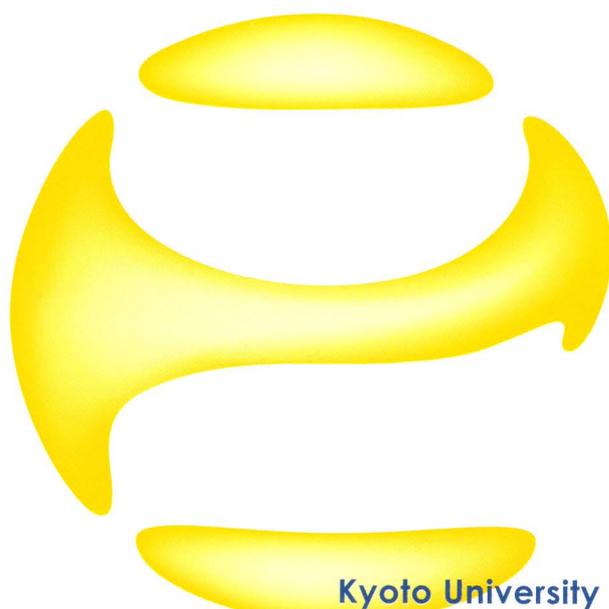


京都大学
エネルギー科学研究科
エネルギー理工学研究所
宙空電波科学研究センター

Graduate School of Energy Science
Institute of Advanced Energy
Radio Science Center for Space and Atmosphere
Kyoto University

21世紀COE広報

環境調和型エネルギーの研究教育拠点の形成
Establishment of COE on Sustainable Energy System



21COE

Establishment of COE
on Sustainable Energy System

2003年度版

環境調和型エネルギーの研究教育拠点の形成

Establishment of COE on Sustainable Energy System

目次

1. はじめに	3
2. 平成15年度COE実施計画	5
2.1 研究拠点形成の実施計画	5
2.1.1 太陽エネルギー	5
2.1.2 水素エネルギー	6
2.1.3 バイオエネルギー	7
2.1.4 環境調和型トータルエネルギー評価	7
2.2 教育実施計画	8
2.3 国際(環境調和型)エネルギー情報センター事業計画	10
3. 平成15年度の研究拠点形成	11
3.1 太陽エネルギー	11
3.2 水素エネルギー	24
3.3 バイオエネルギー	30
3.4 環境調和型トータルエネルギー評価	42
4. 平成15年度の教育関係の取組み	48
4.1 若手研究者に対する教育・研究支援	48
4.2 国際エネルギー科学スクールの開催	49
5. 国際(環境調和型)エネルギー情報センター事業	51
5.1 海外研究拠点の設置	51
5.2 国際エネルギーシンポジウムの開催	53
5.3 国内シンポジウムの開催	60
5.4 エネルギー環境調査	61
5.5 産官学連携に関わる事業概要	61
5.6 産学共同研究事業	61
5.7 広報事業	61
資料編	62
A.1 研究・教育拠点形成活動一覧	62
A.2 発表論文リスト	63
A.3 特許申請リスト	78

1. はじめに

21世紀には人口の増大と生活レベルの向上に伴い、エネルギー消費が急速に増大すると予想される。エネルギーの生産・利用は、地球温暖化など地球環境問題と密接に関わっており、エネルギー消費量の増大は、人類の生存をも脅かす恐れがあることから、その改善が急務となっている。エネルギー・環境に関わる諸問題を改善し、美しい地球環境を守っていくことは、現在の我々、ならびに子々孫々に課せられた大きな義務であると言える。そのためには、エネルギー消費をより抑えた社会を築くと同時に、一方ではエネルギーの変換効率や輸送・貯蔵技術を高め、また環境に調和した新エネルギー、代替エネルギーの開発を行う必要がある。

このような背景のもと、京都大学大学院エネルギー科学研究科、エネルギー理工学研究所、宙空電波科学研究センターから申請した21世紀COEプログラム「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」が平成14年度に採択され、2年目を迎えた。本プログラムの研究拠点形成では、環境に優しいエネルギーシステムを構築する研究の4つの柱をたて、環境調和型エネルギーシステムの構築を目指した研究拠点を形成することを目的としている。一方、教育拠点形成では、広い視野からエネルギー・環境問題に対応できる人材を育てるための研究教育組織および体制を構築することを目的としている。さらに、これらの研究拠点、教育拠点を円滑に推進するための組織として、国際環境調和型エネルギー情報センターを設立し、エネルギー技術や環境などに関する情報を収集・解析し、エネルギー情報の発信・政策提言を行うとともに、国際エネルギー共同研究事業、産官学連携事業を推進し、大学の社会的責務を果そうとするものである。

本広報2003年度版では、初年度にあたる平成14年度の成果を踏まえ、平成15年度に策定したCOE実施計画として、太陽エネルギー、水素エネルギー、バイオエネルギー、環境調和型トータルエネルギー評価の4つの研究拠点形成の実施計画、教育実施計画、ならびに国際(環境調和型)エネルギー情報センター事業計画をまず示している。このような計画に対して、平成15年度に到達した各タスクの成果をまとめ、本広報誌を通してその現況を広く公表するものである。なお、本広報誌には、巻末に資料編という形で、研究・教育拠点形成活動、発表論文ならびに特許申請の一覧を付した。

2. 平成15年度COE実施計画

平成15年度に計画した21世紀COEプログラム「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」の実施計画の概要を以下に示す。

2.1 研究拠点形成の実施計画

2.1.1 太陽エネルギー

クリーンエネルギー源としての太陽エネルギー利用のためには、太陽エネルギーの変換・輸送・応用の観点から有機的研究を行い、トータルとして環境調和型エネルギー源としてシステムを確立する必要がある。そこで本タスクでは太陽エネルギー技術を統合的に捉え、「次世代太陽電池の開発」、「宇宙太陽光発電システム」、「人工太陽の創製と利用」に取り組む3つのサブタスクを形成し、

- 1) 高効率で安価な太陽光発電の開発を進める。このために、材料機能の至適化手法の開発、高効率化の期待できるナノ構造を持ったデバイス化技術の開発、第3世代の高効率太陽電池の研究を行う。
- 2) 太陽エネルギー輸送のための高効率マイクロ波無線エネルギー伝送技術の研究を行い、我が国の中長期目標とされているSPS(Solar Power Satellite)太陽光エネルギー利用の基礎的研究を行う。
- 3) 京都大学における核融合に関する独創的な研究蓄積を基盤に、先進的なプラズマ利用技術とそれに関連する、熱流束と粒子束制御のための加熱・電流駆動、壁材料・エネルギー変換技術の研究を行う。



図2.1.1 主要研究課題とサブグループ間の連携

各サブタスク間は図2.1.1に示すように、それぞれ協力関係を保ちつつ有機的に研究を進めている。具体的な平成15年度における各サブタスクの研究実施計画を以下に述べる。

1) 次世代太陽電池の開発

平成15年度においては、コンビナトリアルマテリアル創成システムを開発し、ナノ材料を用いた安価で高効率な第三世代太陽電池の開発を進める。特に、セラミックナノチューブを用いた、高効率な有機太陽電池開発を進める。

2) 宇宙太陽光発電システム

平成15年度においては、マイクロ波を用いた無線エネルギー伝送を中心として、マグネトロンの高安定化、低雑音化、送電器の小型化、小電力機器への給電、電力ビーム制御、不等間隔アレイ、宇宙プラズマへの影響に関する研究を進める。

3) 人工太陽の創製と利用

人工太陽ともいえる核融合エネルギーの生成を最終的な目標として、プラズマ閉じ込め磁場の最適化および加熱電流駆動等の高効率化、低放射化を目的とした壁材料の開発、熱流束と粒子束のダイバータによる制御の研究を行うとともに、理論モデル構築のため計算機シミュレーションに基づく不安定なプラズマの非線形現象の解明を行う。

2.1.2 水素エネルギー

将来の環境調和型エネルギーシステム構築には、クリーンなエネルギー媒体としての水素の有効利用が不可欠である。本課題では、生成・貯蔵・輸送・利用に関わる本拠点の独自の技術をもとに、水素エネルギーシステムに関する中長期的技術課題を基礎的に研究する(図2.1.2参照)。まず、効率の良い化合物水素媒体を用いた、高度な水素の貯蔵・輸送プロセスを確立する。併せて、燃料電池など水素エネルギー利用技術の高度化システムや高温耐食材料の開発を行うとともに、高効率水素ガスエンジンの新規最適燃焼方式の実現を図る。また、水素エネルギーシステムの各ステップの統合化のために太陽光発電・有機系炭化水素による水素製造・変換を組み合わせたエネルギー変換システムを考案・設計するとともに、構成材料の強度解析・余寿命予測手法などを提案し、トータルエネルギーシステムとしての実証と総合評価を行う。

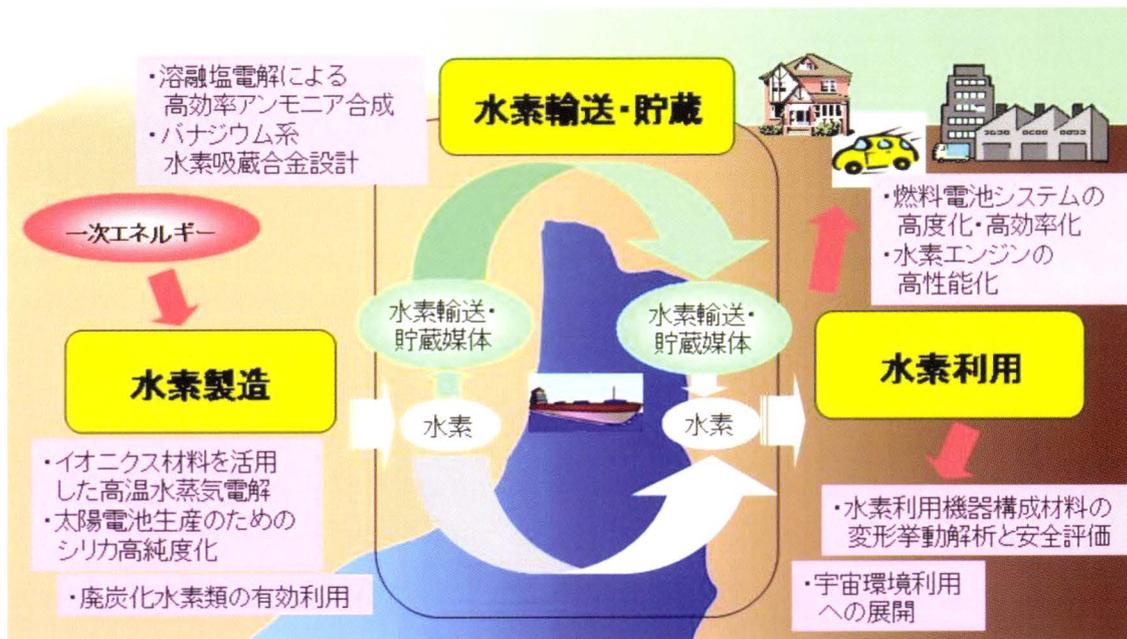


図2.1.2 クリーンエネルギー媒体としての水素の製造、輸送・貯蔵、利用技術

本年度は、各ステップの要素技術のブレークスルーを図り、以下に示す9分野の課題を挙げ、それぞれ分担して研究を行う。

- 1) 新規な電気化学反応による水素エネルギー技術の開発
 - ・新規アンモニア電解合成法およびアンモニア燃料電池の開発
 - ・新規室温熔融塩の開発およびその水素エネルギー変換デバイスへの応用
 - ・高効率水素エネルギー変換および省エネルギーのための新規材料の創製
- 2) 電気化学的水素エネルギー変換のための高機能固体酸化物イオニクス材料の開発
- 3) V-Ti-Cr系金属合金の創製と水素吸蔵特性
 - ・バナジウム系水素吸蔵合金設計
 - ・金属バナジウムの高純度化
- 4) 太陽電池を利用する水素エネルギー供給システムの創設(珪藻土の高純度化と形態制御)
- 5) 高効率クリーン水素エンジンの最適設計
 - ・オンボード改質水素を利用するエンジンシステム設計
 - ・シリンダ内直接噴射による混合気形成の制御と最適着火法の提案

- ・水素エンジン設計のための数値シミュレーションコードの開発
- 6) 高温還元製鉄プロセスを利用した廃炭化水素類からの水素混合ガスの生成
- 7) 微小重力環境下の水素エネルギーシステムと電気化学プロセスング
- 8) 水素利用機器を構成する高機能材料のマクロ・マイクロ連成解析
- 9) 水素エネルギーシステムを担う材料の安全評価技術の確立

2.1.3 バイオエネルギー

新規バイオマス変換システムの試作および開発を行う。本研究タスク「バイオエネルギー」では、図2.1.3に示すように、環境負荷の小さい超臨界流体技術を用いた京都大学独自のバイオ燃料の創製を試みている。ここに示した研究課題はこの1ヶ年の研究を経て2002年度版から現状に即した内容に修正されている。すなわち、超臨界アルコール技術によるバイオマス資源からの液体バイオ燃料、超臨界水技術により得られた木質バイオマスからのバイオエタノール燃料および超臨界水技術によるメタン・メタノール生産、さらには超臨界メタノールによる油脂類からのバイオディーゼル燃料、さらには熱分解制御技術による液体燃料の創製からなっている。バイオエタノールについては、超臨界水処理で生成する各種生成物についてのアルコール発酵の阻害物質に関する研究、およびペントース、ヘキソース同時発酵による高効率エタノール生産を検討している。また、メタン合成プロジェクトではリグノセルロースから得られる有機酸などからのメタン生産さらにこのメタンを液体燃料に変えるメタノール生産について研究を行っている。得られた各種バイオ燃料について、それらの燃料技術の高度化と燃料設計の策定を試みている。さらに、これらバイオ燃料を用いた際に生じるCO₂のバイオ燃料への再変換についても検討を加え、CO₂ゼロエミッション型エネルギー生産・利用技術の確立を図っている。

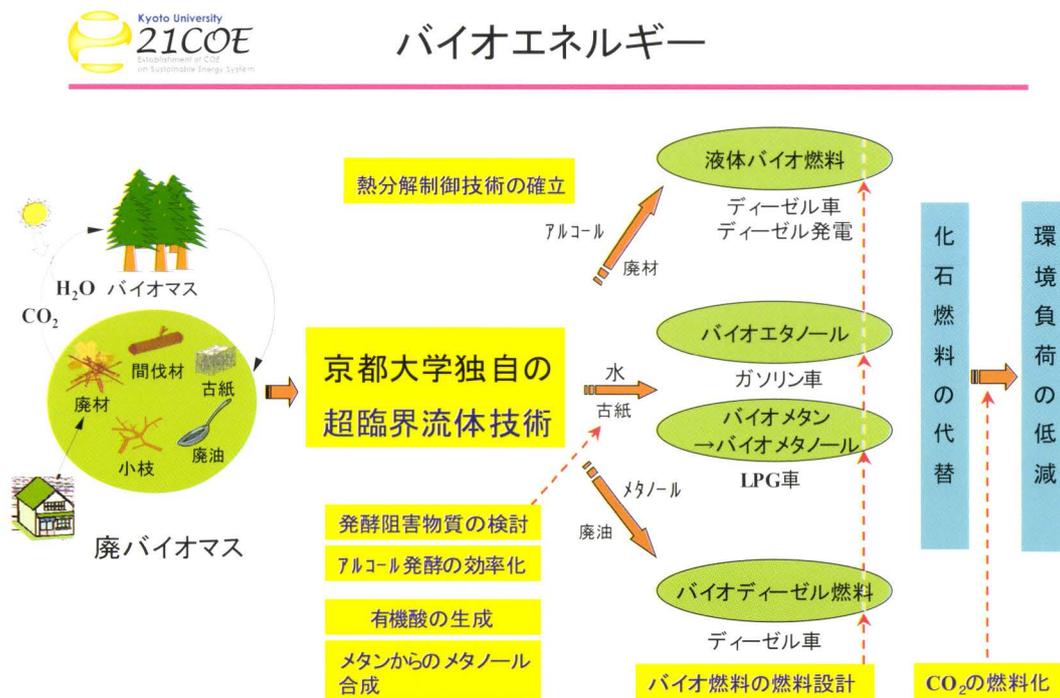


図2.1.3 環境負荷の小さい超臨界流体によるバイオエネルギーの創製

2.1.4 環境調和型トータルエネルギー評価

複合領域における研究教育の必要性は、学問領域の境界が不明確になるにつれてますます増大しつつある。本タスクでは、エネルギーシステムという一つの複合領域における評価作業のための拠点形成を目的とする。そして、京都大学大学院エネルギー科学研究科、エネルギー理工学研究所および宙空電波科学研究センターにおける種々の研究分野からの参画を得て、

独自の視点から評価技術開発を実施している。さらに、環境調和型トータルエネルギーシステム評価のための分野横断的なワーキンググループを新たに組織し、複合領域における総合評価作業を開始した。また、その評価作業に必要となる多様なデータベースや知識ベース構築を、評価研究と並行して進めている（国際エネルギー情報センター事業のエネルギー・環境調査と関連）。

環境調和型トータルエネルギー評価のタスクの研究の枠組みを図2.1.4に示す。

その特徴は、大きく、

- 1) 太陽エネルギー、水素エネルギー、バイオエネルギーを含む環境調和型エネルギーシステムの複数の将来像を定量的に描くこと、
- 2) そのエネルギーシステムの将来像における資源負荷および環境負荷をライフサイクルの視点から評価すること、
- 3) その環境負荷が大気環境に及ぼす影響を実観測を通して明らかにし、地域環境、地球環境との関係を定量的に評価すること、
- 4) 技術的な実現可能性、環境影響、経済影響、社会的受容性などの技術的、社会科学的視点を統合した総合評価を行うこと、
- 5) 上記の評価作業に必要となる各種データベース構築の枠組みを検討し実際に構築することの5点にまとめられる。

本年度は、大気観測結果に基づくエアロゾル輸送のモデル化、各種エネルギーシステムの分析、モデル化および評価、トータルエネルギーシステム評価ワーキンググループの結成と基本的作業計画の立案、等を行った。

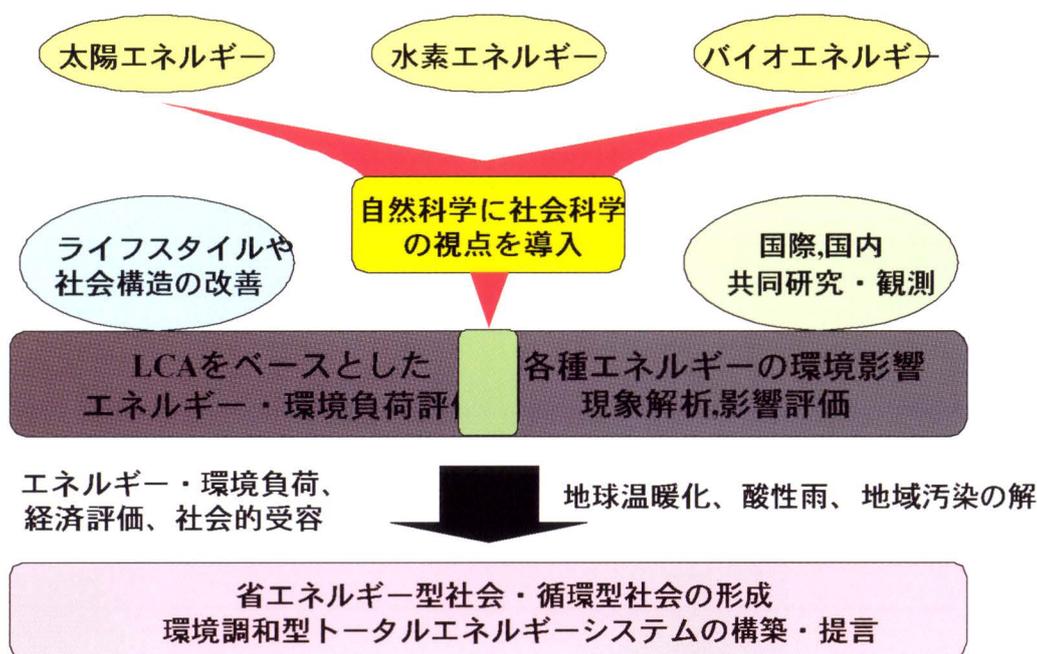


図2.1.4 環境調和型トータルエネルギーシステム評価の枠組み

2.2 教育実施計画

エネルギー科学研究科では、自然科学系と人文社会科学系が融合した新しいエネルギー科学の学域の創成を目標としている。博士課程では、それらの高度な科学的知見に基づいて、環境への負荷や経済性を考慮してエネルギー問題を解決する能力とともに、英語によるコミュニケーションやプレゼンテーションが自由にできる国際的な人材を養成する。そのために、

50%以上の講義を英語で行い、国際共同研究に参加する機会や、国際シンポジウムでの発表機会を積極的に設ける。修士課程においては、カリキュラムを改善し、エネルギー科学教育のための体系的な教科書を発行し、教育内容を充実させる。また、積極的に留学生を受入れ、国際化を図る。そのような目的を達成するため、本COEプログラムでは、主として博士課程学生に対し以下のような活動を行っている。

- 公募型研究助成を通じ、競争原理・評価方式による若手研究者の育成
- 優秀な学生のRA、TAへの積極的採用により、教育的訓練を通して、その報酬により経済的援助を行い、研究活動に集中できる環境を整備
- 国際エネルギー科学スクールの開催、および国際シンポジウムでの研究発表の
- 奨励、旅費支給、国際的視野の持つ若手研究者の育成
- 国際交流の基礎となる英語能力を高めるため、外国人講師による英語研修
- エネルギー科学教育のための体系的なテキスト(日本語、英語)の執筆、発行

図2.2.1 教育拠点形成のための具体的活動例

2.2.1 公募型研究助成

博士課程学生を対象とし、科学研究費の若手研究計画調書に準じた計画調書を提出させ、拠点リーダーを委員長とする計7名の選定委員会により、計画調書に記載された研究計画・実施方法・研究業績などを審査し、平成14年度は55件の応募中25件を採択した。平成15年度も同様の件数の助成を行う。助成額は、評価の高いものから順に70万円、50万円、30万円の3段階とし、年度総額を1千万円とする。助成を受けた学生に対しては、最低限で本COEプログラムが主催する国内および国際シンポジウムでの研究発表、および終了報告提出を義務付ける。

2.2.2 RA、TAへの採用

RA(リサーチアシスタント)、TA(ティーチングアシスタント)としての訓練と同時に、研究活動に集中するための経済的援助を目的としている。対象は博士課程学生で、RAについては指導教官から採用願いの出た学生について、学生から現在の研究状況やRAとしての役割を文書で提出させ、エネルギー科学研究科の教育・研究委員会で適性を判断したうえで採用する。平成14年度は5ヶ月の短期間であったため、試験的に40名という多人数を採用したが、平成15年度はその成果も踏まえて15名程度を厳選する。支給額は月額一人約4万円で、年間の総額は800万円程度とする。TAは、14年度はCOEプログラム採択が学期途中であったため0名であった。15年度については学内経費による採用が先行しており、その結果も踏まえてCOEからも採用したい。

2.2.3 研究発表のための旅費助成

博士課程学生の研究発表および国際交流を奨励するため、旅費の支給を行っている。平成15年度は国内15件、外国20件、総額約550万円の補助を行う。

2.2.4 国際エネルギー科学スクールの開催

第1回として平成15年6月16日から22日まで、博士課程学生9名を米国イリノイ工科大学に派遣し、現地の研究者および大学院生とシンポジウムを共催して、研究発表とともに交流の場を設ける。派遣に要する費用は、会議録印刷等も含めて約350万円である。

2.2.5 英語研修

国際交流の基礎となる英語能力、特にプレゼンテーション能力を高めるため、教育経験豊富なネイティブスピーカーを招いて、吉田、宇治両キャンパスにおいて週1回英会話教室を20名クラスで開催する。対象はやはり博士課程学生である。開催に要する費用は講師への謝金为主で、年間約100万円である。

2.2.6 テキストの執筆・発行

エネルギー科学教育のための体系的教科書の作成を進める。平成15年度は、まず修士課程学生を対象とした日本語の教科書を5冊(A4判、各100ページ強)執筆し、年度内に発行する。

2.3 国際(環境調和型)エネルギー情報センター事業計画

平成14年度に立ち上げた、21COEプログラム推進のための中核組織である国際環境調和エネルギー情報センターの機能の向上を図り、

- ①各タスク毎のワークショップの開催、
 - ②平成14年度に開始した海外拠点形成のための調査の継続と、新たな海外拠点の設置、
 - ③和文・英文広報、COEニュースの刊行、
 - ④産官学連携事業の推進、
 - ⑤大学院教育のための環境整備、
 - ⑥エネルギー・環境情報の整備、
- などの事業を推進する。

3.平成15年度の研究拠点形成

3.1 太陽エネルギー

3.1.1 高効率太陽電池の開発

太陽エネルギーを利用していく上で、もっとも期待されるのが、光電変換効果を利用した直接発電である。既に、シリコン半導体を用いた太陽電池は広範に利用されているが、これが、基幹エネルギーとして位置付けられるには高効率で安価な太陽電池の開発とともに、大規模な発電基地が欠かせない。本プロジェクトにおいては、このような課題として、次世代太陽電池の開発と宇宙太陽光発電に向けた技術開発を進めている。

次世代太陽電池の開発研究では、デバイス技術とともに材料技術、プロセス技術、LCA評価技術の研究を行っている。デバイス技術は大きく第一、第二、第三世代の太陽電池というカテゴリで分類できるが、それぞれバルク結晶、薄膜、超薄膜型の太陽電池に対応している。シリコンウエハをベースとする第一世代の太陽電池は、既に商品として広く利用されているが、安価高効率化という大きな課題が残されている。本COEプロジェクトでは、結晶シリコンの原料を従来の半導体グレードのシリコンから、金属グレードのシリコンに変換できる画期的な新プロセスの開発に成功している。また、太陽電池の効率は、表面での反射や、入射光の効率的な利用に大きく依存していることから、シリコンの結晶表面の構造を最適化するためのプロセス技術の開発を進めている。

