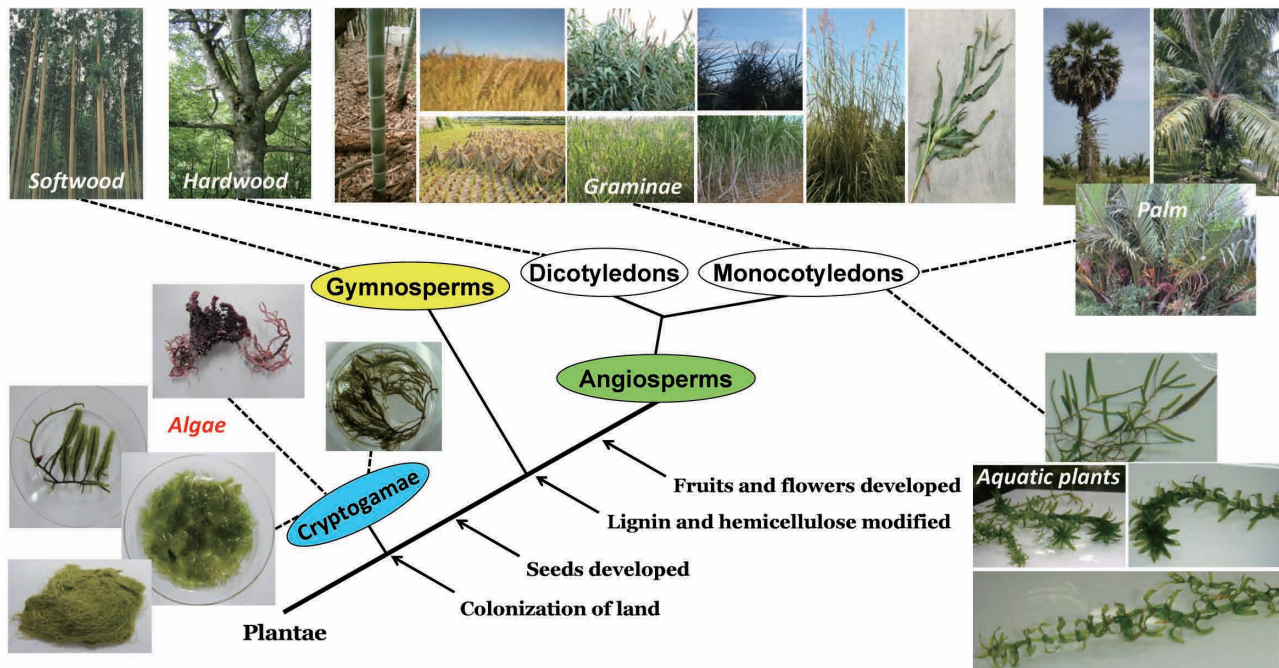


# 地球温暖化時代の エネルギー科学拠点



バイオマスの多様性と組織構造の進化  
Biomass Diversity and Evolution in Anatomy

## 目次 (Contents)

|   |    |
|---|----|
| バイオマスエネルギー研究グループ 特集 / Special Issue on Biomass Energy Research Group                        | 2  |
| グローバル COE メンバー紹介 / Greeting from G-COE member   | 10 |
| 教育・研究活動 / Education and Research Activities   | 12 |
| 学生フィールド実習 / 2nd Field Practice for Students in 2011   | 12 |
| これまで開催した主催・共催イベント / Reports of Past Events  | 13 |
| JSPS-若手招聘プログラム / JSPS Invitation Program for East Asian Young Researchers                   | 13 |
| Sustain 2011 / The second International Conference on Sustainable Future for Human Security | 14 |
| 産学連携シンポジウム / Industry-University Cooperation Symposium                                      | 15 |
| 今後のイベントのご案内 / Announcement  | 15 |
| G-COE 関連出版物のご紹介 / Publication of G-COE Program  | 16 |

はじめに / Introduction

バイオマス資源、特にリグノセルロース系バイオマスの効率的な利用システムの開発は、将来のCO<sub>2</sub>ゼロエミッションエネルギーシステムの構築に向けた重要な研究の一つです。バイオエネルギー研究グループでは、廃バイオマスや種々のバイオマス資源からの、バイオエタノール、バイオディーゼルなどの高品位液体バイオ燃料及びバイオプラスチックなどのバイオ材料への効率的な変換利用を目指し、京大独自の超臨界流体技術を中心に研究開発を進めています。さらに、バイオマスエネルギーの導入を図る上で、バイオ燃料の製造技術のみならず、多角的に利用システムを考えることが重要です。したがって、当バイオマスエネルギー研究グループでは、得られる燃料のエンジン特性などのアプリケーションサイドからの研究、社会に導入する際のバイオマス利用システム設計などの社会科学の視点からの研究を同時に進めることで、原料及び製造、利用、社会システムに至る幅広い視点からの研究を行っています。

Exploiting the effective utilization ways of biomass resources, especially lignocellulosic biomass, is one of the important research topics to establish the future CO<sub>2</sub> zero-emission energy system in this global COE program. The following research projects based on the original supercritical fluid technology have been conducted in this bioenergy research group, for effective utilization of various biomass resources as liquid biofuels such as bioethanol and biodiesel as biomaterials. To introduce bioenergy, the research from various scientific fields is also necessary along with the conversion technologies. Accordingly, characterization of liquid biofuel for engine application and framework design for biomass utilization have also been studied.

A) 種々のバイオマス資源のバイオ燃料への特性化 /

Characterization of Biomass Resources for Biofuel Production

(1) 種々のバイオマス資源の特性化とバイオ燃料へのポテンシャルの評価 /

Characterization and Potential Evaluation of Various Biomass Resources for Biofuel Production

エネルギー科学研究科 坂 志朗

Graduate School of Energy Science Shiro SAKA

バイオ燃料の生産には種々のバイオマス資源が利用可能ですが、資源の特性が得られるバイオ燃料の性質に大きく影響します。そこで本研究では、種々のバイオマス資源の基礎的特性を調査し、それぞれのバイオマスにあったバイオ燃料への変換技術のポテンシャルを明らかにします。そのためには種々のバイオマス資源を特性化し、バイオマスを構成する化学組成を明らかにすることが重要です。しかし、バイオマスの化学組成の分析法はバイオマスの王者である樹木に対しては完成されていますが、木材の分析法を他のバイオマスに適用しても、化学組成を正しく評価することができないことを明らかにしてきました。そこで、どのバイオマス資源に対しても化学組成が正しく評価できる種々バイオマスの化学組成の分析法を確立すべく研究を進め、分類学上異なる多くのバイオマス（表紙写真参照）に対し、それらの化

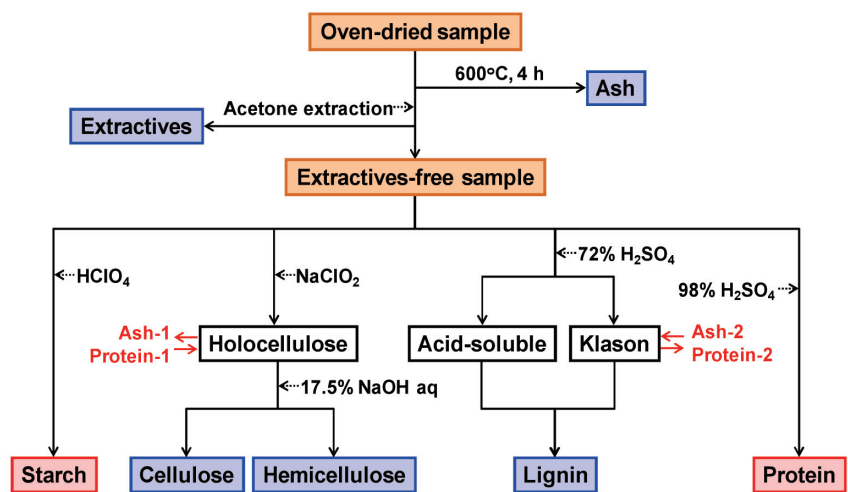


図1 どのバイオマス資源に対しても定量分析が可能な新規のバイオマス化学組成分析法  
Fig.1 Proposed new analytical method applicable to various biomass species to quantify their chemical composition.

