施しました。これらは、新炭素資源学の学理を究める意味で重要なテーマであります、とにかく、この5年間の世界規模での様々なで

きごと、とくに、福島原発事故後のエネルギー戦略、アジアの経済発展と資源戦略、環境保全への关心の高まりが、各国の資源・エネルギー・環境戦略に大きな影響を与え、新炭素資源学の研究背景を大きく変化させていることを感じさせる内容がありました。新炭素資源学の原点である、現実的なエネルギー資源であり化学原料である炭素資源をしっかりと見据え、効率的なエネルギー変換、省エネルギー、環境保全を地道に積み上げていくことの重要

性を再認識させられました。

第二の柱は本COEの方向性である、「新炭素資源学の実践の場はアジア」を、オープニングスピーチと特別講演と招待講演で構成したものであり、初日に実施しました。オープニングスピーチにはコア連携5機関(韓国・KIER+延世大学、中国・上海交通大学、インドネシア・バンドン工科大学、オーストラリア・カーティン大学、インド・環境工学研究所)のほか、COE短期実習で訪問したタイ(スラナリー工科大



講演一覧

開会挨拶

永島英夫 (九州大学)

Yanting WU (中国 上海交通大学)

Sudarto NOTOSISWOYO (インドネシア バンドン工科大学)

Doo-hwan JUNG (韓国 韓国エネルギー技術研究院)

Yong-Gun SHUL (韓国 延世大学)

San Ping JIANG (オーストラリア カーティン大学)

Satish Ramchandra WATE (インド インド国立環境工学研究所)

Kim Choon NG (シンガポール シンガポール国立大学)

Visit VAO-SOONGNERN (タイ スラナリー工科大学 ※代理: 高橋良彰 九州大学)

Skorn MONGKOLSUK (タイ マヒドン大学)

Megat JOHARI (マレーシア MJIIT)

Nilesh J. VASA (インド インド工科大学マドラス校)

原田明 (九州大学)

特別講演

堀江正彦 (地球環境問題担当大使 明治大学特任教授)
"UN Climate Change Negotiations and Creation of Low Carbon Society"

基調講演

San Ping JIANG (オーストラリア カーティン大学)
"An Overview of Research Activities at Fuels & Energy Technology Institute – From Biomass to Fuel Cells"

David BLOWES (カナダ ウォータールー大学)
"Use of Organic Carbon as a Remediation Material for Contaminated Groundwater"

大瀧倫卓 (九州大学)
"Thermoelectric Power Generation for Waste Heat Recuperation Aiming at Green Innovation in Japan and Asia"

鷺田豊明 (上智大学)
"Computable General Equilibrium Analyses of Global Economic Impacts and Adaptation for Climate Change"

堂免一成 (東京大学)
"Hydrogen Production from Water on Heterogeneous Photocatalysts"

学、マヒドン大学)、マレーシア(MJIIT)、シンガポール(シンガポール国立大学)が参加しました。バンダーン工科大学、マヒドン大学、MJIIT、シンガポール国立大学は、本年度発足の関連事業であるリーディング大学院プログラム(グリーンアジア国際戦略)の連携先であります。同じく連携先となっているインド工科大学マドラス校にも参加を要請しました。これらのオープニングスピーチでは、発展著しいアジア諸国の特徴である勢いがあり、それを持続す

るための資源・エネルギー・環境への各教育研究機関の取り組みが紹介されました。その環境面の象徴である地球温暖化防止については、堀江正彦・外務省地球環境問題担当大使が特別講演として国連における取り組みをまとめられ、多くの議論が戦わされたことは印象的でありました。

第三の柱は、学生を中心とした取り組みです。11月1日に開催した学生セッションでは、8カ国、13教育研究機関から招聘した30名の学生と、COEコース生70名

をあわせた100名が集まり、10のグループで5つのトピックスについての学生ディベートを実施しました。トピックスの内容は、「エネルギー・ミックス」、「資源開発と環境リスク」、「トリレンマの克服」、「環境政策と国際協力」、「省エネルギー技術」であり、当日とシンポジウム中に各グループで議論を展開しました。学生セッションでの参加者は、いずれも、2日にわたるポスターセッションでの研究発表をおこない、最終日の夕方に、各グループでのディベートの



招待講演

早渕百合子（九州大学）
“Japan's National Greenhouse Gas Emissions — How to Estimate the Emissions in the Commitment Period under the Kyoto Protocol —”

今井健一（公益財団法人 国際東アジア研究センター）
“Linkage of Municipal Emissions Trading Schemes across Asia: Its Benefits and Possibility”

Sang-Ho LEE（韓国 全南大学）
“Eco-Industry and Environmental Policy: Emission Tax and Patent Licensing”

Prapan KUCHONTHARA（タイ チュラーロンコーン大学）
“Co-utilization of Coal and Biomass for Syngas Production: Interaction between Coal-Char and Biomass-Derived Volatile”

Ondřej MAŠEK（英国 エдинバラ大学）
“Challenges and Recent Advances in Biochar Production and Utilisation”

Hans-Heinrich CARSTENSEN（ベルギー ゲント大学）
“Development of Detailed Kinetic Mechanisms from First Principle Calculations with Application to Biomass Chemistry”

Wenming QIAO（中国 華東理工大学）
“Advanced Carbon Materials for Removal and Recycling of H₂S”

安田豊（京都産業大学）
“Why We Need to Follow the Moon? The New Stage of the Distributed Computing”

Kim Choon NG（シンガポール シンガポール国立大学）
“Adsorption Desalination and Cooling: An Emerging Low Cost Method”



議論のまとめが代表者から発表されました。本NewsLetterに掲載されているように、熱のこもった内容が多く、時間を大幅に超過しての発表となつたことは印象的ありました。4日には日本の文化紹介のバスツアーも学生により企画されたほか、シンポジウムや学生セッションへの参加を好機に、関連研究室訪問を果たした教員・学生も多くよい国際交流の場となつたと考えています。

手探りで始めた国際シンポジウム活動

も、5年の間に、新炭素資源学の骨格が徐々に固まり、今回の5つのセッションに典型的に示されているように研究の方向性が明確になってきています。また、アジア各国の学生教員との交流、学生ディベートは定例行事として定着しており、アジアを知る九大卒の若者が実践的な活動をしていく素地を作り上げています。今回のシンポジウムを企画、実施して、この5年間の歩みに研究、教育両面で重量感ある手応えを感じたのは私だけではないと確信し

ています。

最後に、本シンポジウムの成功は、事務局が積極的にそれぞれの役割を果たしてくれたこと、学生セッションについては博士後期課程学生諸君10名が手分けして役割を果たしてくれたこと、そして、各シンポジウムセッションのまとめ役として、学生セッションアドバイザーとして、多くの先生方にご協力をいただいたこと、に尽きます。本シンポジウムに係わったすべての方のご協力を心から感謝します。



Bor Yann LIAW (米国 ハワイ大学)
"Sweet Power — Harnessing Energy from Sugars"

藤田克彦 (九州大学)
"Prospective View of Organic Photovoltaic Cells"

村山光宏 (米国 バージニア工科大学)
"3D Electron Microscopy — Application to Advanced Energy Related Materials Developments"

Nini PRYDS (デンマーク デンマーク工科大学)
"Oxides Gets Environmentally-friendly"

山崎仁丈 (米国 カリフォルニア工科大学)
"Defect Manipulation towards a Sustainable Energy Future"

Rakesh KUMAR (インド インド国立環境工学研究所)
"Transport Sector Air Pollution with special reference to CO₂ Emission: Congestion Model"

糸井龍一 (九州大学)
"Geothermal Energy Development and Its Future"

Sudarto NOTOSISWOYO (インдонシア バンドン工科大学)
"Electricity Generation in Remote and Isolated Areas Using Local Small and Low Calorie Coal Resources in Indonesia"

澤田賢治 (独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構)
"Sustainable Economic Growth and Mineral Resources"

岡津弘明 (独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構)
"Environmental Friendly Oil & Gas Development : It's Concept and Recent Technical Activity of JOGMEC"



第9回新炭素資源学国際シンポジウム 学生ディベートセッション報告

グローバル COE 「新炭素資源学」 拠点
学生ディベートセッション担当学生一同

2012年11月2日～3日に九州大学筑紫キャンパスで開催された最終(第9回)新炭素資源学国際シンポジウムでは、「1.炭素資源の効率的利用と低炭素プロセス」、「2.省エネルギー材料・デバイス・システム」、「3.環境保全材料・デバイス」、「4.資源開発と環境保全」、「5.アジア環境経済」の5つのセッションに、国内外から基調講演、招待講演をお願いし、それぞれが持つ問題点のわかりやすい解説と先端研究紹介が実施されました。対象となる分野は、化学、化学工学、物質・材料科学、電気工学、機械工学、資源工学、環境経済学、その他環境・エネルギー関連の科学分野と広く、多くの分野で研究に従事している博士後期課程学生が、世界の資源、環境、エネルギー問題への理解を深め、国を超えて学生どうしの意見交換が活発に行われていました。

国際シンポジウムの前日(11月1日)には学生セッションが開催され、G-COE 学生や国内外の大学より招待された参加者

が集まり、それぞれの課題に関して意見交換・討論を行い、学生たち自らの手で結論を導き出していく非常に有意義な時間がありました。今回の学生セッションでは現在または将来的に世界中で重要な問題となっていくであろう「1.エネルギー・ミックス」、「2.資源開発と環境リスク」、「3.トリアンマの克服」、「4.環境政策と国際協力」、「5.省エネルギー技術」の5つのテーマを取り上げ、各グループで議論を行いました。

学生セッションの参加者たちは皆それぞれのテーマに関して、積極的に専門的な知識や自分の意見や自国の現状などに關して発言・意見交換を行い、各グループのリーダーがそれらの意見をまとめておりました。学生たちは時には真剣に時には楽しそうに生き生きとした表情で議論を行っており、各々が与えられた課題に関して真剣に考え、議論に取り組んでいる様子が見てとれました。中には議論を行うにあたり難しいテーマもありましたが、学生セッションに参加された教授の方々や若手

研究者の方々からのご助言などから、問題点や何を議論すべきかといったことが明確化され、活発な討議が行われていたと感じています。更には、シンポジウム中のポスターセッションにおいて学生セッションで共に議論を行った学生たちが、お互いの研究にも興味を示し、知識の共有や意見交換を行っていました。

国際シンポジウムの最終日の最終セッションでは、各グループのリーダーが学生セッション中に行った議論をまとめた内容について短時間の発表を行う機会が準備されておりました。発表中、どのグループも様々な国籍の学生が集まっていたため、その国独自の制度や考え方などの存在を知り自国と全く異なることに驚いたということを何度か耳にしました。これから国際理解または国際協力をしていくためには、まずお互いの国の環境や現状といったことを十分に理解することが非常に重要であると感じました。また、発表が終わった後、発表者へ教授の方や若手研究者の方がいくつか質問されることもありました。その質疑応答の際、明確でない回答であった場合もありましたが、各グループリーダーがそれぞれのグループで議論を行い導き出した結論に基づき、自分たちの意見をしっかりと述べることができていたと思います。今回の学生セッションのような場においては自分たちが自分たちの将来について真剣に考え、同じ立場にいる人達と国境を越えて意見を語り合い、現在または将来的に起こるであろう問題点について一緒に悩みながら議論していくといったことが重要であると感じており、今回はそれが達成できた非常に有意義な時間であったと思っております。また、学生セッションのみならず今回の国際シンポジウム全体を通して、様々な異なる国籍を持ち異なる研究テーマを持つ学生たちが国際交流を行うことができたと感じております。



Summary Report of Student Session The 9th International Symposium on Novel Carbon Resource Sciences

Topic 1. Energy Best Mix Group 1

1. Tomoki UCHIYAMA (*Kyushu University - Japan*)
2. Ryutaro AKIYOSHI (*Kyushu University - Japan*)
3. Akihiro TOU (*Kyushu University - Japan*)
4. Noriyuki FUJII (*Kyushu University - Japan*)
5. TUSARA Loren Montefalcon (*Kyushu University - Japan*)
6. DEWI Agustina Iryani (*Kyushu University - Japan*)
7. Pilasinee LIMSUWAN (*Kyushu University - Japan*)
8. Chanmin LEE (*Yonsei University - Korea*)
9. Suresh Kumar Megarajan (*NEERI – India*) – Group Leader

Summarizing:

Energy is a basic need of life and plays critical role in determining quality of human life. Fossil fuels including coal, petroleum and natural gas have so far been the primary energy sources. As per Energy Information Administration (EIA), it was estimated that in 2007 the contribution of fossil fuel was approximately 87% in all over the globe, while rest came from solar, wind, geothermal, biomass, hydropower, nuclear etc. The major problem of present non-renewable primary fuel sources is that they are being vanished in a rapid rate due to the continuously increasing demand of energy, as well as, their environmental impacts through green house gas (GHG) emissions, leading to “global warming”.

The major issues related to the use of fossil fuels are:

As of now, the fossil fuels left in the ground are dirty and expensive to extract

According to IEA, the proven reserves of coal could sustain the current production rate for 155 years, although at a 5% growth per annum this would be reduced to 45 years, or until 2051

Oil is predicted to have been completely consumed in the year 2022

Enormous demand leads significant increase in prize

Most importantly burning fossil fuel leads to major GHG emissions.

A careful analysis of energy demand suggests that no single option would take care of future energy related challenges.



Therefore, for creating low carbon society as well as to fulfill the energy necessity, effective use of various alternative renewable energy sources along with judicious use of fossil fuels will be required in addition of energy efficiency improvements. “Best Energy Mix” in this context becomes even more relevant and essential for sustainable and cleaner energy supply. As per current scenario the energy consumption from renewable sources have some demerits/practical challenges including:

Economically less feasible for developing/undeveloped countries

However, the cost can be reduced by large scale implementation

International agencies should promote advancement in technologies more aggressively

Less significant -as of now, because the amount of energy produced through renewable sources is very low

Renewable sources can be utilized more efficiently possibly with large scale deployments with appropriate subsidies and combined global efforts.

After Fukushima incident, there are concerns raised about the nuclear energy and obviously more emphasis is being

given on non-nuclear options. It is therefore important to promote the “Best Energy Mix” which is often country specific. Most of the countries decide the use of energy options primarily based on availability of fuels and economic considerations. This obviously put more stress on easily available fossil fuels taking the cleaner options back seat. It is therefore important to promote “Best Energy Mix” practice in most of the parts of

world. This would make possible more judicious use of fossil fuels and would help promoting alternate energy options.

Our debating group strongly believes that the renewable energy alone won’t solve the energy crises as the use of fossil fuels will continue for next few decades. Therefore, options like “Best Energy Mix” and efficient energy utilization are important to practice more aggressively.

Topic 1. Energy Best Mix Group 2

1. Choong Hwan KIM (*Korea Institute of Energy Resources*)
2. Jie ZHAO (*Kyushu University - Japan*)
3. Yasuhiro SAKURAI (*Kyushu University - Japan*)
4. Agus Dudit HARYANTO (*Kyushu University - Japan*)
5. Yanlong CHEN (*Kyushu University - Japan*)
6. Maulana ADI (*Kyushu University - Japan*)
7. Jiyoung KIM (*Korea Institute of Energy Resources*)
8. Liping WU (*Curtin University - Australia*)
9. Mulyono DWIANTORO (*ITB – Indonesia*) – Group Leader

Keyword 1. What happens on primary energy composition or electric source composition in each country? How come such a structure? (Key on policies, geopolitics or economy).

- a. **Japan;** nuclear energy was a national strategic priority in Japan. (One of the main reason is energy security.) Before 2011, electricity was around 30% from nuclear power plant and roughly 60% from thermal power plant. After Fukushima disaster, it seems that Japan decided to reduce using of nuclear power plant, and continued to search/develop alternative one.
- b. **Korea;** still uses nuclear power plants but are trying to reduce them, and also searching some alternative energy such as biomass, solar and hydro-energy.
- c. **Indonesia;** still relies on both oil and coal. Indonesia had a strategic plan to construct the nuclear power plant since 2005, but unrealized due to Fukushima disaster and lack of outstanding engineer (human resources). Since January 2011, Indonesia has been produced methane from coal. Methane that has the new energy resource for electricity at

local / suburb society.

- d. **China;** electricity was almost 80% from thermal power plant (oil and coal), 10% from nuclear power plant, and other energy such as solar and hydro-energy. Biomass is the promising energy/technology.

Keyword 2. In case of separating into industry, civil government, transportation, what happens on primary energy composition or electric source composition in each country?

For transportation, the main energy resource is oil, and each country has to make an effort to use oil efficiently. Each country has own policy to distribute the primary energy for the government, industry and public sector. For example in Korea, the price of electricity for industry is cheaper than that for home use. In contrastly in Indonesia, primary energy price for industry is higher than the home uses (Indonesia government subsidize the local government to make balance). Each country has to use energy efficiently and environment friendly.

**Keyword 3. Existence energy resource (Fossil resource, Atomic power generation, Water power), New energy resource (Biomass, Wind energy, Solar power, Geothermal power)
What is merit? Debatable point?**

- a. **Sakurai;** existence energy can achieve stable electricity supply, in other words, can control output power much easier than the new energy. Expanding the new energy such as solar and wind energy takes much cost and has a lot of problems. Biomass could be cheaper than the others but still need time to develop the technology. In addition to this, it



cannot be expected that biomass become the main alternative energy due to its amount and difficulty of collection.

- b. **Chen**; new energy have to clean and save the carbon resources (renewable energy). Debating point is how to blend the new technology with the present technology.
- c. **Liping**; wind power generator makes the noise (low-frequency sound). Biomass is the promising renewable energy, friendly to environment, and can produce bio-oil by pyrolysis (but still have some problems to use).
- d. **Kim**; fossil fuel makes some pollutants. Biomass is the new friendly energy.
- e. **Adi**; Dwiantoro; we still rely on fossil fuels for energy demands. We are living in industry type, all aspects need the energy, especially electricity, but on the other hands, reducing CO₂ emission and developing technology are required. Electricity in Indonesia is not stable (sometimes shutdown unexpectedly).

Keyword 4. Atomic power generation should be used?

- a. **Adi**; reducing the nuclear power plant step by step is required, but on the other hands, advanced countries rely on nuclear power. Developing countries are not using nuclear power right now because of the policies and human resources availability.
- b. **Kim and Sakurai**; for better or worse, nuclear power is still required because we need time to reduce it and to employ alternative one. Nuclear power plant needs plenty amounts of water for cooling. Therefore, nuclear power plant should be built at seaside or waterside. It means that risk for tsunami is also existed even in other country.

Keyword 5. Renewable energy can solve the problem?

In an extremely case, we need the new energy and we hope/believe that it can solve the problem in each country.

Topic 2. Resource Development and Environmental Risk

Group 3

- 1. Yusuke HATAYAMA (*Kyushu University - Japan*)
- 2. WANG Yongjun (*Kyushu University - Japan*)
- 3. Tsedendorj Amarsaikhan (*Kyushu University - Japan*)
- 4. Thomas David TINDELL (*Kyushu University - Japan*)
- 5. ZHANG Donghua (*Kyushu University - Japan*)
- 6. Shuji HIRONAKA (*Kyushu University - Japan*)
- 7. Ronggao QIN (*Shanghai Jiao Tong University-China*)
- 8. Tri Karian (*ITB – Indonesia*) – Group Leader
- 9. Isra Khoiri (*ITB – Indonesia*)

Nowadays almost every country in the world are both importing and exporting resources. There is no country which can rely fully on its own resources to fulfill their needs. But in terms of certain commodities such as coal, minerals, oil and gas, there is country which is categorized as importing country and also categorized as exporting country. For example, for coal commodities, Japan, China, and the UK maybe categorized as importing countries, but Indonesia and Mongolia are categorized as exporting countries.



Resource importing countries rely upon export countries to fulfilling the needs of industrial and social activities. In which case the international market effects the social aspects such as price, quantity and industrial output. There is various domestics reason why resource importing countries import rather than exploit resources in their own countries. Likely this is due to environmental aspects, limitation of resources and economical aspects. For some countries, exploiting resources means disturbing the environment which must be prevented, while in other resources importing countries the resources are limited so that they need to import in order to fulfill their needs. Economical aspects are also a key reason why some countries choose to import rather than exploit their resources. To a great extent the exploitation and transportation of resources will be more expensive than importing.