第二世代の薄膜型太陽電池では、効率はアモルファスシリコン並でも安価で大面積化が可能な太陽電池の開発が期待されている。そのような次世代セルとして、近年、有機太陽電池が注目されている。中でも、色素増感太陽電池は、10%以上の高効率が既に達成されており、最も実現性が高いものとして研究が進められている。COEプロジェクトでは、これに用いられる電極の開発を進めており、1次元チタニアナノ構造材料を用いることにより、薄膜で8.1%を越える高効率な電極の開発に成功した。また、近年、導電性高分子を用いた新たな薄膜太陽電池が注目されており、既に、3%の効率を越えるものも得られ始めている。しかし、その機構は十分解明されておらず、いろんなデバイスの提案が可能であり、新規のデバイス設計が期待される。本プロジェクトでは、有機の強誘電性材料を用いた新規提案による太陽電池の新たな電極の開発を進めている。また、第三世代の超高効率薄膜太陽電池については、ナノ構造を持たせることによる量子効果や多光子吸収プロセスの発現などの設計が提案されているが、本プロジェクトでも理論的検討を進めている。

このような、次世代太陽電池開発においては、とりわけナノ構造形成技術の開発が重要であることから、プロジェクトでは、ゾルゲル法を用いた1次元ナノ材料の創製技術の開発や、極短波長レーザーアブレーションによる半導体へのナノ構造形成技術の開発を進めている。

さらに、将来太陽光発電を広範に利用していくためには、導入のための指標となる基準が必要であるが、現在十分に整備されているとはいえ、本プロジェクトでは、太陽電池のより効果的な利用が提案できるように、LCAを用いた評価技術の開発を進めている。

以上のように、本プロジェクトでは、太陽電池の広範な課題に取り組むことにより、次世代太陽電池開発の拠点形成を目標としており、昨年5月には次世代太陽電池研究会を国際会議として主催しこれからの方向性について議論するとともに、8月には光電子ナノ材料研究会を発足させ国内の研究交流の場を立ち上げた。詳細は、別章を参照されたい。

(1) 次世代太陽電池の研究

(1-a) 色素増感太陽電池の研究

第二世代の太陽電池の候補として、色素増感太陽電池の開発を進めている。この型のセルでは、有機色素が太陽光を吸収し、半導体のコンダクションバンドに電子を注入することによって高効率な電荷分離とキャリア輸送を可能としており、理論的には33%と言う高い変換効率が期待されている。しかし、現実にはチタニア電極に用いられている多孔質膜の粒界抵抗等の影響で10%の効率にとどまっている。これを解決するためには、ナノ構造制御によって効率

的な電子移動を達成してやることが重要である。そこで、本プロジェクトでは、高効率な変換効率を持つ1次元チタニアナノ構造体を創製し、これを用いた色素増感型太陽電池の開発を行うこととしている。さらにこのような原理を利用して、新たな有機太陽電池の電極への展開を図るとともに、界面活性剤を鋳型とする、ゾルゲル反応によるナノ構造制御技術の開発を進めている。

平成15年度は、組成の異なるP25との複合膜を多重コートした積層膜を利用することにより、8.1%を越える変換効率を達成した。これは、薄膜での、世界最高水準の効率であり、チタニアナノ構造材料が有望な材料であることを示した。我々のチタニア電極の断面構造の走査電子顕微鏡写真では、無数のナノチューブのネットワーク形成が観察されており、このようなネットワーク構造が、薄膜での高効率化に寄与するものと推定された。変換効率の波長依存性(IPCE)では、P25による電極が長波長側の光の利用効率が高いのに比べて、ナノ構造体電極では400nm付近にピークを持つ、新たな構造が観測され、ナノ構造化による高エネルギーシフトが観察された。このような、バンド構造のチューニングは、複数の金属を含む複合酸化物を作ることによって可能である。チタニア電極に少量のジルコニアを入れることにより、同じ膜厚で13%の効率の向上が可能となった。この効果は吸収端のブルーシフトからバンド構造のマッチングに基づくものであると推定された。

(1-b)コンビナトリアルケミストリーを用いたナノ構造材料の創製

第二世代の有機太陽電池においては、電極中に組み込まれたナノワイヤー構造による電子のバリスティックトランスポートが期待される。また超高効率な第三世代太陽電池には、光電子ナノ材料の効率的な開発が必要となる。

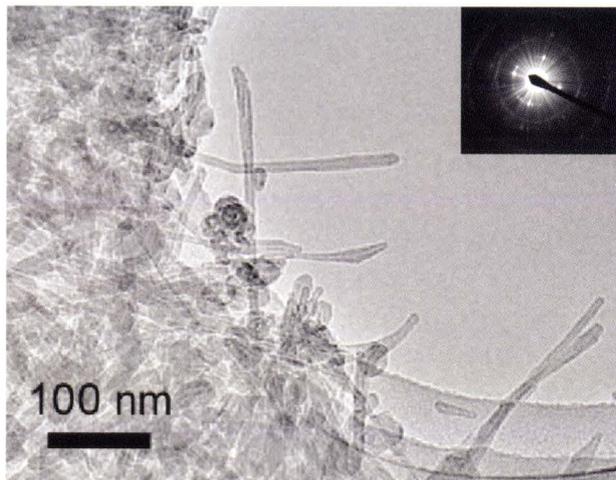


図3.1.1 チタニアナノ構造材料のTEM像

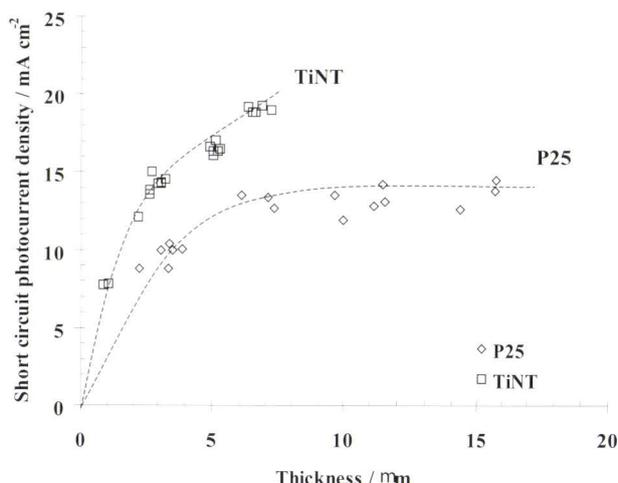


図3.1.2 TiNT および P25 フィルムの厚さに対する Jsc の依存性

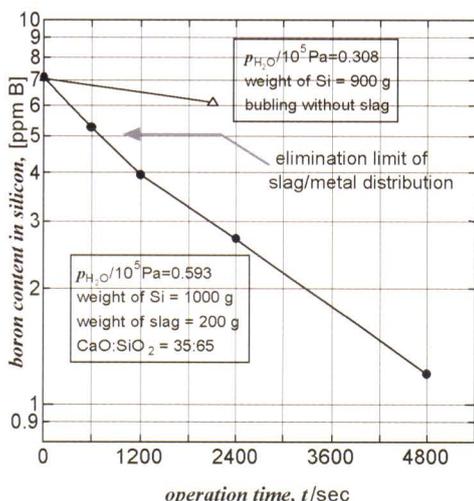
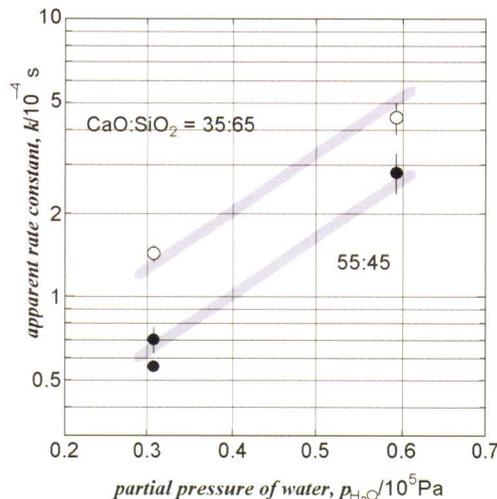


図3.1.3 シリコン中のボロン濃度の時間経過(左図)と水蒸気分圧とスラグ塩基度(組成)に対する見かけの反応速度定数におよぼす影響(右図)。



このようなナノレベルでの材料開発を目的としてコンビナトリアルケミストリー技術の研究を進めている。具体的な研究項目は以下のとおりである。

ナノ構造を制御するために、5残基ペプチドライブラリーによる金属ナノ構造制御の手法を新たに開発した。得られた、ペプチドの存在下での反応により超微粒子、三角板状結晶、六角柱、ロッド構造など種々のナノ構造制御が可能となった。この技術は、透明電極の導電性をまし、抵抗を下げることも、ナノレベルでのパターンニングに応用可能な新技術である。1次元セラミックス材料はカーボンナノチューブと異なり、無限の多様性を持つ。研究グループでは、メタルプリカーサーを共存させることにより、傾斜組成を持つ複合ナノ構造体を調製することに成功しており、この方法を延伸させることにより、ハイスループットスクリーニングと組み合わせたライブラリー創製法の開発を進めている。

電子顕微鏡とElectron Beam Induced Current (EBIC) 法を組み合わせることで電子ビーム誘起電流を測定し単一光電子ナノ材料の物性を直に計測することのできる手法の確立を図った。今後この方法を展開することにより1次元ナノ構造材料の、ハイスループットスクリーニングシステムの構築を目指す計画である。

(2) 安価高効率シリコン太陽電池の研究

現在、結晶系太陽電池では高純度シリコンが多量に用いられるため、その供給不足が顕著になっている。また、太陽光発電システムの価格において高純度シリコンを用いるシリコン基板のコストの占める割合が高い。太陽電池システムのさらなる普及を妨げているこれらの要因は太陽電池用高純度シリコンが主として半導体用シリコンのスクラップ利用で供給されている事実由来する。本研究では低廉な金属級シリコンを太陽電池級の高純度シリコンへと金属状態を保ったまま精製するプロセス技術の開発を目的としている。特に、元素物性に由来して固液分配による金属シリコンからの除去が困難であるリンおよびボロンの除去技術に対象を絞り、独自提案の脱ボロンプロセスに関して、数千水準の規模での実証を進めた。本研究において提案したプロセスはスラグ共存下における溶融金属シリコン中への水蒸気吹き込み攪拌である。実証実験結果の一例として図3.1.3に示すようにスラグ添加の条件下でボロン濃度は時間経過にしたがって明確に減少している。この例では初期濃度7ppmwから4800sの処理時間で1.2ppmwまでボロンを除去することに成功した。ボロン濃度の対数は時間に対してほぼ直線的に減少することから脱ボロン反応を見かけ上1次の反応で近似できることが明らかになった。また、初期ボロン濃度を約7ppmw、スラグ/メタル間のボロン分配係数を2とすると、スラグ/メタル間のボロン分配反応のみによって除去できる限界は5ppmwとなる。ボロン濃度は時間の経過とともにこの限界を超えて連続的に減少している事実から、ボロンはスラグ相ではなく気相へ除去されていると判断できる。

実証実験は水蒸気分圧とスラグ塩基度(組成)を変化させて遂行したが、これら実験条件が見掛けの反応速度定数におよぼす影響を調査した結果を前頁右図に示す。実験したいずれの水蒸気分圧においても塩基性スラグ(CaO:SiO₂ = 55:45)よりも酸性スラグ(35:65)の方が反応速度が速いことがわかった。また、見掛けの反応速度は水蒸気分圧の上昇とともに上昇する傾向が確認された。詳細な反応メカニズムは明確ではないが、これらの実験事実は、脱ボロン反応にスラグと水蒸気関与していることを裏付ける。同図に示した実験結果の中で最も大きい反応速度定数4.4を用いて初期ボロン濃度10ppmwのシリコンを0.3ppmwまで除去するのに要する時間を試算すると、約8000s(2.2hr)となった。得られた見かけの反応速度定数は本プロセスの実操業への適用が充分可能な水準であることを示唆する。

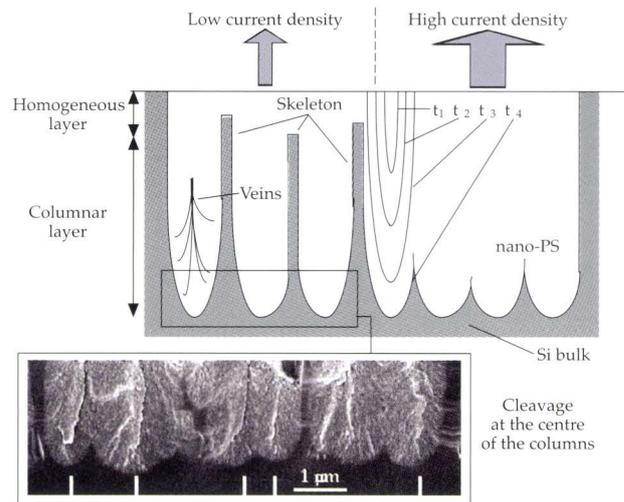


図3.1.4 多孔質層の発達とマクロ孔構造の起源

半導体太陽電池の効率の上昇を図るために、特にシリコンの湿式表面処理に絞り、新たなプロセス技術の開発を図る目的で、シリコンの湿式表面処理法について研究を行った。湿式表面処理のある条件下において、シリコンにミクロン程度の孔径を持つマクロ孔が現れる。この構造はフォトニック結晶などの光学材料やマイクロマシン部品製造などへの応用が期待されている。マクロ孔構造の生成機構についてはいくつかモデルが提案されているが、関連する現象をすべて合理的に説明できるに至っていない。われわれは比較的高い比抵抗のp型シリコンを多孔質化すると特異な多孔質層の成長様式が現れることを見いだした(図3.1.4)。低い電流密度で行う陽極電解初期においては均一なナノサイズの多孔質層が成長するが2-3 mmに達した後、ナノ多孔体で満たされたマクロ構造が現れる。一方、高電流密度での多孔質化においては均一なナノ多孔質層のみが生成する。均一構造から不均一構造への変化をシリコン溶解速度の孔方向と孔に対して横方向への成長速度の違いから生じると説明し、この不均一構造がマクロ孔の成因であることを提唱した。また、不均一構造を用いてアルカリエッチングすると、サイズのそろったエッチピットができる。この構造を太陽電池の反射防止層に応用できることを示した。さらに新しい表面修飾の方法を開拓し、高効率な太陽電池表面の作成に寄与する目的で行っている、パルスレーザーによる液中レーザーアブレーションに関する研究を進めた。

(3) 太陽電池高効率化の研究

光電変換系の技術はその歴史も浅く、飛躍的な変換効率の実現のためには、原理的なブレークスルーが不可欠である。当拠点においても、このような先進技術を確立するために、将来の新しい太陽電池技術になりうる基礎研究を行うことは極めて重要である。このような高効率太陽電池技術のための基盤技術開発に資するため、代替不可能な光エネルギー機能の飛躍的高度化とその制御技術の研究を行うとともに、この光エネルギーを用いたセラミック材料等のナノ構造創出・構造制御プロセス技術の開発を行った。具体的には、高強度フェムト秒レーザーの高機能化と制御技術開発、および同レーザーを用いた固体材料・物質制御技術の開発を進めている。平成15年度においては、材料プロセス用高強度フェムト秒レーザーの開発に着手し、主増幅器を除いて動作可能となった。再生増幅器出力を圧縮して得られたパルスエネルギーは1.6mJ、パルス幅は110 fs、動作周波数は10Hzである。同レーザーの特性を FROG装置で測定し最適化した。さらにこのような高強度パルスレーザーを用いて表面ナノ構造生成過程の研究を行い、TiNおよびDLC薄膜へ照射する40 fsレーザーパルスのフルエンスを変化させて表面ナノ構造の形態変化を観測し、ナノ構造生成条件の詳細を明らかにした。フルエンスの増加によるSEM像の変化の例を図3.1.5に示す。レーザー波長以下のナノ構造はアブレーションしきい値の限られた範囲でのみ生成されること、および構造のサイズがほぼ波長レベルで飽和し始めること等が明らかになった。その

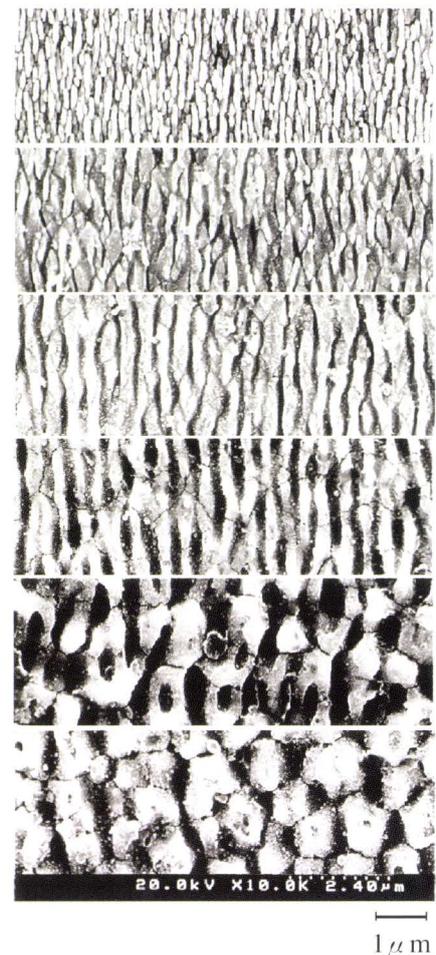


図3.1.5 TiN薄膜の異なるフルエンスのレーザーパルスに対する表面ナノ構造の形態変化

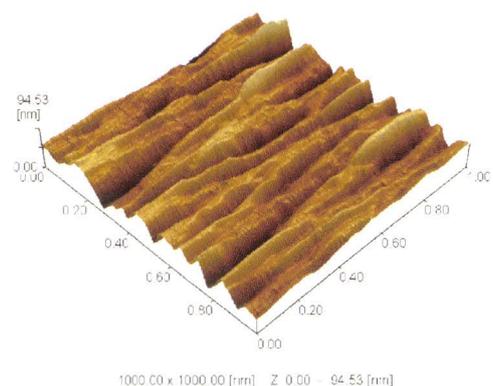


図3.1.6 SPMで観測したDLC薄膜表面のナノ構造の例

(1) 位相振幅制御マグネトロンの開発研究

安価で高効率のマグネトロンマイクロ波発振器を無線での太陽エネルギー輸送に応用しようという試みは60年代より行われていた。しかし、安価な民生用マグネトロンは発振周波数が温度で変化する上、送電ビームを形成するために必要な位相制御、振幅制御が難しいという短所があった。位相制御の問題に対し、我々の研究グループでは注入同期法とマグネトロンの陽極電流制御を用いた位相制御マグネトロンをこれまでに開発した。本研究ではさらに外部磁場制御用コイルを取り付け、マグネトロンの陽極電流およびコイル電流を制御することにより位相と振幅が制御/安定化可能なシステムの開発を行うことを目的とする。さらに位相振幅マグネトロンの低損失化や高安定化に関し、種々のアプローチで改良も行った。

本研究の結果、マグネトロンの陽極電流およびコイル電流を制御による位相と振幅が制御/安定化可能な新システムの開発に成功した(図3.1.7)。周波数、位相、振幅の安定度がそれぞれ10⁻⁶以下、1以下、1%以下という、宇宙から地上への太陽エネルギーの無線電力伝送には十分な安定度を実現しながら、100%以上の出力可変制御も可能とした(図3.1.8)。さらに高効率化のために、これまではシステムで利用していた重くて損失が多いサーキュレータを排して、複数のマグネトロンの空間結合を利用したビーム制御方式を開発し、4つのマグネトロンを用いたアレイで75%程度のビーム制御が可能なシステムを開発した。

(2) 軽量小型マイクロ波送電器の開発研究

経済的に太陽光エネルギーの宇宙⇄地球間輸送を行うためには、軽量小型なマイクロ波無線電力伝送システムが必須である。ただ軽量なだけでなく、高効率のDC-RF変換効率を持ち、かつ、電氣的に高精度でマイクロ波ビームを制御できる送電システムでなくてはならない。今年度は昨年度に開発した25g/W以下の世界最軽量のマイクロ波送電器COMET (Compact Microwave Energy Transmitter)をさらに改良し、より軽量化を図ることを目的とした。具体的には軽量FRPにメッキを施した材料を用いた導波管の開発を行い、導波管部の重量を昨年度のアルミを用いたCOMETのそれよりも3/4以下とする。

50mm×50mm程度の試験片に金属メッキを施した材料を試作し、温度サイクルによる負荷条件や表面状態(粗さ/酸化皮膜)、膜圧、密着力等の評価を行っている。さらに直管導波管を試作し、これまでの銅を用いた導波管で約690g程度、アルミを用いた導波管で210g程度であったものをFRPを使うことで150g以下を実現する。その際、導波管としての国際規格である1級0.06mm以下の内径許容公差、0.04W/K以下(銅の1/10以下)のコンダクタンス、使用温度範囲"50~200℃での線形膨張係数1.0×10⁻⁶/K以下(銅の1/10以下)を実現する。なお、本研究では最低限自己形状保持が可能な程度の強度要求とした。さらに軽量材質へのメッキという研究を進展させ、木材へのメッキによる導波管製作の可能性検証の研究も行っている。木材はその比重が0.3-1.1 g/cm³(絶乾状態)と、通常の軽量電気機器で用いられるアルミニウムの2.7g/cm³に比べ非常に軽量である。

(3) マグネトロンの低ノイズ化に関する研究

宇宙からの太陽光エネルギー輸送を経済的に行うためには、ある程度のシステム規模が必要となる。特に送電電力は100万kW程度が最もコストパフォーマンスに優れたシステムサイズとされている。衛星通信よりも5~6桁大きな電力であるため、通信系との干渉を抑制するためにはマイクロ波エネルギー伝送に用いる主周波数以外のノイズを低減しなければならない。本研究では高効率安価なマイクロ波発振器であるマグネトロンに注目し、マグネトロンの低ノイズ化に関する実験的研究を行う。マグネトロンは地上で電子レンジにそのほとんどが利用されており、本研究成果は地上の電子レンジの低ノイズ化によるフィルター部品の削減、それに伴う低

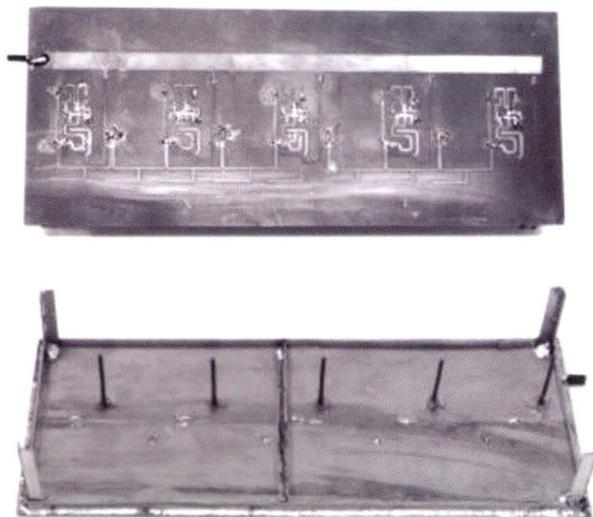


図3.1.9 BEF接続型同期発振器アレイ

コスト化にも用いることができる。

これまでメーカーと協力し、種々のマグネトロンノイズの低ノイズ化に関する研究を行ってきており、マグネトロンノイズの雑音源は、一つは電源の安定性であり、一つは電子を放出するフィラメント、そして電場Eと磁場Bの3次元的なひずみに起因する電子の運動であることが判明している。今年度は特にフィラメントと、電場磁場のひずみ、およびその相関に注目し、複数のマグネトロンを試作、ノイズに関する実験を行った。その結果は現在低ノイズマグネトロンノイズの試作にフィードバックされている。

(4) マイクロ波送電技術による小電力情報機器給電に関する研究

マイクロ波送電技術とは、マイクロ波を用いて離れた場所に電気エネルギーを伝達させる技術である。本研究は、これまでに培われてきたマイクロ波送電技術をさらに進展させた研究開発、ならびに小電力情報機器への給電の一端を示す応用設計を目的とする。ここで小電力情報機器の研究対象には、現在注目を集めている、内部にレクテナ構造を持ちマイクロ波送電技術を利用した電子部品である無線タグ(RFID)を選定した。今後のユビキタス社会を支えるRFIDに応用することで、これまで有線やバッテリーに頼っていた給電方法を改め、来るユビキタス社会で不可欠なユビキタス電源に対してマイクロ波送電が有用であることを示す。

マイクロ波送電技術による小電力情報機器給電応用のため、電波伝搬、送電システム、受電システムについて研究を行った。電磁波伝搬に関しては、非単一周波数(パルス)の応用を検討し、周波数帯域を用いた送電方法の研究を行い、広いアンテナ間隔でも所望の場所以外へのビームを抑えることができるアレイ構成法を示した。送電システムに関しては、小信号増幅用FETを用いた発振回路の開発ならびにそれを用いた発振器アレイの開発を行った(図3.1.9)。発振器の回路型式は1素子コルピッツ発振回路であり、共振回路はマイクロストリップ線路を用いて構成した。発振器間の同期は自局の信号のほとんどを同相で反射し、わずかな信号を逆相で他局に漏洩させる帯域阻止フィルター(BEF)で接続することにより行った。この方法による発振器アレイは、発振器単体と比較し発振は雑音も減少し高い安定度を示した。さらに、外乱による影響や電源プッシングにも強いなど優れた結果を得た。受電システムに関しては、レクテナの移動体への応用のために、小型軽量化を行い、半世紀ほど前にブラウンが達成した重量・電力比 $1\text{g}/\text{W}$ の記録を凌ぐ $0.7\text{g}/\text{W}$ を得ることに成功した。RFIDの大きな課題である読み書き機器からRFIDまでの操作距離が短いことを解決する新たな給電方法の提案とその基本設計を行った。補助的給電機器(マイクロ波送電機)をRFID付近に分散させて置くことによりその操作範囲を拡大でき、連続波送電よりもパルス送電がより良いと思われることなど計算機シミュレーションにより検証した。

(5) 不等間隔アレイによるサイドローブ抑制の理論研究

無線エネルギー伝送では、通信と異なり放射マイクロ波エネルギーの90%以上を受電サイトに集中させることが求められる。送電アンテナの素子数を減らすと、アンテナ素子間隔の規則性によりグレーティングローブと呼ばれる不要エネルギービームが発生してしまう現象を、アンテナ素子間隔を不等間隔とすることで抑制することができることは既知のことである。しかし、グレーティングローブのエネルギーが主ビームに集中するのではなく、サイドローブというやはり不要な放射へと流出してしまうという欠点があった。本研究では不等間隔アレイ構築の新しいアルゴリズムを提案し、不等