学組成の定量分析手法（図1）を確立しました。得られた結果から、それぞれのバイオマスの有するバイオ燃料などへのポテンシャルを明らかにすることが可能となりました。特に琵琶湖の藻類や海藻のバイオエタノールへの利用が報じられていますが、これらのバイオマス資源は無機物やタンパク質が多く、この目的にはかなわないものの、他のバイオリファイナリー資源として有用であることを明らかにしました。

Although various biomass resources (cover pictures in Biomass Diversity and Evolution in Anatomy) are available for biofuels production, their characteristics affect the properties of the produced biofuels. Therefore in this study, basic characteristics of biomass resources were investigated and their potentials were evaluated. By understanding the chemical characteristics of biomass, the optimization for the biofuel production was satisfactorily made to define their potential for biofuel production. However, a quantitative method applicable to any biomass species was not available. Thus, the wood analytical method was firstly explored and found to be applicable to wood but not to other species. A new revised analytical method (Fig.1) applicable to any biomass species was, therefore, proposed for satisfactory summative results over the collected many biomass species, based on the taxonomical classification. Particularly, the macrophytes in the Lake Biwa were found not to be appropriate for bioethanol production due to the low carbohydrate contents but they contained rather high inorganic constituents as well as protein, thus these might be useful for some other biorefinery applications.

## B) バイオエタノール / Bioethanol

### (1) 加圧熱水・酢酸発酵・水素化分解法によるリグノセルロースからのエコエタノール生産 /

#### Ecoethanol Production by Acetic Acid Fermentation with Hydrogenolysis from Lignocellulosics

エネルギー科学研究科 坂 志朗、河本 晴雄、山内 一慶

Graduate School of Energy Science Shiro SAKA, Haruo KAWAMOTO, Kazuchika YAMAUCHI

本研究では、加圧熱水処理によりリグノセルロースを無触媒で加水分解して得られた水可溶部を酢酸発酵して酢酸に変換し、水素化分解することにより、従来法と比べて炭素利用効率が飛躍的に高く、二酸化炭素削減効果の高い、新規なエタノール生産プロセス（図2）について検討を進めています。これまでにスギ（裸子植物・針葉樹）とブナ（被子植物・広葉樹）に加え、ニッパヤシ（被子植物・単子葉類・ヤシ科）及び稲わら（被子植物・単子葉類・イネ科）をバイオマス資源として取り上げ、加圧熱水で処理することにより、それぞれ有機物の大部分が可溶化し、加圧熱水処理液として回収されました。得られた分解物は、*Clostridium thermoaceticum* と *C. thermocellum* の混合系を用いた酢酸発酵工程において、単糖のみならずオリゴ糖、糖類の過分解物、リグニン由来物、有機酸類等が基質として利用できることが判明し、実際の加圧熱水処理液中の炭素の約80%以上が酢酸へと変換されることが明らかになりました。さらに、得られた酢酸は、酢酸エチルへのエステル化および水素化分解により定量的にエタノールへ変換できることが示されました。本法はこれまでの酵母によるエタノール生産に比べ、バイオマスの炭素の利用効率が高く、新しいエタノール生産法としてのポテンシャルが期待できます。

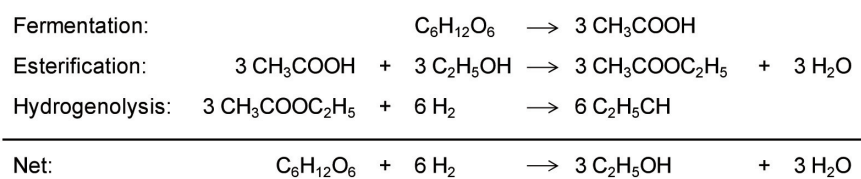
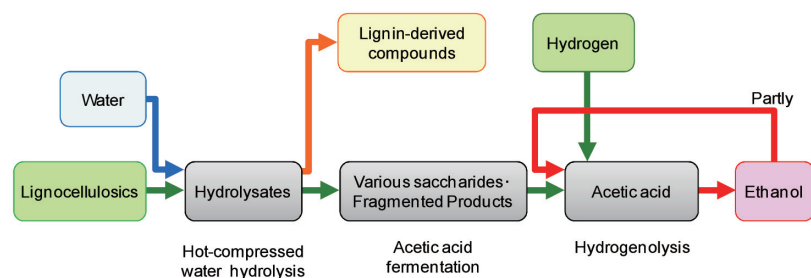


図2 加圧熱水・酢酸発酵・水素化分解法によるリグノセルロースからのバイオエタノール製造プロセス

Fig.2 Bioethanol production process from lignocellulosics by hot-compressed water treatment followed by acetic acid fermentation and hydrolysis.

Compared to starch and molasses, lignocellulosics are difficult to convert to ethanol by yeast. Therefore, innovative technology for ethanol production is

highly anticipated for lignocellulosics. A two-step hot-compressed water treatment process coupled with acetic acid fermentation and hydrogenolysis was thus proposed to produce bioethanol from lignocellulosics (Fig.2). The various products obtained by hot-compressed water treatment, such as monosaccharides, oligosaccharides, their decomposed products, lignin-derived products and organic acids, were found to be used as substrates for acetic acid fermentation in the co-culturing system of *Clostridium thermoaceticum* and *C. thermocellum*. Consequently, hot-compressed water treatment with Japanese cedar, Japanese beech, nipa palm and rice straw resulted in almost complete liquefaction to be water-soluble portion. In acetic acid fermentation, these obtained products were found to be effectively converted further to acetic acid by its co-culturing system. Produced acetic acid was, then, found to be converted to ethyl acetate, and then, to ethanol effectively by hydrogenolysis. Based on these results, our proposed process would be a good candidate for the 3rd generation bioethanol production from lignocellulosic biomass.

## (2) ニッパヤシからのバイオエタノール生産プロセスの構築 /

### Prospects of Nipa Palm for Bioethanol Production

エネルギー科学研究科 坂 志朗

Graduate School of Energy Science Shiro SAKA

本ニッパヤシの研究は、熱帯から亜熱帯の湿地帯に生育するニッパヤシ (*Nypa fruticans*) の果茎を切断した部位から溢泌する樹液を用いた、バイオエタノール生産のためのアルコール発酵性に関するものです (図3)。まず、タイ、マレーシア、フィリピンで生育するニッパヤシから採取した樹液について、化学組成及び無機成分の分析を行った結果、樹液はいずれもショ糖、果糖、ブドウ糖などからなる糖液であり、酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) によって容易にアルコール発酵が可能であることが明らかになりました。また、樹液には無機成分を含有することが判明しました。ニッパ樹液をサトウキビの樹液と比較したところ、いずれの樹液も同程度の糖分 (14-15%) を有し、0.4-0.5%の無機成分を含有していました。しかしニッパ樹液の無機成分組成は生育地での海水の影響を受けて Na、K 及び Cl が主成分でしたが、サトウキビは肥料の影響を受けて K、Mg、Ca、P 及び S が主成分であり、Na 及び Cl は微量でした。そこで、樹液中の無機成分のアルコール発酵性の効果を評価した結果、海水から得られる主要無機成分 Na 及び K がニッパ樹液のアルコール発酵に関わっており、サトウキビ栽培のように肥料を与えなくても、海水から常に自然供給され、自然の循環系で樹液生産が実現していることが明らかになりました。以上のニッパ樹液に関する一連の研究結果から、ニッパヤシは、サトウキビのように茎葉を収穫することなく、開花前の果茎を切断するのみで樹液が得られ、砂糖やバイオエタノールの原料となる生態循環型エネルギー資源植物であることが明らかになりました。