For most of developing countries, exporting resources is an option to increase the economic output. For example, the mining industry is regarded as a prime mover for the economy in remote areas. However the ultimate goal is to remove the burden allowing the economy to rely on export alone. So in order to reach this aim, besides exporting resources, resource exporting countries need to ensure the transfer of technology expertise from importing countries, in which is most of them are already in developed countries.

Therefore a dependable situation where resources importing countries is dependant on resource importing countries, and by contrast, resource exporting countries depend on resource importing countries. In order to reach each countries goals a symbiosis that benefits each country is needed. Every country should understand that they are depend on each other so that cooperation should give equal benefit. Resource importing

countries should understand that in order to exploit resources, resource development damages the environment of the host country, so they should not only consider their own environment but also the resource importing countries environment. Furthermore the use of resources in resource importing countries for example in manufacturing, power generation, etc will produce environmental problems such as water and air pollution which will also affect the environment of resource exporting countries. Therefore it is an obligation for resource importing countries to be able to help resource exporting countries. Resource exporting countries should understand that they cannot rely heavily on resource exportation based economy forever. Resources will be depleted and they will need another alternative to fulfill their needs. Therefore they need resource importing countries, that has an advance technology, to solve this problem. In order for symbiosis to happen, an agreement based on this philosophical understanding is needed. A good agreement that leads to giving benefit to each country is needed.

Each country also should collaborate to solve environmental aspects in resource development. It is unquestionable that resources exploitation damages the environment. In most resource importing countries, environmental problems related to resource development is coming from the use of resource which will produce air and water pollution, waste, land subsidence, etc. In most of resource exporting countries, environmental problem mostly coming from resource exploitation. Mining operation for example, will produce significant environmental burdens such as deforestation, acid mine drainage, dust pollution, etc. Hence, it is necessary for both country to have strong political or legal framework in place to ensure that

any action taken on the environment must be responded to. For example mining companies, manufacturing companies, electric companies must be responsible to the reclamation, environment rehabilitation and also reduction of environment damage as much as possible. Additionally, industrial awareness to the use of environmental friendly technology or procedures is needed.

Presently, globalization has influence each country on the earth. Globalization has a number of advantages and disadvantages with regard to how countries compete, but mainly on how they co-operate. With globalization, communication

network is established which makes the world smaller. But this also makes some disadvantages in which a country may go into recession if they cannot compete with another country. The question is whether cooperation can be establish rather than competition. Globalization makes ensure every place in this world is borderless, therefore environmental problems in one country can be a problem in every part of the world, economic problems in one country can be a problem in every part of the world. So in order to overcome these problems cooperation is needed so that every country can get benefit from the globalization.

Topic 2. Resource Development and Environmental Risk Group 4

1. Tomoaki SATO (*Kyushu University - Japan*) – Group Leader
2. QIAN Deyu (*Kyushu University - Japan*)
3. LI Huan (*Kyushu University - Japan*)
4. Nay Zar LIN (*Kyushu University - Japan*)
5. Arif Widiatmojo (*Kyushu University - Japan*)
6. Rapee Gosalawit Utke (*Suranaree University of Technology - Thailand*)
7. Yaqi SHEN (*Shanghai Jiao Tong University-China*)
8. Resmita Kusprasetianty (*ITB – Indonesia*)
9. Xiaochen YANG (*Liaoning Technical University – China*)

Summarizing:

Each country is in different situations for a resource development of coal, petroleum, rare-earth and so on. Exporting countries who give resources to other countries have a plenty of resources but they are often facing difficult situations on environmental risks such as environmental pollutions, ecological disorder and a conflict between diggers and residents. On contrary, importing countries who convert resources to products have high technical capabilities for resource development as well as environmental protection but they are often facing a lack of resources which sometimes cause difficulties



to resource-related companies and general citizens due to the sudden increase in resource prices.

Considering these situations, we reached to one point that each country can capitalize on their strengths about resource development and environmental protections. For example, exporting countries supply their plentiful resources to importing countries which will be a help for their resource shortage. Reversely, importing countries supply their high technical capabilities to exporting countries which will be a help for their environmental protections. However, in the current globalized world, importing and exporting resources have been strongly affected by the international politics, military capability and

economics as the globalization put out a competitive relationship between nations, which will be a huge issue for our idea of resource and technology exchanges through international trading.

This issue let us incubate one idea that all countries may collectively constitute a globalized trading organization which aims to take priority of earth benefit on an equal basis apart from politics, which enable us to freely exchange resources to technologies and vice versa. As a conclusion, we believe that cooperative globalization utilizing advantages of each country is the key for our topic of “Resource Development and Environmental Risk”.

Topic 3. Trilemma Conquest Group 5

1. Daichi TERAOKA (*Kyushu University - Japan*)
2. Yusuke KAGEYAMA (*Kyushu University - Japan*)
3. Masatoshi MAEKI (*Kyushu University - Japan*)
4. Yasuhiro HINOKUMA (*Kyushu University - Japan*)
5. Yusuke SHIMADA (*Kyushu University - Japan*)
6. Karuppusamy Sulochana (*Indian Institute of Technology Madras -India*) -Group Leader
7. Basuki Rahmad (*ITB – Indonesia*)
8. Jeongjae HONG (*SeJong University - Korea*)
9. Very SUSANTO (*ITB – Indonesia*)

Based on the 45 minutes discussion carried out between the group members, the following points were finalized:

The team has elected Ms. K.Sulochana as their team leader.

The three choices for the Trilemma are identified as:

- Economic development – GDP Growth of the country
- Resource / Energy Security – Availability of Resources / Energy without disruption
- Environmental protection – To control CO₂ emission to reduce global warming

The solution to the topic was discussed based on the guidelines given by the Conference Committee in terms of 5 questions. They are summarized and presented below:

Economic development, Resource / Energy Security, Environmental protection: what is most important issue in each country?

Economic development of a country depends on the energy. Today, there are 1.4 billion people around the world that lack access to electricity, around 85% of them in rural areas of developing countries. Without additional dedicated policies, by 2030 this number will drop only to 1.2 billion.

Hence, solution to this question is different for developing country and a developed country.

The priorities of the developing country are arranged as:
Economic development
Resource / Energy Security
Environmental protection

The priorities of the developed country are:
Environmental protection
Resource / Energy Security, if the country depends on imported fuels
Economic development

Is there any economic development which satisfies other two elements?

If the country is able to meet its energy demands at an affordable price, by using the renewable energy sources, such as hydroelectricity, wind energy, solar energy, wave power, geothermal, bio energy and tidal energy, then it will satisfy the other two elements.

Is there any measure to sustain the non-renewable resources and energy for the future?

There are many ways to increase the sustainability of the non-renewable resources and energies. Some of the important points are given below:

Improving the efficiency of the existing loads – leads to use of less energy thereby increases the supply for more period

Creating awareness among the people about the conservation of energy

Reducing the energy utility for non-essential activities
fixing different energy tariffs based on the application
increasing the tax based on the utility of energy i.e. if the family owns more than one vehicle or consumes more than the average energy needs

Increasing the research activities
to provide alternative energy resources at an affordable rate
to design efficient energy storage solutions
to design and develop energy efficient loads

To what extent pursuing environmental prevention such as to control CO₂ influence economic development?

Currently, it depends on the economic development of that particular country.

Developed country:

It is possible to invest more
to reduce the pollution from existing resources
to develop and build alternate energy sources

Developing country:

Developing countries are not capable on their own, with their poverty, instability, limited resources, and know-how to develop, to reduce the pollution level on par with developed countries.

If the pollution control strategies to be employed by governments will be based on market-based policies, such as taxes, subsidies or permit trading systems, as well as voluntary programmes or information measures, then without affecting the development, a common target as the one fixed for the developed countries can be implemented. Otherwise, they need a different target depends on their economy.

Hence, the developed countries may try to provide solution to the developing countries in terms of
setting an example by reducing the pollution level first
increasing the trading, if the country meets certain target
providing a low cost alternative energy solution
producing energy efficient loads at an affordable rates

Is it possible to share the way of thinking for trilemma conquest in developing country and developed country?

Yes. It is possible to share the way of thinking for trilemma conquest in developing country and developed country, with the Program of clean energy development mechanism.

For developing country, Program of clean energy development mechanism constitute line of investment and technology transfer from developed country, whereas for developed country, Program of clean energy development mechanism constitute the process to decrease the emission of greenhouse gas with low price to get the required greenhouse gas emission.

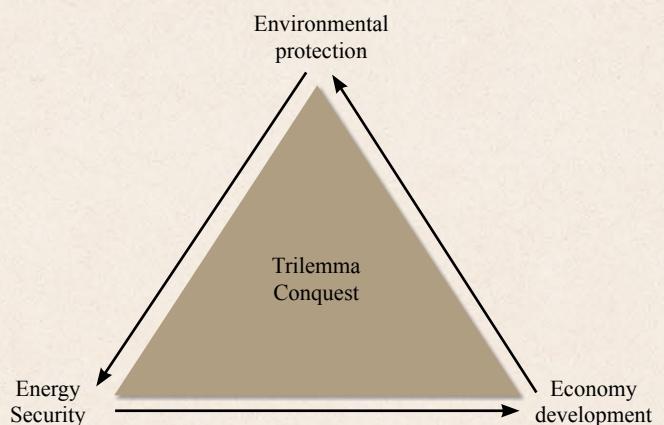


Topic 3. Trilemma Conquest Group 6

1. Mohamad Yunus Rozan (*Kyushu University - Japan*)
2. Satoshi SUEHIRO (*Kyushu University - Japan*)
3. Shigeto YAMASAKI (*Kyushu University - Japan*)
4. Kana KIMURA (*Kyushu University - Japan*)
5. Theeranun Siritanon (*Suranaree University of Technology - Thailand*)
6. Subramaniam Aravindh (*Indian Institute of Technology Madras - India*)
7. Sungmin JUNG (*Sejong University - Korea*)
8. DENG Wei (*Kyushu University - Japan*)
9. Ferian ANGGARA (*Kyushu University - Japan*) –Group Leader

Development of stable, affordable and environmentally friendly in term of natural resources is difficult. There are three conflicting goals known as

Environmental protection. Protecting our environment while extracting natural resources means promoting energy efficiency, practicing good mining and developing alternative low-carbon energy supplies.



- Energy security. Effective management of energy resources for energy exporter as well as to having access to stable energy supplies at acceptable cost for energy importer point of view.
- Economy development. How to stimulate economy growth based on natural resources development.

All three goals are commendable (Figure 1), but setting the priorities is hard choices. Every country has different setting priorities. Gadonneix (2012) contrasting two different situation where existing hydrocarbon resources could support current rates of consumption for another two centuries to fuel economic growth, but they are unevenly distributed across the globe, are carbon-emitting and are becoming more expensive and difficult to access. In contrast, new low-carbon energy systems based on renewable sources can be exploited in many countries. But they may prove to be too expensive for widespread use in some countries or suffer from supply disruptions, thus limiting energy access as a result.

Topic 4. Environmental Policy and International Cooperation Group 7

1. Al-Riyami SAUSAN (*Kyushu University - Japan*) -Group Leader
2. ZHANG Lixin (*Kyushu University - Japan*)
3. YANG Jason Hsiao Chun (*Kyushu University - Japan*)
4. CHEN Jiao (*Kyushu University - Japan*)
5. Daisuke NAKASHIMA (*Kyushu University - Japan*)
6. Boy Yoseph (*Kyushu University - Japan*)
7. Mohmad Asari Daud (*MJIIT-Malaysia*)
8. Adriyanto Dian Kusumo (*ITB - Indonesia*)
9. MIA Md. Bodruddoza (*Kyushu University - Japan*)
10. Saran Kalasin (*Mahidol University – Thailand*)

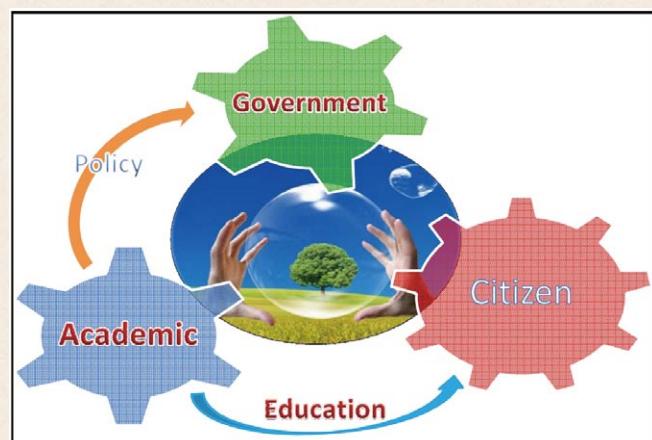
Summary:

Fortunately, our group consists of international students as it clear from the above member list. It can be categorized as USA, Middle East and Asia. Since the majority from Asia we agreed to discuss the most important issue in it.

Our members were divided into two sides; one agreed that the Air pollution is one of the big problems. Another group agreed about that the water pollution and water recourse problems. However, we end up by whatever the problems are, we end up by how effective the policy to solve the problem? And how responsible about the problems and finally, how can we solve those problems in different levels (i.e) as a Citizen, academic, industries, and finally as a governments who can lead us to make the solution possible.

In order to enforce the regulations and policies effectively, a consistent top-down and bottom-up standard should be implemented which means everyone should be on the same page without exception. Every individual are required to hold constructive meeting in various format to keep good communication on exchanging ideas. As part of the academic community,

we are doing an excellent job in hosting this symposium to share brilliant ideas and technologies assisting those who needed help. However, we should take advantage and utilize our scientific intellectual and expand the circle of audience. In other words, we should have industrial representatives, politicians and people who are in charge to meetings like our symposium so that we can show evidences and reasons of our inducement from scientific aspects to establish effective policies and regulations.



Topic 4. Environmental Policy and International Cooperation Group 8

1. HU Hao (*Kyushu University - Japan*)
2. HUANG Yong (*Kyushu University - Japan*)
3. YANG Huaqing (*Kyushu University - Japan*)
4. CHEN Xiuzhi (*Kyushu University - Japan*)
5. ZHANG Mingwei (*Kyushu University - Japan*)
6. MARYATI Sri (*Kyushu University - Japan*)

7. Gurminder Kaur Sardool Singh (*MJIIT -Malaysia*) – Group Leader
8. ZHANG Kuirin (*Kyushu University - Japan*)
9. Daisuke OKA (*Kyushu University - Japan*)

Malaysia	Thailand	Indonesia	China
1) Water pollution	1) Flooding	1) Deforestation	1) Water pollution
2) Waste management	2) Landslide	2) Water pollution	2) Waste utilization
3) Food safety	3) Low nutrient soil	3) Waste management	3) Food security
4) Air quality	4) Waste management	4) Land use change	4) Noise pollution

Summarizing :

There are four countries addressed in this group : Malaysia, Thailand, Indonesia and China. We listed the following environmental issues for each country, however one environmental issue is selected from each country for discussion :-

Malaysia

- Environmental issue : Water pollution especially occurring in rivers such Klang River in Selangor and Linggi River in Negeri Sembilan. These rivers are affected by waste dump, sand mining activities, industrial wastewaters and agricultural runoff. This effects the water quality that is extracted into the water treatment plants for drinking water use. Treatment of water becomes difficult, advance technologies are required however this is not always possible due to the increasing cost to treat water. As a long-term cost-effective measure, prevention of water pollution is always better.
- There are two leading policies implemented to monitor and control the pollution in the rivers 1) Environmental Quality Act 1974 enforced by the Department of Environment to protect the pollution in the catchment areas 2) National Drinking Quality Surveillance Program by Ministry of Health to monitor the quality of the drinking water supply from the water intake, water treatment plant facilities and distribution system.

Thailand

- Environmental issue : Flooding (mainly central & north area for example the Chao Praya River). This effects agriculture mainly farming and food production, industrial activities, housing and economy. People are displaced from their homes and unable to move on with their livelihood for income. Indirectly tourism is also affected.
- The two policies to manage this problem by the Ministry of Agriculture are : 1) Protection and addition of forest area by Department of Forestry under the Ministry of Agriculture 2) Focus of water management. During the wet season, excess water is effectively stored in reservoirs and subsequently used during dry season when there is no water. This

will enable the irrigation of farmlands, usage by industries dependent on water and as drinking water source.

Indonesia

- Environmental issue : Deforestation. The act of clearing of forests for mining purpose is done to support the economy of the country. However this causes environmental problems such as erosion, landslides and degradation of nutrients in soil. Thus the dilemma is how to 'mine' with respect to environment. The tropical forest is a valuable asset not only to the tropical regions but also for the developed countries or temperate countries do not own these.
- Currently there are two policies in place which look into this : 1) the reclamation of illegal mining and illegal logging, which is under the jurisdiction of the Ministry of Energy and Mineral Resources 2) policy to control forest clearing by Ministry of Forestry. There is a need to find a balance the two policies so that the mining industries are not affected while the forest is protected.

China

- Environmental issue : Food security. Land exhaustion caused by modernization (building more cities) is one of the main reason, where rice and wheat production is affected. This was also highlighted by a keynote speaker Prof Toyoaki Washida that the South-East Asia countries are seriously affected by the rising temperatures as a result from global warming and reduce the agriculture and food production. Another issue in food security for example addition of harmful products such as melamine added into milk as additive. This is very harmful to health. There is a high usage of disposable lunch boxes makes the food unsafe.
- There are two environmental policies with regards to this : 1) increase food production by Ministry of Agriculture through greater amount of research and safe technologies. 2) food safety and quality which involves regular inspection and quarantine by the Ministry of Health. Suggestion is to increase punishment for the companies that manufacture the unsafe food and food products. Government should

increase public awareness on selecting safe food for consumption, for example select meat carefully. As we know the SARS began from eating civet cat's meat.

As an outcome of the discussions, the group strongly believes that international collaboration and policies would be helpful to resolve or abate environmental issues through the following measures :-

- research collaboration – by exchange of expertise such as having more internship / attachment programmes where students conduct data collection on problems from their own country and research on these under supervision from expertise in collaborating countries eg students from China, Malaysia and Indonesia attached in Japan to address the environmental issues from their own country.
- financial regulation and assistance from developed nations for example investing in the forest protection issue in In-

donesia meanwhile providing incentives to miners to support them economically. In this way, miners can reduce mining without effecting them economically and the forest can be protected.

- having sustainable international protocols - such as the Kyoto Protocol or the Durban Framework mentioned in the keynote lectures during this symposium and other new protocols to help reduce environmental pollution
- boost of eco-industry for the example in production of organic or safe foods. Support from the government required to endorse and support these industries. The abatement of tax or government subsidy for eco-products was presented in this symposium.

Lastly, as conclusion, we hope that environmental pollution will obtain more attention at individual, institutional, governmental and non-governmental level without borders.

Topic 5. Energy Saving Technology Group 9

1. Kouhei MACHIDA (*Kyushu University - Japan*)
2. LU Ying Ching (*Kyushu University - Japan*)
3. KIM Byung-Jun (*Kyushu University - Japan*) – Group Leader
4. Kyoung Kyu Won (*Kyushu University - Japan*)
5. Sunao KAMIMURA (*Kyushu University - Japan*)
6. Konoka MIYAMOTO (*Kyushu University - Japan*)
7. JIA Yue (*Kyushu University - Japan*)
8. Takaaki ARAHIRA (*Kyushu University - Japan*)
9. Aung Zaw Myint (*Kyushu University - Japan*)
10. LIU Yongfu (*Kyushu University - Japan*)
11. Muhammad Wakil Shahzad (*National University of Singapore - Singapore*)
12. Pallavi Balchanadra MUNGSE (*NEERI - India*)
13. Yunita Bayu Ningsih (*ITB- Indonesia*)



First, we discussed about energy saving. Energy is essential to the comfort of our homes to provide heat and electricity. We also use energy to run our cars and for personal transport. However, there are lots of ways we can use energy more efficiently while still meeting our energy needs.

1. Is the interest level high for energy saving in each country? Yes

We had a lot of opinions this question. For example, in case of china, they have tried to developed the catalyst for simple chemical reaction like synthesis of ammonia. And in Japan, they develop and improve how to use the waste heat and natural power plant like the geothermal power generation and new energy source with mixing the waste and coal. And in Korea, they have focused on consumer product like air condition, refrigerator, and other electric appliance. Also in India, Singapore, they have tried to develop energy saving approaching like solar energy and good efficiency eco-like plant.