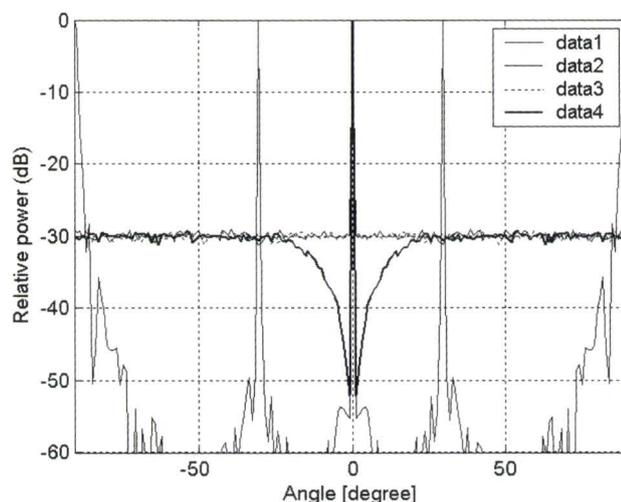


図3.1.10 平均化ビームパターン(data2: 既存ランダムアルゴリズム, data3: 新ランダムアルゴリズム(RA2), data4: data3: 新ランダムアルゴリズム(RA3), data1: 等間隔アレイ), 素子数 $N=1000$, 平均素子間隔 $d_{av} = 2\lambda$

間隔アレイによるサイドローブ抑制を目的とする。

従来の不等間隔アレイはランダム関数によってアンテナ配置を決めていた。本研究では、初期アンテナ配置として等間隔アレイ配置を設定し、その初期値に対してアンテナアレイサイズを最大値とするランダム関数として加える新アルゴリズム (RA2) と、同じく初期値に対して隣接するアンテナとの距離を最大値としてランダム関数として加える新アルゴリズム (RA3) を提唱し、サイドローブ抑圧効果に関して検討を行った (図3.1.10)。RA2はランダムサイズの結果、アンテナ配置としてアレイ中央部にアンテナ素子密度が高く、アレイ端部にアンテナ素子密度が低いアレイが構築され、アンテナアレイ面での強度分布を擬似的に持つこととなり、主ビームにエネルギーがより収集できることが判明した。また、RA3はより等間隔アレイに近い配置となるため、グレーティングローブ抑制効果を維持しながら主ビーム近傍のサイドローブが等間隔アレイ程度に抑制できることが判明した。この2つのアルゴリズムはマイクロ波送電のみならずサイドローブを抑制したい通信等でも利用することが可能で、ビームフォーミングには非常に有用である。

(6) 目標位置推定およびビームフォーミングに関する研究

宇宙からの太陽エネルギーの無線電力伝送では、送電側は高度36,000kmの静止衛星であり、地上の受電点である直径数km程度のレクテナに送る必要がある。また位置やアンテナ形状が常に変化しているため、高効率のエネルギー伝送を行う場合、正確な目標位置推定およびビームフォーミングが非常に重要である。本研究では新しい巨大システム間の位相同期法の研究、スペクトラム拡散されたパイロット信号を用いた目標位置推定手法の研究、遺伝的アルゴリズムを用いたビームフォーミング手法の研究等を行い、高精度かつ簡便なシステムの研究を行う。

これまで目標位置推定には無変調のパイロット信号が用いられていたが、パイロット信号をスペクトラム拡散変調することにより複数目標の選別が可能となり、かつマイクロ波エネルギービームと同じ周波数帯を利用することも可能となることが実験により証明された。これまでのエネルギービーム用とパイロット信号用と2つの周波数帯を利用しなければならず、周波数資源が逼迫している現代においては問題となっていたが、本研究によりその問題解決の目処が立った。また、放射マイクロ波の一部の位相を変化させることによる受電側のビーム情報の変化を利用した新しい巨大システム間の位相同期法を提案し、その有用性の実証を行った。推定された目標に対してマイクロ波エネルギービームを90%以上という高い効率で受電サイトにエネルギーを集中させるためにアンテナアレイの中心部のエネルギー密度が端よりも強いという振幅テーパを通常用いる。しかし放熱回路の複雑化や出力差が存在することによるシステムの複雑化等、問題も存在した。遺伝的アルゴリズムを用いたビームフォーミング手法により、サイドローブを低減し (図3.1.11、図3.1.12)、テーパがない等振幅分布アンテナアレイでも振幅テーパを持つアンテナアレイ並みのビーム集中度を実現できることがわかった。さらに複数目標へのマイクロ波送電ビームの形成も容易で、先に述べたスペクトラム拡散されたパイロット信号を用いた複数目標の選別結果を用いて、複数目標へのエネルギー送電が可能となることが実証された。

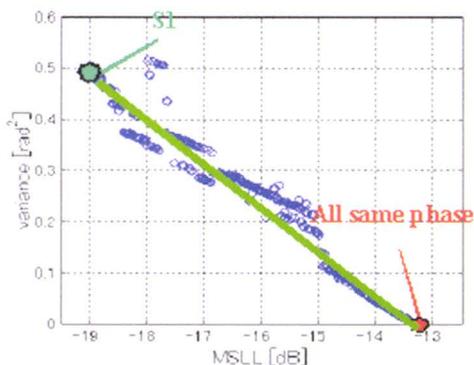


図3.1.11 最適化で得られた最大サイドローブレベルと位相分布の分散の関係

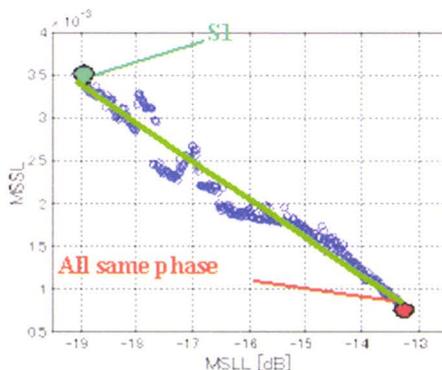


図3.1.12 最適化で得られた最大サイドローブレベルとサイドローブの二乗平均の関係

(7) 太陽エネルギー無線輸送システムの宇宙プラズマ影響に関する計算機実験

太陽エネルギー無線輸送システムは宇宙から地上へのエネルギー輸送を目指しているため、宇宙プラズマの影響を評価することが重要である。我々は3次元電磁粒子計算機実験により、宇宙プラズマ中でのアンテナインピーダンス、実効長、ピックアップファクターなどのアンテナ特性の解析を行っている。プラズマ波動観測において、波動データの適切な較正のためにはこれらのアンテナ特性を正確に把握しておくことが必要であるが、アンテナ、プラズマ波動、背景プラズマ、光電子などの相互作用のため、その正確な評価は困難であった。また、太陽エネルギー無線輸送システム建設のための軌道間輸送システムのイオンエンジンのプラズマ影響や、マイクロ波エネルギービームの影響の評価も行う。

光電子などによるアンテナ近傍の非一様プラズマ密度環境におけるアンテナ特性解析を行った。また、将来の衛星ミッションでは、衛星の軽量化、装置の簡単化のため、周囲のプラズマのデバイ長よりも短いアンテナを用いることが計画されている。そのため、デバイ長よりも短いアンテナを用いて、十分な感度を保ちつつ、波動をピックアップすることの可能性を3次元計算機実験により調べた。デバイ長がアンテナ全体の長さの8分の1、4分の1、2倍について、流体不安定性により静電波を励起させ、波動を受信アンテナとしてピックアップしたときの実効長、ピックアップファクターを求めた(図3.1.13)。その結果、これらのパラメータの範囲では、実効長、ピックアップファクターの著しい劣化は起こらないことがわかった。

以上のような研究成果を発展させ、さらに高効率・高精度のマイクロ波送電システムを開発し、実証実験の設計へとつなげ、研究ロードマップを明らかにする。これらの研究活動や5.2節で紹介している国際ワークショップJUSPSを通し、今後とも研究拠点化を図る。

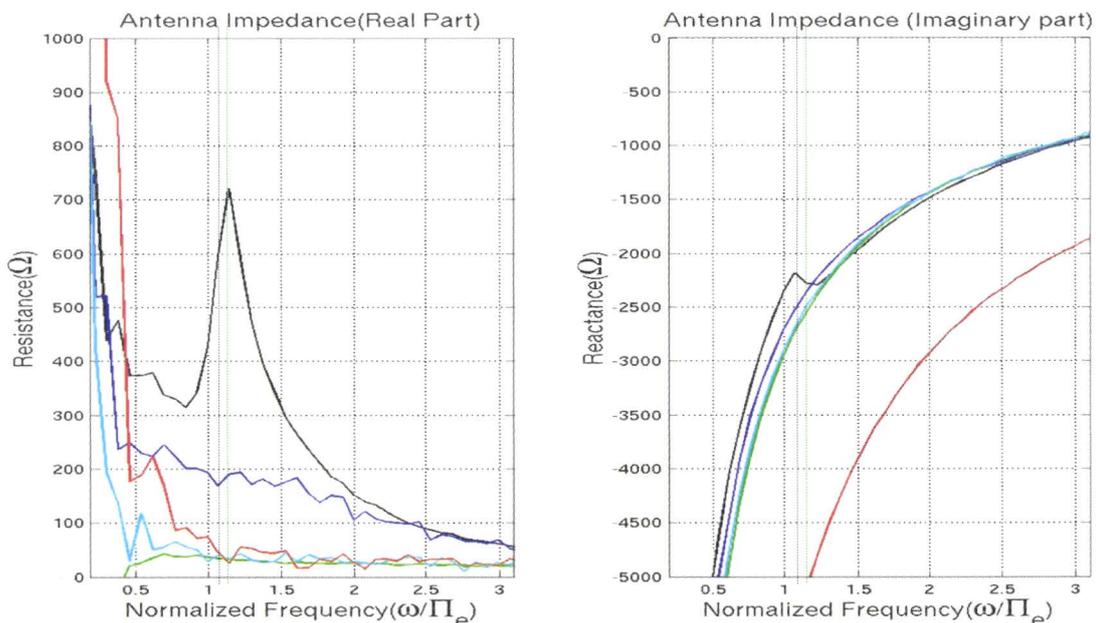


図3.1.13 デルタギャップ給電法により求まるインピーダンス(送信モード解析)

3.1.3 人工太陽(プラズマ)

(1) ヘリオトロンJによる閉じ込め研究

(エネルギー理工学研究所 佐野史道、水内亨、花谷清、長崎百伸、岡田浩之、小林進二)

(エネルギー基礎科学専攻 近藤克己、中村祐司)

「プラズマエネルギー」の最適閉じ込めを目指しそれに適した磁場配位を探るため、ヘリカル軸ヘリオトロン磁場配位と呼ぶ京都大学独自で開発してきた磁場配位を持つ実験装置ヘリオトロンJ装置を用いてプラズマの生成、加熱を始めとする研究を推進している。電子サイクロトロン波加熱において、従来の閉じ込め時間の1.5~2倍に改善されたプラズマの生成に成功した。さらに、改善された閉じ込め状態への自発的遷移を発見した。これが限られた磁場配位で、かつ、ある値以上のプラズマ密度領域にのみ観測されることを示した。さらに、中性粒子加熱

時においても同様の自発遷移を発見した。また、理論的に予測された磁場配位制御による、プラズマ中の圧力勾配に伴う自発電流の制御を実証した。さらに、高エネルギー粒子(プラズマ)と壁材料との相互作用に関して重要となると考えられる自発電流に伴うプラズマ-壁相互作用の生じる場所の移動、周辺プラズマ中の揺動現象に関する研究が進んだ。

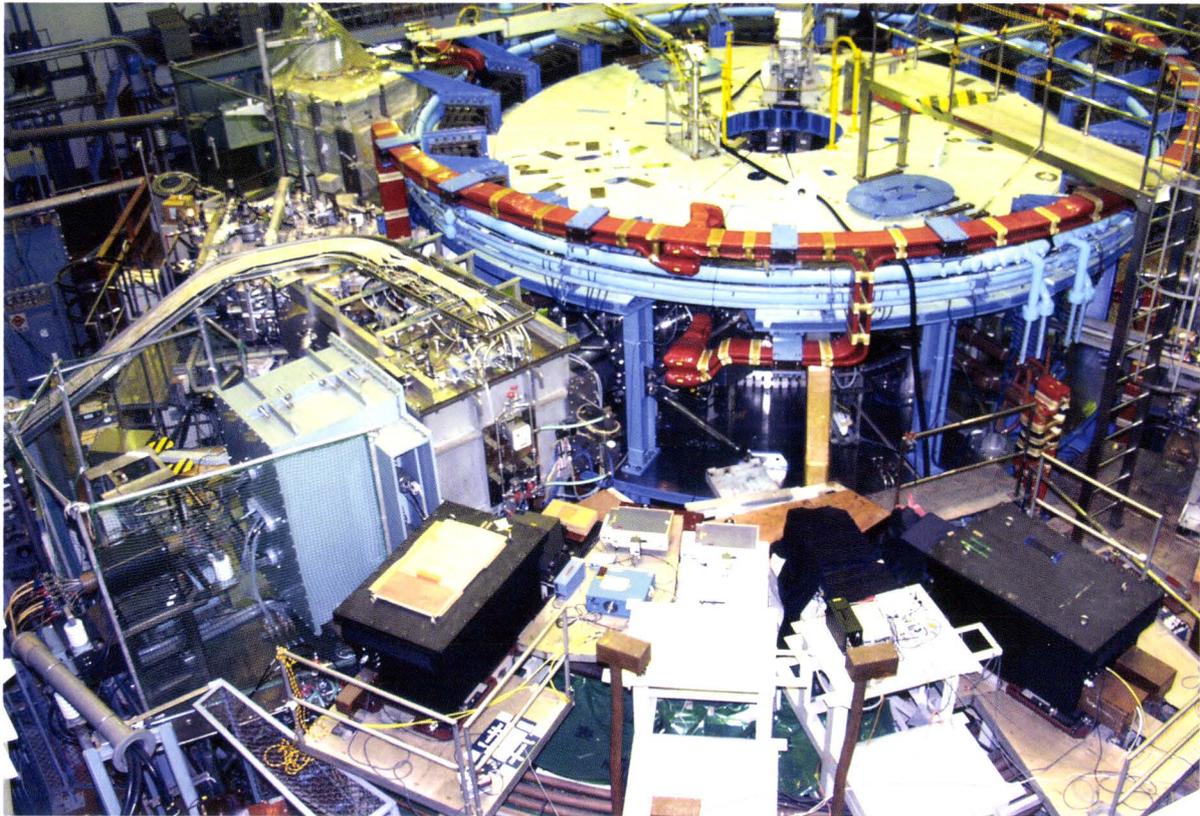


図3.1.14 ヘリオトロンJ装置

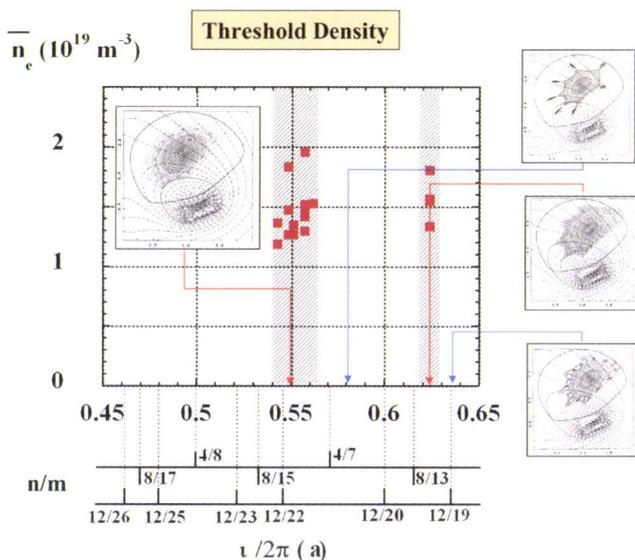


図3.1.15 電子サイクロトロン波加熱により生成されたプラズマにおける自発遷移の観測される磁場配位 ($l/2\pi$ 制御)とプラズマ密度 (n_e) 領域

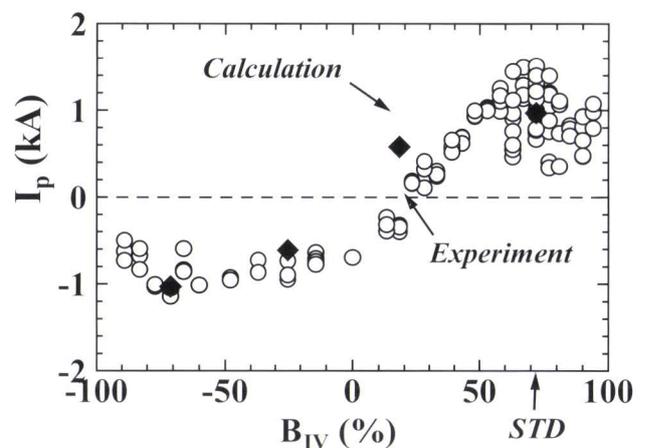


図3.1.16 理論的に予測された、プラズマ圧力勾配に伴う自発プラズマ電流 (I_p) の磁場配位 (B_{IV} 制御) による制御性の実証例

(2) LATE装置による球状トカマクプラズマの生成

(エネルギー基礎科学専攻 前川孝、田中仁、打田正樹)

低アスペクト比トーラス実験装置(LATE)では、中心ソレノイドを要しないコンパクトな

先進トカマク炉の実現に向けて、マイクロ波のみによる球状トカマクプラズマ形成法の確立を目指している。本年度はマイクロ波の長時間入射を試み、図3.1.18に示すようにプラズマ電流を4kAまで立ち上げることに成功し、球状トカマク平衡配位の初期段階に到達できた。初期プラズマは入射マイクロ波による電子サイクロトロン共鳴加熱で発生・加熱され、初期プラズマ平衡を確保するための弱い外部垂直磁場 B_v のもとでプラズマ電流も発生した。さらに、マイクロ波入射電力とともに B_v をゆっくりと増大させることによりプラズマ電流を4kAまで増大できた。これは中心ソレノイドを持たないシンプルでコンパクトな球状トカマク炉実現の可能性を示唆する成果である。今後は、マイクロ波入射電力と入射時間の増大によりプラズマ電流のさらなる増加をはかり、より本格的な球状トカマクプラズマの形成を目指す予定である。

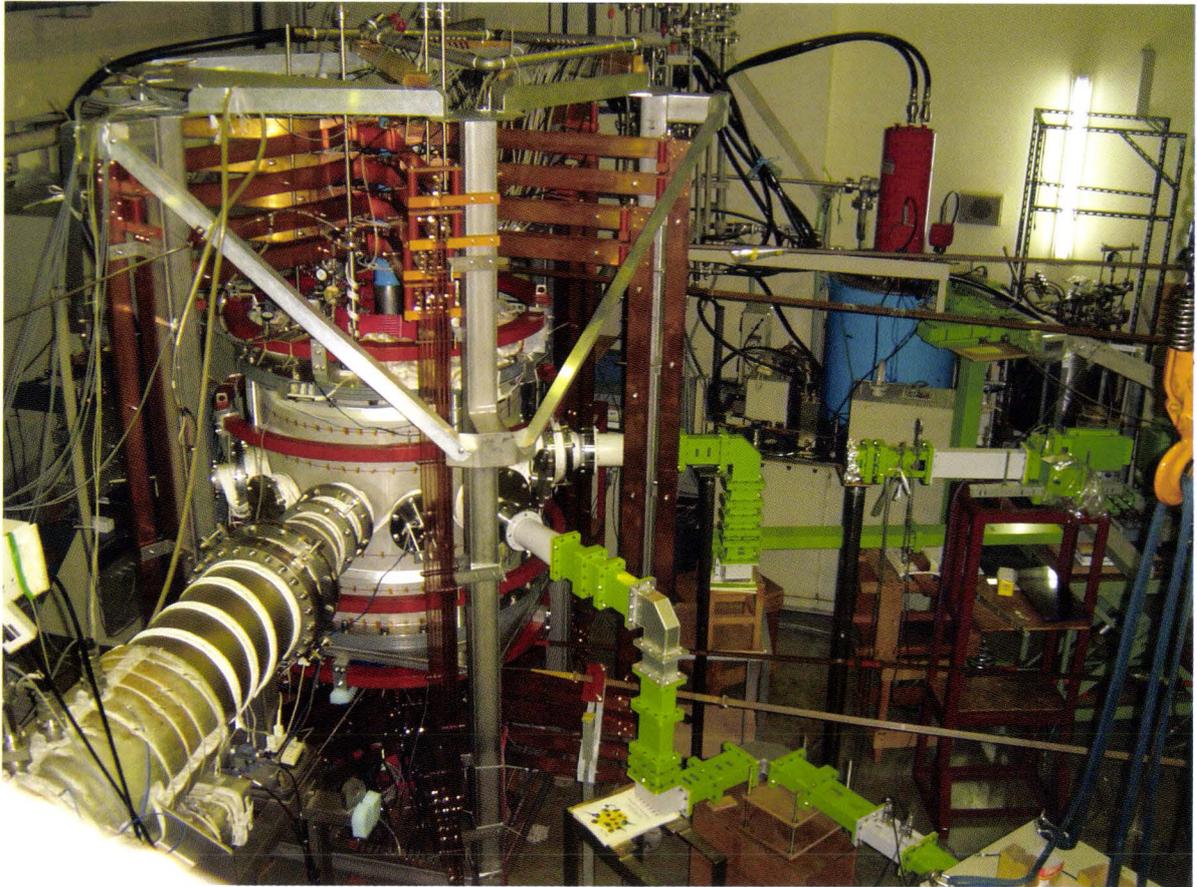


図3.1.17 低アスペクト比トーラス実験装置(LATE)

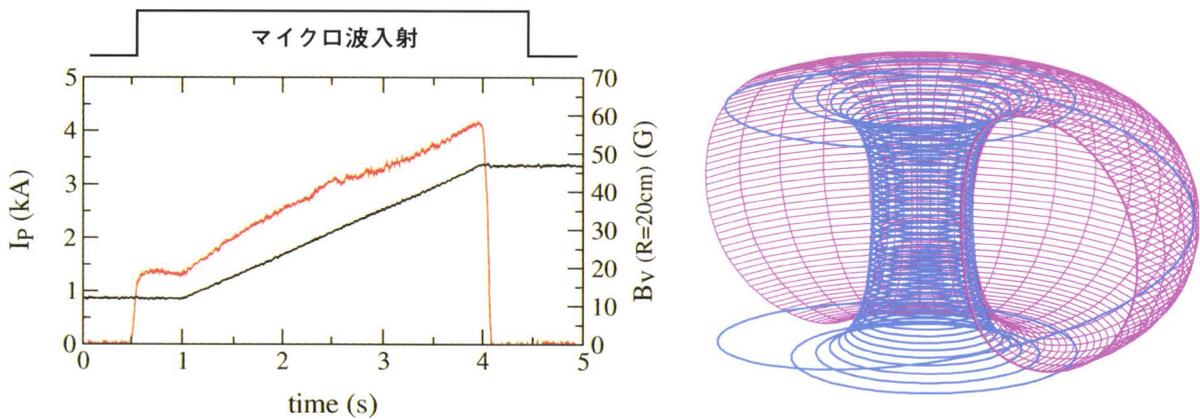


図3.1.18 プラズマ電流 I_p (赤)と外部垂直磁場 B_v (黒)の時間発展、および形成された球状トカマク最外殻磁気面上の磁力線(青)

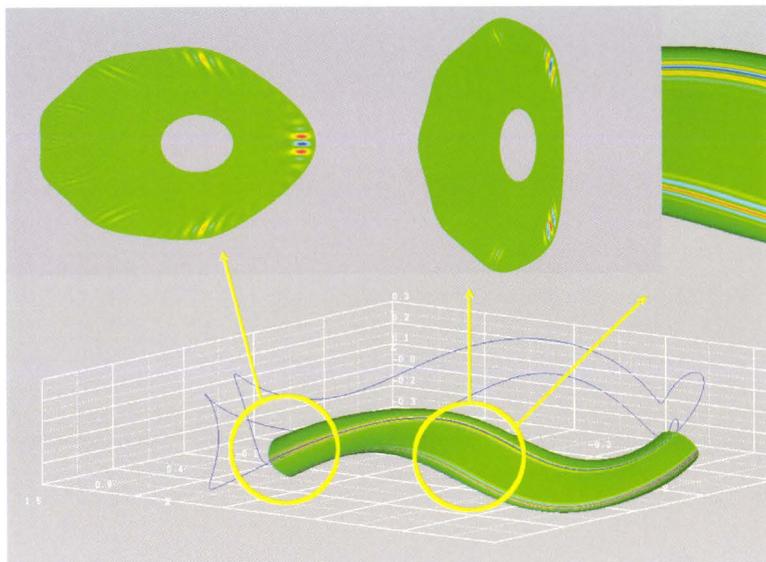


図3.1.19 トカマクとは異なり磁束管に局在した構造を持つヘリカル軸ヘリオトロン配位におけるバルーニング不安定性の圧力摂動

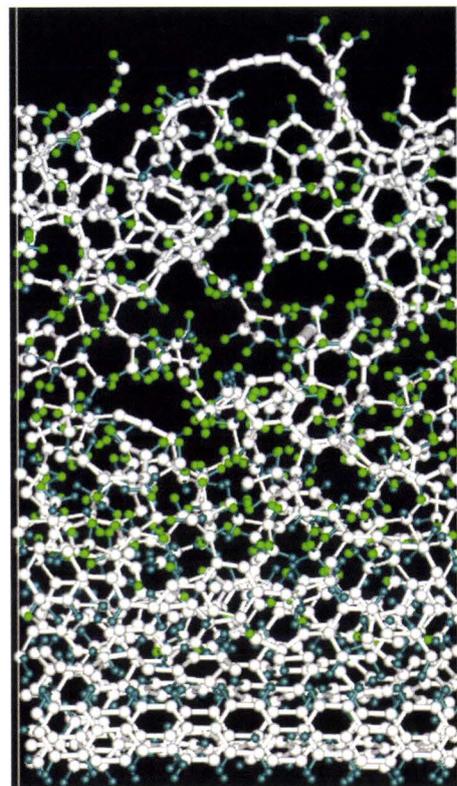


図3.1.20 水素プラズマを照射したポリマー壁(ポリフェニレン)の表面(MDシミュレーション結果)。各種壁面材用に対して水素プラズマ以外に、 C_xH_y 、 C_xF_y 、 NH_x 系等のラジカル照射の数値実験を実施

(3) プラズマの理論・シミュレーション研究

(エネルギー科学研究科 中村祐司、浜口智志、鈴木康浩、山田英明)