A comparative study was initiated to evaluate and compare saps from nipa palm growing in various habitation sites in Thailand for bioethanol production (Fig.3). Plantations managed over an abandoned shrimp pond, high and low flooding areas were chosen as experimental sites. The nipa palms studied were from 8 to 100 years old. All palms studied were found to have the potential to produce saps from 0.6 to 4 liters/day per palm regardless of its habitat. Further chemical characterization of these saps showed high total chemical compositions from 16.7 to 19.5 wt %. Additionally, the elemental analysis of all saps gave 0.5 wt % inorganic constituents with Na, K and Cl as its main elemental constituents corresponding to adjacent seawater collected at the site. As a result, the difference in age and habitat of nipa palms did not exhibit any major variation in its chemical composition. Preliminary batch fermentative assays using *Saccharomyces cerevisiae* showed that nipa saps can be converted to ethanol within 30 to 48 h in conditions with

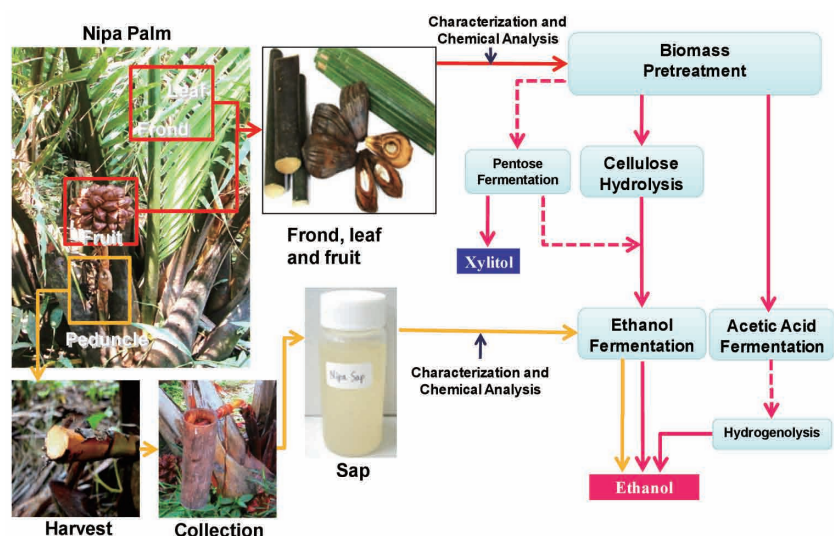


図3 ニッパ樹液及びその他部位からのバイオエタノール生産  
Fig.3 Bioethanol from nipa sap and other parts of nipa palm.

and without nutrient supplementation. Furthermore, the fermentation trends were similar for all saps with the highest ethanol conversion of 96.9% and 95.5% achieved for both nutrient conditions. Further analysis on inorganic constituents before and after fermentation showed that specific elements of Mg, Ca, P and S were significantly reduced in nipa saps and could have assisted the alcoholic fermentation.

### (3) タンパク質工学的手法による高効率バイオエタノール生産酵母の開発 /

#### Development of Highly Efficient Bioethanol Production Yeast Using Protein Engineering

エネルギー理工学研究所 小瀧 努

Institute of Advanced Energy Tsutomu KODAKI

木質バイオマスからバイオエタノールなどを高効率に生産するためには、多くのプロセスにおける高効率化が必要ですが、本研究開発では、キシロース代謝酵素のタンパク質工学的手法を用いた補酵素要求性の改変をまず行い、その後、その改変酵素を酵母に形質導入することによりバイオマス由来の主要五炭糖であるキシロースからの高効率エタノール生産を目指しています。キシロース代謝において、キーとなる酵素の一つであるキシリトール脱水素酵素 (XDH) の補酵素要求性を変換することにより、木質バイオマスからのエタノール生産能を上昇させることにすでに成功しています。そこで、もう一つの重要酵素であるキシロースレダクターゼ (XR) について、タンパク質工学的手法の中でも広く用いられている方法である部位特異的変異法を用いて、補酵素要求性を変換した酵素の作成を試み、野生型の XR では、補酵素として NADH および NADPH の両者を用いることが出来るのに対して、NADPH のみに完全に依存した変異 XR の作成に成功しました。さらに、2つ目の変異を導入することにより、酵素活性が野生型より改善されたものの作成にも成功しました。すでに作成しエタノール発酵能の高率化に有用であることが明らかとなっている NADP<sup>+</sup> に完全に依存した XDH と組み合わせて酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) に遺伝子組換えにより発現させたところ、エタノール発酵能の改善と代謝中間物質であるキシリトールの蓄積の減少を確認することができました (図 4)。

Since Xylose is one of the major fermentable sugars present in lignocellulosic biomass, the efficient fermentation of xylose is required to develop economically viable processes for producing bioethanol. Although a few xylose fermenting yeasts are found in nature, *Saccharomyces cerevisiae* is used universally for industrial ethanol production because of its ability to produce high concentrations of ethanol and high inherent ethanol tolerance. However, native *S. cerevisiae* can not ferment xylose, so engineering *S. cerevisiae* for xylose utilization has focused on adapting the xylose metabolic pathway from the xylose-utilizing yeast such as *Pichia stipitis*. We have already developed the mutated xylitol dehydrogenase (XDH) by protein engineering and the change of coenzyme specificities of XDH has been shown to have the positive effects on the production of bioethanol from xylose. In this study, we applied protein engineering to construct a novel strictly NADPH dependent xylose reductase (XR) from *P. stipitis* by site-directed mutagenesis. A double mutant, showing strict NADPH dependency with 106% activity of wild-type, was generated. A second double mutant showed a 1.27-fold increased activity compared to the wild-type XR with NADPH and almost negligible activity with NADH. By introducing the strictly NADPH dependent XR with the strictly NADP<sup>+</sup> dependent XDH, the more efficient xylose fermentation and the decrease of xylitol excretion was observed. These effects are probably due to the full recycling of coenzymes between the mutated XR and XDH (Fig.4).

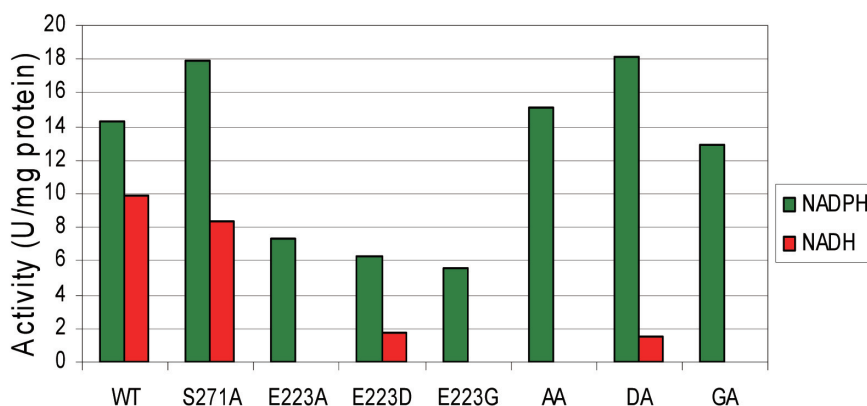


図4 タンパク質工学によるキシロースレダクターゼの補酵素要求性変換  
Fig.4 Construction of xylose reductase mutants using protein engineering.

## C) バイオディーゼル / Biodiesel

### (1) 超臨界カルボン酸エステルによる油脂からのバイオディーゼルの創製 /

#### New Biodiesel Production Process from Oils/Fats by Supercritical Carboxylate Esters

エネルギー科学研究科 坂 志朗

Graduate School of Energy Science Shiro SAKA

世界中でバイオディーゼル製造が急増する昨今、副生するグリセリンの処理が問題になってきています。そこで本研究では、グリセリンを副生しないバイオディーゼル製造法として、12種類のカルボン酸エステル類を用いた無触媒超臨界反応プロセスについて検討しました。その結果、超臨界酢酸メチルを用いた系では、グリセリンを副産することなく脂肪酸メチルエステル (FAME) とトリアセチンを生成することを明らかにしました (図5)。また、トリアセチンはバイオディーゼル燃料として利用可能であるのみならず、酸化安定性や低温流動性の向上に寄与することが明らかになりました。したがって、本研究のグリセリンを副生しないプロセスは、非常に効率の良いバイオディーゼル製造プロセスとなりえます。しかしながら、メタノールを用いた無触媒超臨界プロセスに比べ、FAMEの収率が低く、トリアセチンを含む両者の収率向上につながる、最適な反応処理条件を見出すことが今後の課題です。

Supercritical carboxylate ester treatment in biodiesel production from oils/fats has been developed earlier in our laboratory to prevent the formation of glycerol as a by-product. Our study has found out that supercritical methyl acetate was the most potential process to produce fatty acid methyl ester (FAME) and triacetin, compared to various supercritical treatments by using other commercially-available carboxylate esters (Fig.5). In order to optimize the utilization of the novel process, further studies have also been carried out to explore factors affecting biodiesel yield in supercritical methyl acetate treatment. By these studies, undoubtedly we will be able to mutually maximize the yields of both FAME and by-product of triacin, simultaneously optimizing the use of chemicals and energy in biodiesel production.