2. Is there any special measurement or approach for energy saving?

Especially, in case of transport, electric vehicle, hybrid vehicle and eco car have been under developing and progress. Also development of new catalyst for reducing NOx and SOx is very helpful for energy saving. Due to deplete of fossil fuel, alternative new energy source has to develop. For example, there are biomass, fuel cell, and battery. And improvement of convertor for upgrading efficiency of electric power generation will be needed.

3. What is sought-after energy saving technology in each country?

Interest of energy saving technology, it seems to be same around the world. The key of energy saving is how to approach, develop, and upgrade. For example, the researcher who developed the fuel cell, they have developed the material for fuel cell (catalyst, electrode), system, approaching and upgrade. And in steel mill, using waste heat, it is possible to generate the electricity, in present, still working. The upgrading Building and construction technology, it will give a helpful saving energy. For example, design for advantage of heating and cooling in winter and summer. develop the good efficiency of consumer product.

4. What is motivation for making energy saving society?

The developing and developed country has the thinking and understanding of energy saving. So, our group was investigated a survey of each person's opinion. (Future, health, environment, and money) Most of member has interest of future and money. Saving energy will be helpful saving money, and comfortable our future. In addition, they proposed necessary of more educating through the program of energy saving. Also, energy saving can start in closet, for example, when finishing the job and going outside, turn off light and electric devices, and walking and bicycle in short distance, and driving habit for energy saving will cause the effect the energy efficiency.

Topic 5. Energy Saving Technology

Group 10

- 1. HAN Yu-Jin (*Kyushu University - Japan*)
- 2. Yutaka CHAEN (*Kyushu University - Japan*)
- 3. KIL Hyun-Sig (*Kyushu University - Japan*)
- 4. LIM Gihwan (*Kyushu University - Japan*)
- 5. Kentaro TOMITA (*Kyushu University - Japan*)
- 6. IDESH Saruul (*Kyushu University - Japan*)
- 7. YANG Hua (*Kyushu University - Japan*)
- 8. Yujin TERASAWA (*Kyushu University - Japan*) – Group Leader
- 9. IBRAHIM Waleed Saad Ahmed (*Kyushu University - Japan*)
- 10. YI Cheng (*Kyushu University - Japan*)
- 11. Azhar Bin Ismail (*National University of Singapore - Singapore*)
- 12. Trinovini (*ITB - Indonesia*)
- 13. Agus Triantoro (*ITB - Indonesia*)



Keyword 1. What happens on primary energy composition or electric source composition in each country? How come such a structure? (Key on policies, geopolitics or economy).

- a. **Japan;** nuclear energy was a national strategic priority in Japan. (One of the main reason is energy security.) Before 2011, electricity was around 30% from nuclear power plant and roughly 60% from thermal power plant. After Fukushima disaster, it seems that Japan decided to reduce using of nuclear power plant, and continued to search/develop alternative one.
- b. **Korea;** still uses nuclear power plants but are trying to reduce them, and also searching some alternative energy such as biomass, solar and hydro-energy.
- c. **Indonesia;** still relies on both oil and coal. Indonesia had a strategic plan to construct the nuclear power plant since 2005, but unrealized due to Fukushima disaster and lack of outstanding engineer (human resources). Since January 2011, Indonesia has been produced methane from coal. Methane that has the new energy resource for electricity at local / suburb society.
- d. **China;** electricity was almost 80% from thermal power plant (oil and coal), 10% from nuclear power plant, and other energy such as solar and hydro-energy. Biomass is the promising energy/technology.

Keyword 2. In case of separating into industry, civil government, transportation, what happens on primary energy composition or electric source composition in each country?

For transportation, the main energy resource is oil, and each country has to make an effort to use oil efficiently. Each country has own policy to distribute the primary energy for the government, industry and public sector. For example in Korea, the price of electricity for industry is cheaper than that for home use. In contrastly in Indonesia, primary energy price for industry is higher than the home uses (Indonesia government subsidize the local government to make balance). Each country has to use energy efficiently and environment friendly.

Keyword 3. Existent energy resource (Fossil resource, Atomic power generation, Water power), New energy resource (Biomass, Wind energy, Solar power, Geothermal power)
What is merit? Debatable point?

- a. **Sakurai;** existence energy can achieve stable electricity supply, in other words, can control output power much easier than the new energy. Expanding the new energy such as solar and wind energy takes much cost and has a lot of problems. Biomass could be cheaper than the others but still need time to develop the technology. In addition to this, it cannot be expected that biomass become the main alternative energy due to its amount and difficulty of collection.
- b. **Chen;** new energy have to clean and save the carbon resources (renewable energy). Debating point is how to blend the new technology with the present technology.
- c. **Liping;** wind power generator makes the noise (low-frequency sound). Biomass is the promising renewable energy, friendly to environment, and can produce bio-oil by pyrolysis (but still have some problems to use).
- d. **Kim;** fossil fuel makes some pollutants. Biomass is the new friendly energy.
- e. **Adi; Dwiantoro;** we still rely on fossil fuels for energy demands. We are living in industry type, all aspects need the energy, especially electricity, but on the other hands, reducing CO₂ emission and developing technology are required. Electricity in Indonesia is not stable (sometimes shutdown unexpectedly).

Keyword 4. Atomic power generation should be used?

- a. **Adi;** reducing the nuclear power plant step by step is required, but on the other hands, advanced countries rely on nuclear power. Developing countries are not using nuclear power right now because of the policies and human resources availability.
- b. **Kim and Sakurai;** for better or worse, nuclear power is still required because we need time to reduce it and to employ alternative one. Nuclear power plant needs plenty amounts of water for cooling. Therefore, nuclear power plant should be built at seaside or waterside. It means that risk for tsunami is also existed even in other country.

Keyword 5. Renewable energy can solve the problem?

In an extremely case, we need the new energy and we hope/believe that it can solve the problem in each country.

共催 第22回 万有福岡シンポジウム
—新しい発想による有機合成、有機合成からの新しい発想—

日時：2012年5月19日

場所：九州大学医学部百年記念講堂

九州大学理学研究院 桑野 良一、上野 聰

本シンポジウムは、九州・中国地区の有機化学分野の若手研究者を啓蒙し、大学院学生の育成に寄与することを目的として、1991年に発足し、西日本の有機化学研究者の交流と活性化に大きく貢献するシンポジウムとして毎年行われています。本年は、第22回目にあたり、GCOE講演1件を含む招待講演5件およびポスター発表18件を行いました。今回は、「新しい発想による有機合成、有機合成からの新しい発想」というテーマを掲げ、新しい発想をもって新しい有機化学の開拓に取り組んでいる先生方を講師としてお招きました。GCOE講演として、松尾先生には有機半導体の分野における最先端の化学について講演して頂きました。また、檜山先生には炭素-炭素結合形成反応の今後の展開、吉田先生にはマイクロリアクターを利用した新しい合成法、伊藤先生には不斉反応における新たな展開、中谷先生には核酸化学における最先端の研究についてご講演して頂きました。また、ポスター発表では、15件の学生発表に加え、昨年の仙台ならびに札幌シンポジウムのBest Poster賞受賞者3名を招待して行いました。

講演一覧

招待講演

中谷 和彦（大阪大学）
「小分子による核酸構造の制御」

伊藤 肇（北海道大学）
「直接エナンチオ収束反応による光学活性アリルホウ素化合物の合成」

吉田 潤一（京都大学）
「空間で時間を制御する合成化学」

檜山 爲次郎（中央大学）
「ポストクロスカップリング時代の炭素-炭素結合形成反応
—安定結合をいかに活性化するか？」

GCOE 講演

松尾 豊（東京大学）
「有機薄膜太陽電池に用いる有機半導体の設計と合成」



共 地球科学技術に関する国際シンポジウム2012

催 International Symposium on Earth Science and Technology 2012

日時：2012年9月18日～19日

場所：バンドン工科大学（インドネシア）

九州大学工学研究院 佐々木 久郎、菅井 裕一

2012年9月18日～21日(9月20日および21日はフィールドトリップ)の3日間にわたりインドネシアのバンドン工科大学において International Symposium on Earth Science and Technology 2012を開催しました。同シンポジウムは2003年に九州大学、バンドン工科大学(インドネシア)ならびにオストラバ工科大学(チェコ)の3大学が共催した1st International Workshop on Earth Science and Technologyを発端とし、それ以降、年々上記3大学以外の研究機関からの参加者も増加し、2008年にそれらの研究機関の研究者らから構成される「Cooperative International-Network for Earth Science and Technology, CINEST」を松井紀久男教授(九州大学)をシェアマンとして組織して、それ以降、CINESTが本シンポジウムを主催しています。このような経緯で開催されてきた本国際シンポジウムは、今年で10年目を迎え、第一回目か

ら参画してきたバンドン工科大学において、初の海外開催となりました。今年の国際シンポジウムにおいては、アジア、ヨーロッパ、アフリカならびに中東地域の13ヶ国から176名の参加があり、88編の論文が口頭形式およびポスター形式で発表され、活発な討論が展開されました。九州大学からは、教職員13名、大学院生33名が参加しました。

同国際シンポジウムの開幕に際して、バンドン工科大学学長のAkhmaloka教授をはじめ、今年のシンポジウム・シェアであるバンドン工科大学のSuseno Kramadibrata教授、CINESTシェアの松井紀久男教授、共催者である九州大学G-COE「新炭素資源学」リーダーの永島英夫教授、ならびに九州大学国際部の大村浩志部長からオープニング・スピーチをいただきました。同セッションに引き続き、昨今の地球科学技術分野における重要課題の動向に関して、バンドン工科大学の

Suseno Kramadibrata教授、九州大学の平島剛教授、ならびにバンドン工科大学のSatria Bijaksana教授が基調講演を行いました。

これに引き続いだ、3会場に分かれてテクニカルセッションが開かれ、地質工学、物理探査、岩盤工学、鉱物資源開発、エネルギー資源開発、鉱物処理、環境、ならびに資源教育と国際協力などの話題について、各会場において2日間にわたり若手研究者による研究成果の発表とそれに関する活発な討論が行われました。シンポジウム初日に開催されたG-COEの特別セッションにおいては、Vladimir KEBO博士(VŠB–Technical University of Ostrava, CZECH REPUBLIC)からCCSに関する研究成果が発表され、野中壯泰助教(九州大学)からリグナイトのアップグレーディングに関する研究成果が発表され、活発な質疑応答がなされました。同国際シンポジウムで発表された論文のうち優秀と認



学会会場入り口の立て看板とオープニングセレモニー会場

められた10編の論文が“Best Paper Award”として表彰されました(うちG-COE学生は3名)。また、シンポジウム期間の口頭発表ならびにポスター発表のうち、とくに優秀な発表については“Best Presentation Award”ならびに“Best Poster Award”として、それぞれ5名が表彰されました(うちG-COE学生はそれぞれ2名)。

以上、今年のシンポジウムにも多数の参加者が集まり、相互に資源開発状況等

に関する有意義な意見交換を持つことができました。九州大学からも18名のG-COE学生を含む30名を超える大学院生が出席し、発表することにより、国際会議における発表と討論の貴重な経験を積ませることができ、資源開発における人材育成という目的からも極めて有意義なシンポジウムがありました。



Vladimir Kebo 教授 (オーストラリア工科大学)による九州大学G-COE「新炭素資源学」特別セッションでの講演

“Research of CO₂ storage possibilities to the underground”



オープニングセッション終了後の集合写真

講演一覧

基調講演

Suseno Kramadibrata (インドネシア バンドン工科大学)
“Review of the Mineral Development in Indonesia”

平島 剛 (九州大学)
“Upgrading of Low Rank Coal and Biomass Aimed at Reducing Environmental Load”

Satria Bijaksana (インドネシア バンドン工科大学)
“Rock Magnetic Methods in Soil and Environmental Studies: Fundamentals and Case Studies”



Suseno Kramadibrata 教授 (バンドン工科大学)によるOpening address



松井紀久男教授 (九州大学)によるOpening address



平島剛教授 (九州大学)による基調講演
“Upgrading of Low Rank Coal and Biomass Aimed at Reducing Environmental Load”



永島英夫教授 (九州大学)によるOpening address

受賞一覧

Best Paper Award

Nayzar Lin, Takashi Sasaoka, Hideki Shimada, Akihiro Hamanaka, and Kikuo Matsui
“Numerical Analysis of Interaction Effects in Double Extra-thick Coal Seams Mining”

Loren Tusara and Ryuichi Itoi
“Physiochemical Characterization of Solid Deposits in a Geothermal Pipeline”

Ginting J. Kusuma, Hideki Shimada, Candra Nugraha, Akihiro Hamanaka, Takashi Sasaoka, Kikuo Matsui, Rudy S. Gautama, and Budi Sulistianto
“Study on Co-Placement of Coal Combustion Ash-Coal Waste Rock for Minimizing Acid Mine Drainage Generation: A Preliminary Result of Field Column Test Experiment”

Best Presenter Award

Thomas Tindell, Koichiro Watanabe, Akira Imai, Ryohei Takahashi, and Adrian J. Boyce
“Stable Isotope and Geochemical Observations in the Kago Low-Sulfidation Au/Ag Deposit, Southern Kyushu, Japan”

Zhigang Li, Xiaoming Zhang, Yuichi Sugai, Jiren Wang, and Kyuro Sasaki
“Coal Gasification in High Pressure and High CO₂ Concentration Atmosphere by Rapid Heating”

Best Poster Award

Sri Maryati, Ginting Jalu Kusuma, Hideki Shimada, Candra Nugraha, Kris Pranoto, Nurwita Sari, Suratman, Takashi Sasaoka, and Kikuo Matsui
“Land Capability Evaluation of Reclamation Area in Indonesia Coal Mining Using LCLP Software”

Akihiro Hamanaka, Sri Maryati, Jin Okazaki, Hideki Shimada, Takashi Sasaoka, and Kikuo Matsui
“The Experimental Study for Prediction of Soil Erosion in the Rehabilitation Area of Indonesia Coal Mine”

共催 The 5th G-COE International Workshop on Energy and Environment in Chemical Engineering

日時：2012年10月12日

場所：九州大学伊都キャンパス 鉄鋼リサーチセンター&ウェスト4号館

九州大学工学研究院 岩井 芳夫

「第5回 化学工学におけるエネルギーと環境に関するグローバルCOE国際ワークショップ」が平成24年10月12日に九州大学伊都キャンパス鉄鋼リサーチセンターで開催されました。教員の講演は中国から1名、韓国から3名、日本(九州大学化学工学部門)から2名の口頭発表がありました。また、韓国の学生(Yeungnam大学)5名が口頭発表し、韓国の学生(Yeungnam大学)6名と日本の学生(九州大学化学工学部門)の18名がポスター発表をしました。質疑応答は活発に行わ

れ、盛況でした。

教員の発表は、発表順に次の様に行われました。まず、Prof. Jae-Hak Jung (Yeungnam大学、韓国)がチョコラスキー法により太陽光発電のためのシリカ結晶を作製するプロセスの省エネ法について講演を行いました。次に、Prof. Jie Chen (上海大学、中国)がハイドロゲルの放射線合成とその応用について講演しました。Prof. Jae-Jin Shim (Yeungnam大学、韓国)が超臨界二酸化炭素を用いたグラフェンナノ複合体の合成法について講演を行いま

した。井嶋博之准教授(九州大学化学工学部門)が生体材料の実用化と再生医療に関する新しい手法に関する講演を行いました。Prof. Van Hoa Nguyen (Yeungnam大学、韓国)がイオン液体中のグラフェンナノ複合体の合成法について講演を行いました。最後に、松根英樹助教(九州大学化学工学部門)が分子集合体を鋳型とする中空シリカナノカプセルの合成に関する講演を行いました。

講演一覧

Jae-Hak JUNG (韓国 嶺南大学)

"A Study of Energy Saving Design of Czochralski Process for Solar Cell Si-Ingot"

Jie CHEN (中国 上海大学)

"Radiation Synthesis and Modification of Hydrogels"

Jae-Jin SHIM (韓国 嶺南大学)

"Synthesis of Graphene Nanocomposites in Supercritical CO₂ and Their Applications"

井嶋 博之 (九州大学)

"Functional Biomaterials and Novel Technology for Tissue Engineering"

Van Hoa NGUYEN (韓国 嶺南大学)

"Synthesis of Graphene-based Nanocomposites in Ionic Liquids"

松根 英樹 (九州大学)

"Synthesis of Hollow Silica Nanocapsule Using Molecular Aggregate as Template"



ポスター発表の様子



講演中のProf. Jae-Hak Jung



Prof. Jie Chenとの質疑応答



集合写真 (最前列左から二人目がProf. Jie Chen、三人目がProf. Jae-Jin Shim、前から4列目の左がProf. Van Hoa Nguyen)

**共催 フクオカ・サイエンスマンス2012 メインイベント
～みんなで育てよう科学の芽～**

日時：2012年11月10日～11日

場所：アクロス福岡

九州大学先導物質化学研究所 高田 晃彦

九州大学G-COE「新炭素資源学」はこれまで毎年度、地域へのアウトーチ活動として「公開講座」を実施してきました。2012年度は11月10日(土)・11日(日)の2日間にわたり、フクオカ・サイエンスマンス2012・メインイベント「科学の公園」が開催されるにあたり、展示・模擬実験の出展をいたしました。フクオカ・サイエンスマ

ンスとは、福岡県が中心となって毎年11月に、県内各地で研究機関・教育施設などが共同して子供たちや一般市民の方々に科学の啓発にあたるイベントです。今年は、そのメインイベントとして、上記の2日間、アクロス福岡にて講演会や展示実験などが開催されました。メインイベント全体としては、2日間延べ1万人の参加があった

とのことで、アクロス福岡地下2階イベントホールで開催された「科学の公園」に関しては、初日で1500人以上の参加人数があり、2日目には人数の発表はなかったものの、初日よりも多い人数が参加していたため、述べ3000人以上は参加していたものと思われます。

九州大学G-COE「新炭素資源学」の展示ブースでは、石炭関連の展示「触ってみよう本物の石炭」と電池関連の展示「エネルギーを作る。果実で・光で・体温で発電」の2つの展示・実験を行いました。「触ってみよう本物の石炭」では、約40cm四方の大きな北海道採掘炭の展示や、現在新しい天然資源供給先として話題になっているオイルシェール岩石やそこから取り出したシェールオイル、さらに種々の経年状態の石炭類などを展示し、それぞれ、手に触れもらえるようにしました。また、「エネルギーを作る。果実で・光で・体温で発電」では、もっとも基本的な電池である果物電池の展示実験ならびに、現在、G-COE「炭素資源学」関係研究室で開発中である温度差による発電「感温発電」ならびに光による発電の「太陽発電」の模擬実験を行いました。2日間とも対応する学生スタッフが休む暇もないほど盛況でした。

電池関連の展示では、「果物電池」でのミカンやレモンを数十個並べて作った回路が目を引き、また、家庭にある身の回りにある物品で電池の実験ができるということで、小さな子供たちが吸い込まれるように次々と実験をしに来てくれて、間が空くことがないほどでした。「感温電池」では、ドライアイスで片面冷却した感温電池を自分で触って発電してもらい(冷たい!)、さらに、ADコンバータで発電電圧をディスプレイに表示した発電競争が、子供たちに



フクオカサイエンスマンス「科学の公園」開会式



実験をしている子供たち。手前のジュースとミカンで実験を行っているのが、果物電池の実験。奥で、女の子が手を添えているのが感温発電の実験。

は楽しかったようで、両手で何度も実験をする子供たちが見られました。「太陽電池」のコーナーでは、実際の太陽電池を使って発電を体験してもらうだけでなく、光エネルギーを感じてもらうために、蛍光発光の展示も一緒に行なながら太陽電池の説明を行なったところ、子供たちなりに太陽電池というものを理解してもらえたようでした。このように、電池関連展示では、子供たちを中心に人気があり、ほとんど人が切れることがないほどでした。一方、「触ってみよう本物の石炭」の展示では、人通りの多い通路側に展示物が設置され、また、大きな北海道採掘炭の展示が目をひくこともあって、多くの通りすがりの方に、触ってもらうことができました。なかでも、シェールオイルの展示では、シェールオイルが最近メディアに大きく取り上げられていることもあり、「こんな石がオイルを含んでいるのですか」とか、「こんな石からどのようにしてオイルを取るのですか」といった質問が、何度も聞かれました。子供にとっては、普段見たことがない石炭をさわってみただけといった具合でしたが、むしろ、保護者をはじめとする大人の方にとって非常に興味深いものであったようで、子供たちよりも大人の方の食いつきが非常によかったのが印象的でした。