現在の高温プラズマ閉じ込め装置において、プラズマの閉じ込め性能を決める主要因は異常輸送と呼ばれるプラズマ乱流輸送だと考えられている。本研究では、抵抗性交換型不安定性、イオン温度勾配不安定性、抵抗性ドリフト不安定性など微視的不安定性に起因するプラズマ乱流輸送を、非線形シミュレーションを用いて解析している。その結果、核融合炉として最も研究の進んでいるトカマク型配位において、輸送の非拡散性・非局所性など、異常輸送の基礎的性質をこれまでに明らかにした。また、トカマクに比べ磁場配位が複雑で理論解析は容易でないが、より優れた閉じ込め性能を持つ可能性があるヘリカル系プラズマの非線形的性質も大規模な数値計算により解析している。ヘリカル系プラズマに関しては、本年度は、配位の基本的性能を決める三次元MHD平衡を厳密に求めるための数値解析コードの開発・整備、粒子輸送解析、プラズマ中の自発電流の解析、三次元MHD安定性解析を行うとともに、MHD安定性に対する運動論的効果の解析を行った。その結果、例として、ヘリオトロンJで実験的に観測されたプラズマ自発電流を、初めて理論的に検証することが可能となった。現在、これらの研究をさらに進展させるとともに、トカマクやヘリカル系を含むトラスプラズマに対して、階層的かつ統合的な数値シミュレーションを可能とする統合コードの構想・開発を国内外との共同研究を通じて進めている。さらに、コアプラズマの解析だけではなく、プラズマ表面相互作用の解析を行うために分子動力学シミュレーションコードの開発を行っている。その成果の一例として、炭素を主体とする壁材料を解析する原子間ポテンシャルを開発した。

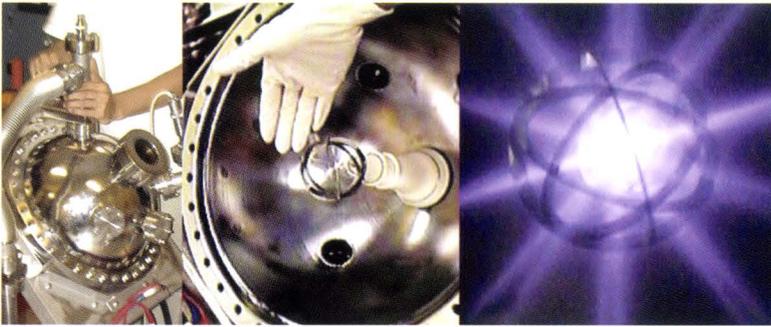


図3.1.21 プラズマ中性子・陽子源と中心部での放電の様子

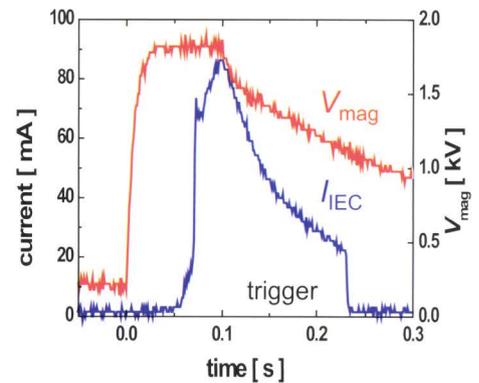


図3.1.22 マグネトロン型イオン源によるパルス運転制御

(4) 超小型中性子・陽子源の開発

(エネルギー理工学研究所 吉川潔、山本靖、増田開)

「プラズマエネルギー」の応用として、プラズマの静電閉じ込め方式を利用する超小型中性子・陽子源(図3.1.21)の開発研究を行っている。先端的应用として、がん医療や人道的地雷探知、非破壊検査等への可能性がある。現在、従来の達成値の百倍以上の中性子・陽子束向上を目指し、特に大きな課題である、グロー放電に起因する低エネルギー重水素イオンの割合を減少させ、高エネルギー成分を飛躍的に増加させ核融合反応率を高めるため、簡潔なマグネトロン型イオン源を併用する方式を考案し実験を行っている。その結果、高中性子束化に有効で、さらに特に人道的地雷探知において必須のパルス運転でも、このマグネトロン型イオン源で良好なパルス幅制御が実現でき、65kV、平均45mA、150msパルス運転で 1.7×10^6 n/pulse (2.1×10^7 n/s)の中性子発生に成功した(図3.1.22)。一方、理論シミュレーション研究においては、これまで難しかった実機性能の予測を可能とするなどの成果を得た。今後はこれらの成果を活用し、さらなる中性子源の高性能化と応用の早期実現を目指す。

(5) エネルギー・環境と先進的材料開発

(エネルギー理工学研究所 香山晃、檜木達也、神保光一、原田敏夫、朴峻秀、野沢貴史)

核融合炉や高温ガス冷却炉などの将来のエネルギーシステムを実現するために、超高温、高エネルギー粒子・量子場などの苛酷環境下での耐性に優れた材料の研究開発を行っている。フェライト鋼研究においては、従来材を凌駕する高温強度特性の飛躍的向上(世界最高)を達成した低放射化フェライト鋼を開発し、国際エネルギー機関(IEA)認定の国際サーベイランス材料を提供した。一方で、革新的セラミックス基複合材料(SiC/SiC)製造プロセスの開発に成功し、宇部興産(株)および三菱重工業(株)と共同して事業化へと展開中である。このSiC/SiC複合材料(図3.1.23)の利用により、タービン部品および再生熱交換器部品の耐熱性向上が可能となり、原子力発電所の発電効率を大幅に改善することが期待されている。また、デュアルイオンビーム照射施設(DuET)(図3.1.24)と呼ばれる世界最高水準の核融合模擬・制御照射装置を活用した研究活動により、核融合炉のためのSiC/SiC複合材料や低放射化フェライト鋼の照射研究における目覚ましい成果をあげており、エネルギー・環境に則した先進的材料開発研究による社会貢献が期待されている。

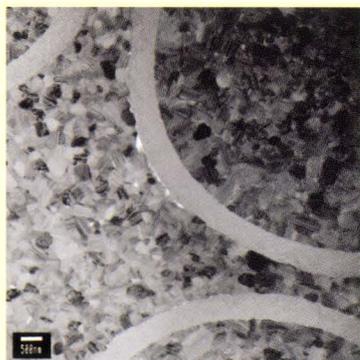


図3.1.23 SiC/SiC複合材料の微細組織



図3.1.24 デュアルイオンビーム照射施設(DuET)

(6) エネルギー変換機能材料の高機能化・高性能化

(エネルギー理工学研究所 木村晃彦、森下和功、笠田竜太、久保博嗣)

一般に、中性子やイオンなどの高エネルギー粒子線が材料に照射されると、材料の内部組織(相)が変化し、いわゆる照射脆化などの照射損傷を引き起こすことが知られているが、図3.1.25に示すように、ナノサイズの酸化物粒子を分散させた「酸化物分散強化」鋼の中性子照射後の特性を調べた結果、ODS鋼は、照射による伸びの低下を伴わない、優れた耐照射性能を示すことを発見した。この現象は、従来の金属材料には見られなかった現象であり、照射環境で使用する場合の革新的な構造材料といえる。しかも、高温強度特性に優れており、熱効率の高いプラントへの適用が可能となる(図3.1.26)。

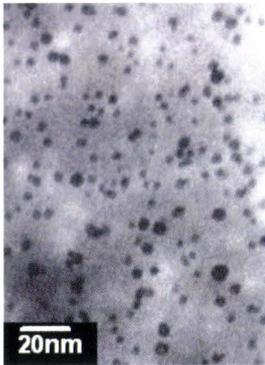


図3.1.25 飛躍的な材料性能向上を可能にした酸化物分散粒子

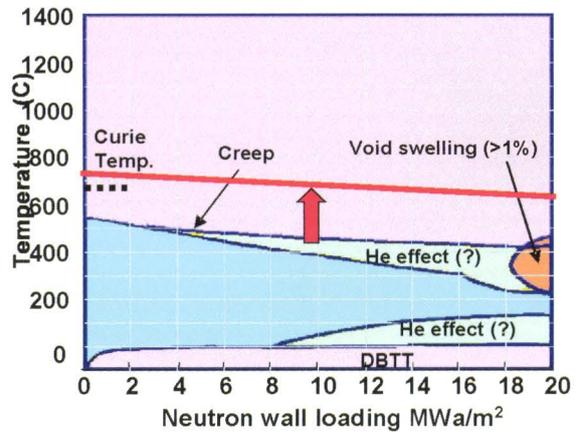


図3.1.26 ODS鋼は、核融合炉ブランケットのデザインウィンドウを大幅に拡大。

3.2 水素エネルギー

本研究課題では、クリーンなエネルギー媒体としての水素の製造・貯蔵・利用に関わる独創的技術をもとに、水素エネルギーシステムの中長期的技術課題を基礎的に研究する。本年度は、9分野の課題を挙げてそれぞれ分担して研究を行った。得られた結果は、次のようにまとめられる。

- 1) 水素エネルギーシステムのための高効率アンモニア電解合成法と低温でも高い導電率を示す固体電解質材料および複合固体電解質材料を開発した。
 - 2) 酸化物を同時に還元する方法により水素吸蔵合金を作製することに成功した。
 - 3) アルカリ溶解とpH制御により珪藻土から5N程度のシリカを得ることができた。
 - 4) バイオマスや廃プラスチックから鉄・水素同時製造法を実現した。
 - 5) 水素噴射によりエンジン負荷全域での絞りなし高効率運転を実現した。
 - 6) 高温材料の微視的な領域の変形と損傷の相関を明らかにした。
- それぞれの分野について得られた成果の詳細は、以下の通りである。

3.2.1 新規な電気化学反応による水素エネルギー技術の開発

(エネルギー基礎科学専攻 伊藤靖彦、萩原理加)

(1) 新規アンモニア電解合成法およびアンモニア燃料電池の開発

熔融塩を用いた新規アンモニア電解合成法に関して、アノードの電極構造を改良することにより、アンモニア合成速度を大きく向上させ得ることを明らかにし、電流効率77%を達成した。熔融KOH-H₂O系を電解質とすることで、150℃においてアンモニア燃料電池が構築可能であることを確認した。また、アンモニア酸化が起こるアノードにおける電極触媒として、白金よりもルテニウムが優れていることを明らかにした。

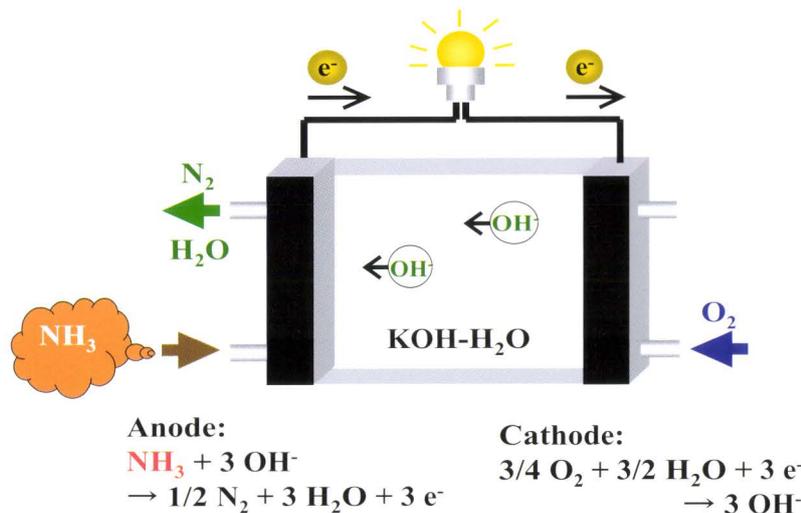


図3.2.1 熔融KOH-H₂Oを用いた直接型アンモニア燃料電池

(2) 新規室温熔融塩の開発およびその水素エネルギー変換デバイスへの応用

オニウムカチオンとフルオロハイドロジェネートアニオンを組み合わせることによって高い導電率および広い電気化学窓を有する新規室温熔融塩の開発に成功した。特にアノードリミットは著しく拡張され、電気二重層キャパシタのエネルギーおよびパワー密度を大きく向上させることができる。熱重合法によりこれらの室温熔融塩をポリマーと複合化した固体電解質を作製する技術を開発した。これらの結果から室温熔融塩を燃料電池電解質への応用への道が開かれた。

(3) 高効率水素エネルギー変換および省エネルギーのための新規材料の創製

熔融塩中での窒化物イオンの酸化反応を利用したステンレスの電気化学的表面窒化に成功した。この方法によれば、電解電位を貴にする程、窒化物層の成長速度および窒素濃度を増大させることが可能であることを明らかにした。また、得られた窒化物は、高硬度かつ高熱伝導であり、これらの特性は、高効率水素エネルギー変換および省エネルギーに資する構造材料として有望であることが期待される。

3.2.2 電気化学的水素エネルギー変換のための高機能固体酸化物イオニクス材料の開発

(エネルギー基礎科学専攻 八尾 健)

水素エネルギーから電気エネルギーへの高効率変換を実現する上で、高性能な燃料電池の開発が大変重要である。電極、電解質がセラミックス材料からなる固体酸化物形燃料電池は、高いエネルギー変換効率が高得られることから、大きな期待が寄せられている。現在、コストや耐久性の点から作動温度の低下が検討されているが、それを実現するためには、高い酸化物イオン導電性を有する固体電解質材料が重要である。Ba₂In₂O₅は低温においてはペロブスカイト型構造から酸化物イオンが規則的に欠損した斜方晶ブラウンミレライト型構造をとる。約930℃以上では酸素空孔の配列が無秩序化し、立方晶ペロブスカイト型構造となる。酸素空孔の配列の無秩序化により、Ba₂In₂O₅の導電率は高温で高い値を示す。これまでの研究で、Ba₂In₂O₅のInを他の元素で置換することによって、低温でもその高い導電率が維持されるこ

とを明らかにしてきたが、低い酸素分圧において、Inイオンが還元されるため、固体電解質としての利用に問題があった。Ba-In系酸化物のInの代わりに低い酸素分圧でも安定なScを用いたBa-Sc系酸化物に着目した。Ba₂In₂O₅のScの一部をZrで置換したBa-Sc-Zr系酸化物は欠陥ペロブスカイト型構造をとり、良好な導電特性を有することを明らかにした。図3.2.2にBa₂(Sc_{1-y}Zr_y)₂O_{5+y}の全導電率を示す。

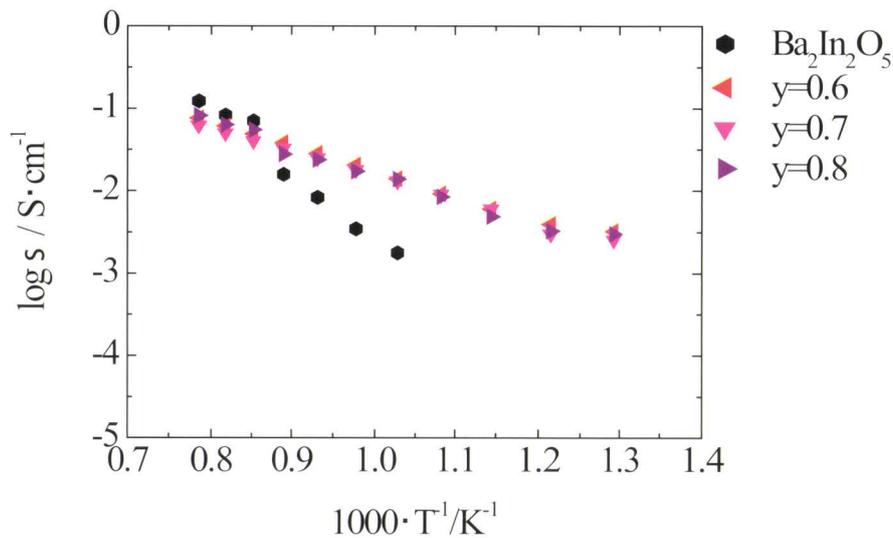


図3.2.2 Ba₂(Sc_{1-y}Zr_y)₂O_{5+y}の全導電率

3.2.3 V-Ti-Cr系金属合金の創製と水素吸蔵特性

(エネルギー応用科学専攻 鈴木亮輔)

水素の貯蔵に水素吸蔵合金を用いる際の問題点の一つは、そのコストが高いことであった。これは酸化物を還元して純金属にした後、これらを混ぜ合わせて合金を作製し、さらに粉砕して所定の粒度に分別する必要があるからで、この長い製造プロセスによる高コスト化を改善する必要がある。本研究では軽量で水素吸蔵量大きいTi-V-Cr系合金を例にとってその安価な製造法を開発している。

酸化物を混合して強い還元性雰囲気中で酸化物混合体を同時に還元し、合金粉末を得る方法を考案した。還元剤としてCaを用いると40%の酸素を含む難還元性酸化物である酸化チタンであっても残留酸素濃度500 ppmという高純度チタンを製造できることを示した。本手法の基礎的知見を得た後、酸化チタンよりは還元容易な、酸化バナジウム、酸化クロムと混合しCaを作用させたところ、それぞれ、二元系合金であるVTi合金、Cr₂Ti化合物を合成することに成功した。合成反応に副生するCaOは反応温度でCaCl₂に溶解させることで残留Ca分の少ない、酸素濃度の低い、組成の制御された合金粉末を得ることに成功した。

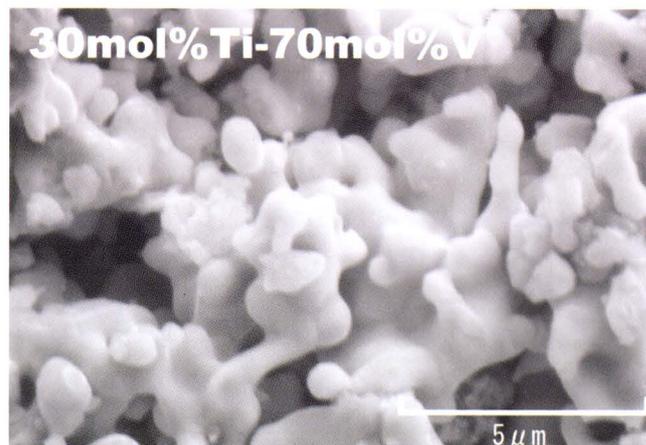


図3.2.3 作製した水素吸蔵合金粉末の電子顕微鏡写真

図は得られたV-30%Ti合金粉末の形状を示す。広い表面積を持つ珊瑚状の粉末であり、適当な活性化処理を付与すれば従来法による水素吸蔵合金と同等の性能を持つ水素吸蔵特性を示す。現在副生するCaOを熔融したCaCl₂から還元剤であるCaの形でリサイクル回収するプロセスも開発中であり、プロセス全体としてはCaを不要とする製造方法を確立中である。本法は新しい製造方法として広く水素吸蔵合金の作成に用いることができよう。

3.2.4 珪藻土の高純度化と形態制御による水素エネルギーシステム

(エネルギー応用科学専攻 楠田 啓、陳 友晴)

珪藻土は海成層と湖成層に分類され、両者ともに非晶質シリカから成る珪藻殻と粘土鉱物などの破屑物から構成されている。シリカの苛性アルカリへの溶解に関する相違は認められなかった。シリカ溶出量との相関性からAl、K、Feの溶出は主に破屑物から、Bは珪藻殻からの溶出に起因すると考えられた。海成層産に比較して湖成層産試料のB溶出量は著しく低いことが判明した。

苛性アルカリへの溶解速度に及ぼす温度、攪拌時間、NaOH濃度などを検討しつつある。シリカはpHが10.5より小さい領域で析出するのに対して、AlはpH11以下で、FeはpH12.1以下から析出し始める。珪藻土にアルカリ溶解、シリカ析出、酸リーチング操作を行った結果、Bは1.2ppm、Pは7ppm未満、Uは0.06ppbと極めて良好な分析結果が得られ、珪藻土を5Nの高純度シリカに精製することができた。XRDおよびSEM観察の結果、このシリカは非晶質であり、数十から数百nmの球形に近い微細粒子の凝集体であることがわかった。

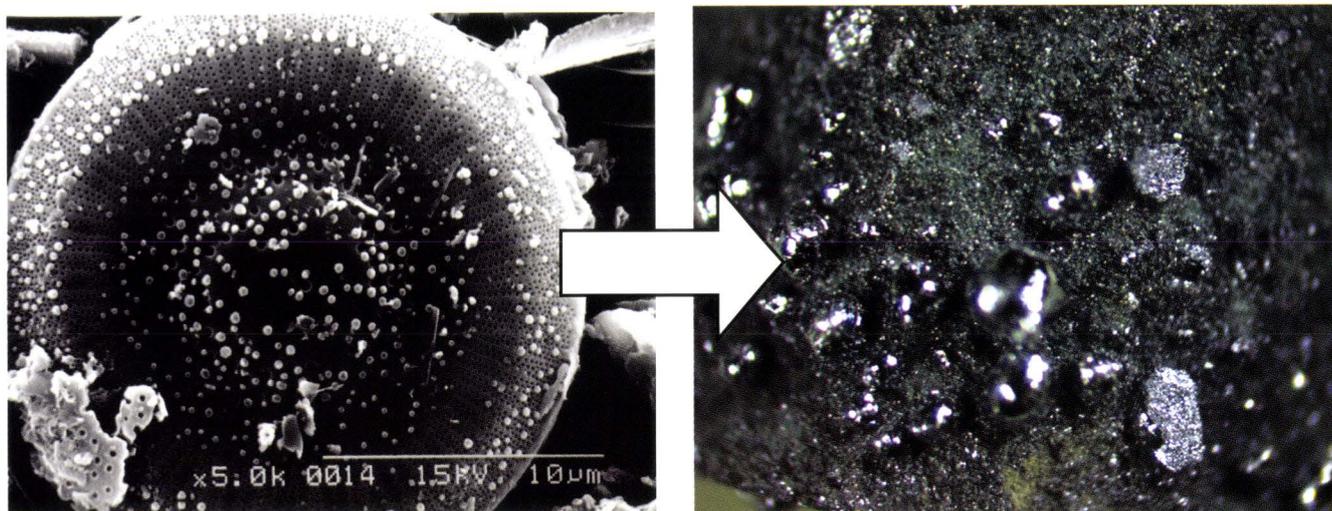


図3.2.4 珪藻土および還元試料

この精製珪藻土を用いて現在、電気炉中で還元剤Cと混合し、不活性ガス気流中で加熱還元反応を行い、還元反応機構を検討中である。図3.2.4に得られた試料表面観察結果を示す。今後は、シリカの形態制御を行い、その純度を向上させることに努力するとともに、還元反応機構をさらに検討するために、還元反応生成ガスの分析や生成物の同定を行ってゆく予定である。

3.2.5 バイオマスのガス化による酸化鉄還元と水素製造

(エネルギー応用科学専攻 岩瀬正則)

酸素:炭素=1:1(モル比)となるようにヘマタイト粉末(純度99wt%)と木材粉末とを混合し、1673~2073Kにおいてガス化した。サンプルは直径10mm、高さ7mmの円柱状である。図3.2.5(左)に各温度で生成した凝縮相を示す。ガス化温度1673K(鉄の融点以下)においても金属鉄が粒状で生成しており、浸炭が進行していることがわかる。

図3.2.5(右)には生成したガス相の組成を示す。バイオマス中の水素は還元反応には消費されず水素ガスとして回収できることがわかる。

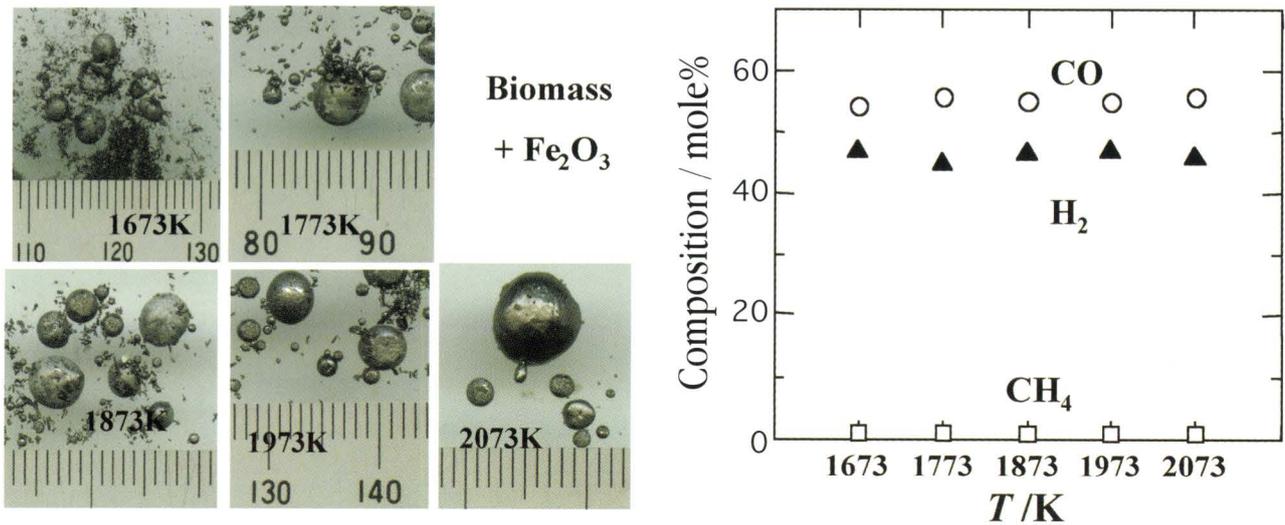


図3.2.5 バイオマス-ヘマタイト混合物のガス化によって生成した凝集相およびガス相の組成

3.2.6 高効率クリーン水素エンジンの最適設計

(エネルギー変換科学専攻 塩路昌宏、モハンマディ・アリ)

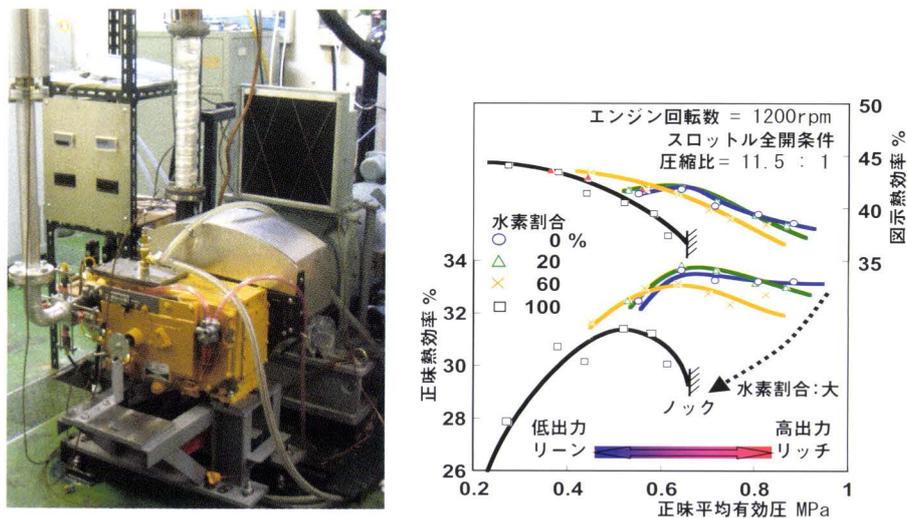


図3.2.6 エンジン実験設備および水素-天然ガス混合燃料エンジンの性能

本研究課題では、水素の効率的利用の観点から、小規模分散型高性能クリーン動力変換システムとしての水素エンジン技術の要件と方法を示す。特に、水素特有の燃焼特性の活用によりエンジンを高効率化・高出力化することを目的として、オンボード改質水素を利用するエンジンシステム設計、シリンダ内直接噴射による混合気形成の制御と最適着火法の提案、水素エンジン設計のための数値シミュレーションコードの開発、などの研究を計画している。本年度は、単シリンダ試験機関およびガス噴射弁、エンジン性能・排気特性計測機器を総合した実験装置(図3.2.6左)を構築するとともに、超希薄燃焼が可能な水素と耐ノック性に優れた天然ガスとの混合燃料による実験を実施した。種々の条件における実験結果に基づき、水素割合を負荷に応じて調節することにより、広い運転範囲において高効率運転が実現できることを示し(図3.2.6右)、新しい水素エンジンの開発・設計および実用化の提案が可能となった。