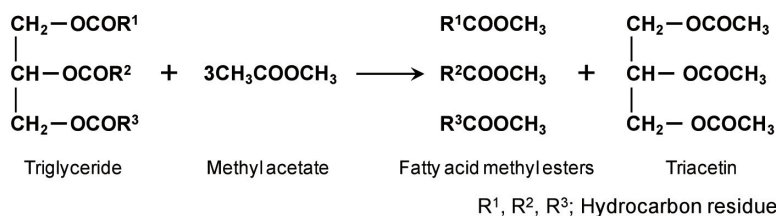


図5 無触媒による超臨界酢酸メチルを用いた交互エステル交換反応での油脂からのバイオディーゼル製造

Fig.5 Oils (triglyceride) for biodiesel production as applied by non-catalytic supercritical methyl acetate for its interesterification (Saka and Isayama Process).

### (2) 超臨界中性エステルによる油脂からのバイオディーゼルの創製 /

#### New Biodiesel Production Process from Oils/Fats by Supercritical Neutral Esters

エネルギー科学研究科 坂 志朗

Graduate School of Energy Science Shiro SAKA

グリセリンの副生を抑制し、酸による腐食の問題を最小にすることを目的に、中性の臨界カルボン酸エステルによるバイオディーゼル製造について検討しました。その結果、中性エステルとしてカルボン酸ジメチルを用いることで、無触媒で、トリグリセリドから脂肪酸メチルエステルとともに、副産物としてグリセロールカーボネートとシトラマル酸が得られることを明らかにしました。これらの副産物は、従来法の副産物であるグリセリンとは異なり、高付加価値なケミカルとして利用可能なものです。さらに、実用化に向け、より温和な反応条件について検討し、2段階の超臨界炭酸ジメチルプロセス (Saka and Ilham Process) を提案するに至りました (図6)。この2段階プロセスに対し、最適な処理条件を明らかにすべく詳細な検討を進めています。

The current commercial biodiesel production called the alkali-catalyzed method, transesterifies triglycerides in the presence of alkaline catalyst with methanol to produce fatty acid methyl esters (FAME) and glycerol as by-product. As biodiesel production becomes rapid in years to come, the overproduction of glycerol lower its economical value and available applications are not likely to be align with its abrupt increase. Thus, new production methods of biodiesel

without the production of glycerol are, therefore, worth to be explored. In this line of study, an additional new supercritical process utilizing neutral esters has been explored. Supercritical non-catalytic dimethyl carbonate as one of the neutral esters has demonstrated that it converted triglycerides into fatty acid methyl esters with glycerol carbonate and citramalic acid as the by-products (Fig.6). These by-products are much higher in value than glycerol produced

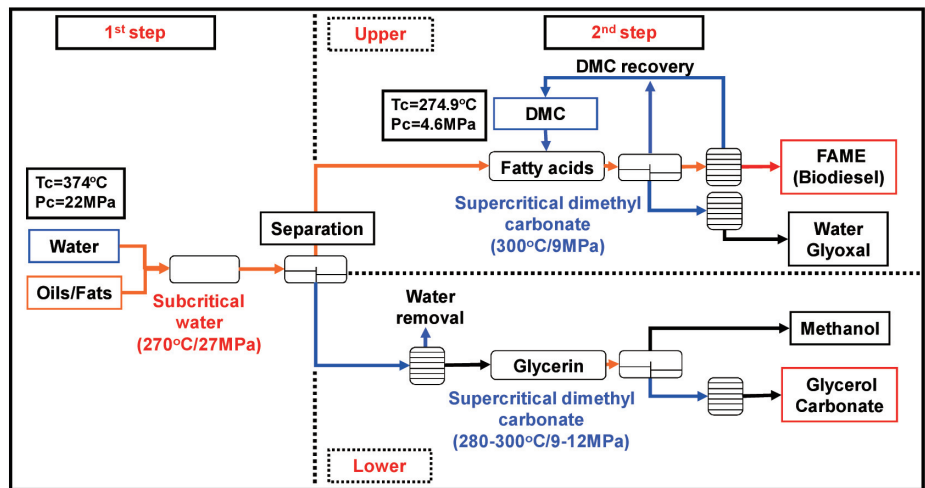


図6 無触媒での2段階超臨界炭酸ジメチルプロセス (Saka-Ilhamプロセス)

Fig.6 Non-catalytic two-step supercritical dimethyl carbonate method (Saka and Ilham Process).

by the conventional methods. Furthermore, to establish the mild reaction condition for practical application, the two-step supercritical dimethyl carbonate process (Saka-Ilham Process) has been proposed (Fig.6). Without doubt, this study could charter the path towards exploration of novel and alternative biodiesel production process for the future. Thus, presently, the optimized treatment condition for this two-step process is now being explored.

### (3) ジャトロファ油 FAME 燃料の着火・燃焼特性 /

#### Ignition and Combustion Characteristics in Various Kinds of Biodiesel Fuels

エネルギー科学研究科 塩路昌宏

Graduate School of Energy Science Masahiro SHIOJI

今後の生産増加が予想される植物油由来の脂肪酸メチルエステル FAME に注目し、その高圧噴霧の自着火燃焼特性を把握するために、定容燃焼装置を用いた実験により、噴霧発達、着火遅れおよび熱発生率経過を系統的に調べています。まず、シャドウグラフ撮影によって4種類のFAME (ジャトロファ JME、ココナツ CME、大豆 SME、パーム PME) の噴霧の発達を調べ、蒸留温度および粘度の小さいCME噴霧の先端部で蒸発・混合が促進することを示しました。次に、雰囲気圧力  $p_i = 4$  MPa、酸素モル分率  $r_{O_2} = 21$  %、噴射圧力  $p_j = 80$  MPa、ノズル噴孔径  $d_N = 0.22$  mm の条件で、雰囲気温度  $T_i$  を 650 ~ 1200 K と変化させて実験を行い、供試した FAME の着火遅れは軽油よりも短く、とくに CME 噴霧の着火遅れが最も短いことから、混合気形成の速さが着火遅れに影響していることを示しました (図7)。これらの結果から、FAME をディーゼルエンジンの燃料とした際に有用な知見を得ました。

Fundamental data of ignition delay and combustion characteristics of FAME (Fatty Acid Methyl Ester) sprays are exhibited for finding the optimal condition in diesel engines. Experimental research has carried out in a constant-volume combustion vessel with a pre-burn system under diesel-engine conditions to study the effects of ambient conditions of both the temperature and the pressure. Experiments applied FAME from vegetable oil with four different materials of jatropha (JME), coconut

$t = 0.09$  ms 0.17 0.25 0.33 0.41 0.49 0.57 0.65 0.73 0.81 0.89 0.97 1.05 1.13 1.21

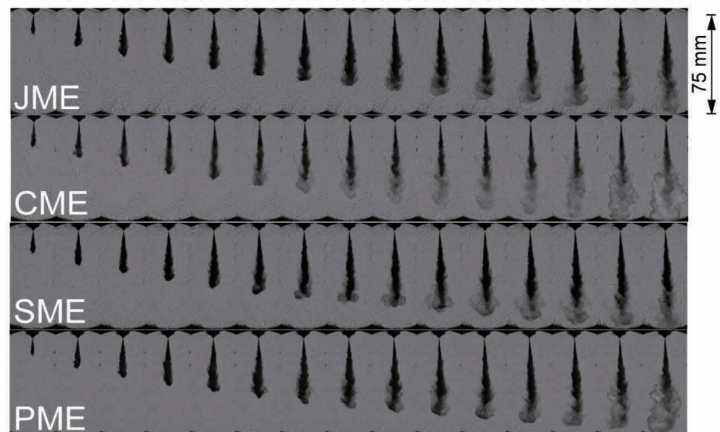


図7 雰囲気温度750 Kにおける種々のFAME噴霧の発達経過と自着火の状況

Fig.7 Development of FAME fuel sprays at  $T_i = 750$  K.