今回のイベント「科学の公園」では、数多くの展示が行われ、そのためのパンフレットやチラシが県より配布されていたのですが、パンフレットの数多くの展示のなかから、我々の展示を見つけ出し、はじめから我々の展示を見る目的に会場に来られた家族の方が何組かおられました。中には、あらかじめ自分で資料を集めて、それを携えて体験実験にいらした子供さんもおられました。このことは、科学ばなれが叫ばれております中、科学に対する非常に意識の高い方々も多くいらっしゃること、また、このような方々にその興味を持ち続けてもらうためにも、大学側からのアウトリーチ活動を継続的に行ってゆく必要があるということを感じさせられる出来事でした。

九州大学 GCOE 「新炭素資源学」公開講座実施一覧 (※フクオカ・サイエンスマンス参加イベント)

2008年度

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

公開講座テーマ:「エネルギー・環境・地球温暖化」～福岡の現在と未来～

アドバンスシンポジウムテーマ:「中国のエネルギー・環境問題と日本の環境政策」

日 時: 2009年3月25日 10:00～18:00

会 場: 財団法人アクロス福岡 国際会議場(4階)

主 催: 九州大学グローバルCOE「新炭素資源学」、

九州大学炭素資源国再教育研究センター

共 催: 九州大学低炭素システム研究、九州大学先導物質化学研究所、九州大学東アジア環境問題プロジェクト推進室、国公私立大コンソーシアム・福岡

2009年度

九州大学 G-COE「新炭素資源学」・JCOAL 公開講座※

～私たちの未来を支えるエネルギーと生活を考えよう～

日 時: 11月1日(日)

会 場: 九州大学筑紫キャンパス 総合研究棟(C-CUBE)

主 催: 九州大学グローバルCOE「新炭素資源学」、(財)石炭エネルギーセンター(JCOAL)

共 催: 国公私立大コンソーシアム・福岡、(独)科学技術振興機構(JST)、イノベーションプラザ福岡、

九州電力株式会社、新日本製鐵株式会社、電源開発株式会社(J-POWER)、西日本新聞社

後 援: 経済産業省、福岡県

協 力: (財)九州環境管理協会、文部科学省科学技術政策研究所、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)、東洋大学

2010年度

九州大学グローバルCOE「新炭素資源学」公開講座※

～温室効果ガスCO₂削減について考えよう～

日 時: 2010年11月27日(土)

場 所: 福岡女子大学大学会館

主 催: 福岡女子大学、九州大学G-COE「新炭素資源学」、福岡県留学生サポートセンター

2011年度

GCOE「新炭素資源学」公開講座※

～今後のエネルギー・ベストミックスへ向けた課題と展望～

日 時: 2011年11月5日(土) 11:00-16:00

場 所: 九州大学筑紫キャンパスC-Cube 筑紫ホールおよび3階ギャラリー

主 催: 九州大学グローバルCOE「新炭素資源学」

共 催: 国公私立大コンソーシアム・福岡

2012年度

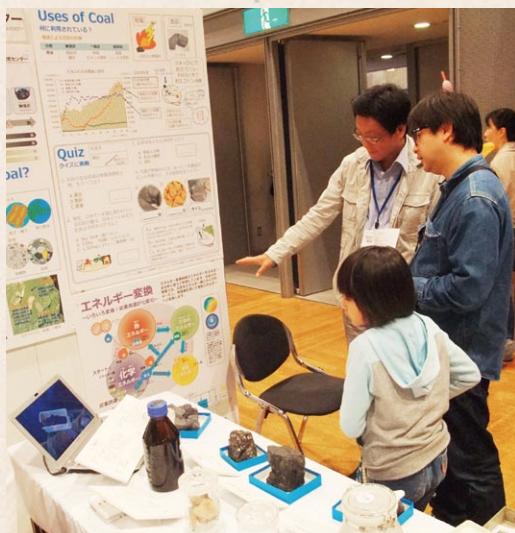
フクオカ・サイエンスマンス2012 メインイベント※

～みんなで育てよう科学の芽～

日 時: 2012年11月10日～11日

場 所: アクロス福岡

主 催: 福岡県、NPO法人科学の公園



石炭展示とその説明を聞く親子



太陽電池の実験の一環として、蛍光実験の説明を聞く子供。

共催 福岡女子大学国際セミナー「インドの社会と女性問題」 ～インドおよびインド環境工学研究所での若手人材育成を例に～

日時：2012年5月10日

場所：福岡女子大学 多目的ホール

講師：Sadhana Rayalu 博士（インド インド国立環境工学研究所）

福岡女子大学国際文理学部 藤岡 祐一

サディハナ ラヤル博士は、インドでは、独立前に比べると、社会における女性の待遇はかなり変化し、女性も義務教育を受けられるなど良くなってきてはいるが、依然として、農村部では女性への教育に対し否定的であったり、通常、男性を優先的に雇用するなど、男性中心の社会で女性は苦しんでおり、国が対応策を講じていることを説明されました。

また、サディハナ ラヤル博士は、職場において女性として差別されたことはないが、

インドでは、管理職の女性が極めて少なく、今後、多くの女性が責任ある地位に就くような機会を与えられるべきであると語りました。

加えて、インドの農村部では何百年も前から畑のゴミをリサイクルするなど、知らず知らずのうちに環境にやさしい仕組みを続けている一方で、女性はなかなか家の外に出られないため、家の中の悪い空気等の影響で健康被害が発生しており、インド国立環境工学研究所では、その防止

策の開発に取り組んでいることも報告されました。

これらの講演を受け、質疑応答では、女史が活躍している理由を質問され、インドも日本も女性の社会進出には夫の理解と支援が重要であり、インドと日本と社会の構造は違っていても、女性はどうしても家族の面倒を見なければならず遅くまで残って仕事ができないので集中して仕事に取り組んでいると述べられました。



講演会の様子



左から藤岡祐一教授、Sadhana Rayalu 博士、福岡女子大学学長 梶山千里教授

主催 G-COE「新炭素資源学」講演会 *Molecularly engineered materials for carbon capture, valorisation and sequestration*

日時：2012年5月11日

場所：九州大学筑紫キャンパス C-CUBE303

講師：Sadhana Rayalu 博士（インド インド国立環境工学研究所）

九州大学総合理工学研究院 寺岡 靖剛

インド国立環境工学研究所の環境材料部門において、サディハナ ラヤル博士が中心となって精力的に研究を進めているバイオ材料そのものや、それを利用して合成した機能性無機材料のCO₂の捕捉・貯蔵・有効利用、光触媒反応への応用についての講演がありました。有機、バイオ系材料の分子特性を巧みに利用した無機材料合成、バイオ系材料と無機化合物の相互作用を利用した高機能性材料の開発とそれらのCO₂処理・有効利用、太陽光利用というエネルギー環境分野への応用について、特に「安価で高性能材料」の開発に主眼を置いた研究内容の紹介で、参加の興味をひき、充実した質疑応答も行われました。



主催 G-COE「新炭素資源学」講演会 「粉体技術とその応用」

日時：2012年6月27日

場所：九州大学筑紫キャンパス 先導物質化学研究所 111号室

講師：郭 修伯 博士（台湾 長庚大学）

九州大学先導物質化学研究所 林 潤一郎

工業生産において、多くの中間製品および最終製品は粉体です。しかしながら、多くの粉体操作技術は経験に基づいて行われているのが現状であり、これは、粉体挙動の物理に関する本質的な理解が不十分であるためです。郭博士は、粉体の混合、反応操作への種々の適用事例があるものの、粒子挙動の定量的理理解が進んでいない「回転ドラム」における物性の異なる複数種の固体粒子の偏析、粉体流れ場における多相の挙動と相間相互作用に関する

実験研究ならびに理論解析・数値シミュレーションの最先端について解説されました。例えば、径や密度が異なる二種の粉体をある特定の条件のもとで操作すると、帶状の偏析が生じる現象をビデオやトモグラフィーによる解析像を使ってわかりやすく解説され、この現象を定量的に理解するためのモデリングとシミュレーションに関しても最先端研究の事例を紹介されました。さらに、粒子・粉体挙動の制御に関する基礎知識を応用した流動層技術のエネルギー・

環境分野や光学素子・デバイス分野（ウェブコーティング等）への応用に関しても述べられました。受講者の一部は、流動層や粒子移動層型の反応器を想定した炭素資源の転換（熱分解、ガス化等）に関する研究をしており、その立場から、反応器内の炭素資源や生成物（固体）の挙動をいかに観測、制御するかといった観点からの質疑応答が活発になされました。

環境特論：サマリー

九州大学 大学院総合理工学研究院 原田 明
Kyushu University Akira Harata

1. はじめに

平成 20 年度に発足した九州大学グローバル COE プログラム「新炭素資源学」において、本学問分野への入門講義科目として開講されたのが環境特論 I～III（各 1 単位）で、新炭素資源学のコース必修科目であり、講義は英語で実施された。環境特論 I および環境特論 III が、それぞれ、新炭素資源学を構成する 2 つの分野である「炭素資源環境学」および「炭素資源利用学」に関わる概要の講義である。環境特論 II は、国際環境ディベートを指向した講義である。環境特論 I および環境特論 II が修士課程 2 年生対象、環境特論 III が博士後期課程 1 年生を受講対象とした。コース外生にも受講を認め、平成 21～23 年度には大学院共通科目にも登録されている。

以下、環境特論 I～III のそれぞれについて細述する。

2. 環境特論 I (Advanced Topics of Environment I)

環境特論 I および環境特論 III については、3 年間の実施の後に見直しを行い、平成 23 年度から実施方法に若干の変更がある。まず、平成 21 年度シラバスから抜粋して概要を示す。

- 授業の目的：新炭素資源環境学に関わる概要を講義する。
 - 到達目標：新炭素資源環境学の概要を把握し、関連諸課題について英語で表現する。
 - 授業の進め方：集中講義形式（2 日間）による英語での講義。
 - 授業計画：Introduction to Novel Carbon Resource Environment in English.
- 新炭素資源環境学概論について、“G-COE 新炭素資源学”事業推進担当教員 10 名が英語で講義を行う。講義の順番、題目は変更することがある。
- 成績評価の方法：出席状況、試験または口頭試問、レポートを総合的に評価する。（各講義にて小テストを実施する）
 - 教科書・参考書：プリント配布、隨時紹介する。
 - 学習相談：隨時受け付ける

実施場所は、筑紫キャンパスと伊都キャンパス間で隔講

義システムを利用して実施した。原則、講師は筑紫地区で講義を行い伊都地区には遠隔講義システムにより中継する。各講師は、各講義の終わりに英語での小問を出題して時間内に英語にて解答させ、出席をチェックすると共に 10 点満点（出席点込み）で採点した。各担当講師が小問解答を採点し合計得点を成績とした。各地区には、必要に応じて遠隔講義システムのオペレータ兼講義補助者を手配した。遠隔地での受講者のために、講義補助者が小問解答を集める形を取った。

初年度（平成 20 年度）の授業内容を以下に示す。

11月 11日(火) (A 棟 111 講義室)

- 13:00-13:45 寺岡靖剛 Yasutake Teraoka
Introduction to Exhaust Treatment of Automobiles
13:55-14:40 草壁克己 Katsuki Kusakabe
Membrane separation for revolutionary energy system
14:50-15:35 鵜野伊津志 Itsushi Uno
Asian Air Pollution: Understanding from Numerical Modeling
15:45-16:30 竹村俊彦 Toshihiko Takemura
Introduction to climate change
16:40-17:25 松井紀久男 Kikuo Matsui
Coal mine development considering environment

11月 25日(火) (A 棟 111 講義室)

- 13:00-13:45 三浦則雄 Norio Miura
High-performance Solid-state Gas Sensors for Monitoring of Automotive Exhaust and Atmospheric Environment
13:55-14:40 原田明 Akira Harata
Laser Spectroscopic Investigation of Molecules at Interfaces
14:50-15:35 伊藤一秀 Kazuhide Ito
Indoor Environmental Quality and Health
15:45-16:30 峯元雅樹 Masaki Minemoto
Environmental problems and new energy resources
16:40-17:25 藤田敏之 Toshiyuki Fujita
Introduction to Environmental Economics

教育実績

初年度（平成 20 年度）には実施時期が 11 月であったが、2 年目以降は 8 月後半に実施している。国際研究集会への参加や国際インターンシップ中などの理由で、講義当日に不在となる学生には原則次年度に受講させた。講義当日に 1~2 テーマ分を部分的に受講できない学生のために、平成 22 年度からは講義をビデオに収めており、ビデオ受講の活用を試みている。

また、他の科目についても同様であるが、各年度末に受講学生との意見交換を行って講義の改善を図ってきた。特に平成 23 年度には、扱うテーマが広すぎて消化不良を起こしていると判断し、授業内容の改善を図っている。改善のポイントは、1) 初回にイントロダクションを入れる、2) 図を用いて全体像を分かり易く解説する、3) 新炭素資源学で使われる学術用語、略語をまとめて示しておく、4) テー

マ毎の講義時間を増やし、講義テーマを絞って、かつ、次の形で実施する等である。以下に、平成 24 年度のタイムテーブル、および、全体像を示すマップを例示する。

August 22 (Monday)

13:00-13:45 Prof. A. Harata (including an introduction)

14:00-15:30 Prof. N. Miura

15:45-17:15 Prof. K. Matsui

August 29 (Monday)

13:00-14:30 Prof. T. Fujita

14:45-16:15 Prof. M. Minemoto

16:30-17:15 Prof. K. Ito

Map of Advanced Topics of Environment I

1. Introduction & Methodology for Observing Molecules at Interfaces (Harata)
2. High-performance Solid-state Gas Sensors for Monitoring of Automotive Exhaust and Atmospheric Environment (Miura)
3. Coal Mine Development Considering Environment (Matsui)
4. Introduction to Environmental Economics (Fujita)
5. Environmental Problems and New Energy Resources (Minemoto)
6. Indoor Environmental Quality and Health (Ito)
7. Introduction to Climate Change (Takemura)
8. Asian Air Pollution: Understanding from Numerical Modeling (Uno)
9. Introduction to Exhaust Treatment of Automobiles (Teraoka)
10. Membrane Separation for Revolutionary Energy System (Fujioka)

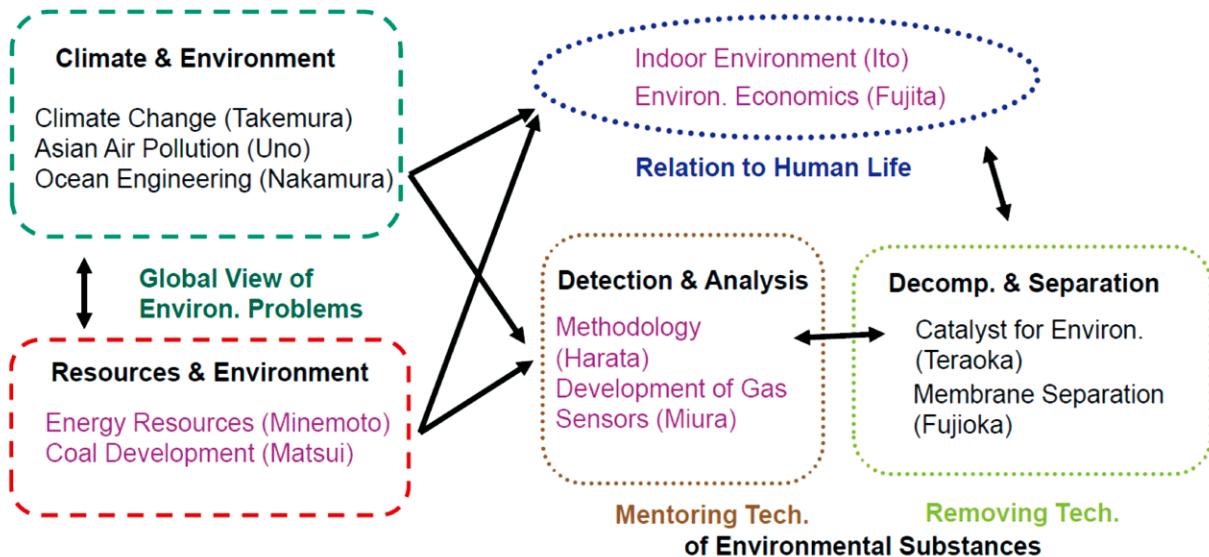


図1 環境特論Ⅰテーママップ(平成23年度分)。年度毎にテーマ(紫色文字)を限定して講義。

3. 環境特論II (Advanced Topics of Environment II)

環境特論IIは、国際環境ディベートを試みた新しいタイプの講義である。平成20年度の講義立ち上げ当初には、Thies Thiemann准教授に尽力していただき、形が整った。その詳細については、総理工報告(Vol.30, No.4, 2009年。<http://www.tj.kyushu-u.ac.jp/info/online/archive/full-text/full-30-4-2.pdf>)に詳しい。

初年度(平成20年度)には以下の日程で実施している。
2年目以降は前期に実施した。

10月22日(水) 受講者全員へ講義の進め方等説明、
グループ分け
11月～12月 グループ単位に個別指導
12月26日(金) ディベートコンテスト開催(成果
発表)

第1回は説明のために、また、最終回は総まとめのために筑紫で実施している。少人数に分けて、各グループ毎に実質的なディベートとなるように、学生が必ず発言するよう工夫した。また、モニター学生をTA的に利用することを検討している。なお、この講義形式での理想的な受講者数は8-10名とまとめられている。

2年目以降は、同様の内容に工夫を加えて実施している。
以下は、平成21年度シラバスからの抜粋である。

- 授業科目的領域：社会性領域
- 授業方法：集中講義(2日間) 英語による講義
- 開講学期及び地区等：前期(7/6, 7/13) 3・4・5・6限
(13:00～20:00)、筑紫地区 総理工C棟1F第1講義室
- 担当教員名(所属)：熊谷一清(学外非常勤講師)
- キーワード：新炭素資源学 carbon resource, utilization, environment, debate
- 履修条件：英語で話をしてみたいという意欲があるもの。受講希望者により人数制限を設けることがある。
- 授業の目的：英語により国際環境のディベートを行うことで、国際環境の知識を深めるとともに、プレゼンテーションのスキルおよび論理展開能力の向上を目的とする。
- 注意：正しい英語を話す必要はなく、自身の意見を論理的に主張するスキルを身につけることに重点を置く。
- 到達目標：新炭素資源学に関わる諸問題を英語で議論する。
- 授業の進め方：指定した国際環境のテーマについて事前に調べ、その内容について英語により3チーム(賛成・反対・聴衆)に別れディベートをする。
- 授業計画：国際環境に関するテーマについてディベー

トを行う。具体的には以下の手順で授業が進行する。

——事前準備——

1. 履修生をバックグラウンドが異なる3つのチームに分ける。
2. 担当教員が指定したテーマ(例えば、エネルギーと快適性)について賛成・反対・聴衆役に分かれそれぞれの立場で事前調査、想定問題、反対意見に対する戦略を準備する。

——ディベート——

3. テーマに対する賛成・反対の意見についておののおののチームの主張を紹介する。
4. 賛成・反対チームによるディベート。
5. 聴衆による賛成・反対チームに対する質疑。
6. それぞれのチームの、意見、論理構成、プレゼンテーションスキル等に対する反省および向上するための対策の模索。

7. 総評

- 成績評価の方法：発表・質疑内容を総合的に評価する。
- 教科書・参考書：ロジカル・シンキング、他。隨時紹介する。
- 学習相談：メールを通して隨時受け付ける。

4. 環境特論III (Advanced Topics of Environment III)

環境特論IIIについても、3年間の実施の後に見直しを行い、平成23年度から実施方法に若干の変更がある。まず、平成21年度シラバスから抜粋して概要を示す。

- 授業の目的：新炭素資源環境学に関わる概要を講義する。
- 到達目標：新炭素資源環境学の概要を把握し、関連諸課題について英語で表現する。
- 授業の進め方：集中講義形式(2日間)による英語での講義。
- 授業計画：Introduction to Novel Carbon Resource Environment in English.
新炭素資源環境学概論について、“G-COE 新炭素資源学”事業推進担当教員10名が英語で講義を行う。講義の順番、題目は変更することがある。
- 成績評価の方法：出席状況、試験または口頭試問、レポートを総合的に評価する。(各講義にて小テストを実施する)
- 教科書・参考書：プリント配布、隨時紹介する。
- 学習相談：隨時受け付ける