3.2.7 微小重力環境下の水素エネルギーシステムと電気化学プロセス

(エネルギー応用科学専攻 石井隆次、福中康博、日下英史)

工業水電解技術課題は過電圧の低い電極材料の開発に尽きるが、電極表面での気泡/電解液/電極から成る3相界面現象の定量的検討は十分ではない。発生気泡に起因するミクロとマクロ混合現象の定量化が必要であるが、上昇気泡によって誘起される自然対流の存在が、解析を困難にしている。

種々の落下塔微小重力環境下の水電解実験によって、電極表面の H_2 、 O_2 ガスの表面被服率、ボイド率、過飽和度を推定することを試みつつある。 H_2SO_4 や KOH 水溶液を満たした光学セル中に浸漬した2枚のPt電極表面に発生する H_2 や O_2 ガス発生挙動がCCDカメラで観察されるとともに、電流や電位の経時変化と対応づけることが試みられた。 KOH 水溶液の場合には陰極表面で気泡が離脱せず、いわゆるフロス層が形成されて、重力場現象と大きな差異が生じる(図3.2.7)。また、8秒間の電解時間では、物質移動抵抗の上昇により、電流が流れなくなる現象は認められなかった。気泡が会合する際に電解液が混合攪拌されていると考えられる。陽極で発生する酸素ガスは陰極で発生する水素ガスに比較して見かけの接触角が大きいことが認められた。 H_2SO_4 水溶液系の場合、 H_2 気泡発生数は少なく、地上実験の場合でも、気泡径が1mm以上に成長しても、陰極面から離脱することはほとんど認められなかった。3相界面の濡れ性が電極反応に関して極めて重要である。

光触媒利用有機物分解や疎水性粒子運動の流体力学的解析も実施している。

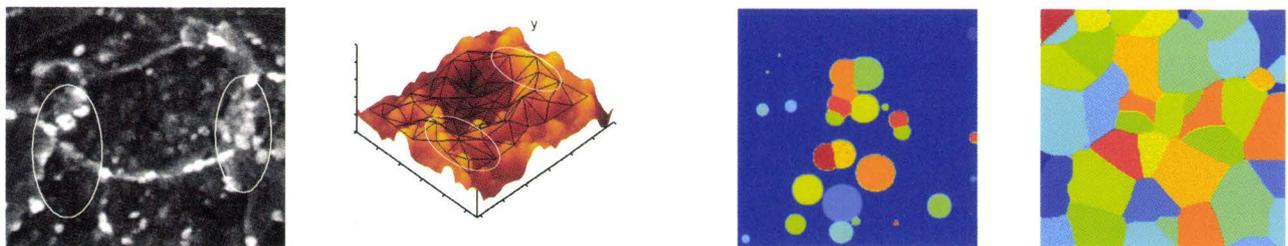


図3.2.7 通常重力および微小重力環境下の水電解

3.2.8 水素利用機器構成材料の熱・力学的挙動に関するマクロ/ミクロ結合解析

(エネルギー変換科学専攻 星出敏彦、今谷勝次、上原拓也)

水素エネルギー利用機器に要求される材料の強度特性に影響を及ぼす材料の微視組織形成過程の解析を行うため、高温材料の微視的変形挙動の観察と数値解析を試み、さらにフェーズフィールド法を用いた計算機シミュレーションによって結晶成長挙動の解析を行った。Mod.9Cr-1Mo鋼の高温塑性変形に伴う表面の変形を実験的に検討して、粒界近傍におけるひずみの集中と損傷起点の形成(図3.2.6(a))を明らかにした。さらに結晶塑性に基づく数値解析を行って、粒界の幾何学的特性がミクロなひずみ分布に支配的な因子となることを明らかにした。凝固過程におけるデンドライトおよびファセット形状の結晶化過程に加え、多結晶形成過程のシミュレーションも行い、液相内における核生成から、結晶成長および粒界形成によって多結晶組織が形成される過程を再現した(図3.2.6(b))。界面近傍の解析を効率よく行うため要素再分割を伴うアルゴリズムの構築と応力との連成を考慮したフェーズフィールドモデルの定式化を行った。



(a)高温変形の微視的様相(SEM左、AFM右)

(b)核生成(左)から多結晶体の形成(右)まで

図3.2.8 材料の微視的変形挙動と結晶成長シミュレーション

3.2.9 水素エネルギーシステムを担う材料の安全評価技術の確立

(エネルギー変換科学専攻 松本英治)

水素エネルギーを始めとする近未来エネルギーシステムの実用化のために、その機構を担う材料開発とそれらの材料やシステム構造の安全性を評価することを目的としている。今年度は、材料内部あるいは容器や配管の内壁に存在する欠陥を検出して画像化する技術の開発研究を行った。下の各図は、それぞれ平板、円管、球状容器の背面や内壁に存在する欠陥を検出した例である。そのために、外面に圧電フィルムや磁性薄膜を形成して、外面に現れる微小な変形の分布を電磁氣的量に変換して検出・画像化する方法を考案した。

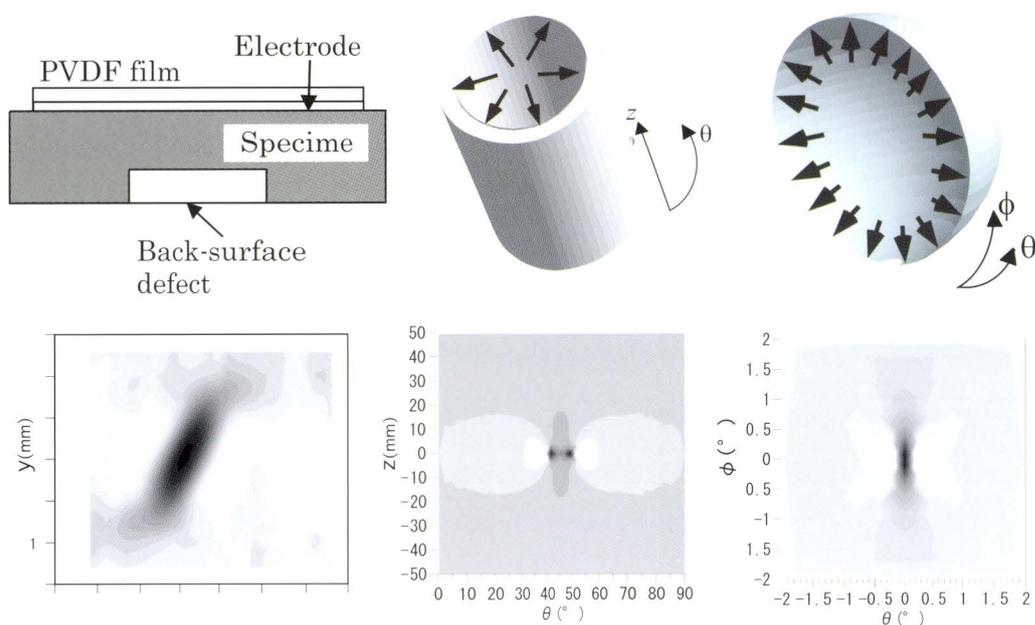


図3.2.9 PVDFフィルムによる背面および内壁に存在する欠陥の可視化像

3.3 バイオエネルギー

エネルギー問題、地球環境問題が深刻になるに伴い、再生可能、カーボンニュートラルで莫大な賦存量を有するバイオマスが、環境調和型のエネルギー源として期待されている。我々の近年の調査では、我が国で年間約3億7,000万トンのバイオマス資源が発生し、うち約7,700万トンが有効利用されずに廃棄されている。後者は二酸化炭素重量に換算すると約1億2,700万トンで、これは1990年における我が国の二酸化炭素排出量の約11%に相当している。したがって、これらバイオマス資源のエネルギー源や有用ケミカルズとしての利用は、京都議定書での我が国の二酸化炭素排出量削減目標の達成に有効と考えられる。

本研究タスク「バイオエネルギー」では、表3.3.1に示すように、環境負荷の小さい超臨界流体技術を用いた京都大学独自のバイオエネルギーの創製を試みている。なお、ここに示した研究課題はこの1ヶ年の研究を経て2002年度版から現状に即した内容に修正されている。すなわち、超臨界アルコール技術によるバイオマス資源からの液体バイオ燃料(A-1)、超臨界水技術により得られた木質バイオマスからのバイオエタノール燃料(A-2)および超臨界水技術によるメタン・メタノール生産(A-3)、さらには超臨界メタノールによる油脂類からのバイオディーゼル燃料(A-4)、さらには熱分解制御技術による液体燃料の創製(A-5)からなっている。A-2でのバイオエタノールについては、超臨界水処理で生成する各種生成物(A-2,a)についてのアルコール発酵の阻害物質に関する研究(A-2,b)およびペントース、ヘキソース同時発酵による高効率エタノール生産(A-2,c)を検討している。また、A-3ではリグノセルロースから得られる有機酸などからのメタン生産(A-3,a)さらにこのメタンを液体燃料に変えるメタノール生産(A-3,b)について研究を行っている。得られた各種バイオ燃料(A-1～A-5)について、それらの燃料技術の高度化と燃料設計の策定(B-1)を試みている。さらに、これらバイオ燃料を用いた際に生じるCO₂のバイオ燃料への再変換についても検討(C-1)を加え、CO₂ゼロエミッション型エネルギー生産・利用技術の確立を図っている。得られたバイオ燃料による輸送システムのイメージ図を図3.3.1に示す。

環境負荷の小さい超臨界流体技術によるバイオエネルギーの創製

A) バイオ燃料の創製

- A-1 超臨界アルコール技術による液体バイオ燃料の創製 (坂)
- A-2 超臨界水技術によるバイオエタノール燃料の創製
 - a) リグノセルロースの超臨界水分解 (坂)
 - b) バイオエタノール発酵における阻害物質 (宮藤・坂)
 - c) バイオエタノール高効率発酵プロセスの開発 (牧野・小瀧)
- A-3 超臨界水技術によるメタン・メタノール生産
 - a) リグノセルロースからの有機酸・メタン生成 (坂)
 - b) バイオメタンからのバイオメタノール変換 (大久保・森井・佐川)
- A-4 超臨界メタノール技術によるバイオディーゼル燃料の創製 (坂)
- A-5 熱分解制御技術による液体バイオ燃料の創製 (河本・坂)

B) バイオ燃料の特性評価と高度化

- B-1 各種バイオ燃料(A-1、A-2、A-3、A-4)の燃焼技術の高度化と燃料設計指針の策定 (石山・川那辺・A. Mohammadi)

C) バイオマス由来CO₂のバイオ燃料への再変換

- C-1 バイオマスを資源としたCO₂ゼロエミッション型エネルギー生産・利用技術の開発 (大久保・森井・佐川)

表3.3.1 バイオエネルギー

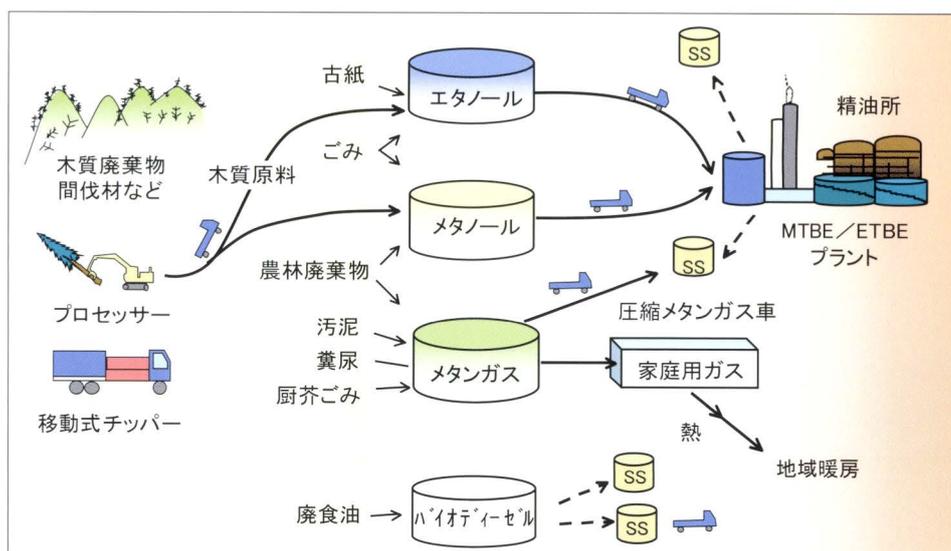


図3.3.1 バイオマス資源からの高品位バイオ燃料と輸送システム

A バイオ燃料の創製

A-1 超臨界アルコール技術による液体バイオ燃料の創製

(エネルギー社会・環境科学専攻 坂 志朗、河本晴雄)

(1) 背景および目的

固体バイオマスは石油や天然ガス等と比較してかさ高く、輸送や貯蔵等の取り扱いには不便である。このため林地残材や廃木材等の多くは未利用のまま廃棄されており、十分活用されていない。これらの有効利用の一つの可能性として、固体バイオマスの効果的な液化技術の開発が期待されている。

そこで本研究では、超臨界アルコール処理により木質系バイオマスをアルコールに可溶化することで新規な液体バイオ燃料の創製を検討している。メタノールやエタノールはバイオマスから製造が可能であり、これらバイオアルコールにバイオマスを可溶化することで、バイオマスのみを起源とした液体燃料の創製が期待される。これまでに、超臨界メタノール処理による木質系バイオマスの液化を検討し、350℃/43MPaの条件で90%以上の木材をメタノールに可溶化することに成功した(図3.3.2)。さらに、定容燃焼装置を用いた着火試験により、メタノール可溶部の液体燃料としての可能性を評価した。しかしながら、メタノールでは木材の可溶化に約30分という比較的長い処理時間を要することや、発熱量が低いなどの課題があった。

そこで本年度には、メタノール以外の種々のアルコールを用いた木質系バイオマスの液化を行い、その分解挙動を調べるとともに、液体燃料の創製や有用ケミカル回収の可能性を検討した。



図3.3.2 超臨界メタノールによる木材からのメタノール液化物

(2) 材料および方法

バッチ型超臨界流体バイオマス変換装置を用い、270℃および350℃の条件で木質系バイオマスの超臨界アルコール処理を行った。バイオマス試料としてブナ(*Fagus crenata*)木粉を用い、アルコールとしてメタノール、エタノール、1-プロパノール、1-ブタノールおよび1-オクタノールを使用した。処理後の試料は0.2mmのメンブランフィルタで濾過し、アルコール不溶残渣とアルコール可溶部に分離した。

(3) 研究の具体的成果

270℃の条件では、実験に用いたすべてのアルコールにブナ木粉は可溶化されたが、いずれの場合も30分の処理で60%程度アルコール不溶残渣が回収された。硫酸法によりこれら不溶残渣の組成を分析した結果、主にセルロースが可溶化せずに残存していることが判明した。したがって、この条件ではリグニンやヘミセルロースは可溶化するが、セルロースの可溶化は進行しないことが明らかとなった。さらに、アルコール炭素鎖数が増加するに従い、リグニンの可溶化の進行がやや遅くなる傾向が観察された。

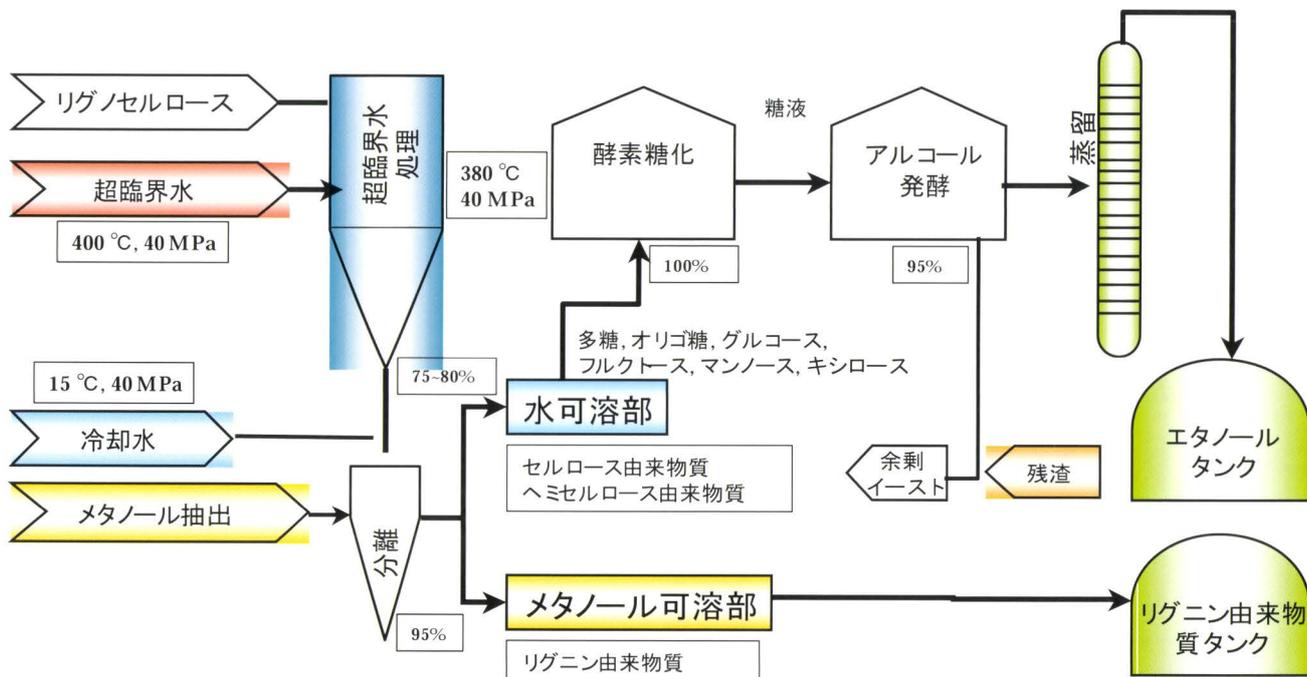
一方、350℃の条件では、いずれのアルコールの場合でも90%以上の木粉が可溶化された。さらに、アルコール炭素鎖数の増加に伴い木材の可溶化が促進され、1-オクタノールでは約3分で95%のブナ木粉が可溶化した。不溶残渣組成の分析の結果、これはセルロースの分解速度がアルコール炭素鎖数の増加に伴い、急激に増加するためであることが判明した。以上の結果により、各種アルコールによる木質系バイオマスの効率的な液化が実現され、各種アルコールベースの液体バイオ燃料創製の可能性が示された。

(4) 今後の研究課題

今後、得られたアルコール可溶部の着火試験や各種特性の評価(曇り点、流動点、目詰まり点および動粘度など)を行い、これらの液体バイオ燃料としての特徴および可能性を検討する。

A-2 超臨界水技術によるバイオエタノール燃料の創製

図3.3.3にはリグノセルロースからの超臨界水によるエタノール製造プロセスを示す。この製造プロセスにはa)超臨界水によるリグノセルロースの瞬時的加水分解、b)超臨界水処理で生成した分解物中の糖類からのエタノール発酵における発酵阻害物の除去、c)糖類からの高効率なエタノールへの発酵のステップが重要な研究対象であり、それらの要素研究が進められている。



<出典> S. Saka and K. Ehara Cellu. Commun. 9(3), 137143 (2002)

図3.3.3 リグノセルロースからの超臨界水によるエタノール製造プロセス

a) リグノセルロースの超臨界水分解

(エネルギー社会・環境科学専攻 坂 志朗、宮藤久士)

(1) 背景および目的

本研究では、リグノセルロースの超臨界水(>374°C、>22.1MPa)による化学変換を利用し、リグノセルロースの構成成分であるセルロースやヘミセルロースからはエタノールを、一方、リグニンからは有用ケミカルスを生産することを目的としている。したがって本年度は、超臨界水と亜臨界水中でのセルロースの分解挙動を比較するとともに、超臨界水と亜臨界水を組み合わせた処理によってエタノール生産の原料となる糖類の収率向上を試みた。また、リグニン由来物質の利用用途開発のために、広葉樹材であるブナの超臨界水処理で得られるメタノール可溶部の構造解析も試みた。さらに、リグノセルロースからのメタン生産において、超臨界水処理が前処理として位置づけられるかどうかを判断するために、セルロースの超臨界水処理で得られる有機酸を同定および定量した。

(2) 材料および方法

木質系バイオマス資源としてブナ(広葉樹)およびセルロースを用いた。バッチ型もしくは流通型装置を用いて試料を所定の条件で処理した。超臨界水または亜臨界水で処理された試料は、水可溶部、沈殿物、メタノール可溶部およびメタノール不溶残渣に分離された。各画分は各種機器で分析された。

(3) 研究の具体的成果

超臨界水および亜臨界水中でセルロースは、主に加水分解、脱水および断片化によって変換されていくことが明らかとなっている。しかしながら、処理圧力を一定とした場合の超臨界水処理と亜臨界水処理では、次のような点でセルロースの分解挙動が異なっていた。すなわち、超臨界水処理では、亜臨界水処理よりも内部からのグルコシド結合の開裂が起こりやすかった。また、加水分解で得られた糖類の過分解は、超臨界水処理では断片化反応で、逆に亜臨界水処理では脱水反応で進行しやすかった。これらの結果をもとに、糖類の収率向上を試みるため、ごく短時間の超臨界水処理の後に亜臨界水処理を後続させるという複合処理を試みた。その結果、複合処理は、超臨界水もしくは亜臨界水処理単独の場合よりも、糖類の収率を向上させることができた。

バッチ型装置によって、ブナ木粉を380℃、100 MPaの条件で8秒間処理し、得られたメタノール可溶部をGPCおよびGC-MSで分析した。その結果、メタノール可溶部中には、単量体から数量体程度のフェニルプロパン単位が存在していると推察された。また、11種のグアイアシル骨格を有する単量体物質と、15種のシリングル骨格を有する単量体物質がGC-MS分析で同定された。この結果から、広葉樹由来のメタノール可溶部に、多数の有用物質が存在することが確認された。

流通型装置によって、セルロースを380℃、40 MPaの条件で0.12から0.48秒間超臨界水処理し、得られた水可溶部をキャピラリー電気泳動で分析した。その結果、水可溶部中にピルビン酸、グリコール酸、乳酸、ギ酸および酢酸が存在することが明らかとなった。有機酸の収率は、処理時間が0.12秒のときには2.4%であったが、0.48秒のときには12.1%となり、処理時間が長くなるにしたがって増加していた。嫌気性発酵においては、今回の検討で得られた有機酸類が良基質となりメタンが生産される。したがって、超臨界水処理はリグノセルロースからのメタン生成のための前処理として期待できることが示された。

(4) 今後の研究課題

リグノセルロースの超臨界水処理を最適化するためには、処理温度、圧力および時間などの影響を引き続き検討する必要がある。また、リグニン由来物質の利用用途開発のためには、メタノール可溶部に含まれる2から数量体程度の構造解析も行う必要がある。さらに、今回新たに超臨界水処理がメタン発酵の前処理として利用できる可能性も示されたが、この点を明らかにするためにはセルロースからだけでなくリグノセルロースからの有機酸の生成についても検討する必要がある。

b) バイオエタノール発酵における阻害物質

(エネルギー社会・環境科学専攻 宮藤久士、坂 志朗)

(1) 背景および目的

近年、超臨界水法を用いたリグノセルロースの加水分解に関して研究が進んできているが、得られる加水分解液中には、糖類以外にも、糖の過分解物として生じるフルフラールやヒドロキシメチルフルフラールなどのフラン化合物、さらにグアイヤコールやバニリンなどのベンゼン環を有するリグニン由来のフェノール性化合物など、種々の化合物が副生成物として含まれている。これらの化合物は、得られる加水分解液中での含有量は非常に僅かであるが、エタノール発酵のプロセスにおいては、微生物に対して発酵阻害物質として働く場合があるため、得られた加水分解液の発酵性は低い、あるいは全く発酵が進まないことがある。そこで本研究では、リグノセルロースを代表する原料としての木材をバイオエタノール生産に有効利用していくため、超臨界水法を用いた加水分解により得られた加水分解液について、その発酵性の改善・向上を目的とした。

(2) 材料および方法

木材あるいはセルロースなどのバイオマスの超臨界水処理により得られた加水分解液に木質炭化物を加え、液に含まれるフラン化合物、リグニン由来のフェノール性化合物等の発酵阻害物質の吸着・除去を行った。処理液について高速液体クロマトグラフ(HPLC)あるいはガスクロマトグラフ-質量分析(GC-MS)から加水分解液中の糖類や発酵阻害物質の分析を行う

とともに、*Saccharomyces cerevisiae*を用いたエタノール発酵により、処理による発酵性改善の効果について検討を行った。また、グルコース水溶液にフラン化合物や他の糖由来の分解物あるいはリグニン由来物質を加えたモデル溶液を用い、エタノール発酵を行い、それらの発酵阻害性に関する検討も行った。

(3) 研究の具体的な成果

糖由来の分解物よりもリグニン由来物質の方が発酵阻害を引き起こすものが多かった。また、リグニン由来物質の方が低濃度で発酵阻害を引き起こすものが多いことがわかった。加水分解液の木質炭化物処理においては、木質炭化物は吸着性に優れており、フラン化合物やリグニン由来物質等の発酵阻害物質を吸着除去しうることが明らかとなった。また、含まれる糖類は木質炭化物に吸着されなかった。処理液について酵母によるエタノール発酵を試みた結果、無処理液では発酵が進まなかったのに対し、処理液ではエタノール発酵が進み、バイオエタノールが生成され得るようになった。