(CME), soybean (SME) and palm (PME). Obtained results successfully provide the valuable data for design and operation in diesel engines fuelled by FAME : evaporation and mixing of CME spray with lower distillation temperature and viscosity are promoted at the tip of fuel jet. Ignition delays of all FAME sprays are shorter than that of the diesel spray in the whole temperature range at the ambient pressure of 4 MPa. Especially, ignition delay of CME spray are shorter than others, indicating that the rate of mixture formation mostly affects the ignition delay (Fig.7).

## D) 液化バイオ燃料と有用バイオ材料への変換 /

### Biomass Conversion to Liquid Biofuels and Useful Biomaterials

#### (1) 熱分解によるバイオ燃料と有用バイオ材料 /

#### Production of Biofuels and Biomaterials by Pyrolysis

エネルギー科学研究科 河本 晴雄、坂 志朗

Graduate School of Energy Science Haruo KAWAMOTO, Shiro SAKA

本課題では、熱分解制御技術による、バイオマスからの高効率な液体燃料あるいは有用材料（ケミカルス）生産を目的に、木質バイオマスの熱分解機構解明を分子レベルで進めています（図8）。例えば、セルロースに関するものとして、非プロトン性溶媒であるポリエーテル中での熱分解により、還元性末端に起因するグリコシル化及び着色物質の生成が抑制されることがわかりました。本成果は熱着色性の改善したセルロース繊維素材の製造に繋がります。また、ポリエーテル中での還元糖の熱分解について詳細に検討した結果、ポリエーテル中では通常進行する高分子化、着色物質の生成は全く起こらず、選択的に主としてC2、C3のヒドロキシアルデヒド及びケトン類を与えることを明らかにしました（最大総収率：75wt%）。この結果は、糖質からの有用ケミカルス生産及び液体燃料製造に繋がる知見となり得ます。また、リグニンについては、300～400℃で進行するグニンの初期熱分解における変換、450℃で起こるメトキシル基に起因する反応、600℃以上で進行する芳香核のガス化における分子機構を、2種の芳香核構造であるグアイアシル核とシリンギル核について明らかにしました。これらの成果は、効率的な液体燃料生産及びガス化方法を提案する上で重要な知見となり得ます。

In this study, pyrolysis and gasification mechanisms of woody biomass are studied at the molecular level, aiming at the development of effective conversion methods to liquid biofuels and useful biomaterials (Fig.8). For example, cellulose was found to be stabilized in polyether (an aprotic solvent) against discoloration starting from the reducing end group during heat treatment. This would be applied to the production of thermally-stabilized cellulose fiber. Reducing sugars were also stabilized for condensation and discoloration in polyether, while gave C2~C3 hydroxy-aldehydes and ketones (maximum yield: ~75wt%) at higher temperatures. These results imply the application of this idea for production of value-added chemicals and liquid fuels from sugar biomass. As for lignin, primary pyrolysis reactions (300-400°C), the methoxyl group-related reactions (450°C) and gasification reactions of aromatic nuclei (>600°C) were clarified between two aromatic ring systems, that is, guaiacyl and syringyl types. Such information will give some ideas for effective gasification and production of useful chemicals.

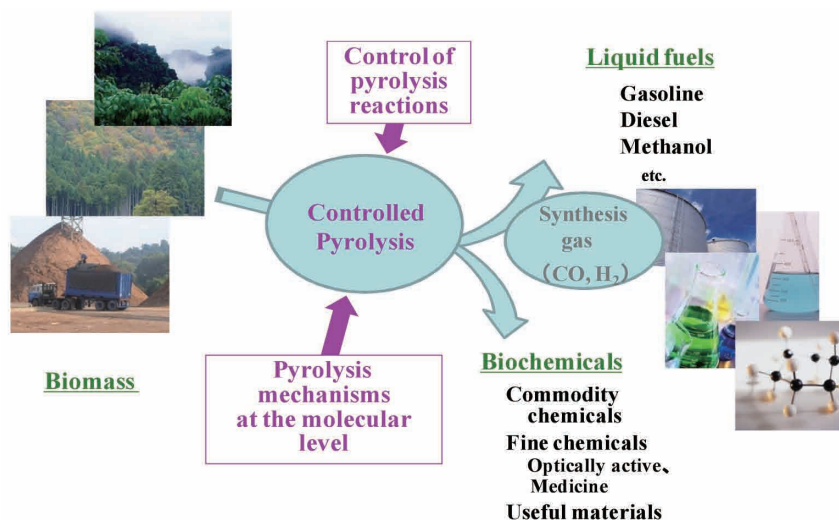


図8 熱分解制御技術によるバイオ燃料及びバイオ材料の製造コンセプト  
Fig.8 Concept of production of biofuels and biomaterials by controlled pyrolysis.



## (2) アブラヤシの特性化とその有効利用 /

### Oil Palm (*Elaeis guineensis*) Chemical Characteristics for Its Efficient Utilization

エネルギー科学研究科 坂 志朗、河本 晴雄

Graduate School of Energy Science Shiro SAKA, Haruo KAWAMOTO

パーム油の採取を目的に、アブラヤシの植樹がマレーシアやインドネシアなどの東南アジアを中心に急速に広がっており、これに伴い、大量の副産物が排出されています(図9)。これら副産物は、幹、茎葉、生鮮果房(中果皮、果実殻)、パーム核粕、さらに生鮮果房から得られる空果房であり、本研究ではこれらアブラヤシの様々な部位の化学組成について検討してきました。その結果、パーム核粕を除くすべてに対し、セルロース、ヘミセルロースおよびリグニンが主要な構成成分であることが明らかとなりました。一方、パーム核粕では、リグニンが含有されることが明らかになりました。それぞれの部位について超臨界水による分解処理を行い、得られた分解生成物を同定した結果、水可溶部中の分解物は有機酸製造の原料となる可能性が示唆され、メタノール可溶部と不溶残渣中に含まれる分解物は、フェノール性試薬の製造の原料となる可能性が示唆されました。さらに、化学組成の観点から、アブラヤシの幹は広葉樹のそれと類似していましたが、灰分量とフェノール性水酸基量が比較的多いことが明らかとなりました。

Oil palm plantation is rapidly expanding especially in south-east Asian countries such as Malaysia and Indonesia to produce palm oil. With this trend, a huge amount of oil palm wastes is produced, which includes trunk, frond, fresh fruit bunch (mesocarp and shell), kernel cake and empty fruit bunch (EFB) (Fig.9). In this study, chemical compositions of these different oil palm parts were investigated. As a result, it was found that all parts except for kernel cake were composed of cellulose, hemicellulose and lignin. Kernel cake has, however, no lignin. Furthermore, the fractionated products by supercritical water treatment were characterized chemically, and the fractionated water-soluble portion could be utilized for organic acid production, whereas the methanol-soluble portion and its insoluble residue for phenolic chemical production. Moreover, from a viewpoint of chemical composition, oil palm trunk showed similarity to hardwood, but with higher ash and phenolic hydroxyl contents.