実施場所等は、環境特論Iと同様である。初年度(平成20年度)の授業内容を以下に示す。

教育実績

2009年1月26日(月) (筑紫: C-cube E ミーティングルーム、伊都: プロジェクトルーム)

- 10:00-10:45 佐々木久郎 Kyurou SASAKI
Productions of Mineral Energy Resources and Geological CO₂ Storage
- 11:00-11:45 深井潤 Jun FUKAI
Heat Transfer Enhancement for Effective Use of Thermal Energy
- 13:00-13:45 尹 聖 昊 Seong-Ho YOON
Activated Carbons for Environmental Protections
- 14:00-14:45 友岡克彦 Katsuhiko TOMOOKA
Organic Synthesis: Transformation of Carbon Resource to Valuable Molecules
- 15:00-15:45 大瀧倫卓 Michitaka OHTAKI
Thermoelectric Power Generation for Waste Heat Recovery
- 16:00-16:45 吾郷浩樹 Hiroki AGO
Carbon Nanomaterials: Syntheses, Properties, and Applications

2009年1月29日(木) (筑紫: C-cube E ミーティングルーム、伊都: プロジェクトルーム)

- 13:00-13:45 永島英夫 Hideo NAGASHIMA
Catalysts to save the earth
- 14:00-14:45 平島剛 Tsuyoshi HIRAJIMA
Coal cleaning technology and its application to resources recycling

15:00-15:45 横山土吉 Shiyoshi YOKOYAMA

Energy save application by polymer IT devices

16:00-16:45 岡田重人 Shigeto OKADA

Advances in Cathode Active Materials for Li-ion Battery

初年度（平成20年度）には実施時期が11月であったが2年目以降は8月後半に実施していること、講義当日に不在となる学生には原則、次年度に受講させたこと、講義当日に1~2テーマ分を部分的に受講できない学生のために平成22年度からは講義をビデオに収めてビデオ受講の活用を試みていること、平成23年度に授業内容の改善を図っていること等は、環境特論Ⅰと同様である。

5. おわりに

環境特論Ⅰ、Ⅲは、新炭素資源学とはどのようなものかを定義する講義であり、環境特論Ⅱは新炭素資源学を、議論を重ねて発展させるためのディベート基礎力を養成する試みであった。これら3つは、内容的にも実施方法的にも新しい試行を多数含む講義であった。個別には成否はあったが、良い点を残し、悪い点の改善を図ることで年度ごとに改良が成され、開始4年目には概ね講義としての形は完成したと考えられる。勿論、以降も改善の余地が残っているのも事実であるものの、今後、同様の講義を企画・実施するにあたって活用できる成果が多数得られているのは間違いない。



「環境特論」実施内容

2008年度

	担当	内容	受講者数 (留学生内数)
環境特論 I (M2:1単位)	Y. Teraoka K. Kusakabe(FWU) I. Uno T. Takemura K. Matsui M. Miura A. Harata K. Ito M. Minemoto T. Fujita	Introduction to exhaust treatment of automobiles Membrane separation for revolutionary energy system Asian air pollution: Understanding from Numerical Modeling Introduction to climate change Coal mine development considering environment High-performance solid-state gas sensors for monitoring of automotive: Exhaust and atmospheric environment Laser spectroscopic investigation of molecules at interfaces Indoor environmental quality and health Environmental problems and new energy resources Introduction to environmental economics	14 (5)
環境特論 II (M2:1単位)	T. Thieman	The first English debate course on global environmental problems. 少人数クラスに分けて実施。最終回にディベートコンテストを実施。	14 (5)
環境特論 III (D:1単位)	K. Sasaki J. Fukai S.-H Yoon K. Tomooka M. Ohtaki H. Ago H. Nagashima T. Hirajima S. Yokoyama S. Okada	Productions of mineral energy resources and geological CO ₂ storage Heat transfer enhancement for effective use of thermal energy Activated carbons for environmental protections Organic synthesis: Transformation of carbon resources to valuable molecules Thermoelectric power generation for waste heat recovery Carbon nanomaterials: Syntheses, properties, and applications Catalysts to save the earth Coal cleaning technology and its application to resources recycling Energy save application by polymer IT devices Advances in cathode active materials for Li-ion battery	23 (16)

2009年度

	担当	内容	受講者数 (留学生内数)
環境特論 I (1単位)	Y. Teraoka K. Kusakabe I. Uno T. Takemura K. Matsui N. Miura A. Harata K. Ito M. Minemoto T. Fujita	Introduction to exhaust treatment of automobiles Membrane separation for revolutionary energy system Asian air pollution: Understanding from numerical modeling Introduction to climate change Development of eco-friendly coal mines in overseas countries considering environmental issues High-performance solid-state gas sensors for monitoring of automotive exhaust and atmospheric environment Laser spectroscopic investigation of molecules at interfaces Indoor environmental quality and productivity Environmental problems and new energy resources Introduction to environmental economics	16 (1)
環境特論 II (1単位)	K. Kumagai	English debate class Topic 1: Is "eco-bag (non-disposable shopping bag)" necessary, Y/N? Topic 2: Is "pre-thermal nuclear power plant" necessary, Y/N?	20 (4)
環境特論 III (1単位)	J. Hayashi K. Sasaki J. Fukai S.-H. Yoon K. Tomooka M. Ohtaki H. Ago H. Nagashima T. Hirajima S. Yokoyama S. Okada	Conversion of carbon resources Productions of mineral energy resources and geological CO ₂ storage Effective use of waste thermal energy Activated carbons for environmental protections Organic synthesis: Transformation of carbon resources to valuable molecules Thermoelectric power generation for waste heat recovery Carbon nanomaterials: Syntheses, properties, and applications Catalysts to save the earth Coal cleaning technology and its application to resources recycling Energy save application by polymer IT devices Secondary batteries as electrochemical energy storage system	20 (8)

教育実績

2010年度

	担当	内容	受講者数 (留学生内数)
環境特論 I (1単位)	Y. Teraoka K. Kusakabe I. Uno T. Takemura K. Matsui N. Miura A. Harata K. Ito M. Minemoto T. Fujita	Introduction to exhaust treatment of automobiles Membrane separation for revolutionary energy system Asian air pollution: Understanding from numerical modeling Introduction to climate change Development of eco-friendly coal mines in overseas countries considering environmental issues High-performance solid-state gas sensors for monitoring of automotive exhaust and atmospheric environment Laser spectroscopic investigation of molecules at interfaces Indoor environmental quality and productivity Environmental problems and new energy resources Introduction to environmental economics	17 (5)
環境特論 II (1単位)	K. Kumagai	国際環境に関するテーマについて賛成・反対に分かれ、それぞれの立場で事前調査、想定問題、反対意見に対する戦略の準備、ディベートを行い、チームの意見、論理構成、プレゼンテーションスキルに対する反省および向上するための対策を模索。	10 (3)
環境特論 III (1単位)	J. Hayashi K. Sasaki J. Fukai S-H. Yoon K. Tomooka M. Ohtaki H. Ago H. Nagashima T. Hirajima S. Yokoyama S. Okada	Conversion of carbon resources Productions of mineral energy resources and geological CO ₂ storage Effective use of waste thermal energy Atmospheric protection using activated carbon fiber Organic synthesis: Transformation of carbon resource to valuable molecules Thermoelectric power generation for waste heat recovery Carbon nanomaterials: Synthesis, properties, and applications Catalysts to save the earth Coal cleaning technology and its application to resources recycling Energy save application by polymer IT devices Secondary batteries as electrochemical energy storage system	43 (26)

2011年度

	担当	内容	受講者数 (留学生内数)
環境特論 I (1単位)	原田 明 三浦 則雄 松井 紀久夫 藤田 敏之 峯元 雅樹 伊藤 一秀	Introduction & Guide for environmental analytical chemistry High-performance solid-state gas sensors for monitoring of automotive exhaust and atmospheric environment Development of eco-friendly coal mines in overseas countries considering environmental issues Introduction to environmental economics Environmental problems and new energy resources Indoor environmental quality and productivity	6 (1)
環境特論 II (1単位)	Nitin Labhsetwar	国際環境に関するテーマについて賛成・反対に分かれ、それぞれの立場で事前調査、想定問題、反対意見に対する戦略の準備、ディベートを行い、チームの意見、論理構成、プレゼンテーションスキルに対する反省および向上するための対策を模索。 Topic: Scientific solutions related to CO ₂ Management can control the greenhouse gas (GHG) effect, Y/N?	14 (4)
環境特論 III (1単位)	林 潤一郎 永島 英夫 尹 聖昊 深井 潤 平島 剛 岡田 重人	Introduction to novel carbon resource utilization & Conversion of carbon resources Catalysts to save the earth Activated carbons for energy and environmental devices Effective use of waste thermal energy Coal cleaning technology and its application to resources recycling Secondary batteries as electrochemical energy storage system	24 (11)

2012年度

	担当	内容	受講者数 (留学生内数)
環境特論 I (1単位)	原田 明 松井 紀久男 竹村 俊彦 藤田 敏之 鵜野 伊津志 伊藤 一秀	Introduction & Guide for environmental analytical chemistry Development of eco-friendly coal mines in overseas countries considering environmental issues Introduction to Climate Change Introduction to Environmental Economics Asian Air Pollution: Understanding from Numerical Modeling Indoor Environmental Quality and Productivity	9 (3)
環境特論 II (1単位)	Nitin Labhsetwar	国際環境に関するテーマについて賛成・反対に分かれ、それぞれの立場で事前調査、想定問題、反対意見に対する戦略の準備、ディベートを行い、チームの意見、論理構成、プレゼンテーションスキルに対する反省および向上するための対策を模索。 Topics: Technological Solutions related to CO ₂ Management can Control the Green House Gas (GHG) Effect, Y/N?	8 (3)
環境特論 III (1単位)	林 潤一郎 永島 英夫 深井 潤 尹 聖昊 岡田 重人 平島 剛	Introduction to novel carbon resource utilization & Conversion of carbon resources Catalysts to save the earth Effective use of waste thermal energy Novel Functional Carbons for the Applications to Energy and Environmental Devices Secondary batteries as electrochemical energy storage system Coal cleaning technology and its application to resources recycling	35 (27)

開講した「炭素資源科目」

2008年度

カテゴリー	小科目名	担当者
炭素資源学IV 小科目から3つ以上を選択聴講して1単位を認定	発電工学II 化石資源燃焼学 化石資源バイオマスの転換工学II 商品としての化石資源 製銑・コークス・タール 化石資源地質学 <テーマ別研究セミナー> 石油・重質油 社会・国際 電力	高曾徹（九州大学）、阿部力也（東京大学）ら 田島博士（九州大学）、牧野尚夫（電力中央研究所）ら 岸田昌浩（九州大学）、猪俣誠（日揮）ら 荒牧寿弘（九州大学）、竹下嘉昭（新日石）ら 清水正賢（九州大学）、加藤健次（新日本製鐵）ら 山内敬明（九州大学）、鈴木祐一郎（産業技術総合研究所）ら 櫻井繁樹（JOGMEC） 堀史郎（日本アセアンセンター）、陳潔華（華東師範大学）、 上田成（元NEDO） 石井国義（九州電力）
炭素資源学V 小科目から3つ以上を選択聴講して1単位を認定	化石資源分子構造学 バイオマス化学 知財運用・コンプライアンス 重質油精製 液体燃料深度精製 廃棄物工学 化石資源利用環境アセスメント 省エネルギー技術・機器 省エネルギー産業技術	辻博文（九州大学）、鷹利公（産業技術総合研究所）ら 辻博文（九大客員・電中研）、大隈修（NIRO）ら 宇佐美正博（九州大学）、竹下光一郎（三菱商事）ら 持田勲（九州大学）、岩本隆一郎（出光）ら 持田勲（九州大学）、壱岐英（新日本石油）ら 島岡隆行（九州大学）、岡村正紀（九州環境管理協会）ら 島谷幸宏（九州大学）、長坂雄一（環境省）ら シャハ（九州大学）、岡野浩志（西部技研）ら 小山繁（九州大学）、神山久朗（新日本製鐵）ら

2009年度

科目名	小科目名	担当者
炭素資源学VI 小科目から3つ以上を選択聴講して1単位を認定	燃料電池・電力貯蔵 資源触媒化学II 制御工学 炭素材 シミュレーション	山木準一（九大先導研）、阿部力也（東大）、伊崎慶之（電中研）、笹津浩司（電源開発） 峯元雅樹（九大院工）、飯野明（出光）、田浦昌純（三菱重工） 柘植義文（九大院工）、中村政俊（佐賀大）、阿部信夫（出光） 尹聖昊（九大先導研）、上村誠一（エス・ユー・アドバンテック）、川上雅昭（東洋炭素）、小出次郎（住友商事）、長山勝博（JFEケミカル）、藤本宏之（大阪ガス） 北川敏明（九大院工）、藤森俊郎（IHI）、渡邊裕章（電中研）

教育実績

科目名	小科目名	担当者
炭素資源学VII 小科目から3つ以上を選択聴講して1単位を認定	地球経営学	佐々木久郎(九大院工)、塚本弘(貿易研修セ)、中井康貴(東電)、山本隆三(プール学院大)
	環境・資源経済学	藤田敏之(九大院経済)、加藤裕己(東京経済大)、中澤 穣(伊藤忠)、古川博文(JCOAL)
	水環境保全	島谷幸宏(九大院工)、内田唯史(九環協)、川辺允志(栗田エンジニアリング)
	資源・環境関連事業の社会的受容性	金政修司(九大推進室)、大平 裕(温暖化防止セ)、垣迫裕俊(北九州市)、蓼原典明(えふネット福岡)、辻井洋行(北九州市立大)、宮下 永(北九州产学推進機構)

2010年度

科目名	担当	内容
炭素資源学特論I (1単位)	山内 敬明(九州大学)	石炭の起源と石炭の分類
	鷹狩 利公(産業技術総合研究所)	石炭の分子構造について
	平島 剛(九州大学)	選炭技術について
	齋藤 公児(新日本製鐵)	石炭のキャラクタリゼーション(機器分析法の利用法について)
	藤田 敏之(九州大学)	環境・資源経済学
炭素資源学特論II (1単位)	辻 博文(電力中央研究所)	石炭の燃焼について
	笛津 浩司(電源開発)	石炭火力発電プラントの実情と将来展開について
	原田 達朗(九州電力)	熱力学の基礎と発電効率について
	小山 繁(九州大学)	伝熱と熱交換器の基礎
	峯元 雅樹(九州大学)	発電プラントの環境対策

2011年度

科目名	担当	内容
炭素資源学特論III (1単位)	則永 行庸(九州大学)	化石資源熱化学
	林 潤一郎(九州大学)	石炭ガス化
	寺岡 靖剛(九州大学)	触媒化学・工学
	岸田 昌浩(九州大学)	ガス精製、GTL
	藤岡 祐一(福岡女子大学)	CCS(CO ₂ の分離/貯留の基礎)
炭素資源学特論IV (1単位)	野村 誠治(新日本製鐵)	製鉄、コークス化
	斎藤 郁夫(産業技術総合研究所)	液化(石炭液化の基礎、現状と今後の展望)
	荒巻 寿弘(九州大学)	タールとCOG
	尹 聖昊(九州大学)	ピッチの炭化、炭素材料(1)
	尹 聖昊(九州大学)	ピッチの炭化、炭素材料(2)

2012年度

科目名	担当	内容
炭素資源学特論 I (1単位)	山内 敬明(九州大学)	石炭の起源と石炭の分類
	平島 剛(九州大学)	選炭技術について
	鷹狩 利公(産業技術総合研究所)	石炭の分子構造について
	藤田 敏之(九州大学)	環境・資源経済学
	金橋 康二(新日本製鐵)	石炭のキャラクタリゼーション(機器分析法の利用法について)
炭素資源学特論 II (1単位)	峯元 雅樹(九州大学)	発電プラントの環境対策
	原田 達朗(九州大学)	熱力学の基礎と発電効率について
	笛津 浩司(電源開発)	石炭火力発電プラントの実情と将来展開について
	辻 博文(電力中央研究所)	石炭の燃焼について
	小山 繁(九州大学)	伝熱と熱交換器の基礎

短期実習 実績リスト

NO	年 度	国内短期実習		
		日 程	訪問先	学生参加者
1	H21年度	2010年 2月 4日 2月 5日	東ソー 宇部興産	19名
2		2010年 2月23日 2月24日	電力中央研究所 新日本製鐵	21名
3	H22年度	2010年 7月12日 7月13日	九州電力 電源開発	18名
4		2011年 2月 8日 2月 9日	電源開発 海洋研究開発機構	34名
5	H23年度	2011年 7月27日 7月28日	九州電力 三菱重工	31名
6		2012年 2月 2日 2月 3日	大牟田市 九州電力	35名
7	H24年度	2012年 7月 5日 7月 6日	新日本製鐵 大分地熱	35名
8		10月 9日 10月10日	岡山県真庭市	バイオマスタウン真庭



NO	年 度	海外短期実習		
		日 稠	訪問先	学生参加者
1	H21年度	2010年 1月26日 ～ 1月31日	シンガポール 三井化学、ナンヤン工科大学 シンガポール国立大学	12名
2	H22年度	2011年 1月30日 ～ 2月 4日	タイ スラナリ工科大学、シンクロトロン見学 マヒドン大学、キングモンコット工科大学	8名
3	H23年度	2012年 1月29日 ～ 2月 2日	マレーシア マレーシア日本国際工科院 (MJIIT) マレーシア工科大学 (JICA: 職員による講演、意見交換会)	9名

GCOE「新炭素資源学」コース学生 長期インターンシップ実績一覧

H24年度

学年	専攻	実習先	期 間
D2	量子	韓国 (Hanyang Univ.)	H24年11月24日～H25年1月27日
D2	量子	オーストラリア (Australian Natl. Univ.)	H24年11月13日～H25年1月17日
D1	資源	モンゴル	H24年11月10日～H25年2月10日
D2	物質	物質材料研究機構	H24年10月31日～12月28日
D2	資源	物質材料研究機構	H24年10月28日～H25年1月27日
D2	物質	アメリカ (Brown Univ.)	H24年10月22日～12月24日
D2	物質	スペイン (Inst. of Chemical Research of Catalonia)	H24年10月16日～12月21日
D2	量子	アメリカ (Brown Univ.)	H24年10月14日～12月16日
D2	量子	イギリス (Univ. of York)	H24年10月8日～12月10日
D2	物質	アメリカ (Colorado School of Mines)	H24年10月8日～12月9日
D1	資源	石油資源開発（株）JAPEX	H24年9月26日～12月1日
D1	資源	インドネシア (バンドン工科大学、KPC 炭鉱)	H24年9月23日～10月21日 H25年2月
D1	資源	インドネシア (Gadjah Mada Univ.)	H24年9月4日～11月21日
D2	資源	インドネシア (PT Kaotim Prima Coal)	H24年9月2日～10月8日

教育実績

学年	専攻	実習先	期間
D1	資源	インドネシア (Padjadjaran Univ.)	H24年9月1日-10月9日 H25年2月
D3	資源	インドネシア (Cibaliung 鉱山)	H24年8月14日-9月9日
D1	資源	インドネシア (Padjadjaran Univ.)	H24年7月17日-8月28日
D2	資源	中国 (Univ. of Mining and Tech.)	H24年7月11日-8月20日
D2	資源	中国 (Univ. of Mining and Tech.)	H24年7月11日-8月22日
D2	物質	アメリカ (イリノイ大学)	H24年6月18日-9月15日
D3	量子	アメリカ (Univ. of Virginia)	H24年6月15日-8月15日
D2	物質	アントンパール・ジャパン	H24年6月11日-8月10日
D1	資源	中国 (China Univ. of Mining and Technology)	H24年6月9日-9月8日
D3	量子	オーストラリア (Monash Univ.)	H24年4月9日-6月9日
D3	量子	アメリカ (Texas Univ.)	H24年4月2日-6月7日
D3	化工	オーストラリア (Monash Univ.)	H24年4月2日-5月1日