(3) 今後の研究課題

木質炭化物処理前後での発酵阻害物質の定量、木質炭化物処理条件の最適化、木質炭化物の特性評価。

c) バイオエタノール高効率発酵プロセスの開発

(エネルギー社会・環境科学専攻 牧野圭祐、小瀧 努)

(1) 背景および目的

化石燃料枯渇あるいは地球温暖化などの環境問題等の地球規模の重大な問題を解決する一つの方策として、バイオマスの更なる有効利用が望まれる。バイオマスは、植物などの生物が光合成により太陽エネルギーを用いて大気中の二酸化炭素を有機物質として固定したものであるため、その生成から利用までの各ステップをコントロールすることにより、地球環境への影響が少ないエネルギーおよび物質利用システムを構築することができる。バイオマスの有効利用は多岐にわたり、エネルギー関連物質としての利用は、一部ですでにバイオディーゼルあるいはバイオエタノール等のバイオ燃料として実用化されているが、多くの解決すべき問題が残されている。本研究では、バイオマスの更なる高効率生産・変換および有効利用に向けて主にバイオエタノールに的を絞って、分子論的観点より研究を進めるとともに、バイオエタノールの高効率生産システムの構築を目指す。

(2) 材料および方法

バイオマスからバイオ燃料(特にバイオエタノール)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あるが、本研究では、まず下記の2項目に焦点を絞った。すなわち、バイオマスから生成される糖としては、グルコースなどのヘキソースの他に、キシロース等のペントースもあるが、酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)はエタノール生産能は優れているが、ペントースを炭素源として用いる能力がない。そこで、*S.cerevisiae*にペントース資化能を遺伝子操作により導入し、ヘキソースのみならずペントースからもバイオエタノールを生産できる酵母を開発するために、ペントース代謝に関する酵素を他の生物(*Pichia stipitis*)より単離し遺伝子操作により、その酵素の高機能化および最適化を行った。また、エタノール高耐性の酵母を酵母変異株ライブラリーより、高濃度エタノール条件でも生存できることを指標として単離した。

(3) 研究の具体的な成果

ペントース代謝に関する酵素については、キシリトール脱水素酵素を遺伝子操作により改変することにより、補酵素特異性を変化させるとともに酵素安定化にも成功し、本酵素の高機能化および機能最適化を達成することができた。

エタノール高耐性酵母については、酵母変異ライブラリーをスクリーニングすることにより、現在までに7種類の独立したエタノール高耐性である酵母変異株を取得した。さらに、それらの原因遺伝子の同定も行った。

(4) 今後の研究課題

ペントース代謝酵素については、キシリトール脱水素酵素の更なる高機能化・機能最適化と

ともに、他のペントース代謝に関係する酵素についても同様の遺伝子操作による高機能化・機能最適化を行う。さらに、これらの組換え酵素を*S.cerevisiae*に導入しペントースを高効率にエタノールに変換する酵母の作成を目指す。

エタノール高耐性酵母については、今回取得した高耐性酵母変異株およびその原因遺伝子を詳細に解析し、さらなるエタノール高耐性酵母の構築を試みる。また、上記の遺伝子組換えペントース代謝酵素をこのエタノール高耐性酵母に導入し、高濃度エタノール生産株の開発を目指す。

さらに、バイオマスのバイオエタノール変換にかかわる、種々のプロセスと本研究の成果とを組み合わせることにより、トータルとしてのバイオマスからの高効率なエタノール変換プロセスの開発を目指す。

A-3 超臨界水技術によるメタン・メタノール生産

図3.3.4には超臨界水によるリグノセルロースからの低級脂肪酸や糖類などの生成物のメタン生成菌によるメタン生産と得られたメタンからのメタンモノオキシゲナーゼ(MMO)による液体メタノールへの変換プロセスを示している。本テーマでは、a)リグノセルロースからの超臨界水処理による有機酸への変換と得られた有機酸のメタンへの生成変換、b)メタンの液体燃料としてのメタノール変換について要素研究を行っている。

a) リグノセルロースからの有機酸・メタン生産

(エネルギー社会・環境科学専攻 坂 志朗)

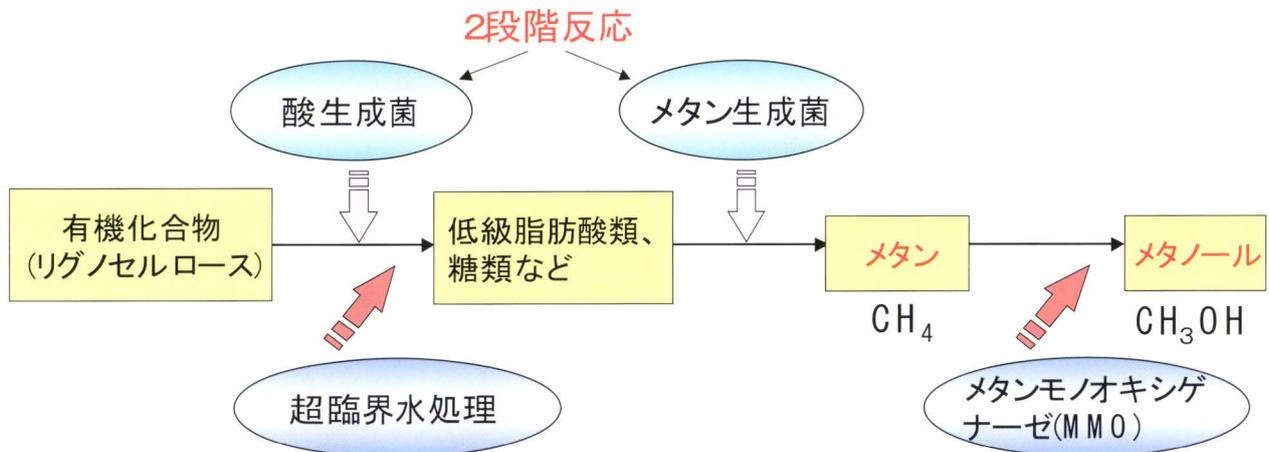


図3.3.4 超臨界水によるリグノセルロースからのメタン・メタノール合成

(1) 背景および目的

リグノセルロースは超臨界水処理(>374°C、>22.1MPa)により分解され、その構成成分のセルロースおよびヘミセルロースからは糖類が得られることが知られている。したがって、当研究室では超臨界水技術を用いたリグノセルロースからのエタノール生産プロセスを提案している(図3.3.3)。しかし同時に、超臨界水処理では、糖類が過分解した物質も生成し、これらの中で、有機酸は嫌気性メタン発酵の良基質と成りうる。そこで本研究では、リグノセルロースの超臨界水処理により得られる有機酸を分析し、その結果から、超臨界水技術がリグノセルロースの嫌気性発酵によるメタン生成の前処理として利用可能かどうかを検討した(図3.3.4)。

(2) 材料および方法

広葉樹のブナおよびその構成成分であるセルロース、キシラン、摩砕リグニン(MWL)を用いた。さらに、それらのモデル化合物として、グルコース、キシロース、コニフェリルアルコール、グアイアコールも用いた。これらの試料をバッチ型超臨界バイオマス変換装置により超臨界水処理(380°C、100MPa)し、水可溶部、メタノール可溶部およびメタノール不溶残渣に分離した。水可溶部については、高速液体クロマトグラフィー(HPLC)およびキャピラリー電気泳動(CE)で分析した。

(3) 研究の具体的成果

超臨界水処理したブナから水可溶部、メタノール可溶部およびメタノール不溶残渣がそれぞれ73.1%、24.1%および2.8%得られた。ブナの構成成分を単独で同様に処理したところ、多糖類であるセルロースおよびヘミセルロースの一種キシランからは、約90%の水可溶部が得られ、水不溶残渣からは約10%が得られた。一方、リグニンからは水可溶部が30%、メタノール可溶部およびメタノール不溶残渣はそれぞれ約40%、30%得られた。したがって、超臨界水処理で分解された木材成分のうち、多糖類は水可溶部へ、リグニン由来成分はメタノール可溶部へとメタノール不溶残渣へ分離されることが再確認された。

ブナから得られる水可溶部のHPLC分析を行った結果、単糖の分解物であるグリコールアルデヒド、ジヒドロキシアセトン、5-ヒドロキシメチルフルフラール(5-HMF)、フルフラール、有機酸などが検出された。さらに、水可溶部のCE分析を行った。ブナからは、ギ酸、ピルビン酸、グリコール酸、酢酸、乳酸、レブリン酸が検出され、酢酸が最も主要に得られた。セルロースとキシランから得られる水可溶部中にも同様の有機酸が検出された。しかしながら、MWLからは酢酸が生成していたものの、他の有機酸の生成はわずかであった。

セルロース、ヘミセルロース、リグニンのモデル化合物として、グルコース、キシロース、コニフェリルアルコール、グアヤコールを同様に超臨界水処理し、有機酸の生成について検討した。セルロース、ヘミセルロースのモデル化合物である、グルコースおよびキシロースからは、ギ酸、酢酸、グリコール酸、乳酸、ピルビン酸、レブリン酸が生成した。それに対し、リグニンのモデル化合物であるコニフェリルアルコールおよびグアヤコールからは、ギ酸、酢酸および乳酸がわずかに生成しているのみであった。すなわち、グルコースとキシロースからは有機酸が両者とも13%以上得られたのに対し、コニフェリルアルコールおよびグアヤコールからはそれぞれ1%未満であった。このことから、前述のMWL由来の酢酸はリグニンが分解して得られたとは考えにくく、MWLに残存している糖由来であったと推察される。

以上の結果から、ブナを超臨界水処理して得られる水可溶部中の有機酸は主にセルロース、ヘミセルロース由来であり、リグニン由来でないことが明らかとなった。嫌気性発酵においては、今回の検討で得られた有機酸類が良基質となりメタンが生産され得る。したがって、超臨界水処理はリグノセルロースからのメタン生成のための全処理として期待できる。

(4) 今後の研究課題

超臨界水処理をリグノセルロースからのメタン生産の前処理として利用するためには、処理温度、圧力および時間などの影響を引き続き検討する必要がある。また、超臨界水処理後のリグノセルロースの嫌気発酵性を比較する必要がある。

b) バイオメタンからのバイオメタノール変換

(エネルギー基礎科学専攻 大久保捷敏、森井 孝、佐川 尚)

(1) 背景および目的

バイオマスをもとにした燃料としてはバイオエタノールとともに、バイオメタンがあげられる。バイオメタンは燃料として使用可能であるが、化学資源化することによる有用性や移送する上での利便性を考慮すると、バイオメタンをバイオメタノールへと変換することは重要な課題である。環境負荷を考慮したバイオメタンからバイオメタノールへの変換反応としては、メタン資化菌など微生物を用いた変換法があげられるが、本COE研究では、メタン資化菌という微生物そのものではなく、微生物中でメタノール変換反応に直接関与している酵素に注目して研究を行う。sMMOは3つのタンパク質構成部分(ヒドロキシラーゼ;MMOH、リダクターゼ;MMOR、コンポーネントB;MMOB)からなる。MMOHはさらに α 、 β 、 γ サブユニットが2つずつ計6つのサブユニットタンパク質から構成されている。実際に直接メタンメタノール変換を行っているのはMMOHの α サブユニットタンパク質に含まれる鉄の二核錯体であり、MMOR、MMOBはそれぞれ補酵素であるNADH(還元型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド)の酸化ならびにそれに伴う電子の運搬に係わる部分である。したがって、バイオメタンをバイオメタノールへと変換するうえで、鉄イオンへの電子の供給を行えばMMOH単独で反応が進行すると考えられる。そこでバイオメタンをバイオメタノールへと変換するために、まずMM

OHを人工発現させることを試みた。

(2) 材料および方法

Methylosinum trichosporium OB3b、Methylocystis sp. MのゲノムDNAからsMMO遺伝子クラスター全体あるいはその一部をクローニングし、pETシステムを用いて作製した発現用ベクターを大腸菌BL21(DE3)へエレクトロポレーションにより形質転換した。菌体はLB培地で培養し37℃でタンパク質の発現を行った。

(3) 研究の具体的成果

MMOHはさらに α 、 β 、 γ サブユニットが2つずつ計6つのサブユニットタンパク質から構成されている。MMOH各サブユニットのDNAを別々の3つのベクターに組み込みタンパク質を発現させた結果、 α 、 β サブユニットは難溶性であり、 γ サブユニットは可溶性であることがわかった。 α 、 β 、 γ サブユニットを用いてMMOHの再構築を試みた結果、尿素溶液中各サブユニットを可溶化させ、透析によってバッファー交換をすることによりMMOHの再構築が可能であることが示唆された。

(4) 今後の研究課題

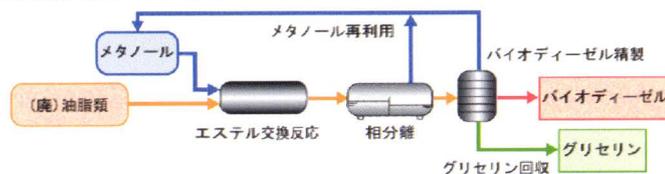
引き続きMMOHの再構築を検討するとともに、触媒活性部位を含む α サブユニットタンパク質単体での酵素活性発現の可能性を追求する。また、MMOHの α サブユニットとリダクターゼの複合系の作製を試みる。

A-4 超臨界メタノール技術によるバイオディーゼル燃料の創製

(エネルギー社会・環境科学専攻 坂 志朗)

図3.3.5には本研究グループによって開発された一段階超臨界メタノール法と二段階超臨界メタノール法のバイオディーゼル製造プロセスを示す。特に後者は平成15年度よりスタートしたNEDO「バイオマスエネルギー高効率転換技術開発」のプロジェクトに採択され、旭化成グループと豊田通商との産学連携プロジェクトとして実用化に向けての検討が進められている。

一段階超臨界メタノール法



二段階超臨界メタノール法

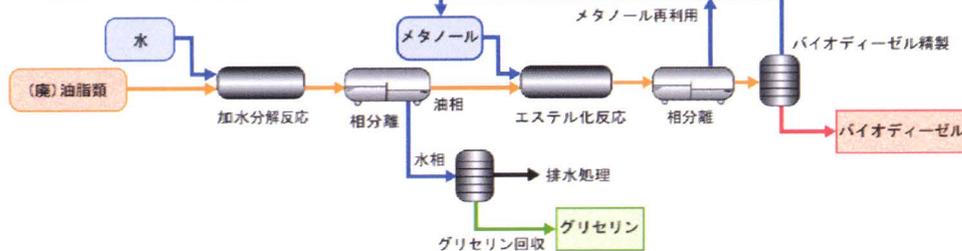


図3.3.5 超臨界メタノールを用いたバイオディーゼル製造プロセス

(1) 背景および目的

バイオディーゼル燃料(脂肪酸メチルエステル)は油脂の主成分であるトリグリセリドのエステル交換反応により得られ、商業的にはアルカリ触媒法が用いられている。しかしこの方法では、油脂原料中の遊離脂肪酸はアルカリセッケンとなり、さらに水分は触媒機能を低下させるため、未精製油脂や廃油脂類などの有効利用が困難であった。また、処理後には触媒やアルカリセッケンの除去を必要とするため、環境への負荷が避けられず、複雑な精製プロセスを要するなどの問題があった。

これらの問題を解決するため、昨年度までに超臨界メタノール法による無触媒でのバイオディーゼル燃料製造技術を開発した。この方法では遊離脂肪酸もメチルエステルに変換されるため、アルカリ触媒法よりもエステル収率が向上した。さらに、原料に水が含まれても高いエステル収率が得られ、本手法は廃油脂類等の利用に有効であることが示された。しかしながら350℃、20MPa以上という高温・高圧での処理が要求され、反応器に Hastelloy 合金などの高価な材料を要するなどの課題を残していた。

そこで本年度には、より穏やかな処理条件でのバイオディーゼル燃料の製造を実現するため、亜臨界水処理による油脂の加水分解と、超臨界メタノール処理による脂肪酸のエステル化反応を組み合わせた二段階法によるバイオディーゼル燃料の製造を検討した(図3.3.5)。

(2) 材料および方法

バッチ型および流通型超臨界流体バイオマス変換装置を用い、超臨界メタノール法(エステル交換反応(以下、従来法))および二段階法(加水分解反応およびエステル化反応)により、菜種油からバイオディーゼル燃料を製造した。それぞれの方法について反応速度論的検討を行い、両者を比較した。

(3) 研究の具体的成果

従来法の場合、350℃におけるエステル交換反応の反応速度定数(kTE)は $17.8 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$ であったが、300℃以下では反応速度が急激に低下し、270℃で $kTE = 0.7 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$ となった。一方、二段階法の場合では、300℃以下でも油脂の加水分解反応(kH)および脂肪酸のエステル化反応の反応速度(kE)は大幅には減少せず、270℃でそれぞれ $kH = 2.6 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$ 、 $kE = 2.9 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$ となった。したがって300℃以下の反応温度では、従来法よりも二段階法の方が大きな反応速度を示すことが判明した。その結果、二段階法では270℃、5MPa以下の反応条件でも高いエステル収率が実現した。

また、副生成物であるグリセリンは水に溶解しやすいことから、加水分解後に分離を行うことでその量を従来法よりも低減できた。さらに、エステル化反応ではエステル交換反応よりも逆反応が抑制され、中間生成物の一つであるモノグリセリドの量が低減された。これらの結果として、従来法では0.39wt%であった全グリセリン量が二段階法では0.15wt%まで低減され、米国やEUでの規格を満たす、より高品位なバイオディーゼル燃料の製造が可能となった。

(4) 今後の研究課題

より効率的なバイオディーゼル燃料の製造のため、二段階法における反応処理条件の最適化を検討する。さらに、曇り点、目詰まり点、動粘度および残留炭素分などの燃料特性を評価し、原料油脂の脂肪酸組成やエステル化に用いるアルコール種を変化させることにより、これら燃料特性の制御を試み、より高品位なバイオディーゼル燃料の創製を目指す。

A-5 熱分解制御技術による液体バイオ燃料の創製

(エネルギー社会・環境科学専攻 河本晴雄、坂 志朗)

(1) 背景および目的

本研究テーマでは、熱分解制御による木質バイオマスからの高選択的かつ効率的な液体燃料製造に関する検討を行っている。熱化学変換による木質バイオマスからの液体燃料製造に関して、これまでに、①急速熱分解による直接液化および②ガス化を経た間接液化プロセスなどの検討がなされているが、実用化に至っていないのが現状である。その理由の1つに、従来の木質バイオマスの熱分解技術では、気、液、固体の複雑な生成物が同時に生成し、変換効率が低下するのみならず、副生成物の分離等の問題から効率的なプロセスが構築できないことが挙げられる。本研究では、熱分解機構、特に気、液、固体の生成機構を分子レベルで解明し、それらを制御することで全く新しいプロセスを提案することを目的とする。平成15年度には、本研究のベースとなる機構研究として、1)リグニンの熱分解機構の解明研究を、また、熱分解制御技術を応用した直接液化および間接液化に関する研究として、それぞれ 2)セルロースからの直接液化、ケミカルスの生産、3)木質バイオマスのガス化におけるタールの生成挙動についての研究を行い、下記の成果を得ている。

(2) 研究の具体的成果

リグニンの熱分解機構：一連の2量体モデル化合物を用いた検討により、低分子化、高分子化・炭化に対する各部分構造の反応経路、相対的な反応性、温度依存性などが明らかになった。また、化学構造を系統的に変化させたモデル化合物の熱分解反応を詳細に調べることで、各部分構造の反応機構（高分子化機構、イオン機構とラジカル機構など）に関する知見が得られた。さらに、これらモデル化合物で得られた結果を単離（高分子）リグニンを用いた結果と比較、検討することにより、木質バイオマス中のリグニンが熱分解により低分子化あるいは高分子化・炭化する際の各構造の役割、寄与が明らかにされた。これら一連の成果により、リグニンの熱分解における低分子化物と炭化物の選択性を左右する温度条件、化学反応などが明らかにされた。

セルロースからの直接液化、ケミカル生産：セルロースの熱分解においては、初期生成物である単糖無水物（主にレボグルコサン）の重合反応が低分子化物（液体）と炭化物の選択性を決める重要な反応であり、レボグルコサンを可溶化する溶媒中での熱分解が低分子化物を選択的に与えることを既に見いだしている。この知見を応用して、非プロトン性極性溶媒中、酸性触媒存在下でのセルロースの熱分解について検討した。その結果、医薬、工業原料として重要なレボグルコセノン、フルフラールなどのケミカルスを最大40%程度の収率で生成し得ること、酸性触媒の種類によりケミカルスをつくりわけることが可能であることなどが明らかになった。

ガス化におけるタールの生成挙動：間接液化では、いかにタール分の少ないクリーンなガスを生成できるかが、実用化の鍵を握る。ここでは、熱分解制御技術を用い、タールの生成を飛躍的に抑制したプロセスの提案を目指す。具体的には、セルロースおよびリグニンについて見いだされたタール生成反応を制御することを考える。平成15年度には、木質バイオマスおよびその主要構成成分（セルロース、ヘミセルロース、リグニン）のガス化におけるタールの生成挙動、タールの組成についての検討を行った。その結果、構成成分の種類によりタールの生成量、性状が大きく異なることなどが明らかになった。

(3) 今後の研究課題

リグニンの熱分解機構研究については、平成15年度に得られた成果をもとに、木質バイオマス中のリグニンの選択的な低分子化（液化）と選択的な炭化を目指した熱分解制御について検討を行うとともに、基礎的な研究として、350～400℃の温度域で進行し始める炭化反応などの有機反応機構についての検討を行う。直接液化については、セルロース系バイオマスからの種々多様なケミカルスの生産の可能性、リグニンの制御も考慮した木質バイオマスからのケミカルスおよび液体燃料の生産について検討を行う。また、間接液化については、具体的な熱分解制御技術の成果を応用することで、タールの生成を飛躍的に抑制したガス化プロセスの構築を目指した研究を行う。

B バイオ燃料の特性評価と高度化

B-1 各種バイオ燃料の燃焼技術の高度化と燃料設計指針の策定

（エネルギー変換科学専攻 石山拓二、川那辺洋、Ali Mohammadi）

(1) 背景および目的

バイオマス起源の燃料基材であるエタノールは火花点火機関に用いられている例があるが、弱いすす生成傾向を有効に利用すれば、CO₂排出削減に寄与するだけでなく、大きな問題となっているディーゼル機関の排気を改善できる可能性がある。本研究では、最も実用的な方法として、エタノールを軽油に混合して利用する技術について検討した。この分野の研究はすでに多く見られるが、その多くが、比較的古い燃焼技術を用いたエンジンにおける評価にとどまり、通常の軽油を用いても、粒子状物質（PM）および窒素酸化物（NO_x）濃度が低く抑えられた最新のエンジンにおける評価、ならびに、エタノール混合燃料に適した運転条件設定などの事項が明らかにされていない。本研究では、これらの点を重点的に検討した。

(2) 材料および方法

通常の軽油に体積比約15%のエタノールを混合した燃料を試験に供した。試験機関は、行程容積860ccの単気筒直噴ディーゼル機関に、コモンレール式電子制御燃料噴射装置ならびにEGRシステムを追加装備したものである。種々の出力条件で、燃料噴射圧力、EGR率、パイロッ

ト噴射時期等を広範に変化させて、熱効率、排出物質濃度、燃焼圧力経過などを計測した。

(3) 研究の具体的成果

他所の研究で報告されているように、60MPa程度の低い噴射圧力を用いると、高出力域でエタノール混合によってPMの排出量が抑えられるが、100MPa以上の高い噴射圧力では、PMの抑制効果が弱く、むしろ着火性の悪化によって、燃焼騒音の増加が問題となった。これは、パイロット噴射を最適化して用いることで解決できた。さらに、低いNO_x排出量をめざしてEGRを採用した場合は、図3.3.6に示すように、通常の軽油に比べて、PM濃度の増加を大幅に抑えて低いNO_x濃度を達成でき、ディーゼル機関の排気浄化の障害となっているトレードオフ関係を改善できることなどがわかった。

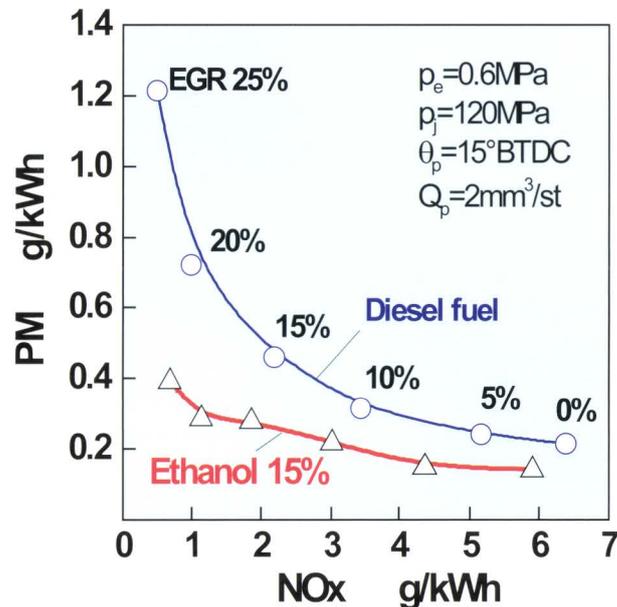


図3.3.6 エタノール混合燃料の利用によるディーゼル機関のNO_x-PMトレードオフ関係の改善

(4) 今後の研究課題

PM、NO_x低減の観点から見たエタノール最適混合比を実験的に調査するとともに、超低NO_xが可能とされる予混合圧縮自着火燃焼(PCCI)を含む新規燃焼方式への本燃料の応用について検討する予定である。

C バイオマス由来CO₂のバイオ燃料への再変換

C-1 バイオマスを資源としたCO₂ゼロエミッション型エネルギー生産・利用技術の開発

(エネルギー基礎科学専攻 大久保捷敏、森井 孝、佐川 尚)

(1) 背景および目的

バイオマス由来のエネルギーを使用することで排出されるCO₂は、バイオマス成長過程で光合成により固定化されるため、カーボンニュートラルといわれているが、今後、バイオマスからのエネルギー供給率が高まるにつれて、排出されるCO₂の環境負荷が次第に無視できなくなっていくことは充分予測される。本研究では、省エネルギー型のCO₂回収・変換技術を開発し、バイオマス由来エネルギー生産・利用システムの一形態としてのCO₂ゼロエミッション型炭素リサイクル系の構築をめざす。本年度の研究は、バイオメタンやバイオメタン生成に付随して発生するCO₂からバイオ燃料としてのメタノールへの変換を可能にする触媒反応システムを構築することを目的とした。