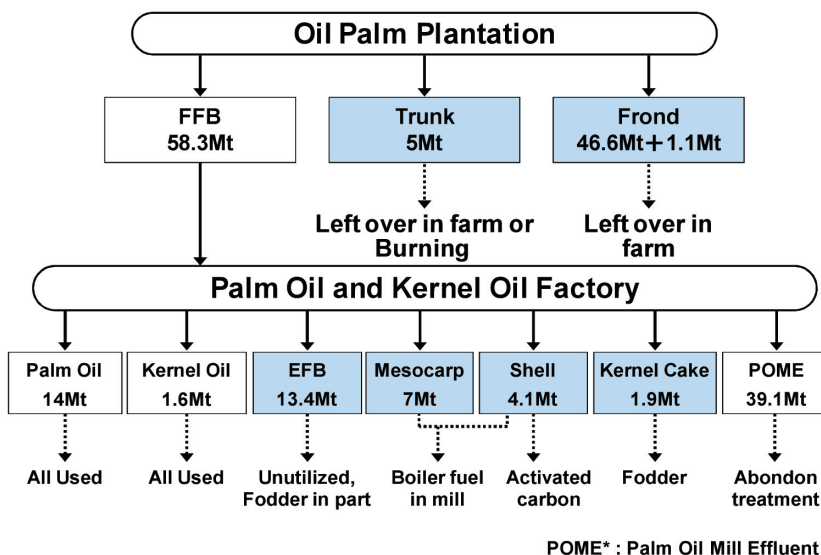


図9 マレーシアでのパーム油産業におけるアブラヤシの利用状況  
Fig.9 Present situation of oil palm utilization for its various parts in palm oil industry in Malaysia.

## E) バイオマス利用の制度設計 / Framework Design for Biomass Utilization

### (1) 自律分散エネルギー需給システムとしてのバイオマス利用制度の設計 /

#### Modeling and Design of Autonomous Decentralized Energy Supply-Demand System with Biomass Use

エネルギー科学研究科 手塚 哲央

Graduate School of Energy Science Tetsuo TEZUKA

本研究では、望ましいエネルギー需給システムを実現するための制度設計に関わる検討を行っています。特に、この課題では、バイオマス利用に焦点を絞り、バイオマス利用の便益を定量的に評価すると共に、その望ましいと考えられる利用シナリオを具体的に描き、その需給像を実現するために必要となる制度設計について検討しています。本年度は、タイ国の籾殻利用を対象として、その流通の実態を調査するとともに、問題点を列挙し、その問題

解決のための方策の有効性を自律分散シミュレーションモデルにより検討しました。今後、モデルの想定変化に対してロバストな評価結果を得るための手法開発を進め、有効なバイオマス利用のための制度設計を進める計画です(図 10)。

This group aims to design a new framework for realizing desirable future energy supply-demand scenarios. Especially in this study the biomass utilization is taken as a research target. The benefit of biomass utilization is to be quantitatively evaluated, and the acceptable biomass utilization scenario is to be identified concretely. This year the rice-husk in Thailand is surveyed, and its supply and demand system was analyzed. The problems about trading rice husk are identified based on the survey and the effectiveness of several measures for solving the problems has been evaluated by using the autonomous decentralized simulation model. The robust design methodology with a variety of assumptions about the decision-making of stakeholders will be applied to the biomass utilization system design (Fig.10).

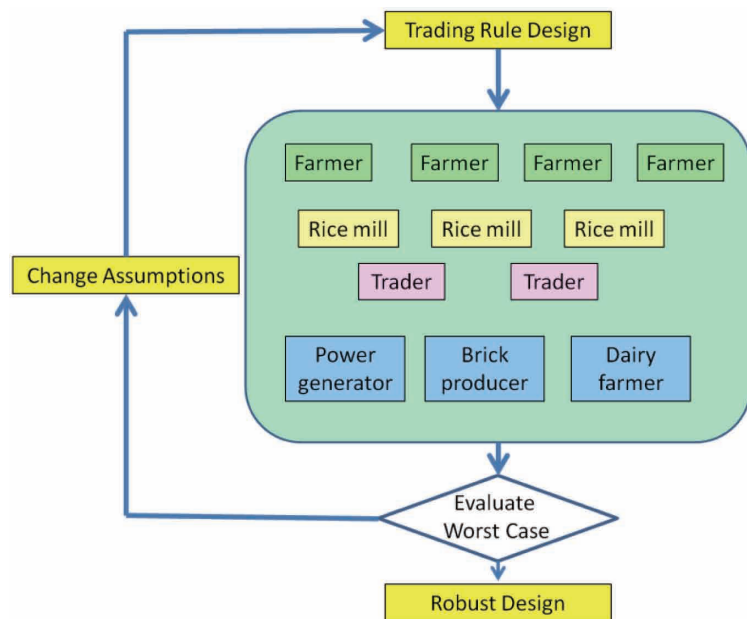


図10 籾殻利用制度のロバスト設計概念図  
Fig.10 Robust framework design for rice-husk utilization.

## グローバル COE メンバーのご紹介 / Greeting from G-COE member



**Dr. Liew Fong Fong**

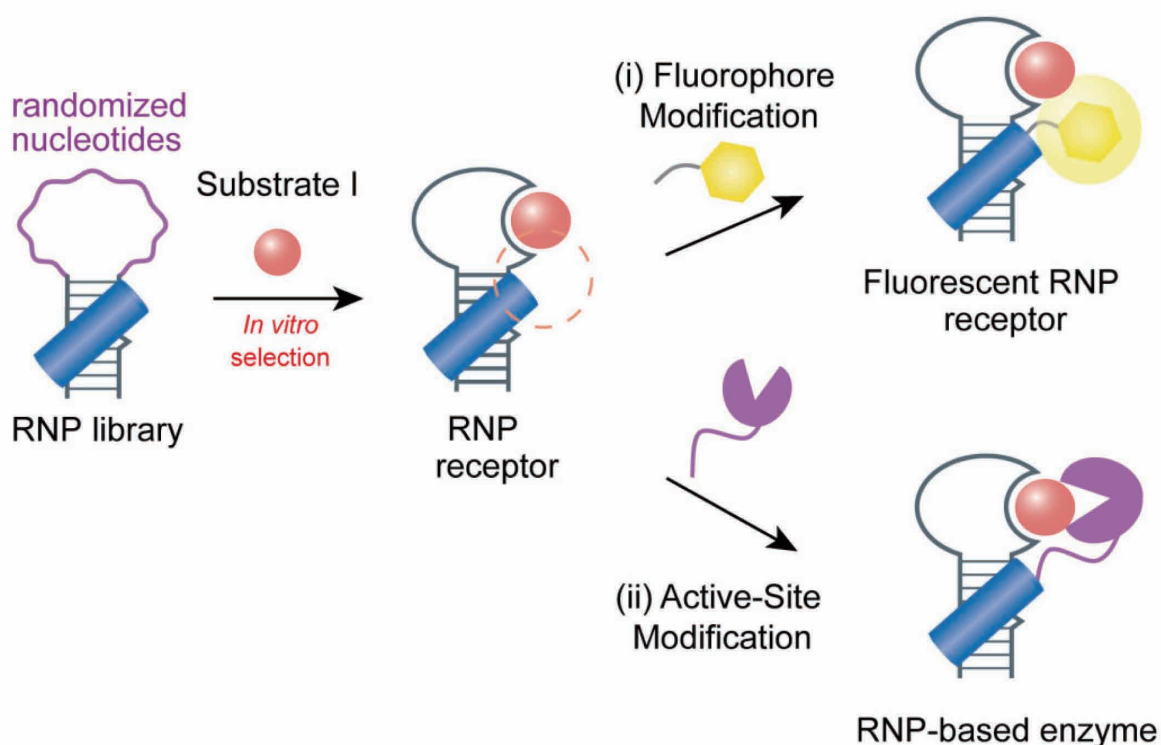
着任日： 2012年1月4日  
グローバル COE 特別研究員 (エネルギー理工学研究所)

Arrival date: January 4, 2012  
G-COE Researcher (Institute of Advanced Energy)

The current energy system is far from sustainable. Multiple scientific approaches are pursued to provide energy that mankind requires and at the same time reduce greenhouse gas emission, in which Global Center of Excellence (COE) program actively gets involved. From January 2012, I join the program as a postdoctoral researcher to work on the solar energy research with Professor Takashi Morii.