H23年度

学年	専攻	実習先	期間
D2	資源	フィリピン (Chevron)	H24年2月25日-3月25日
D2	資源	インドネシア (Padjadjaran Univ.)	H24年2月18日-3月27日
D2	資源	エジプト (Nuclear Material Authority)	H24年2月8日-3月2日
D2	資源	中国 (Central South Univ.)	H24年1月29日-3月28日
D3	量子	ドイツ (Ruhr Univ. Bochum)	H24年1月25日-3月19日
D3	物質	トクヤマ	H24年1月16日-28日 H24年2月2日-3月16日
D2	量子	シンガポール (Natl Univ. of Singapore)	H24年1月15日-3月14日
D2	物質	アメリカ (Univ. of Illinois)	H24年1月14日-3月27日
D3	物質	島津製作所	H24年1月10日-2月4日
D3	量子	オーストラリア (Curtin Univ.)	H24年1月9日-3月26日
D3	物質	フランス (CNRS)	H24年1月8日-3月13日
D3	資源	中国 (遼寧工程技術大学、鉱山)	H23年12月22日-28日
D3	量子	首都大学東京	H23年11月28日-12月22日 H24年2月20日-3月19日
D3	量子	ドイツ (Karlsruhe Inst. Of Tech.)	H23年11月25日-H24年2月24日
D3	化工	西部技研	H23年11月21日-12月9日 H24年1月10日-2月6日
D3	化工	韓国 (Sogang University)	H23年11月14日-12月13日
D3	量子	オーストラリア (Curtin Univ.)	H23年11月6日-H24年1月10日
D3	量子	アメリカ (State Univ. of NY)	H23年11月1日-26日 H23年12月3日-H24年1月4日
D3	資源	釧路コールマイン(株)、北見工業大学	H23年10月30日-11月30日
D3	物質	カナダ (National Research Council)	H23年10月2日-12月11日
D3	物質	佐世保重工業	H23年10月2日-12月3日
D3	量子	イギリス (Univ. of Edinburgh)	H23年10月1日-12月2日
D3	資源	インドネシア (Inst. Tech. Bandung)	H23年10月1日-15日 H24年3月2日-16日
D2	資源	タイ (Thai - Nichi Inst. of Tech.)	H23年9月29日-11月15日
D3	量子	(日本) ULVAC	H23年9月26日-10月26日
D3	量子	NEC 玉川事業所	H23年9月25日-11月26日
D2	量子	ベルギー (Hasselt Univ.)	H23年9月18日-12月17日
D2	資源	インドネシア (KPC 鉱山, Gadjah Mada Univ.)	H23年9月12日-10月13日
D3	量子	カナダ (Univ. of Alberta)	H23年9月12日-11月18日
D3	資源	インドネシア (Padjadjaran 大学)	H23年9月10日-10月8日
D3	大海	イギリス (Swansea Univ.)	H23年9月1日-11月3日
D2	資源	中国 (Univ. of Mining and Tech.)	H23年8月31日-10月2日
D2	資源	タイ (鉱山、Chulalongkorn Univ.)	H23年8月27日-9月25日
D2	資源	住友金属鉱山	H23年8月19日-9月2日 11月6日-12日 H24年2月1日-14日
D2	資源	イギリス (SUERC 研究所)	H23年8月18日-9月16日 H24年2月24日-3月24日
D3	量子	オーストラリア (Monash Univ.)	H23年8月7日-10月20日
D3	量子	中国 (中国科学院)	H23年8月7日-10月7日
D3	資源	中国 (Univ. of mining and Tech.)	H23年8月4日-9月8日
D2	資源	中国 (Univ. of Mining and Tech.)	H23年8月2日-9月12日
D3	大海	アメリカ (The City College of NY)	H23年8月2日-10月5日
D3	量子	中国 (清華大学)	H23年7月31日-9月30日

学年	専攻	実習先	期間
D3	資源	中国 (Shanxi Luan Coal Corp.)	H23年7月22日-8月21日
D3	資源	インドネシア (Cibaliung galunggung)	H23年7月22日-8月3日
D2	物質	中国 (中国科学院化学研究所)	H23年7月15日-10月12日
D2	資源	ニュージーランド (GNS Science)	H23年7月14日-9月15日
D3	化工	アメリカ (Northeastern Univ.)	H23年7月4日-8月2日
D3	量子	アメリカ (Univ. of Central Florida)	H23年6月28日-8月29日
D2	量子	アメリカ (Univ. of Central Florida)	H23年6月27日-9月2日
D3	物質	アメリカ (Virginia Tech.)	H23年6月13日-9月3日
D3	量子	株式会社モルフ	H23年5月1日-6月30日

H22年度

学年	専攻	実習先	期間
D3	化工	イギリス (University of Warwick)	H23年2月23日-3月23日
D3	資源	フィリピン (Philex 鉱山会社)	H23年2月4日-3月9日
D3	資源	インドネシア (Sulawesi 島, Hasanuddin Univ.)	H23年1月30日-3月11日
D3	資源	アメリカ (National Renewable Energy Labo.)	H23年1月18日-3月16日
D3	物質	ドイツ (University of Technology, Munich)	H23年1月9日-3月22日
D3	資源	茨城 (日本原子力研究開発機構)	H22年12月5日-23日 H23年1月5日-2月4日
D3	量子	イギリス (Open University)	H22年11月19日- H23年2月17日
D3	資源	住友金属鉱山	H22年11月19日-12月3日
D3	量子	タイ (Chulalongkorn University)	H22年11月17日- H23年1月20日
D3	資源	中国 (Liaoning Technical University)	H22年11月1日-22日
D3	物質	アメリカ (University of Hawaii)	H22年11月1日-1月6日
D3	量子	デンマーク (Technical University of DM)	H22年10月31日-11月29日
D3	化工	タツタ電線	H22年10月31日-11月28日
D3	量子	ベルギー (University of Antwerp)	H22年10月17日-12月16日
D3	資源	カンボジア (ITC)	H22年10月4日-11月30日
D3	物質	キャタラー	H22年10月4日-12月3日
D3	資源	中国 (Univ. of mining and Tech.)	H22年9月26日-10月26日
D3	資源	インドネシア (KPC 鉱山、ITB)	H22年9月22日-10月23日
D3	物質	愛媛大学	H22年9月20日-11月13日
D3	資源	インドネシア (Padjadjaran 大学)	H22年9月2日-10月2日
D3	資源	中国 (China University of Petroleum)	H22年8月29日-10月4日 H23年2月11日-3月11日
D3	資源	カナダ (Alberta 大学)	H22年8月12日-11月1日
D3	量子	NTT フォトニクス研究所	H22年7月25日-8月13日
D3	量子	物質材料研究機構	H22年6月30日-10月1日
D3	物質	ドイツ (SPECs GmbH)	H22年5月6日-7月31日

H21年度

学年	専攻	実習先	期間
D3	資源	インドネシア (ITB)	H22年3月2日-3月21日
D3	化工	アメリカ (Northeastern 大学)	H22年3月1日-3月28日
D3	資源	インドネシア (PT.PGE, BPPT)	H22年2月16日-3月25日
D3	資源	イギリス (Birmingham 大学)	H22年2月16日-3月16日
D3	資源	フィリピン (Philex 鉱山会社)	H22年2月13日-3月15日
D3	資源	マレーシア (Putra 大学)	H22年2月1日-3月26日
D3	資源	カンボジア (ITC)	H22年2月1日-3月1日 H22年8月9日-9月9日
D3	資源	フィリピン ルソン島	H22年1月27日-2月23日
D3	資源	インドネシア (Padjadjaran 大学)	H22年1月15日-2月16日
D3	物質	日立製作所	H22年1月12日-2月26日
D3	物質	アメリカ (Virginia Tech 大学)	H21年12月10日- H22年2月22日
D3	環境	シンガポール (Singapore 大学)	H21年12月6日- H22年2月6日
D3	資源	インドネシア (ガジャマダ大学)	H21年11月14日-12月3日
D3	資源	エジプト (フィールドワーク)	H21年11月13日- H22年1月11日

教育実績

学年	専攻	実習先	期間
D3	資源	インドネシア（ガジャマダ大学）	H21年11月11日-12月13日
D3	物質	キャタラー	H21年10月13日-12月18日
D3	資源	ニュージーランド（オークランド大学）	H21年10月2日-11月21日
D3	物質	東芝	H21年9月30日-12月19日
D3	物質	ドイツ（Tuebingen 大学）	H21年9月9日-12月5日
D3	資源	インドネシア（ITB）	H21年9月5日-10月17日
D3	物質	スウェーデン（Linkoping 大学）	H21年9月1日-11月30日
D3	物質	宇部興産	H21年8月31日-10月16日
D3	資源	住友金属鉱山	H21年8月31日-9月30日
D3	資源	インドネシア（ガジャマダ大学）	H21年7月21日-8月11日
D3	資源	インドネシア（Indonesia 大学）	H21年7月12日-8月9日
D3	資源	ソロモン諸島	H21年5月16日-6月28日
D3	資源	ソロモン諸島	H21年5月16日-6月28日

H20年度

学年	専攻	実習先	期間
D3	資源	タイ（PTT）	H21年2月3日-3月12日
D3	資源	インドネシア（ガジャマダ大学）(F)	H21年1月27日-2月23日
D3	物質	東ソー（株）	H21年1月19日-H21年2月27日
D3	物質	アメリカ（Illinois 大学）	H21年1月13日-H21年3月31日
D3	資源	インドネシア（ガジャマダ大学）	H20年12月23日-H21年1月12日
D3	資源	インドネシア（ガジャマダ大学）	H20年11月3日-11月24日
D3	物質	アメリカ（Chicago 大学）	H20年11月1日-H21年1月5日
D3	資源	インドネシア（ITB）	H20年10月9日-H20年11月9日
D3	物質	新日鉄	H21年3月9日-4月17日



GCOE「新炭素資源学」コース学生 知的財産管理技能検定合格者

H24年度

No	学年	専攻	等級	合格年
1	D3	量子	3級	H23年
2	D3	物質	3級	H23年
3	D3	量子	3級	H22年
4	D3	物質	3級	H22年



英語研修実績一覧

年 度	日 程	内 容	受講者数 (留学生数:内数)	実施場所
2008	平成20年10月 6日～14日 計10時間	サバイバル英語学習	2 (0)	筑紫キャンパス
	平成21年 2月23日～27日 計15時間	基本英会話	2 (0)	筑紫キャンパス
	平成21年 3月 2日～ 6日 計15時間 (2クラス)	基本英会話	16 (1)	筑紫キャンパス
	平成21年 3月 2日～ 4日 計10.5時間	ライティング	15 (13)	伊都キャンパス
	平成21年 3月10日～13日 計21時間	プレゼンテーション	4 (0)	筑紫キャンパス
2009	平成21年 7月 1日～15日 計15時間	基本英会話	3 (1)	筑紫キャンパス
	平成21年 7月21日～24日 平成22年 2月16日～18日 計21時間	ライティング	12 (9)	伊都キャンパス
	平成21年 8月18日～28日 計10時間	サバイバル英語学習	2 (0)	筑紫キャンパス
	平成21年 8月18日～25日 平成21年12月23日～25日 計21時間	ライティング	6 (1)	筑紫キャンパス
	平成21年 8月25日～27日 計21時間	プレゼンテーション	5 (2)	筑紫キャンパス
	平成21年10月23日～26日 平成22年 1月28日～29日 計31.5時間	プレゼンテーション	16 (12)	伊都キャンパス
	平成22年 8月 3日～12日 計21時間	ライティングI	10 (10)	伊都キャンパス
2010	平成22年 8月19日～26日 計21時間	ライティングI	14 (5)	筑紫キャンパス
	平成22年 8月20日～31日 計10時間	基本英会話	4 (1)	筑紫キャンパス
	平成22年11月 8日～15日 計21時間	プレゼンテーション	7 (4)	伊都キャンパス
	平成22年11月29日～12月 1日 計21時間	プレゼンテーション	4 (1)	筑紫キャンパス
	平成23年 1月12日～17日 計21時間	ライティングII	10 (3)	筑紫キャンパス
	平成23年 2月28日～ 3月 7日 計21時間	プレゼンテーション	7 (6)	伊都キャンパス
	平成23年 3月 1日～ 8日 計21時間	ライティングII	10 (9)	伊都キャンパス
2011	平成23年 8月 1日～23日 計10時間	基本英会話	15 (7)	筑紫キャンパス
	平成23年 8月 2日～24日 計20時間	ライティングI	17 (6)	筑紫キャンパス
	平成23年 8月 2日～ 9日 計20時間	ライティングI	12 (10)	伊都キャンパス
	平成23年11月17日～12月 2日 計21時間	プレゼンテーション	7 (7)	伊都キャンパス
	平成23年11月29日～12月13日 計21時間	プレゼンテーション	8 (5)	筑紫キャンパス
	平成24年 1月16日～25日 計20時間	ライティングII	3 (1)	筑紫キャンパス
	平成24年 2月28日～ 3月13日 計21時間	プレゼンテーション	7 (6)	伊都キャンパス
	平成24年 2月29日～ 3月 8日 計21時間	ライティングII	12 (10)	伊都キャンパス

教育実績

年 度	日 程	内 容	受講者数 (留学生数:内数)	実施場所
2012	平成24年 7月 9日～ 7月23日 計10時間	基本英会話	5 (1)	筑紫キャンパス
	平成24年 8月 1日～10日 計28時間	ライティング	9 (8)	伊都キャンパス
	平成24年 7月30日～ 8月21日 計20時間	ライティング	5 (1)	筑紫キャンパス
	平成24年 8月 8日～ 8月23日 計20時間	プレゼンテーション	5 (1)	筑紫キャンパス
	平成24年12月10日～平成25年 1月16日 計20時間	プレゼンテーション	7 (6)	伊都キャンパス

GCOE「新炭素資源学」フォーラム 実績リスト

フォーラムⅠ(効率的エネルギー利用フォーラム) / フォーラムⅡ(省エネルギーフォーラム) / フォーラムⅢ(アジア環境フォーラム)

No.	年度	開催日	講演者	講演タイトル
1	21年度	2009年 8月 22日	原田達朗	Development of IGCC (Integrated coal Gasification Combined Cycle) Technology
			原三郎	Explanation of CCS (Carbon dioxide Capture & Sequestration) Technology
2		2009年 11月 30日	明日香寿川	中国のエネルギー問題と温暖化への対応
			舟越節彦	九州電力の海外での省エネ・環境への取り組みについて —中国における省エネルギープロジェクト概要—
			馬奈木俊介	温暖化対策としてのエネルギー節約の評価
3		2009年 12月 5日	Gusti Z. Anshari	Annual Peat Fires in Humid Tropics of West Kalimantan, Indonesia and the Consequences on Peat Carbon Storage, and CO ₂ -e Emission
			Anggoro Tri Mursito	Recent Progress in Indonesian Peat Utilization Research
4		2009年 12月 19日	浜松照秀	エネルギー利用 —勘違いと究極—
			加藤之貴	ケミカルヒートポンプを用いた産業排熱利用技術
			矢田部隆志	民生部門でのヒートポンプ技術の効果とそのポテンシャルについて
5		2010年 1月 23日	浦田尚男	The Role of Chemical Industry for a Sustainable World
			佐藤紀夫	自動車用プラスチック・ゴムのリサイクル技術開発
			栗田壯太	製造プロセス効率のケーススタディ： 医薬、ファインケミカル業界の視点から
6		2010年 1月 30日	柿本浩一	What are Solar Cell? How it Works for Clean and Green Society?
			大屋裕二	高出力風レンズ風車の開発
7		2010年 2月 8日	Yuguo Li Lina Yang (発表者)	都市の自然換気と環境・省エネルギー
			出口敦	低炭素社会のためのコンパクト・シティ・プランニング
1	22年度	2010年 7月 10日	小林久	小水力,その可能性
			江原幸雄	火山と地熱エネルギーの利用 —九重火山の例—
2		2010年 8月 28日	原田幸明	物質・材料研究機構元素戦略センター
			辰巳国昭	Material risk and the strategy in Japan
			鳶島真一	リチウムイオン電池研究開発プロジェクトの世界的動向
3		2010年 9月 4日	阿部力也	情報と電力の融合する未来の電力系統
			大橋弘史	高温ガス炉による低炭素社会への貢献
4		2010年 9月 18日	Jae-Jin Lyu	サムスン電子LCD事業部開発室
			筒井哲夫	有機EL:グリーンテクノロジーとしての有機エレクトロニクス
			服部勲治	電子ペーパー技術の紹介
5		2011年 1月 29日	鶴田暁	中国環境ビジネス事情
			徳田一憲	九州における環境産業の概要
			松本亨	中国における循環型社会形成の動きと国際環境協力

No.	年度	開催日	講演者		講演タイトル
6	22年度	2011年 2月 16日	Rachnarin Nitisoravut	タマサート大学(タイ)	タイの環境エネルギー問題と今後の展望
Le Thi Hong Tran			ベトナム国家大学ホーチミン市校工科大学	ベトナムの環境エネルギー問題と今後の展望	
7	エネルギーべストミックス 福岡セミナー	2011年 3月 5日	石谷久	新エネルギー導入促進協議会	低炭素社会におけるエネルギー技術
石崎隆			経済産業省資源エネルギー庁需給政策室	最近のエネルギー政策	
橘川武郎			一橋大学大学院商学研究科	エネルギー産業へのインパクト	
浅野浩志			電力中央研究所社会経済研究所	エネルギー需要から見た低炭素社会の課題	
大野栄嗣			トヨタ自動車環境部	乗り物へのインパクト～次世代車への取り組み～	
1	23年度	2011年 7月 16日	仁田健次	国際石油交流センター リヤド事務所	日本のエネルギー安全保障と中東の石油資源 特にサウジアラビアを中心に
澤田賢治			石油天然ガス・金属鉱物資源機構	変化する世界鉱業と我が国の資源確保	
2		2011年 8月 20日	坂西欣也	産業技術総合研究所バイオマス研究センター	Production Technology of Clean Biofuels from Lignocellulosic Biomass Resources
凌祥之			九州大学大学院農学研究院	Biochar: Present situation and potential	
3	公開講座	2011年 11月 5日	堀 史郎 (学生ディベート)	経済産業省資源エネルギー庁 Do you agree with taking the risk by citizens of developing countries for better global energy security?	エネルギーのベストミックスに向けた課題と展望
4			坂本茂樹	石油天然ガス・金属鉱物資源機構石油調査部	Shale gas revolution, a game changer in the gas production
			蛙石健一	千代田化工建設株式会社プロセス開発部	天然ガスからの合成ガス製造 - 主要技術概要と最近の技術開発
5		2012年 2月 4日	中野直和	住友金属工業	低炭素社会形成と鉄鋼産業
堂坂健児			本田技術研究所四輪R&Dセンター	エネルギーの多様性と自動車の未来	
6		2012年 3月 3日	森原淳	三菱商事地球環境事業開発部門	三菱商事のエネルギーと環境ビジネスのとりくみ —内向きの時代に抗う—
楠田恒雄			電源開発火力発電部	高効率石炭火力技術の海外展開	
1	24年度	2012年 6月 16日	藤田照典	三井化学シンガポールR&Dセンター	三井化学における触媒技術開発 —資源・エネルギー・環境分野での貢献を目指して
今井高史			モメンティブ・パフォーマンス・マテリアルズ	グローバルシリコーン産業の成長戦略	
2		2012年 7月 31日	Jargalan	モンゴル科学技術大学	Mineral resources of Mongolia and recent mining development
松井 紀久男			九州大学	Coal mining in Mongolia, considering environment	
3		2012年 9月 1日	Kamaruddin Abdullah	ダルマブルサダ大学	Renewable Energy Development in Indonesia: Barriers and Development Strategy
			Kum-Chan Choi	東亜大学	Energy Consumption and Air Pollution Tendency in Korea
			Dawan Wiwattanadate	チュラロンコン大学	Thailand's Energy and Environment Policy: A Case Study of Biogas Potential for Electricity Generation

GCOE「新炭素資源学」コース修了生 一覧

平成21年度

修了者数	国籍	人数	就職先	人数
17	日本	11	大学	5
	中国	2	研究所	4
	パプア・ニューギニア	1	企業	8
	ベトナム	1	その他	0
	イラン	1		
	インドネシア	1		