(2) 材料および方法

亜鉛・マンガン・鉄・コバルト・ニッケル・ロジウム・ルテニウム・白金等の金属および金属酸化物をシリカやアルミナ等の担体に種々の条件で担持させ、ナノメートルスケールでの微細加工を試みた。これらの複合触媒ライブラリーからCO₂変換効率の高い系列を種々の条件でスクリーニングした。

(3) 研究の具体的成果

バイオマス由来のメタンを炭素資源として利用することを考えた場合、ガス状であるよりも、貯蔵ならびに運搬が容易な液体燃料に変換した方が利点が多い。触媒には、金属あるいは金属酸化物を加工した、実用化の可能性が高い複合固体触媒の利用を検討した。300℃から500℃という比較的低い温度条件でも、還元鉄を用いてメタンの分解や二酸化炭素の還元は進行して水素やCOの発生が確認され、700℃から800℃くらいまで高温にすると、さらに反応は加速された。ここで水を共存させると、わずかながらメタノールが生成することが確認できた。ただし、原料炭素成分転化量とアルコール生成量に差があり、消費されたメタンや二酸化炭素の大部分は、カーボンとして鉄表面に固定化されることが判明した。温度、圧力、空間速度、原料供給モル比などの基本的な反応条件の至適化など、まだまだ未解決の課題が残ってはいるものの、バイオメタンや二酸化炭素からバイオ燃料としてのメタノールをつくるという反応系の基礎事項は調査できた。

(4) 今後の研究課題

今後はリアクターの改良も同時に行いながら、プロモーターの添加による触媒効率の改善をさらに進めて実用化に近づけていく。鉄表面に吸着した多量の炭素は触媒の賦活化を阻害する恐れがある。そこで部分酸化により析出した炭素を取り除き、より効率的に触媒を賦活化するための条件を調べる。また、複合触媒のナノメートルスケールでの微細加工と、種々のプロモーター因子の導入により、CO₂変換の反応生成物分布を制御することや、より一層の省エネルギー化を検討する。

3.4 環境調和型トータルエネルギー評価

3.4.1 環境調和型トータルエネルギー評価タスクグループの全体像と活動内容

環境調和型トータルエネルギーシステムは図3.4.1に示すエネルギーフローで表現される(1次エネルギー、2次エネルギーについては、その一部のみを示した)。同図の中のエネルギー変換技術、エネルギー需要、評価尺度などの組合せ(境界条件の設定)に応じて、種々のエネルギー評価問題が作成される。

本タスクグループでは、各種専門領域の研究者の独自の視点に基づき、新たなエネルギー・環境評価問題を設定し、その分析手法を考案するとともに、具体的評価結果から新たな知見を得ている。以下に、グループごとの活動の概要を示す。

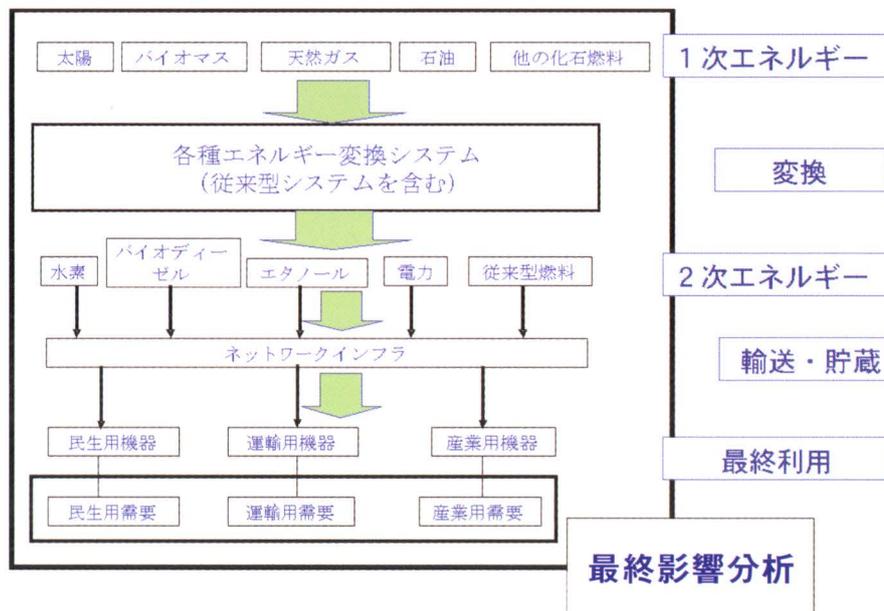


図3.4.1 エネルギー評価タスクグループで対象とするエネルギー需給システム

(1) 石原慶一グループ(エネルギー社会工学分野)

「エネルギー・環境の総合評価分析」

本研究グループでは、平成15年度の研究課題として、以下の研究を行った。

- 輸送部門の評価
 - 各種輸送機関の輸送効率 および 外部経済性 (図3.4.2参照)
 - 日本におけるCAFE規制導入
- 産業部門の評価
 - 鉄鋼業の環境技術
 - ベトナムにおけるエネルギー生産性
- 工業製品の総合評価
 - 環境効率指標の調査
 - エアコンの環境効率指標
- エネルギー部門の評価
 - CO₂ 貯留技術について
- 民生部門の評価
 - エネルギー・環境教育と環境行動

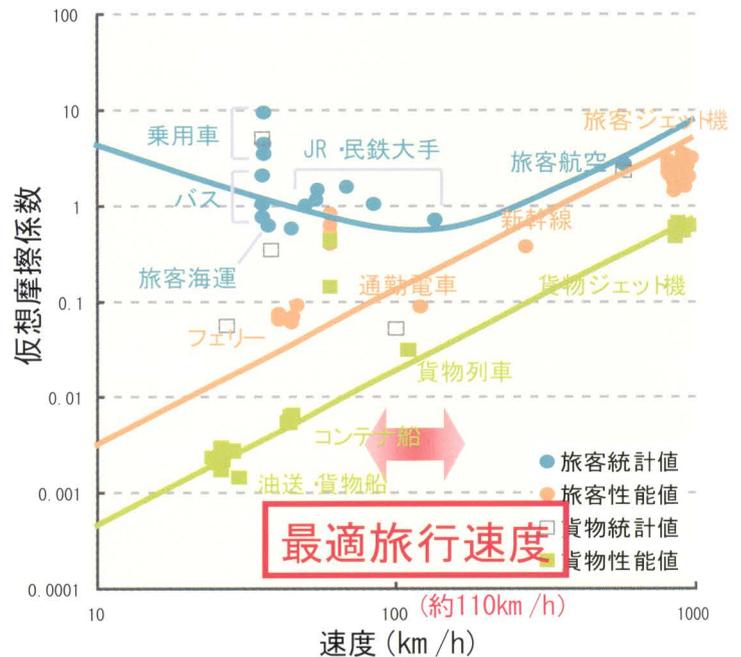


図3.4.2 各種輸送機関の輸送効率評価で得られた最適旅行速度

(2) 下田 宏グループ(エネルギー情報学分野)

「水素エネルギーの社会的受容性に関する調査研究」

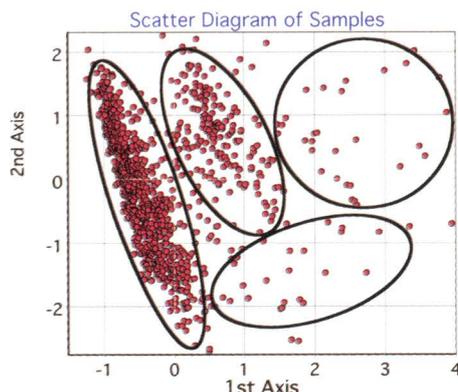


図3.4.3 水素エネルギーに対する社会的受容性のアンケート調査結果に基づくグループ化

水素エネルギーは排出ガスが水だけであるクリーンで貯蔵可能な2次エネルギーとして期待されているが、水素エネルギーを広く社会に導入するためには人々が水素に持つ安全性に対する懸念も無視できない。また、その懸念(リスク認知)も個人により差があると思われる。本研究では、水素エネルギーに対する日本人の社会的受容性を調べるため、年齢別(十代、二十代、三十代、四十代、五十代以上)、男女別にそれぞれ100名以上、計1,049名へのインターネットアンケート調査を実施した。アンケートでは、調査対象者の属性として、(a)年齢、(b)性別、(c)科学技術に対する態度、(d)興味、(e)エネルギー・環境に対する態度、(f)水素エネルギーに関する知識を調べ、水素エネルギーに対する受容性の要因として、(1)安全性、(2)経済性、(3)他のエネルギーに対する優位性、(4)環境負荷性、(5)効率性を調べた。アンケート結果をもとに調査対象者の属性をもとに数量化Ⅲ類でグループ化し、それぞれのグループに対して水素エネルギーに対する受容性の要因の傾向を調べた。その結果、ドイツでの受容性の調査結果に比べて日本では特に経済性に関する受容性が低いこと、また、科学技術に対する興味・態度や水素エネルギーに関する知識が水素エネルギーの受容性に関して大きな影響があることを見いだした。

(3) 野澤 博グループ(エネルギー応用基礎学分野)

「環境負荷と電脳都市化」

ユビキタスコンピューティング社会に向けた、低消費電力・低環境負荷と高機能性を兼ね備えたIT機器や電子デバイス、システムの構築を目指してソフト(不揮発性多値メモリの低消費電力化符号処理、回路設計、環境評価)とハード(抵抗変化型メモリ、強誘電体メモリなど新機能材料物性)の両面から多彩な研究を展開している。これらの成果の1つとして、不揮発性多値メモリにおける低消費電力化と信頼性の向上について紹介する。不揮発性多値メモリでは、多値符号の書き込み消費電力に大きな差が生まれる。そこで、ランレングス符号を応用したデータ全体での符号使用率を調節した。各種のサンプリングデータで消費電力とデータ容量の増加をシミュレーションした結果、ランダムデータで14%データ増加に対して消費電力は33%も削減できることが明らかになった。また、信頼性を評価したところ44%向上することがわかった。

(4) 白井康之グループ(プロセスエネルギー学分野)

「分散型エネルギー源の電力系統導入に関するシステマ的検討」

太陽光、水素、バイオなどの再生可能な新エネルギー源の、トータルシステムとしての電力系統への導入形態について、例えば多数台連系時の影響、単独運転、短絡容量増加、発電出力変動、電力貯蔵・制御機器との協調運転など、検討すべき問題点の調査・抽出を行った。さらに、電力系統シミュレータを用いて、回転機および非回転機系の分散電源を含む負荷系統を構築し、ここに高速電力制御可能な機器(ここではSMES)を導入して、分散電源を含む負荷系統の運転状態の推定や自立運転への移行実験などを行って、導入時の評価・付加価値の提案などを進めている。また、分散電源導入時の短絡容量増加対策として、超電導故障電流限流器について、モデル装置を用いて分散電源導入時の短絡電流限流、電源保護に関する実験を行いその効果を検証した。

電力系統シミュレータを用いた分散電源を含む負荷系統に関する実験研究

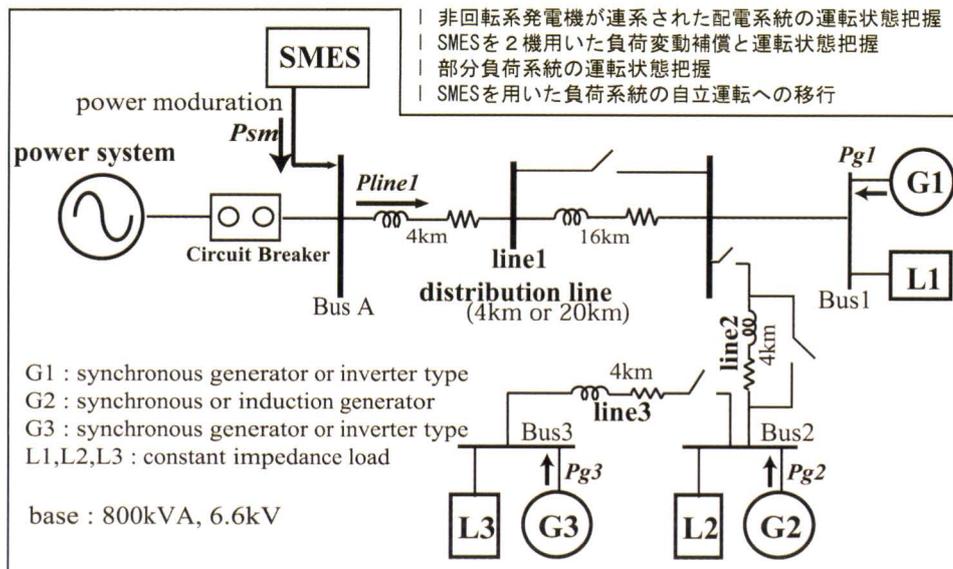


図3.4.4 分散電源を含む負荷電力系統シミュレータモデル

(5) 手塚哲央グループ(エネルギー経済学分野)

「家庭における省エネルギー行動の分析」

家庭部門における省エネルギー、省資源活動は、環境調和型エネルギーシステムを構成する際に、非常に重要な役割を果たす。しかし、その活動の評価は主観的な基準に基づいており、将

来における可能性を予測することは容易ではない。そこで、小学生の子供を持つ世帯および高校生の子供を持つ世帯を対象として、現在の省エネルギー行動と将来における可能性をアンケート調査結果に基づいて分析した。アンケート調査結果に基づいて、調査対象家庭をいくつかのグループに分類した結果を図3.4.5に示す。この結果より、家庭行動の効用を減らすことなく、より多くの省エネルギー行動を実施できる家庭が約3割存在すること、家庭によって省エネルギーに対する考え方が多様であることが理解される。後者については、家庭に対する省エネルギー政策策定の困難さを示すものである。

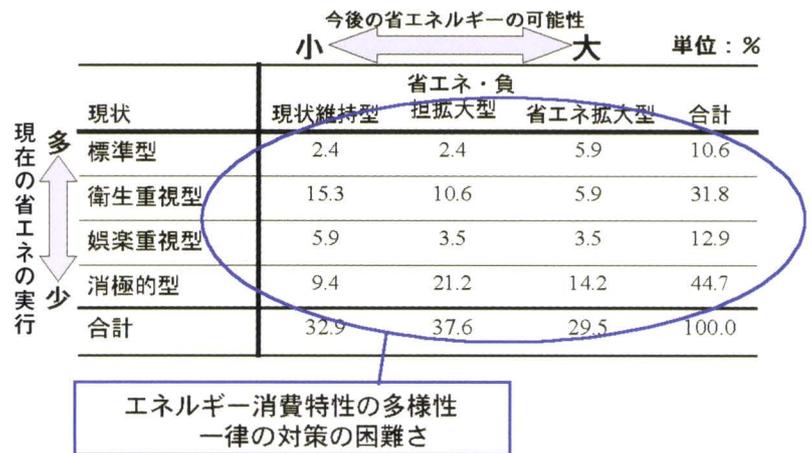


図3.4.5 家庭における省エネルギー可能性に関するアンケート調査結果

(6) 東野 達グループ(エネルギー環境学分野)

「衛星リモートセンシングによるエアロゾルリトリバル法の開発と放射影響の定量化」

地球観測衛星Landsat搭載のTMマルチスペクトルデータを用いて、対流圏エアロゾルの化学組成を含む諸特性を推定した。推定された大気柱平均の値は航空機による直接観測から得られた値とほぼ等しく、当手法によるエアロゾルリトリバルの妥当性を示した。さらに航空機観測において得られた高度プロファイルを元に、化学組成の異なるさまざまなエアロゾルモデルを仮定してそれぞれのモデルに対して放射伝達計算を行った。その結果得られた大気の放射フラックスの分布を図3.4.6に示す。この図より明らかなように物理・化学性状の異なるエアロゾルモデル(図の凡例参照)に対してフラックス分布は大きく左右され、放射影響の見積りに対しては本リトリバル手法を含む推定により、正しいエアロゾルモデルを与えることがわかった。

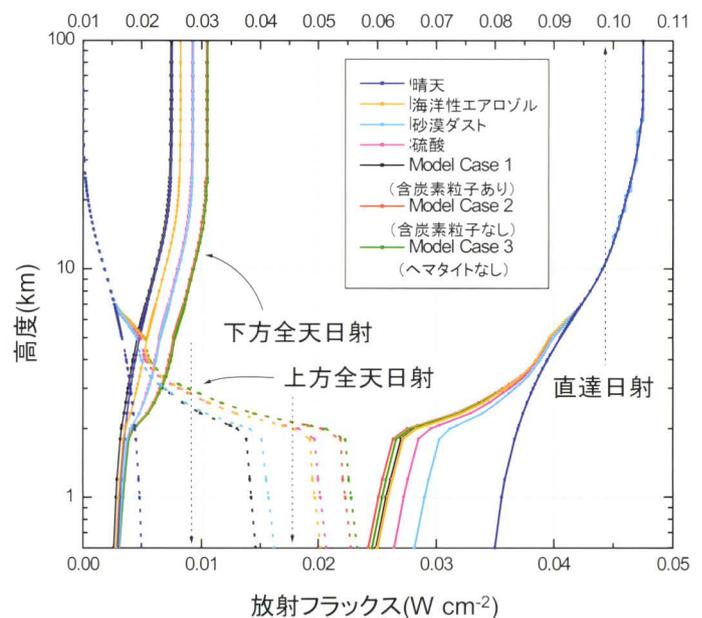


図3.4.6 エアロゾルの大気鉛直放射フラックス分布への影響

「ホテルにおけるエネルギー消費の実態計測と分析」

民生部門におけるエネルギー・環境負荷削減のためには、ライフスタイルの見直しも含めた分析が必要である。本研究では、特にホテル客室におけるエネルギーや水・湯の消費の実態を計測し利用客の行動様式も含めて定量的に把握する調査・分析を行っている。これらは、エネルギー需要の発生抑制のための省エネルギー策の提案や、コジェネレーションシステムなどエネルギー供給システムの導入のための基礎データとなる。2002年12月より、ビジネスホテルのシングルルーム2室において、電気機器(テレビ、エアコン、冷蔵庫、照明スタンド、電気ポット)および室内全消費量の時間別電力消費量を自動計測システムによる実測を開始し、屋外と室内の温湿度も計測している。また、トイレ、浴室、洗面に関わる水・湯の消費量についても自動計測を実施している。12~8月の実測の結果、1室1日あたりの電力消費量の最小は5月、最大は8月であり、電力の日負荷曲線は、図3.4.7にみられるように冷蔵庫と非稼働時のエアコンを除いて、

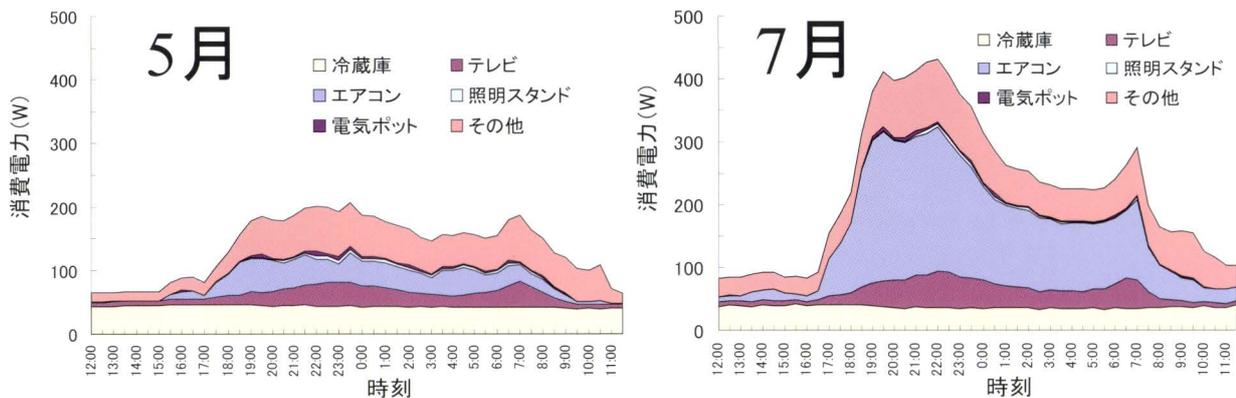


図3.4.7 ビジネスホテルにおける客室1部屋1日あたりの消費電力の日負荷曲線(稼働日平均)

朝と夜にピークを示すビジネスホテルの客室に特徴的な二山型を示すことがわかった。

3.4.2 トータルエネルギー評価ワーキンググループの結成と活動目標

前述のように、以上の個別評価作業結果をふまえて、全タスクグループから推薦された委員によりトータルエネルギー評価ワーキンググループを結成し、環境調和型エネルギーシステムの実現可能と予想される将来像構築に向けて検討を開始した。トータルエネルギー評価ワーキンググループ(WG)では、月に1回程度の定期的な会合を通して、各タスクグループの研究内容の紹介を行うとともに、グループ内での議論を通して以下の作業を進めることを合意した。

このWGでは、合意形成が最終目標となることから、評価作業に必要な各種専門分野の情報を議論を通して相互に提供することを重視している。

- 1) 将来実現可能性があると考える複数のトータルエネルギー需給シナリオを、その特性が詳細に設定された地域に対して、対象年、最終エネルギー需要(冷房、暖房、照明などの用途別需要)、利用可能な技術リストを与えることにより作成する。

ここでシナリオとは、技術的、環境的、社会的、にみて、実現可能と考えられるエネルギー需給システムの集合を指す。

- 2) そのシナリオが成立するための技術的要件を明確化する。
- 3) そのシナリオを種々の基準で評価する(図3.4.8)。
- 4) 各基準による評価結果を統合し、総合評価を行う(合意形成)。そして実現可能と期待される目指すべき環境調和型シナリオを21COEプロジェクトの合意の元に複数作成し公開する。

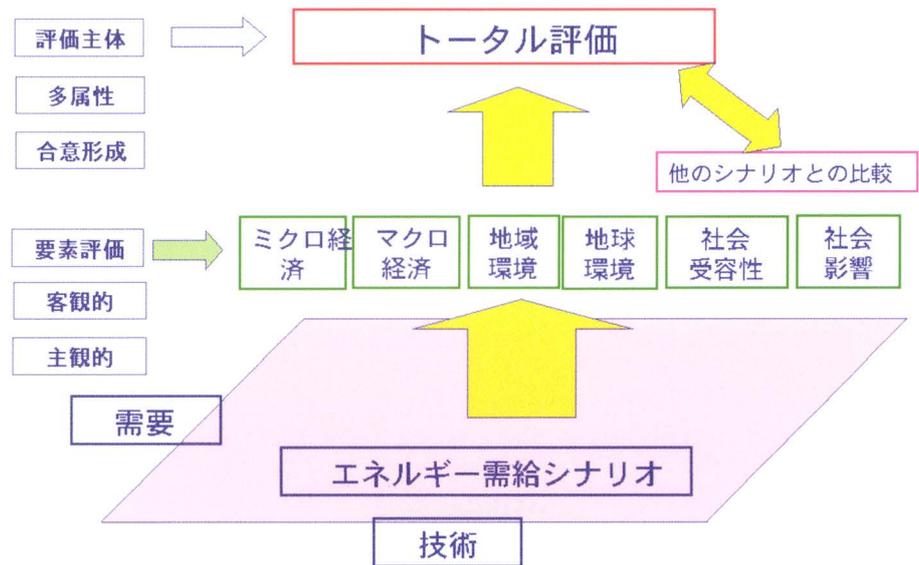


図3.4.8 個別評価結果に基づく総合評価

なお、種々の評価指標の計算、および物量バランスがとれたシナリオの作成のために、前述の各種データベースに基づいた最適化モデルを構築している(図3.4.9)。

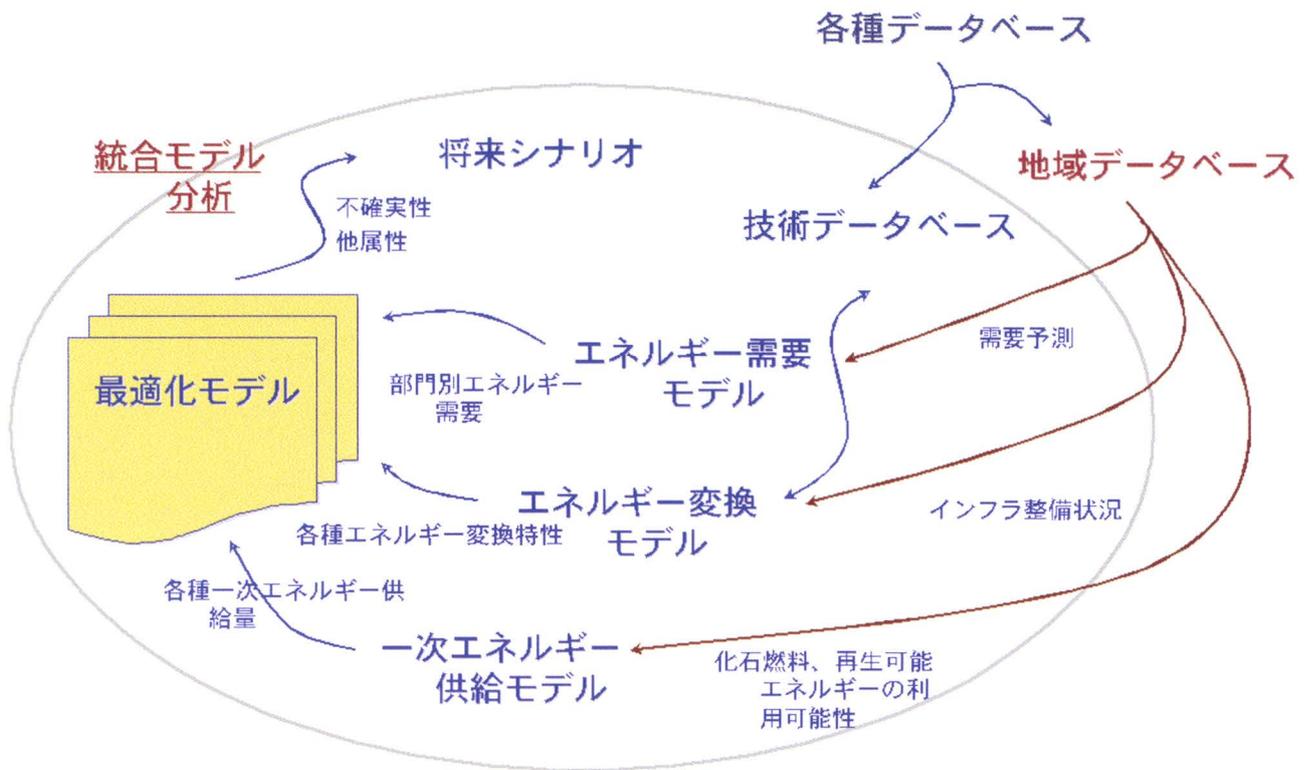


図3.4.9 統合モデル分析の枠組み

4. 平成15年度の教育関係の取組み

4.1 若手研究者に対する教育・研究支援

4.1.1 公募型研究助成

前述のように助成額は70万円、50万円、30万円の3段階であり、額自体は小額であるが、研究における自立化、自主管理能力の育成にむしろ期待している。

表4.1.1 平成15年度COE公募型研究経費交付

番号	氏名	専攻	学年	研究題目	交付額 (千円)
1	伊藤 京子	社環	D3	家庭用省エネ生活支援アフェクティブインタフェースの研究	700
2	隠岐 嘉重	社環	D3	大気エアロゾル粒子の光学特性	300
3	米谷 龍幸	社環	D2	シミュレーション実験に基づく自由化された電力市場制度の設計	300
4	Dadan Kusdiana	社環	D3	Process improvement of biodiesel production by a two-step supercritical methanol method	500
5	周 楊平	社環	D1	プラント設備の監視・診断のためのユビキタスコンピューティングフレームワークの研究	450
6	笠嶋 丈夫	基礎	D2	電気化学的アプローチによるミディアム温度域で使用する水素吸蔵材料の開発	500
7	佐藤 雄太	基礎	D3	フッ素-グラファイト層間化合物を経由する新規な炭素系材料の創製	700
8	設楽 弘之	基礎	D4	ヘリオトロンJにおける電子サイクロトロン共鳴加熱についての実験的研究	300
9	武田 和雄	基礎	D4	核融合プラズマにおける微視的不安定性の非線形ダイナミクスとカオス	700
10	辻村 浩行	基礎	D3	熔融塩電気化学窒化法によるステンレス鋼の窒化处理	500
11	中島 裕典	基礎	D3	ハイドライドイオンの関与する高温水素ガス電極反応の学理とその高性能水素ガス電極への応用	500
12	松島 永佳	基礎	D3	燃料電池式重水素分離・濃縮システムの開発	500
13	村上 毅	基礎	D1	熔融塩中における常圧アンモニア電解合成	300
14	安田 幸司	基礎	D1	高純度 SiO ₂ の直接電解還元による低コスト太陽電池級 Si の新規製造法	300
15	Spachai Nagmsinlapasathian	基礎	D2	チタニアナノチューブを用いた色素増感太陽電池	500
16	裴 麗華	基礎	D1	貴金属超微粒子の融合による貴金属ナノワイヤーの創製とナノ導電膜の製造	300
17	Sreethawong Thammanoon	基礎	D1	ナノ金属酸化物系光触媒の調製と太陽光による水からの水素製造	300
18	北村 泰隆	変換	D1	ディーゼル噴霧火炎内部における混合気形成と微粒子生成過程に関する研究	300
19	余 寧	変換	D2	非フーリエ熱伝導則に基づく熱・力学挙動の微視的解析	300
20	大屋 正義	応用	D1	超流動ヘリウム冷却超電導マグネットの安定性	300
21	近藤 創介	応用	D1	炭化珪素の照射下微細組織変化に及ぼす核変換ヘリウムの効果	300
22	野澤 貴史	応用	D3	先進セラミックス複合材料の高温強度特性に及ぼす環境効果に関する研究	700
23	朴 環換	応用	D3	SiC系材料のイオンビーム照射によるマイクロ特性に関する研究	300
24	沙 建軍	応用	D1	Study on the lifetime evaluation and stability of advanced SiC _f /SiC composites under severe environments	300