Solar energy represents a continuous clean power source. Recent progress in the scientific researches provided profound insight into the mechanisms of the molecular machinery of the photosynthetic apparatus. It is now possible to learn from Nature how to harness solar energy for sustainable production of primary energy carriers and necessary materials. The natural photosynthetic system is composed of the antenna system, reaction centers for charge separation, and catalytic units. Clearly, de-novo design of artificial photosynthetic architectures will require integration of these processes into a functional assembly. Nucleic acids and proteins are versatile components of the fundamental biological assemblies including the photosynthetic system. Understanding and clarification relationship between structural aspect and function of natural components will provide novel "parts" for the artificial photosynthetic assembly.

One of my research projects focuses on the strategy to construct biomacromolecules with catalytic function. Our modular strategy permits facile preparation of biosensor with tailored characteristics by a simple combination of a receptor and a signal transducer. The ribonucleopeptide (RNP) is an essential scaffold which consists of the structure of Rev Responsive Element (RRE) RNA and a Rev Peptide complex. The RNP scaffold provides a variety of receptors through in vitro selection. N-terminal modification on the Rev peptide enables functional transformation of a RNP receptor to a fluorescent sensor. The modular RNP scaffolds not only permits a stepwise construction of fluorescent sensors, but also would be applicable for artificial enzymes. A tailor-made enzyme, which consists of an RNA subunit possessing a well defined substrate binding site and an active site introduced through the Rev peptide would catalyze a chemical reaction. My research will incorporate a functionally customized Rev peptide, which is synthesized by introduction of a natural or unnatural reactive center to the Rev peptide, to RNP receptors in mimicking the function of ATP hydrolysis. Those interesting candidates for conceptual validation in tailor made enzyme will give us an important insight on construction of novel functional biopolymers, which are the necessary "parts" for realizing the artificial photosynthesis system.



**Figure 1.** Schematic illustration shows the stepwise molding strategy to construct ribonucleopeptide (RNP) enzymes. Randomized nucleotides are introduced to the RNA subunit of the REV-RRE complex. RNP receptors were selected through in vitro selection. In the stepwise molding, (i) the N-terminal modification of the Rev peptide facilitated construction of fluorescent sensors, while (ii) introduction of an active-site to the Rev peptide converts the RNP receptor to an RNP-based enzyme.

## 学生フィールド実習 / 2nd Field Practice for Students in 2011

平成 23 年 11 月 24 日～ 25 日、学生フィールド実習（学外実習）として、21 名の G-COE 学生が、関西電力（株）大飯原子力発電所（福井県大飯郡おおい町）ならびに（独）日本原子力研究開発機構・高速増殖原型炉「もんじゅ」（福井県敦賀市）を訪問しました。

As the second field practice in 2011, twenty-one G-COE students visited Ohi Nuclear Power Plant (Kansai Electric Power Co., Inc. Ohi-gun, Ohi-machi, Fukui) and Prototype Fast Breeder Reactor Monju (Japan Atomic Energy Agency, Tsuruga, Fukui) on November 24-25, 2011.

### 1. 関西電力株式会社大飯原子力発電所でのフィールド実習

Field Practice at Nuclear Power Plant, Kansai Electric Power Co., Inc.

実習内容 / Program

- (1) 大飯原子力発電所の見学  
Guided tour of Ohi Nuclear Power Plant
- (2) 原子力発電所の安全対策と質疑応答  
Lecture on safety measures for Nuclear Power Plant
- (3) 意見交換  
Discussions



関電・大飯原子力発電所PR館前にて  
Group photo in front of PR building at Ohi Nuclear Power Plant, Kansai Electric Power Co., Inc.

### 2. (独)日本原子力研究開発機構・高速増殖原型炉(もんじゅ)でのフィールド実習

Field Practice at Prototype Fast Breeder Reactor Monju

実習内容 / Program

- (4) もんじゅ及びナトリウム研修施設見学  
Guided tour of Monju and Training Center for Na Handling
- (5) もんじゅの安全対策と質疑応答  
Lecture on safety measures for Monju
- (6) 意見交換  
Discussions



もんじゅのPR館(エムシースクエア)前にて  
Group photo in front of PR building (MC Square) at Monju, Japan Atomic Energy Agency

謝辞：本フィールド実習を実施するにあたり、関西電力大飯原子力発電所及び日本原子力研究開発機構の関係者に大変お世話になりました。ここに感謝の意を表します。

Acknowledgement: We deeply grateful to stuffs in Kansai Electric Power Co., Inc. and Japan Atomic Energy Agency for their kind cooperation for this field practice.

## JSPS- 若手招聘プログラム / JSPS Invitation Program for East Asian Young Researchers

平成 23 年 9 月 26 日から 10 月 26 日にかけて、JSPS の平成 23 年度若手研究者招聘事業「東アジア首脳会議参加国からの招聘」により、インドネシア、フィリピン、タイ王国、マレーシアの 4 カ国から 5 名の若手研究者を招聘しました。本プログラムは「人間の安全保障」開発を目指したアジア若手研究者交流」と銘打ち、東南アジア研究所河野泰之教授のコーディネーションのもと、工学研究科、エネルギー科学研究科、エネルギー理工学研究所、農学研究科の 5 部局の連携プログラムであり、京都大学が長年にわたって東南アジア地域において培ってきた人的ネットワークを活用して、本学と ASEAN 諸国のトップクラスの研究教育組織に所属する若手研究者の交流を促進すること、また「人間の安全保障」開発という新たな共通目標のもとでのアカデミックコミュニティの形成に資することを目的としています。プログラム全体で 22 名の ASEAN 諸国からの若手研究者を延べ 570 日間招聘し、個人研究、講演会、国際会議並びに見学会を活発に行いました。本 G-COE に関連する活動では、9 月 26 日に森国際交流機構長の歓迎の挨拶の後、大垣教授（エネルギー理工学研究所）のプログラムガイダンスが行われました。また、八尾教授（G-COE リーダー）への訪問の後、エネルギー科学研究科の研究室見学を行いました。9 月 27 日、28 日には黄檗プラザにて開催された第 2 回 IAE 国際シンポジウムに参加し、続く 29 日には尾形研究所長の挨拶を頂くとともに、午後からはエネルギー理工学研究所の研究室見学を行いました。その後、それぞれ関連する研究室に入り、個人研究を行うとともに、10 月 3 日にはパナソニック、関西電力の見学を、10 月 7 日には京都大学原子炉実験所への見学を行いました。さらに、10 月 8 日から 10 日まで黄檗プラザにて開催された The second International Conference on Sustainable Future for Human Security (Sustain 2011) に参加し、5 名全員が研究発表を行いました。また定期的に集会を行い将来の国際共同研究について、討論を重ねました。これは現在も継続して行われており、若手研究者間での強力なネットワークが構築できています。今後は京都大学の若手研究者も加わり、更なる発展を期待しています。

本プログラムはエネルギーの広範な分野ばかりでなく、持続可能な都市、食糧と水問題、感染症という現在特に ASEAN 諸国において重要となっている分野について総合的な知識と若手研究者のネットワークを確立する目的を有しており、参加者から戸惑いの所もあったものの、概ね好評であり、次年度への展開が期待されています。



JSPS young researchers gathered on 2nd Sustain 2011 Poster Session

Five young researchers, one from Indonesia, Philippines and Thailand and two from Malaysia, were invited from 26th September to 26th October, 2011 by the JSPS Invitation Program. On 26th September after the welcoming ceremony by Prof. Takeshi Yao (G-COE Leader) they visited some laboratories in Yoshida campus, and on 29th September visited IAE and welcomed by Prof. Yukio Ogata (IAE Director). They also attended IAE symposium (27-28th September, 2011) and Sustain 2011(8-10th October, 2011) both held in Ohbaku Plaza, Uji Campus. During Sustain conference some of the paper from them has presented together with some other young researchers from Graduate School of Agriculture under the special session of JSPS young researchers.