平成22年度

修了者数	国籍	人数	就職先	人数
16	日本	9	大学	5
	インドネシア	4	研究所	3
	中国	1	企業	6
	チュニジア	1	その他	2
	エジプト	1		

平成23年度

修了者数	国籍	人数	就職先	人数
24	日本	10	大学	9
	韓国	4	研究所	2
	インドネシア	3	企業	8
	中国	3	その他	5
	ソロモン	1		
	ナイジェリア	1		
	イラン	1		
	タイ	1		

平成24年度9月

修了者数	国籍	人数	就職先	人数
14	中国	5	大学	11
	インドネシア	3	研究所	1
	日本	2	企業	0
	タイ	1	その他	2
	イラン	1		
	フィリピン	1		
	カンボジア	1		

国際連携総評

九州大学グローバル COE「新炭素資源学」拠点リーダー 永島英夫
Kyushu University Hideo Nagashima

本プログラムの申請書を5年前に作成した時、当時の小寺山亘副学長に多くの示唆をいただき、新炭素資源学と一緒に作り上げてくれる連携先を3つ選定し、協力を得ることができた。九州大学と東アジア環境で交流実績がある中国・上海交通大学、地球資源システム工学専攻の教員たちと資源開発で長い交流実績のあるインドネシア・バンドン工科大学（ITB）、九州大学先導物質化学研究所と環境・エネルギーに活用する炭素材料で毎年交流実績を積み重ねてきた韓国・エネルギー研究院（KIER）である。この3機関の協力は、本プログラム採択に大きな力となった。一方、申請書中にも、コア連携は今後拡大することを明記しており、

また、採択時コメントにおいても、インドを例に連携を拡大することを薦められた。この3機関にとどまらず、様々な国の多くの教育研究機関と教員レベルで多くの国際連携実績が存在しているが、実績を伴う着実な交流活動が可能な相手機関は5程度と考え、有数の石炭算出國であるオーストラリアからカーティン大学、成長著しいインドからインド国立環境工学研究所（NEERI）の2機関にコア連携に加わることをお願いした。また、後にKIERと連携する形で、韓国のコア連携先に延世大学の参加を得て、教育・研究双方での連携に発展させている。

5年が経過し、これら5つの機関とは密接な研究連携が

国際連携(2008-2012年度)

番号 (地図参照)	大学名	国名・都市名	GCOE連携協定	部局間・大学間 協定	NCRS国際シンポ 共同開催	短期実習
コア連携						
①	上海交通大学 (SJTU)	中国・上海	● (2009年12月)	● 大学間	● 第4回 (2009年12月)	
②-Ⓐ	韓国エネルギー研究院 (KIER)	韓国・大田	● (2008年11月)	● 部局間	● 第7回 (2011年6月)	
②-Ⓑ	延世大学校	韓国・ソウル	● (2011年2月)	● 大学間		
③	バンドン工科大学 (ITB)	インドネシア・ バンドン	● (2008年11月)	● 部局間	● 第2回 (2009年3月)	
④	カーティン大学	オーストラリア・ パース	● (2009年3月)		● 第5回 (2010年4月)	
⑤	国立環境工学研究所 (NEERI-CSIR)	インド・ ナーガルプル	● (2009年1月)		● 第8回 (2011年12月)	
組織的連携						
⑥	スラナリー工科大学(SUT)	タイ・コラート	● (2009年12月)	● 部局間		● (2011年1-2月)
⑦	マヒドン大学	タイ・バンコク		● 大学間		
⑧	モンクット王工科大学	タイ・バンコク				
⑨	マレーシ亞日本国際工科学院 (MJIIT) (マレーシ亞工科大学(UTM))	マレーシ亞・ クアラルンプール		● 部局間		● (2012年1-2月)
⑩	シンガポール国立大学 (NUS)	シンガポール		● 大学間		● (2010年1月/ 2013年1-2月)
⑪	ナンヤン工科大学	シンガポール				
⑫	三井化学シンガポールR&D センター	シンガポール				

継続しておこなわれている。代表例として、上海交通大学とNEERIは寺岡靖剛教授、KIERは尹聖昊教授、ITBは松井紀久男教授、カーティン大学は林潤一郎教授との間に共同研究が実施され、優れた成果が報告されている。これらの研究活動には、2008年に学内共同教育研究施設として設置された、九州大学炭素資源国際教育研究センターが共同研究を円滑に進める媒体として大きな役割を果たしている。とくにKIERはこの活動が1つの動機となり、九州大学筑紫キャンパスに日本事務所を置き、活動を開始している。これらの5機関には、ITB、上海交通大学、カーティン大学、KIER（延世大学が協力）、NEERIの順で本プログラムの国際シンポジウムの実施の担当をいただき、学生教職員が訪問して研究発表と学生交流を実施している。また、2回に1回開催している福岡での国際シンポジウムには、これら5拠点から代表の方に参加していただき、最新の成果を発表していただけてきた。九州大学サイドとしては、資源国であるインドネシア、オーストラリア、経済発展著しくエネルギー戦略や環境保全に強い関心を持つ中国、インド、そして、日本と同様に資源を持たないが工業的に発

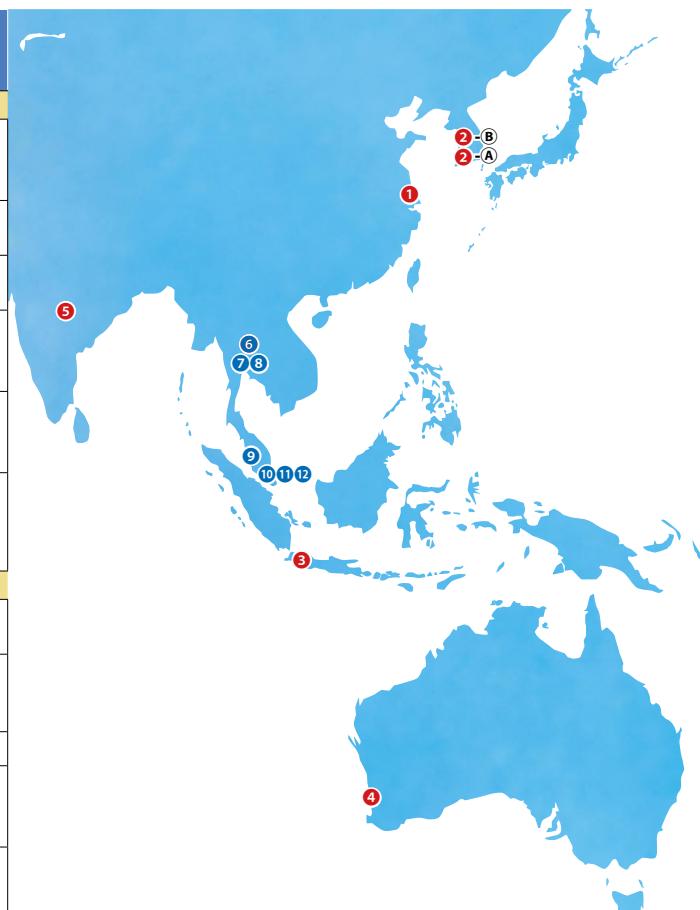
展を遂げる韓国が一堂に会して新炭素資源学を議論するまたとない場であった。逆に、コア連携先は炭素資源開発や実環境保全に集中した研究は見る機会があるが、日本の高いレベルの科学技術に支えられた先端研究、とくに、物質・材料・デバイス面からの環境・エネルギー研究は触れる機会がなく、研究者にも学生にも刺激になったとのことである。

また、これら5つのコア連携先には、国際シンポジウム開催時にボードミーティングを開催し、定期的に現在のプログラムの進捗状況を報告してきた。よりよいプログラムに改善するために、多くの示唆をいただいたが、とくに思い出に残っているのは、日本政府の事業仕分けでグローバルCOEプログラムが仕分け対象にされた時、コア連携メンバーが連名でその意義を訴え、事業の継続を主張する共同声明をとりまとめてくれたことである。中間評価においても、「新炭素資源学の実践の場は、成長著しいアジア」のわれわれの主張に対し、5つのコア連携との密接な交流、共同研究実績等が認められ、よい評価につながる原動力となっている。

5つのコア連携でカバーしきれない「成長著しいアジア」

長期実習 (インターンシップ)	NCRSシンポ 招聘・ボード ミーティング	共同研究* (共著論文数)	訪問教授等受入
	●	● (3件)	
	●	● (3件)	
	●	● (1件)	
4名	●	● (48件)	Dr. Arif Widiatomojo (訪問研究員; 2008年度)
2名	●	● (20件)	
	●	● (7件)	Dr. Nitin Kumar Labhsetwar (訪問教授; 2009・2011・2012年度) (環境特論の講義を担当; 2011・2012年度)
	●		
	●		Dr. Arada Chaiyanurakkul (訪問研究員; 2012年度)
	●		
1名	●		Prof. Bidyut Baran Saha (訪問教授; 2009年度)

* GCOE事業推進担当者の共著論文数



コア連携+組織的連携の概要・実績・展望

は、東南アジア地域である。本プログラムでは、この地域との連携の輪を学生の海外短期実習で訪問することにより拡大した。2009年度にはシンガポールを訪問し、シンガポール国立大学、南洋工科大学で双方の学生の研究発表、三井化学アジアパシフィックを訪問して工場見学と意見交換をおこなったのを皮切りに、2010年度はタイの3大学（スラナリーエンジニアリング大学、マヒドン大学、モンクット王工科大学）を訪問して、各大学で施設見学、学生交流を含む研究発表を実施した。2011年度は、マレーシア工科大学内に設置されている日本型大学院のマレーシア日本国際工科学院(MJIIT)を訪問し、学生交流を含む研究発表を実施しただけでなく、現地JICA職員との懇談会をおこない、アジアで活躍する日本人の生き生きとした状況を実感することができた。2012年度は再びシンガポールを訪問予定で計画中である。

5年間の事業期間が終了することから、これらの教育研究双方での博士後期課程学生が核となった連携を潤沢な経費で組織立ったものとして継続できるかどうかは、残念ながら、来年度の卓越した大学院拠点形成補助金の獲得に依存している。しかしながら、この5年間が創出した数々の研究における連携実績は、例えば、林潤一郎教授とカーティン工科大学 Chun-Zhu Li 教授、尹聖昊教授と KIER の Doo-hwan Jung 博士、寺岡靖剛教授と NEERI の Nitin Labhsetwar 博士に代表される国際共同研究の着実なシーズとして、今後とも炭素資源国際教育研究センターを媒体に展開していくことは確実であり、JSPS の日印二国間共同研究のように、一部は既に国際共同研究として採択されている。

一方、COE と比較して、より教育に特化したプログラムである点で異なるが、昨年度発足のキャンパスアジアプログラム「エネルギー環境理工学グローバル人材育成のための大学院協働教育プログラム」(修士教育)、リーディング

大学院事業「グリーンアジア国際戦略」(修士博士一貫教育)プログラムにおいては、本 COE メンバーである寺岡靖剛教授、原田明教授が責任者であり、COE で培った学生教育の基本システムやアジアとの連携が活かされている。これらの連携先に、前者は2つの連携先の1つが上海交通大学であり、後者の6つの連携先の中に、ITB、マヒドン大学、シンガポール国立大学、MJIIT の4校が入っている。

この研究面での次のプロジェクトの開始、教育面での2つのプログラムの開始は、COE の国際連携成果がきっかけとなったことは明らかである。これらの国際連携はこの5年間の COE の活動の中で、まさに、関係者が走りながら構築してきたものであるが、プログラム責任者として振り返ると、関係教員の創意と工夫、たゆみない努力が、当初予想もできなかった人と人の輪の広がりを生んだこと、さらに、それを活用した先端研究、博士後期課程学生教育が、予想していた以上に相互に影響を与えるながらうまく働き、現実のものになった達成感がある。また、本 COE 活動の中での人創りは学生教育だけでなく、博士研究員が様々な形で国際連携に関わることでも、また、ITB、NEERI、シンガポール国立大学、マヒドン大学からは訪問研究員や訪問教授として九大で研究教育に参加することによっても達成されている。これら若手研究人材や教員が参加した活動は、さらに国境を越えた教育研究機関が連携して、各国の次世代の若者を作る指導者を育成していく方向性を持っており、将来の展開が期待される。

最後に、まさにグローバル COE のグローバルの名に恥じないこの国際連携の実績は、関係した事業推進担当者の教員諸氏の努力の賜物であること、ならびに、それを下で支えてきた事務局の存在なしには成功はおぼつかなかったことは明らかである。この場を借りてお礼申し上げる。

core-to-core cooperation



Shanghai Jiao Tong University, China

Name: **Yanqing WU**

Affiliation: Professor, Director, Institute of Ecology and Subsurface Environment (IESE), School of Environmental Science and Engineering, Shanghai Jiao Tong University



Brief Introduction of Shanghai Jiao Tong University

An imperial edict issued in 1896 by Emperor Guangxu, established Nanyang Public School in Shanghai. The normal school, school of foreign studies, middle school and a high school were established.

Today SJTU has 31 schools (departments), 63 undergraduate programs, 250 masters-degree programs, 203 Ph.D. programs, 28 post-doctorate programs, and 11 state key laboratories and national engineering research centers.

SJTU boasts a large number of famous scientists and professors, including 35 academics of the Academy of Sciences and Academy of Engineering, 95 accredited professors and chair professors of the "Cheung Kong Scholars Program" and more than 2,000 professors and associate professors.

Its total enrollment of students amounts to 35,929, of which 1,564 are international students. There are 16,802 undergraduates, and 17,563 masters and Ph.D. candidates. After more than a century of operation, Jiao Tong University has inherited the old tradition of "high starting points, solid foundation, strict requirements and extensive practice." Students from SJTU have won top prizes in various competitions, including ACM International Collegiate Programming Contest, International Mathematical Contest in Modeling and Electronics Design Contests. Famous alumni include Jiang Zemin, Lu Dingyi, Ding Guangen, Wang Daohan, Qian Xuesen, Wu Wenjun, Zou Taofen, Mao Yisheng, Cai Er, Huang Yanpei, Shao Lizi, Wang An and many more. More than 200 of the academics of the Chinese Academy of Sciences and Chinese Academy of Engineering are alumni of Jiao Tong University.

Brief Introduction of School of Environmental Science and Engineering

The school was established in 1999. Today school has 65 faculty and staffs. There are 95 Ph.D. candidates, 144 masters, 37engineering masters, and 222 undergraduates.

The main research fields have air pollution control and modeling, water pollution control, environmental chemistry, solid waste disposal and reuse, soil and groundwater pollution

remediation and modeling, marine environmental monitoring and assessment.

Brief Introduction of Institute of Ecology and Subsurface Environment (IESE)

IESE was established in 2004. There are 5 research fields including interaction between surface water and groundwater, modeling of surface water and groundwater environment, remediation of soil and groundwater pollution, eco-subsurface hydrology, marine eco-environment, water resource and environment, geo-hydraulics, and geo-environmental engineering.

Outline of your research topics

My research topics have groundwater flow and transport modeling, hydrogeology and engineering, water resource and environment, remediation of soil and groundwater pollution, geohydraulics, ecosubsurface, marine environment, and interaction between groundwater and surface water.

Short comments on:

The Global COE program, Novel Carbon Resource Sciences was established by joint work of Kyushu University and Fukuoka Women's University in 2008.

After five years of Global COE program implementation, Global COE program has achieved a lot of findings and train a group of young scholars in energy, environment and material fields. This symposium is final symposium. I wish this symposium every success and hope collaboration in the future. In fact, SJTU and KU have collaborated in CAMPUS ASIA Program.

The very success of the final NCRS international symposium was held in Kyushu University. In the symposium, Professors and students from 10 countries had good academic exchange in energy, material, and environmental fields. The final NCRS international symposium gives me a deep impression.

Through five years collaboration with Kyushu University and G-COE, the relationship between SJTU and Kyushu Uni-

versity has enhanced in environmental and energy fields. China and Japan are in Asian countries. We are facing energy crisis, environmental pollution, resource shortage, and sustainable development. Asian sustainability needs collaboration

with Asian countries. I hope that SJTU and KU continue collaboration in energy and environmental fields, especially in education and research. I wish that SJTU and KU have a good collaboration in CAMPUS ASIA Program.

core-to-core cooperation



Bandung Institute of Technology, Bandung, Indonesia

Name: **Sudarto NOTOSISWOYO**

Affiliation: Professor, Department of Mining Engineering, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Bandung Institute of Technology, Bandung, Indonesia



Institution:

Institut Teknologi Bandung (Bandung Institute of Technology) was founded in 1920 as Technische Hogeschool by the Dutch Government. During the Japanese era, the name of the institute was Bandung Kogyo Daigaku. Between 1945 to 1959 the institute was part of the University of Indonesia: Faculty of Mathematics & Natural Sciences and Faculty of Engineering. In 1959 had changed to Bandung Institute of Technology. The Department of Mining Engineering was founded in 1949 to fulfill the need of mining engineer in the country.

Research topics:

Topic of my researches are:

- Earth Resources Exploration: coal geology, ore minerals genesis, alluvial tin deposition.
- Environmental Hydrogeology: hydrogeology, groundwater quality, groundwater modelling, environmental impact assessment,

Comments:

- I feel that the GCOE-NCRS program is very important for us, especially to know each other, to know what we have done, to understand what are going on in our communities/countries, and what we should do in the future.
- With the end of the program, I feel that we still 'need and have to' work/collaborate/cooperate together, exchange our experiences, and preparing young researchers to solve the world's energy shortage and environmental problem together.
- I appreciate Kyushu University for the invitation to joint the GCOE-NCRS program. Many experiences and new research/academic atmosphere we got from the program; not only for the professors, but also for the students and young researcher.
- I am glad with the approval and funding of the new GCOE program proposal of Kyushu University by the Japan Goverment for the next 7 years. Of course, I hope that collaboration between universities/research institutions among our countries will continue ever more.

core-to-core cooperation

CSIR-National Environmental Engineering Research Institute, (CSIR-NEERI), Nagpur, India

Name: **Nitin Labhsetwar**

Affiliation: Principal Scientist, CSIR-NEERI, Nagpur, India



CSIR-National Environmental Engineering Research Institute (CSIR-NEERI), Nagpur is a constituent of Council of Scientific & Industrial Research (CSIR), Government of India. The mandate of CSIR-NEERI (www.neeri.res.in) is to conduct quality research and developmental studies in environmental science and engineering; to render assistance to the industries of the region, local bodies, etc. in solving the problems of environmental pollution by S&T intervention; innovative approaches to optimal utilization and conservation of environmental resources. CSIR-NEERI is served by competent and experienced team of about 110 scientists with over 250 Research and Post-doctoral students /Fellows in various core disciplines of relevance to environmental science and engineering. The new AcSIR programme made CSIR-NEERI also an academic institute, with increasing number of students and academic activities.

CSIR-NEERI envisages three major activities in XIIth Five Year plan (2012-17), which will develop knowledge and processes related to: 1. Clean Water: Sustainable Options, 2. National Clean Air Mission (NCAM), 3. Centre of Excellence: Waste Utilization & Management. This is in addition to active research on cleaner and renewable energy and materials for various environmental applications. R&D to develop approaches and systems to bridge the gap of scientific frontiers and practical technology is a priority at CSIR-NEERI in the areas of cleaner energy, water & wastewater treatment, air pollution control and solid waste management. This has led to many technological solutions to environmental problems in India in these areas of environmental pollution control.

The 9th and final NCRS international symposium was truly a concluding symposium for this very active GCOE programme on NCRS. It was a pleasant surprise to see many participants than expected, which offered a much wider platform for discussions on focused as well as lateral issues. Prof. H. Nagashima has led this GCOE project very efficiently and always provided the required leadership to guide the project for a successful completion with excellent outcomes. Participation by

a large number of research students through a very active poster session was quite impressive. The symposium sessions were quite well designed and covered most of the important aspects of NCRS, with recent advancements and updates from different parts of the world. Introduction of new project at Kyushu University was a pleasant surprise, which also indicates the success of present NCRS project. The most impressive was the debate of students and I can see the marked improvement in debating and presentation skills of Japanese students!!

The GCOE played a pivotal role in establishing and strengthening the research collaboration between CSIR-NEERI and KU. NEERI has quite actively participated in GCOE programme and had an opportunity to organize 8th International GCOE Symposium at Nagpur, India. In addition to the visits of Scientists from NEERI, the opportunities offered to NEERI's research students to work at Kyushu University, was a valuable contribution of GCOE programme to NEERI. This relationship established through GCOE programme is expected to go long way and would prove to be of mutual benefits for both the countries. I am happy to write that NCRS project provided us solid background to successfully get a JSPS-DST project awarded with Prof. Y. Teraoka's lab.

The topic of this GCOE programme is not only of current importance, but will be equally relevant in future, as "Cleaner Energy" would remain one of the most critical challenges of global importance in decades to come. Although a large number of research and educational activities have been carried out during this project, it will be of utmost importance to review these and select the most potential to pursue them further in near future. I strongly feel continuation of NCRS activity in some form considering its importance. The debate course of Japanese students, which I was also a part of, was quite a useful experiment and the same should certainly continue in future. We would like to compliment and congratulate the entire GCOE team under the able leadership of Prof. H. Nagashima for very successful completion of GCOE-NCRS project.

core-to-core cooperation



Yonsei University, Korea

Name: **Yong-gun Shul**

Affiliation: Professor, Department of Chemical and biomolecular Engineering, The Director of CT(Clean Technology) Center, Yonsei University and Executive Committee of IPHE(International Partnership for the Hydrogen Economy) & IEA/HIA(International Energy Agency/Hydrogen Implementing Agreement)



Yonsei University was first established in 1885 by Christian missionaries, being the oldest private university in Korea. Our goal is to educate leaders who will manifest the spirit of “truth and freedom” to humanity from leadership positions around the world. The main campus is ensconced in a spacious, picturesque and natural setting located minutes away from the economic, political, and cultural centers of Seoul's metropolitan downtown. Yonsei has 3,500 eminent faculty members who are conducting cutting-edge research across all academic disciplines. There are 18 graduate schools, 22 colleges and 133 subsidiary institutions hosting a selective pool of students from around the world.

The department of the chemical engineering in Yonsei is now leading in various fields such as exact chemical engineering industry, macromolecular, energy industry, bioengineering and environment by new high technologies with support and funding from national institutes. The faculty consists of five emeritus professors and twenty full service professors who seek to systemize chemical engineering and put high technology based on high public utility.

Among many research areas in the department of the chemical engineering in Yonsei University, Inorganic-Material lab has a majority in inorganic materials including synthesize methods, chemical and physical modifications furthermore, in-organic

composites for the application to catalysts and membranes in the petro-chemistry and low/ high temperature fuel cell systems (PEMFC, SOFC, DMFC.). Moreover, in the field of fuel cell industry, the overall areas such as materials, operation, testing protocol and system have been researched.

—Your impression of attending at final NCRS

It was so successful in terms of participation from many member countries and the level of research presentation in this NCRS.

—Your opinion in your relationship with Kyushu and G-COE

We are very happy to join with Kyushu through G-COE program to establish a global collaboration network with friendship. We would like to strong the relationship for our level up the quality of research and education. For our future, Yong scientists exchange should be promoted to make a prolonged relationship between Kyushu and Yonsei univ.

—What you expect for the future of NCRS

I expect that NCRS will contribute the important role as an Asian hub network for future research and education in energy and nanomaterial.

Institutions which have supported our activity



Mahidol University, Thailand

Name: Pranee Phinyocheep

Affiliation: Associate Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, Polymer Science and Technology Graduate Program, Mahidol University



Brief Introduction of Mahidol University

Mahidol University with its mission to excel in health, sciences, arts, and innovation with integrity for the betterment of Thai society and the benefit of mankind; is offering courses in a wide range of disciplines in medicine; public health; nursing, pharmacy; dentistry; engineering; natural sciences; computer science; health sciences; social sciences; applied sciences; applied arts; humanities and arts. Mahidol University is the most renowned research university in Thailand with the research activities in 5 broad categories: a) Medical and Clinical Sciences; b) Health Sciences and Public Health; c) Basic Science, Applied Science and Technology; d) Social Sciences, Humanities, Management and Liberal Arts; e) Arts, Language and Culture. At present, the number of undergraduate students is about 18,000 and graduate students of about 8,400.

Outline of my research topics

- Polymer Synthesis
- Modification of synthetic polymer
- Modification of natural rubber in organic and latex phases
- Surface modification of polymer

Attending at the final NCRS international symposium during 1-3 November 2012 is one of the most valuable moments as the symposium has well organized with Special and Kenote lectures which are very informative and comprehensive on the necessity to carefully use of energy and to find out alternative carbon resources in environmentally smart way. Two other

activities were also organized; the first one is Poster session which provided not only an opportunity to display a wide range of basic and advanced research activities but also allowed participants to know each other and exchange knowledge and experience for future collaboration. The second one is Student session which is an interesting activity that grouped students from 3-4 nationalities to discuss and exchange theirs knowledge, culture and idea. This allowed young researchers to expose to new culture and society.

The relationship between Department of Chemistry, Faculty of Science, Mahidol University and Kyushu University was first started by the visit of 19 delegates from G-COE of Novel Carbon Resource Sciences at Faculty of Science, Mahidol University on 2nd February 2011. In this occasion, the activity of exchanges research information by staff members and students from both sides was occurred. This was a very successful meeting and a starting point of relationship as we could share ideas on the objectives of NCRS program. This is considered very privilege for us to be able to follow the relationship by participating in the 9th International Symposium on NCRS.

I would expect that Novel Carbon Resource Sciences continue to grow up ideas and include more new members to share in educating new young researchers in multidisciplinary way in order that future generation can contribute their knowledge and experience to the local and international society.

Institutions which have supported our activity



Suranaree University of Technology

Name: Visit Vao-soongnern, Rapee Gosalawit-Utke, Theeranun Siritanon

Affiliation: Professor, School of Chemistry, Institute of Science, Suranaree University of Technology. Nakhon Ratchasima 30000 Thailand.



On behalf of Suranaree University of Technology (SUT), we (Visit Vao-soongnern, Rapee Gosalawit-Utke, Theeranun Siritanon; faculty members from the school of Chemistry, Institute of Science, SUT) would like to express our sincere thanks to Kyushu University (KU) and congratulate on a very good success of the 9th NCNS International Symposium and impressive achievements of the GCOE. All of us have been involved in the research of material chemistry for applications in energy generation, energy storage, and energy transformation. Our opportunity to participate this symposium motivates and inspires us to learn more for a broader aspect of research and have more linkage with several KU professors through mutual interactions during our time at Fukuoka.

The relationship between SUT and KU formally started in 2009 when SUT Rector and KU president had signed an MOU and agreements to have academic collaboration as well as staff/student exchanges. This Agreement has resulted in several activities between SUT and KU. In particular for GCOE activities, we had an opportunity to welcome a group of faculties/staffs/students from GCOE to visit SUT during January 31-February 1st 2011. During such occasion, several activities were organized including a half day visit to Synchrotron Light Research Institute, a national research institute located inside SUT campus, and a seminar session where graduate students from both KU and SUT presented their research works in order to exchange knowledge, experiences, and ideas to each other. Moreover, we had organized the workshop for professors from both sides to get to know each other through research presentation as well. Additionally, an open discussion among students and professors regarding to the global energy situation was exchanged by everyone's perspectives and experience. We have shared our thoughts from the point of view from many countries e.g. Japan, Thailand, Indonesia, and China. Indeed the energy situation is the global problem. No individual coun-

try can solve this problem alone. Therefore, the idea of GCOE which is to have a network of people from different countries to share the view and work together is an important key. Like Adam Smith, the father of Economics, had explained the principle for the division of work which is to let each person do the things they do best so that we can get the "maximum output". In these modern days, we may add more...let everybody do the thing they do best and let's collaborate so that we can have the "optimum outcome" from our limited natural resources. Based on this concept, a good friendship should play an important role for good collaboration. We must unite to survive. Our world has enough resources to share. We believe that GCOE had done a lot of good things based on this concept and we do hope to see more and more progress. Just like growing the plant. This tree, although small, is already rooted waiting to grow strongly and healthy. It will eventually spread and reproduce throughout the world by means of a good of friendship from each country. According to the first law of thermodynamics, energy can neither be created nor destroyed. However, energy can be transformed and every form is still useful just like a good friendship which will not be changed even though the world keeps changing. Our life is short but a good friendship can last longer; like the sun always shines its light to the earth and continue to give its energy to the universe for several million years to come.

All the best,

Visit Vao-soongnern,
Rapee Gosalawit-Utke
Theeranun Siritanon
School of Chemistry, Institute of Science,
Suranaree University of Technology.
Nakhon Ratchasima 30000 Thailand.

Institutions which have supported our activity



Malaysia-Japan International Institute of Technology, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia

Name: Megat Johari MEGAT MOHD NOOR

Affiliation: Professor & Dean, Malaysia-Japan International Institute of Technology (MJIIT)



Malaysia-Japan International Institute of Technology (MJIIT) is a multi-disciplinary and inter-disciplinary institute with an emphasis in four major areas, namely: Electronic Systems Engineering, Mechanical Precision Engineering, Environmental & Green Technology and Management of Technology. MJIIT is an initiative of the two governments, Malaysia and Japan to provide Japanese style engineering education with Malaysia distinctiveness. Despite its recent establishment, it draws its strength from the well-established research university, Universiti Teknologi Malaysia (UTM) by virtue that it is part of the UTM. It also draws the support from 24 Japanese universities, known as the Japanese University Consortium (JUC), which collaborates between the four focus areas.

MJIIT adapts the Japanese style kozha but rebranding it as innovative kozha (ikozha) which allows members of different ikozha to work closely with each other. Members of each ikozha can also lead research projects. MJIIT has established 10 ikozhas: Ecological Engineering, Air Resources, Communication Systems and Networks, Conditioning Monitoring, Advanced Devices & Materials Engineering, Tribology & Precision Engineering, Vehicle System Engineering, Biologically Inspired System & Technology, Lipid Engineering Applied Research, and Artificial Intelligence and Robotics. At its peak in 2017, MJIIT will have established about 40 ikozhas with 270 academic staff and a student population of 2600. Currently MJIIT has two undergraduate programmes, and MPhil and PhD programmes with a total student population of about 300.

Sustainable environment is an important aspect in any development process for the preservation of the global environment. Coupled with depleting fossil fuels and increasing energy cost, and the dire need to reduce the carbon print, efforts to introduce effective and efficient technology that integrates with ecological surroundings are highly desirable. The Ecological Engineering ikozha thus focuses on a total or system solution that integrates management approach, appropriate technology and advanced technology in ecological surroundings towards sustainable environment. Currently the Ecological Engineering emphasizes in providing appropriate and advanced technology for water and wastewater and formulating policies for the sustainable ecological environment; eliminating eutrophication in water bodies, membrane separation for water supply and wastewater treatment, and policy issues on the peatlands and food waste. The Ecological Engineering ikozha is headed by Prof Megat Johari Megat Mohd Noor with the following members: Prof Zuriati Zakaria, Dr Rory Padfield, Dr Effie Papargyropoulou from MJIIT, and Prof Ahmad Jusoh and Prof Thamer Ahmad Mohammad as Fellow.

On behalf of MJIIT I would like to congratulate Kyushu University and the G-COE for the successful conclusion of the project. This final NCRS International Symposium has indeed hit a high note, with exhibitions of highly effective collaboration efforts among member institutions. Kyushu University and the G-COE have shown the leadership capacity in Novel Carbon Resources Sciences and have the audacity and tenacity to excel further in this all-important area.

受賞・報道掲載



**九州大学学生後援会学術研究賞
(2012/04)**

小川 友以



**日本冷凍空調学会賞 学術賞
(2012/05)**

福田翔、小山繁

「R1234ze (E) / R32 混合冷媒を用いたヒートポンプサイクルの性能評価」
日本冷凍空調学会論文集 28 (4), 491-502, 2011-12-31



日本経済政策学会 学会賞 研究奨励賞

(2012/05)

大野 正久

「地方税収の地域間格差とソフトな予算制約」



地球科学技術に関する国際シンポジウム 2012

International Symposium on Earth Science and Technology 2012

(2012/09)

Best Paper Award

Nay Zar LIN

“Numerical Analysis of Interaction Effects in Double Extra-thick Coal Seams Mining”

Loren M. TUSARA

“Physiochemical Characterization of Solid Deposits in A Geothermal Pipeline”

Ginting J. KUSUMA

“Study on Co-Placement of Coal Combustion Ash-Coal Waste Rock for Minimizing Acid Mine Drainage Generation: A Preliminary Result of Field Column Test Experiment”

Best Presenter Award

Thomas D. TINDELL

“Stable Isotope and Geochemical Observations in the Kago Low-Sulfidation Au/Ag Deposit, Southern Kyushu, Japan”

Zhigang LI

“Coal Gasification in High Pressure and High CO₂ Concentration Atmosphere by Rapid Heating”

Best Poster Award

Akihiro HAMANAKA

“The Experimental Study for Prediction of Soil Erosion in the Rehabilitation Area of Indonesia Coal Mine”

Sri MARYATI

“Land Capability Evaluation of Reclamation Area in Indonesia Coal Mining Using LCLP Software”



Best Student Awards, the 18th Formation Evaluation Symposium of Japan, Japan Formation Evaluation Society

(2012/09)

Ferian ANGGARA

“Swelling experiments of Kushiro coal under supercritical CO₂”



第49回石炭科学会議「日本エネルギー学会石炭科学会議優秀賞」

(2012/10)

櫻井 靖紘

「石炭ガス化炉模擬雰囲気における芳香族化合物の転換反応機構」



独立行政法人 日本学術振興会 審査員表彰

(2012/10)

原田 明

原田明教授が独立行政法人・日本学術振興会の審査員として表彰を受けました。
(独立行政法人・日本学術振興会は、学術研究の振興を目的とした科学研究費助成事業において模範となる審査意見を付した審査委員を選考し、表彰しています。2012年度は5000名の審査委員の中から115名が選出されました。)



**CSE 2012 第10回大会
10th China-Japan-Korea Joint Symposium on Carbon Materials to Save the Earth**

(2012/11)

Best Poster Award

趙 漯

“Thermal Properties of Hard Carbon Type Anodes for Na-Ion Battery”

金丙峻

“Analytical and Synthetic Characteristics on Spinnable Isotropic Pitch Using Naphtha Cracked Oil”

受賞

International Battery Materials Association (IBA) Technology Award of 2013

(2013/01)

岡田 重人

報道掲載

岡田准教授が *Electrochimica Acta* 誌 (IF: 3.83) 2009-2010年掲載論文著者中、Top-25 Authors of Most Cited Paper に選ばれました。

(2012/08)

Congratulations

Authors of Most Cited Papers 2009 to 2010*

Electrochimica Acta

T.S. Zhao	Hong Kong
V.Zhu	China
H.Wang	China
G.Wang	Australia
L. Pan	China
G.Wang	Taiwan
L.-C. Chen	China
T. Saito	Japan
B.B. Hoever	Sweden
X. Fan	China
G. Shi	China
G. Liang	Australia
L. Huang	China
C. Chen	China
Y. Feng	China
Y. Nosaka	Japan
Y. Wu	China
R. Zhang	Germany
J. Zhang	Canada
J. Li	South Korea
H. Wang	China
C.-Y. Wang	United States
K.F. Khaled	Egypt

報道掲載

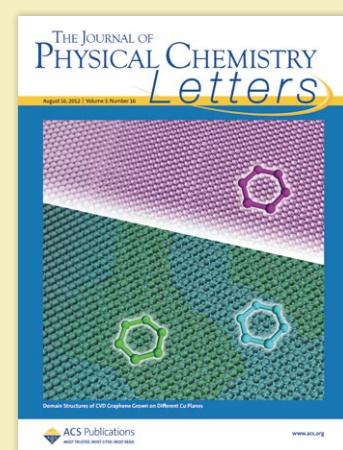
吾郷浩樹准教授らの研究イラストが、J. Phys. Chem. Lett., 3 (16) (2012) の表紙に採用されました。

(2012/08)

The Journal of Physical Chemistry Letters Cover Art Gallery
Vol. 3, Iss. 16, August 16, 2012

Hiroki AGO, Yui OGAWA, Masaharu TSUJI, Seigi MIZUNO, Hiroki HIBINO

“Catalytic Growth of Graphene: Toward Large-Area Single-Crystalline Graphene”
J. Phys. Chem. Lett., 2012, 3 (16), pp 2228–2236



報道掲載

吾郷浩樹准教授らの研究ビデオがJ. Phys. Chem. Lett. のホームページに掲載されました。

(2012/08)

The Journal of Physical Chemistry Letters Perspective Videos

<http://pubs.acs.org/page/jpclcd/ago.html>

報道掲載

Md. Bodruddoza Mia さん(博士後期課程3年)の論文が"Journal of Volcanology and Geothermal Research"において、top 25 hottest articles で14位となりました(2012年7月～9月間)。

(2012/10)

Science Direct, ELSEVIER

<http://top25.sciedirect.com/subject/earth-and-planetary-sciences/9/journal/journal-of-volcanology-and-geothermal-research/03770273/archive/40/>

Md. Bodruddoza MIA, Chris J. BROMLEY, Yasuhiro FUJIMITSU

"Monitoring heat flux using Landsat TM/ETM+ thermal infrared data - A case study at Karapiti ('Craters of the Moon') thermal area, New Zealand"

Journal of Volcanology and Geothermal Research, Volume 235-236, August 2012, Pages 1-10

Top 25 Hottest Articles

Earth and Planetary Sciences > Journal of Volcanology and Geothermal Research
July to September 2012

- RSS | Blog This! | Print | Show condensed
1. Magmatic chambers: Formation, local stresses, excess pressures, and compartments | [Read more](#)
Journal of Volcanology and Geothermal Research, Volume 237-238, September 2012, Pages 19-41
Gudmundsson, A.
 2. Catastrophic dykes forming eruptions: Thermomechanics and implications for eruption triggering and maximum caldera dimensions on Earth | [Read more](#)
Journal of Volcanology and Geothermal Research, Volume 241-242, October 2012, Pages 1-12
Greg, P.M., de Silva, S.L., Grosfils, E.B., Parmigiani, J.P.
 13. Reconstructing the architectural evolution of volcanic islands from combined KAR, morphologic, tectonic, and magnetic data: The Faial Island example (Azores) | [Read more](#)
Journal of Volcanology and Geothermal Research, Volume 241-242, October 2012, Pages 39-46
Heldal-Anderson, A., Marques, F.O., Costa, A.C.G., Stewart, A.L.R., Silva, P.F., Henry, B., Miranda, J.M., Madureira, P.
 14. Monitoring heat flux using Landsat TM/ETM+ thermal infrared data - A case study at Karapiti ('Craters of the Moon') thermal area, New Zealand | [Read more](#)
Journal of Volcanology and Geothermal Research, Volume 235-236, August 2012, Pages 1-10
Mia, Md.B., Bromley, C.J., Fujimitsu, Y.
 15. Geodynamics of the Yellowstone hotspot and mantle plume: Seismic and GPS imaging, kinematics, and mantle flow | [Read more](#)
Journal of Volcanology and Geothermal Research, Volume 188, Issue 1-3, November 2009, Pages 26-56
Smith, R.B., Jordan, M., Steinberger, B., Puskas, C.M., Farrell, J., Wahl, G.P., Husen, S., Chang, W.L., O'Connell, R.
 16. Magmatic melt beneath an aseismic spreading ridge: Constraints due to plagioclase crystals from basalts of Marcelli seamount (Southern Tyrrhenian back-arc) | [Read more](#)
Journal of Volcanology and Geothermal Research, Volume 241-242, October 2012, Pages 61-77
Barca, D., Trua, T.
 17. Volcanic risk and tourism in southern Iceland: Implications for hazard, risk and emergency response education and training | [Read more](#)
Journal of Volcanology and Geothermal Research, Volume 189, Issue 1-2, January 2010, Pages 33-40
Bird, D.K., Gialdritto, G., Dominey-Howes, D.
 18. Morphometric analysis of the submarine arc volcano Monowai (Tofua-Kermadec Arc) to decipher tectono-magmatic interactions | [Read more](#)
Journal of Volcanology and Geothermal Research, Volume 239-240, September 2012, Pages 69-82
Wormald, S.C., Wright, I.C., Bull, I.M., Lamarche, G., Sanderson, D.J.
 19. Three-dimensional potential field modelling of a multi-vent maar-diatreme - The Lake Corugue maar, Newer Volcanics Province, south-eastern Australia | [Read more](#)





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
E-mail : ncrs@cm.kyushu-u.ac.jp
URL : <http://ncrs.cm.kyushu-u.ac.jp/>