Apart from visiting laboratories and attending conferences/symposium, they also visited Panasonic and Kansai Electricity Company (KEPCO) in Osaka. During their stay, they has started feasibility studies work for renewable energy potential and energy status in South East Asia, also some discussion on research collaboration for sustainable energy system in some underdeveloped countries in the region (Lao PDR and/or Cambodia).

## Sustain 2011 / The second International Conference on Sustainable Future for Human Security

平成 23 年 10 月 8 日から 10 日にかけて、The second International Conference on Sustainable Future for Human Security (Sustain 2011) を京都大学宇治キャンパス黄檗プラザにて、インドネシア学生協会との共催で開催しました。会議では、エネルギーと環境、熱帯地域の持続可能な都市と非都市部、持続可能な農業、自然災害、疾病への遺伝子・分子的アプローチ、先進工学、社会科学の 7 分野にわたり研究発表が行われました。3 日間の会議で 13 カ国 200 名以上の参加があり、選抜された 115 の講演と 15 件のポスター発表が行われ、活発な議論が交わされました。本会議は 2010 年の第 1 回会議に引き続き行われたものであり、次年度にも開催を予定しています。



All the participants during first day of the conference

Following the success of the first International Conference on Sustainable Future for Human Security hosted by Indonesian Student Association and co-hosted by G-COE Energy Science in 2010, the second Conference in this year was held during 8-10 October, 2011 and has 7 topics consist of Energy and Environment (EnE), Sustainable Cities and Rural in Tropical Hemisphere Countries(C), Sustainable Agriculture (A), Natural Hazard (NH), Molecular and Genetic Approaches in Human Diseases Management (ED), Advance Technology (AT) and Social Science (S). The second Sustain 2011 attracted many young scientists from more than 13 countries and almost 200 extended abstracts have been submitted. After peer review process, 115 researches had been accepted for oral presentation and 15 for poster presentation.



Prof. Takeshi Yao on the Opening Ceremony, by playing the Indonesian traditional music instrument (*angklung*).

## 産学連携シンポジウム / Industry-University Cooperation Symposium

平成 23 年 12 月 15 日、京都テルサ（京都市民総合交流プラザ）にて、産学連携シンポジウムを開催しました。16 件の提供シーズは、教員の個性、研究の多彩さにあふれたもので、会場の期待に応えるものでした。メーカーなどの企業、調査機関、研究所、大学等から 41 名の参加者があり、京大関係の参加者を合わせ 75 名の会場となりました。当日は、第一部の講演会と第二部のシーズ提供プレゼンテーションが行われました。講演会では、まず八尾健拠点リーダーから挨拶があり、京都大学理事・副学長（研究担当）の吉川 潔先生から「京都大学生命・医学系における産学連携の最近例」と題するご講演を、またパナソニック株式会社顧問エネルギーソリューション事業推進担当の野村淳二様に「環境革新企業を目指した新生パナソニックグループの取り組み」と題するご講演を頂きました。講演会は尾形幸生エネルギー理工学研究所長の挨拶にて終了し、10 分間の休憩の後、各教員からシーズ提供のプレゼンテーションが行われました。1 件につき口頭で 4 分間、その後、パーティションで仕切って設置した各ポスターブースにて個別の説明が行われ、活発な討論、情報交換を行いました。当シンポジウムのシーズから、企業との共同研究がスタートしています。

On December 15th, 2011, we held the Global COE industry-university cooperation symposium at Kyoto Terra (Kyoto Citizen's Amenity Plaza), where we got 75 participants from companies, many were manufacturing industries, research organizations and universities. The program was composed of two parts: presentations by invited speakers and seeds presentations by the members of departments engaging in the G-COE program. As the invited speakers, Executive Vice-President of Kyoto University, Emeritus Professor Kiyoshi Yoshikawa made a presentation entitled "Recent examples of industry-university cooperation in the field of life science and medicine at Kyoto University", and Corporate Advisor of Energy Solution Business Promotion at Panasonic Corporation, Dr. Junji Nomura made a presentation entitled "Activities of new Panasonic Group aiming at an environment innovating company". At the seeds presentations, 16 investigations were presented as seeds by oral at first and then by poster at the booths. Active discussion and information exchange were conducted. A cooperation with a company started from this symposium.



## 今後のイベントのご案内 / Announcement

### 第 4 回国際シンポジウム / The 4th International Symposium

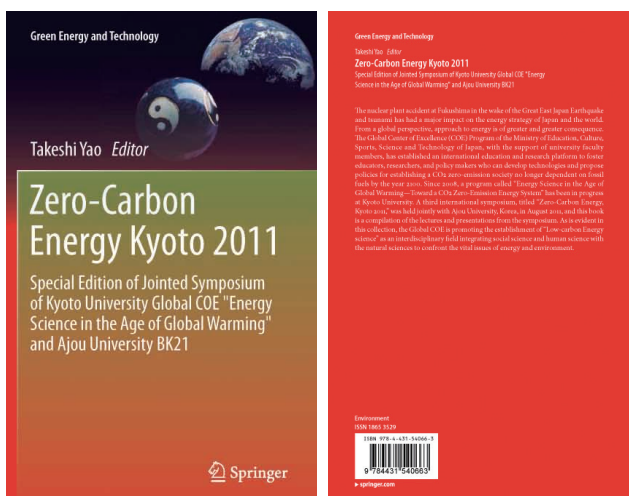
第 4 回の G-COE 国際シンポジウムを平成 24 年 5 月 22,23 日、タイ王国バンコクにて開催する予定です。例年通り招聘講演と各先進研究クラスターによるパラレルセッション並びに、G-COE ユニット学生によるポスター発表を行います。多くの皆様のご参加をお待ち致しております。

The 4th G-COE International Symposium will be held in Bangkok, Thailand, May 22-23, 2012. The symposium is followed by the last year's one and will consist of invited talks, research clusters as well as poster presentation of G-COE unit students.

Zero-Carbon Energy Kyoto 2011 (Edited by Takashi Yao, Springer, March 2012)

2011年8月18～19日に韓国アジョウ大学にて開催されました第3回国際シンポジウムのプロシーディングス（論文集）「Zero-Carbon Energy Kyoto 2011: Special Edition of Jointed Symposium of Kyoto University Global COE "Energy Science in the Age of Global Warming" and Ajou University BK21」がSpringer社より出版されました（ISBN 978-4-431-53909-4; e-ISBN 978-4-431-54067-0）。

Zero-Carbon Energy Kyoto 2011: Special Edition of Jointed Symposium of Kyoto University Global COE "Energy Science in the Age of Global Warming" and Ajou University BK21, the Proceedings of 3rd International Symposium of Global COE Program held in August 18-19, 2011 at Ajou University, Korea, has been published from Springer (ISBN 978-4-431-54066-3; e-ISBN 978-4-431-54067-0).



2012年4月20日発行  
 京都大学グローバルCOEプログラム「地球温暖化時代のエネルギー科学拠点」ニューズレター  
 発行人：八尾 健（拠点リーダー、京都大学大学院エネルギー科学研究科）  
 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院エネルギー科学研究科グローバルCOE事務局  
 TEL: 075-753-3307 / FAX: 075-753-9176 / E-mail: gcoe-office@energy.kyoto-u.ac.jp  
<http://www.energy.kyoto-u.ac.jp/gcoe/>

Issued on April 20, 2012  
**News Letter of Kyoto University Global COE Program, "Energy Science in the Age of Global Warming"**  
 Editor: Prof. Dr. Takashi Yao (Program Leader)  
 Yoshida Honmachi, Sakyo-Ku, Kyoto 606-8501, Japan

大学院エネルギー科学研究科 / Graduate School of Energy Science <http://www.energy.kyoto-u.ac.jp/>  
 エネルギー理工学研究所 / Institute of Advanced Energy <http://www.iae.kyoto-u.ac.jp/>  
 大学院工学研究科原子核工学専攻 / Department of Nuclear Engineering <http://www.nucleng.kyoto-u.ac.jp/>  
 原子炉実験所 / Research Reactor Institute <http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/>