注) 専攻略称 社環:エネルギー社会・環境科学専攻、基礎:エネルギー基礎科学専攻、
変換:エネルギー変換科学専攻、応用:エネルギー応用科学専攻

初年度に対する2年目の大きな変化は、研究計画調書を学生がしっかりと書けるようになったことである。研究目的、実施計画などを綿密かつ具体的に記述できるようになり、このような競争資金を獲得する意欲が感じられるようになった。また、初年度に助成を受けた25名の成果を調査したところ、年間で平均5.4件の論文発表(国際会議等の講演論文も含む)があり、その他何らかの形でCOEから助成を受けた学生の平均値3.4を大きく上回った。今後も競争原理、評価方式に則ってこの活動は継続したい。本年度は応募51件のうち、以上の24件を採択した。

4.1.2 RA、TAへの採用

博士課程学生の経済的問題は避けて通れない。優秀な学生をリサーチアシスタントやティーチングアシスタントとして採用し、教育的訓練を通して、結果としてその報酬によって経済的援助を行い、研究活動へ専念できる環境を整えている。平成15年度採用のRAについては、採用時に能力審査で15名に厳選し、また年度途中で成果(指導教官との研究発表)を提出させ、成果の顕著な者には増額をするなどして、さらに研究意欲を高めている。

4.1.3 研究発表のための旅費助成

国内外での学会、シンポジウム等に積極的に若手研究者を派遣し、研究発表を通じて本COE活動を発信するとともに、若手研究者の研究意欲向上に努めている。このような助成があることで、これまで躊躇してきた海外での国際シンポジウムへの参加が容易になり、国際交流の機会を増やしている。

4.1.4 英語研修

国際的に活躍する人材を育てるための基礎として、日本人に欠けがちな英語を聞く、話すという能力を向上させるため、ネイティブスピーカーを講師に招いて少人数クラスで英語研修を継続的に行っている。また、学生がプレゼンテーションしている様子をビデオに撮り、講師が具体的に修正すべき点を指摘するなど、視聴覚機器も活用してきめ細かく指導している。このような指導を可能にするため、講師には教育経験豊富な人材を京都外国語大学の協力も得て採用している。

4.1.6 テキストの執筆・発行

エネルギー科学教育のための体系的な教科書の執筆、発行を進めており、平成15年度は、まず和文で「エネルギー社会・環境科学通論Ⅰ」「同Ⅱ」「エネルギー基礎科学通論Ⅰ」「エネルギー変換基礎通論」「エネルギー応用科学通論」の5冊のテキストを完成させた。これらは、それぞれ4専攻の修士課程の基礎的科目であり、またエネルギー科学研究科全体のカリキュラムの中でコアプログラムとして期待されているものでもある。現在印刷中で、平成16年度よりこのテキストを用いた授業が可能となる。今後もカリキュラムの改善とともにテキストシリーズを充実化し、また英文での発行も進めていきたい。

4.1.7 博士課程定員充足率の改善および留学生の積極的受入れ

上記の施策の効果が本格的に現れるには数年は必要かと思われるが、すでに博士課程学生の増加という効果が現れており、平成14年度から15年度にかけて約10名増加した。今後も定員充足率の向上に努めたい。また、上記の種々の施策の実施には留学生にも差別なく対応しているが、概して留学生は日本人学生より貪欲に積極的に参加している。このようなことから留学生を増やしてより活性化させたい。

4.2 国際エネルギー科学スクールの開催

国際エネルギー科学スクールは、教育拠点事業の一環として、本COE対象の大学院博士課程の学生を海外の大学、研究機関、またはエネルギー関連学会等に派遣し、学術発表の機会を与え、

現地の大学院生とのシンポジウム共同開催等により交流の場を設け、さらに現地の特色のあるエネルギー関連施設の見学などを行い、エネルギーや環境の分野で国際的に活躍できる人材を育成することを目的としている。平成15年度は、平成14年度の調査に基づき選定された米国イリノイ州シカゴのイリノイ工科大学(IIT)において第1回の国際エネルギー科学スクールを開催した。4月初旬にCOE対象博士課程学生を対象に募集を行ったところ、定員10名のところ11名の応募があった。6月12日にオリエンテーションおよび学生のプレゼンテーションのリハーサルを行った。急病、ビザの問題などによりキャンセルした2名を除く学生9名、教官3名の12名が、6月16日関西空港よりノースウェスト機でシカゴに向けて出発した。

6月17日にはエネルギーおよび環境関連施設の見学として、Gas Technology Institute と Chicago Center for Green Technologyの2箇所の見学を行った。GTIで行っている教育プログラムはIITとタイアップしており、GTIでガスやエネルギー関連の講義を行い、単位認定を大学が行うという「教育の産学連携」を行っており、人の行き来も活発なようである。CCGTはかつて大気汚染のため喘息患者が全米トップだったシカゴが環境保全や省エネルギーをPRするために造られた施設であり、中には太陽電池パネルの製作工場などがテナントとしてはいており、たいへん興味深い見学が行えたと思う。

6月18日に研究発表会を行った。発表会に先立ってIIT側からJacobius教授がIITにおける会社での仕事を模擬した演習プログラムIPRO(Interprofessional program)の説明を行った。IITでは実に7割が留学生であり、特に米国人学生の大部分は学部を卒業するとただちに就職するため、このような演習プログラムが要求されるとのことである。京大側からは21COEの概要発表を3教官のリレーで行った。引き続き学生の発表が行われたが、日本側の学生は口頭発表もポスター発表も準備が充分で、質がそろっていた。今回は、プレポスターとして口頭発表を5分ずつ行ったあと、ポスター発表を行うという形式をとった。本スクールのメインイベントを学生全員が立派にこなしてくれたので、大変満足している。なお、日本側学生からは1名がポスター賞を受賞した。

6月19、20日は2日間にわたって第3回シカゴ中西部再生可能エネルギーのワークショップに参加した。ワークショップではビジネスの話が中心であった。今回はイリノイ州で、現在採算ベースに乗るかどうかが微妙な風力発電をいかにしてビジネスにするか、ということが話題になっていた。講演者に大学の教官はほとんどなく、大部分企業の人々の講演であった。IITはインキュベーターとしての立場で、ワークショップを運営している。その他、IITにあるIPROプログラムの実際の見学を行い、シカゴ初の風力発電機の設置除幕式に立ち会った。6月21日にシカゴを出発、日付が変わって22日に関西空港に全員無事到着し、解散した。

今回は米国開催であり、昨今の情勢も加わって、参加予定者うちの3名の留学生になかなか渡航査証がおりないという問題が起り、残念なことに3名のうち1名が出発までに査証を取得することができなかった。今後の課題として対応を考えていきたい。

平成16年度は本COEの海外拠点ができタイ国において第2回のスクールを開催する予定で、現在準備が進められている。



図4.2.1 スクール参加者(IITの発表会場にて)



図4.2.2 ポスター発表会風景

5. 国際(環境調和型)エネルギー情報センター事業

5. 1 海外研究拠点の設置

5.1.1 タイでの海外拠点の設立

平成15年11月21日、21COEの初の海外拠点となるバンコクオフィスの開所式が挙行された。日本からは塩田総長補佐を始め、COE諮問委員会委員長の西川禎一大阪工科大学長、笠原COEリーダーなど総勢27名のメンバーが参加した。

平成14年度に行った調査に基づき、バンコクオフィス(21COE Thai-Research Station Bangkok Office)をバンコク市内に設けるとともに、既に協力協定を結ぶラジャマンガラ工科大学(RIT)内に国際共同研究のための実験室(21COE Thai-Research Station Collaborative Research Laboratory at Rajamangala Institute of Technology)を開設した。このための開所式が同日、RIT本部で行われた。さらにこれに先立ち20日には海外拠点の開所に合わせ、タイ科学技術開発庁(NSTDA)において21COE国際シンポジウムを開催した。

タイでの海外拠点はエネルギー・環境データベース作成の足場として既に機能しているが、さらにナノテクや環境調和型エネルギーに関する共同研究も始まっている。次年度には国際科学スクールの開催や、Energy and Eco-material symposiumの開催等活発な活動が見込まれている。

(1) バンコク海外拠点の開所式

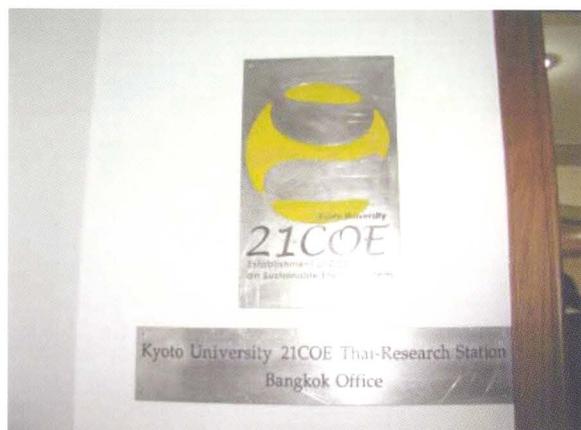
バンコクオフィスは、日本大使館にも近い、スクンビット通りのウィンザータワー21階にあり、会議、インターネットなどの施設とともに、学生等も多数宿泊が可能であり、今後、国際スクール、シンポジウム開催などバンコクをベースに、東南アジア地域の国々との広範な協力を行うための拠点としての役割が期待されている。

開所式では、タイ教育省高等教育局スメイト副局長、タイ科学技術開発庁パイラート長官、小津在タイ日本大使館一等書記官、京大東南アジア研究所バンコクオフィス所長アビナレス教授などの来賓挨拶とともに、各タスクリーダーによる概要説明ならびにバンコク拠点長の吉川 暹教授から、今後の拠点活動についての説明があった。

開所式後には、同ホテルにおいてバンケットが行われ、RITの学生によるタイの華麗な民族舞踊も披露された。



バンコクオフィスの開所式(左より、吉川潔所長、ムティコRIT副学長、西川大工科大学長、吉川暹バンコク拠点長、ブンディットJGSEE学長、笠原リーダー、塩田京大総長補佐)



ウィンザータワー21階にあるバンコクオフィスプレート



開所式記念撮影



パイラート科学技術開発庁長官挨拶

(2) 京都大学21COEラジャマンガラ工科大学研究室の開設

21COEの海外研究拠点として2スパン約300m²の研究室が、パトムターニーにあるRIT本部の中にもうけられた。ここでは、RITと京大側併せて12の共同研究テーマが提案されており、順次具体化予定である。とりあえずは、ソンマイ工学部副学部長との間で、ナノテク材料の創製利用の研究と太陽エネルギー利用に関する研究がスタートしている。今後、水素エネルギー・バイオマスなど広範な共同研究の開始が期待されている。

11月21日は約200名参加の元、ラボの開所式と、除幕式が盛大に執り行われた。開所式は、パトムターニー県知事の参加の下、塩田本学総長補佐の挨拶の後、ワラディー文部省高等教育局長から、今後の両大学の協力についての期待が語られた。RITは来年度9大学に分割され、大学院を新設しより大きな大学として生まれ変わる予定であり、京大の協力にはことのほか期待が寄せられている。



RITラボ開所式で挨拶する
西川禎一大阪工科大学長



RITラボの除幕式でパネルの説明をするRITナムユット学長(左)、隣は塩田総長補佐、吉川暹教授、イッサリRIT研究部長

(3) Kyoto University 21COE Thai-Research Station —Opening Symposium

タイのNSTAD(科学技術開発庁)のオーディトリアムにおいて、本COEの紹介と、タイにおけるSustainable energy systemに関連する講演3件を、日本側ならびにタイ側合わせて約70名の参加者を得て行った。質疑応答においては、タイ側参加者からCOEに関する多数の質問がなされた。本COEに関連する研究も多くタイでなされており、今後の協力関係の発展が期待される。さらに京都大学全体との包括的な協力体制に向け、個別協力からスタートしていくことがPairash長官との間で確認された。本シンポジウムはNSTDAの全面的な協力の下に実施されたが、NSTDAには材料、情報、バイオ、ナノの4研究があり、多分野にわたる1,700人の研究者がおり、両機関の今後の協力が強く期待されている。



シンポジウムで挨拶をする塩田総長補佐

5.1.2 米国での海外拠点の設立

米国での活動拠点として、スタンフォード日本センター(SJC)の協力の下、米国カリフォルニア州パロアルトのスタンフォード大学内にオフィスを開設する予定で準備を進めている。オフィス開設に先立ち、SJC等と共催で、2003年5月28日に第一回環境エネルギー・ワークショップ「環境調和型エネルギーと持続可能な経済発展」を京都市リサーチパーク(京都市)で開催した。2004年度中には、スタンフォード大学に職員を派遣し、また、第2回の環境エネルギー・ワークショップも現地で開催する予定である。

5.2 国際エネルギーシンポジウムの開催

環境調和型エネルギーに関する第1回国際シンポジウムの開催

(The 1st International Symposium on Sustainable Energy System)

第1回国際エネルギーシンポジウムとして、“The 1st International Symposium on Sustainable Energy System”を平成15年3月13-14日の2日間の日程で、キャンパスプラザ京都(京都)にて開催した。アメリカ合衆国、カナダ、フランス、オーストリア、タイ、インドネシア、中国等からの多くの外国人学者を含む358名の参加者を得て活発な討論がなされた。

1日目には、拠点リーダーによる概要説明。本COE研究プロジェクトの概要説明(4件)、太陽エネルギー、水素エネルギー、バイオエネルギー、エネルギー評価に関する世界の著名な研究者による基調講演(6件)がなされた後、全ての分野の研究成果を一同に集めたポスター発表(112件)が行われ、太陽エネルギー、水素エネルギー、バイオエネルギー、エネルギー評価、それぞれの分野の専門家のみならず、分野を越えた幅広い視点からの討論、意見交換が活発に行われた。また、1日目夕刻には、京都センチュリーホテルにてバンケットが開催され、出席者185名による個々の専門分野を越えた交流の場が持たれた。2日目には、太陽エネルギー(太陽光発電、宇宙太陽光発電、核融合)、水素エネルギー、バイオエネルギー、エネルギー評価の6会場に分かれての研究討論会が開催され、より専門的な立場からの活発な討論がなされた。

また、ポスター発表、2日目の研究討論会においては、エネルギー科学研究科、エネルギー理工学研究所、宙空電波研究センターの多数の学生にも発表、討論する機会が与えられ、これらの学生にとって、英語で発表、討論する良い機会となった。

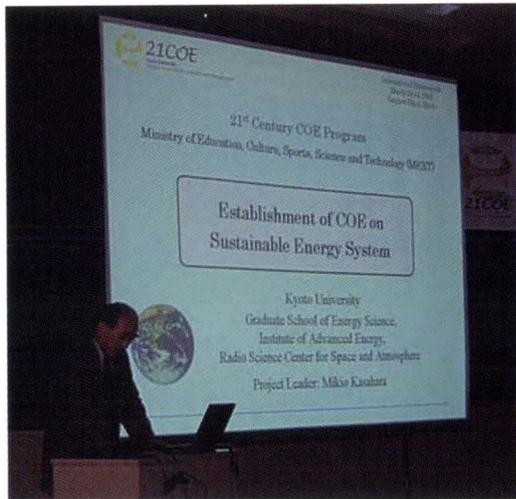


図5.2.1 環境調和型エネルギーに関する第1回国際シンポジウムでの様子

◎プログラム

March 13, 2003 (Thursday)

•Opening Address

Prof. Mikio Kasahara [Program Leader, Kyoto University 21COE Program (E-3)]
(Dean, Graduate School of Energy Science, Kyoto University)

•Introduction to the 21COE Research Tasks

- Solar Energy

Prof. Susumu Yoshikawa (Institute of Advanced Energy, Kyoto University)

- Hydrogen Energy

Prof. Masahiro Shioji (Graduate School of Energy Science, Kyoto University)

- Bioenergy

Prof. Shiro Saka (Graduate School of Energy Science, Kyoto University)

- Evaluation of Sustainable Energy System

Assoc. Prof. Tetsuo Tezuka (Graduate School of Energy Science, Kyoto University)

Plenary Lectures on Sustainable Energy System

(Solar Energy)

•Utilization of Eco-energy and Materials in Thailand

Prof. Numyoot Songthanapitak (Rajamangala Institute of Technology, Thailand)

•Active Antenna Approach for Power Transmission

Prof. Tatsuo Itoh (UCLA, USA)

•Characterization and Control of Turbulent Transport in Fusion Plasmas

Prof. Sadruddin Benkadda (CNRS Université de Provence, France)

(Hydrogen Energy)

•Hydrogen and Carbon - Complementary Technologies for the Transition to a Hydrogen Economy

Prof. J. Robert Selman (Illinois Institute of Technology, USA)

(Bioenergy)

•Progress in the Commercialization of Lignocellulosics-to-Ethanol

Prof. Jack N. Saddler (University of British Columbia, Canada)

(Evaluation of Sustainable Energy System)

•Stabilization and Sustainability: How Good is the Fit?

Dr. Hugh M. Pitcher (Pacific Northwest National Laboratory, USA)

•Poster Presentations (112 posters)

•Banquet (in Kyoto Century Hotel, 185 participants)

March 14, 2003 (Friday)

Parallel Sessions for Each Research Task

- * Solar Energy System (Solar Cell, Space Solar Power Station, Fusion Oriented Plasmas)
- * Hydrogen Energy System
- * Bioenergy System
- * Evaluation of Sustainable Energy System

The 21COE Symposium on Solar Cells

開催期間:平成15年5月19日

開催場所:京都大学宇治キャンパス

**The 21COE Symposium
on Solar Cells** May 19, 2003
Uji Campus, Kyoto University

9:30 Opening Address and a talk on "Dye-sensitized Solar Cell using Titania Nanotube"
Susumu Yoshikawa (Institute of Advanced Energy, Kyoto University)

9:50 Space power utilizing solar energy system
Kozo Hashimoto (Radio Science Center for Space and Atmosphere, Kyoto University)

10:10 Third Generation Photovoltaic Research at UNSW
Richard Corkish (Administrative Director, University of New South Wales)

10:50 To obtain higher open circuit voltage in HIT solar cells
Mikio Taguchi (SANYO Electric Co., Ltd.)

11:30 Lunch Tour: Byodoin, Uji

14:30 to be announced
Rommel Noufi (National Renewable Energy Laboratory)

15:10 Characterization and Modeling of Chalcopyrite Solar Cells
Reiner Klein (Fraunhofer Institute Berlin)

15:50 Coffee Break

16:00 Separation of Performance Layers in Polycrystalline Thin-Film Solar Cells
Jim Sites (Colorado State University)

16:40 Surface Modifications of CIGS and Diffusion Phenomena at the CIGS/CdS Heterostructure
Ralf Huger (Technical University of Denmark)

17:20 In-situ deposition monitoring techniques and their applications for fabricating CIGS solar cells
Shigeru Niki (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

18:00 Current and future aspect of solar cell technologies
Takashi Fuyuki (Nara Institute of Science and Technology)

Organizer: Shigeru Niki (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)
Takashi Fuyuki (Nara Institute of Science and Technology)
Susumu Yoshikawa (Institute of Advanced Energy, Kyoto University)

この第3回太陽光発電世界会議(18日~19日)が国際会議場で開催されました。参加された国内外の著名な研究者を招き、太陽電池の最新動向や技術開発の現状を共有しました。この国際会議と併行して宇治キャンパスで開催された「第21世紀COEシンポジウム」も大変盛況でした。本シンポジウムは、本COEの「持続可能なエネルギーシステム」の研究開発の場として行われるものであり、参加無料です。また、本シンポジウムは、本COEの「持続可能なエネルギーシステム」の研究開発の場として行われるものであり、参加無料です。また、本シンポジウムは、本COEの「持続可能なエネルギーシステム」の研究開発の場として行われるものであり、参加無料です。

日時:平成15年5月19日(月) 9時30分~6時30分(11時半~2時半 宇治平等院観光)
場所:京都大学 宇治キャンパス内(JR奈良線)宇治駅宇治総合開発下車徒歩4分
本館科学研究所本館ホール(参加無料)であるだけ下記に登録下さい
連絡先:エネルギー工学研究所 分子集合体設計分野 吉田 運 瀬下いずみ
Registration: Izumi Takata, Akiyo Ohki, Institute of Advanced Energy, Kyoto University
TEL: 0774-38-3504, FAX: 0774-38-3508, email: takata@ee.kyoto-u.ac.jp

21st Century COE Program on Sustainable Energy System
Program Leader: Mikio Kasahara (Dean, Graduate School of Energy Science, Kyoto University)

図5.2.1 太陽電池に関する21世紀COEシンポジウム

会議内容:太陽電池研究の最前線にて活躍する国内外の研究者(国内3名、海外4名)を招き、参加者76名を集めた国際シンポジウムを主催した。講演は本COEから2件を含む9件を行い、活発な議論が行われた。さらに本会議において、本COEをコミュニティのコアとして機能させることが、主要参加者間で確認された。

◎プログラム

- 9:30 Opening Address and a talk on Dye-sensitized Solar Cell using Titania Nanotube
Susumu Yoshikawa (Institute of Advanced Energy, Kyoto University)
- 9:50 Space power station as solar energy system
Kozo Hashimoto (Radio Science Center for Space and Atmosphere, Kyoto University)
- 10:10 Third Generation Photovoltaics Research at UNSW
Richard Corkish (Administrative Director, Special Research Centre for Third Generation Photovoltaics Centre for Photovoltaic Engineering, University of New South Wales)
- 10:50 To obtain higher open circuit voltage in HIT solar cells
Mikio Taguchi (SANYO Electric Co., Ltd.)
- 11:30 Lunch Break
- 15:00 Characterisation and Modelling of Chalcopyrite Solar Cells
Reiner Klenk (Hahn-Meitner Institute Berlin)
- 15:40 Separation of Performance Losses in Polycrystalline Thin-Film Solar Cells
Jim Sites (Colorado State University)
- 16:20 Coffee Break
- 16:40 Surface Modifications of CIGS and Diffusion Phenomena at the CIGS/CdS Heterointerface
Ralf Hunger (Technical University of Darmstadt)
- 17:20 In-situ deposition monitoring techniques and their application for fabricating CIGS solar cells
Shigeru Niki (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)
- 18:00 Closing Remarks
Takashi Fuyuki (Nara Institute of Science and Technology)

日米宇宙太陽発電所ワークショップ

(2003 Japan—United States Joint Workshop on Space Solar Power System (JUSPS'03))

宙空電波科学研究センターでは、アメリカUCLAと協力し、2003 Japan—United States Joint Workshop on Space Solar Power System (JUSPS'03) 国際ワークショップを2003年7月3日—4日に実施した。本研究センター松本教授と、UCLA Itoh教授が中心となり、日米の情報交換を目的に行われたものである。本ワークショップはこれまで本研究センターが実施してきた京都大学SPSシンポジウムの第3回目も兼ねており、宇宙太陽発電所SPSおよびその基幹技術であるマイクロ波エネルギー伝送技術に関するワークショップである。当日は長尾真京大総長はじめ、間宮馨文部科学審議官、茅陽一東京大学名誉教授以下、日米136名の参加をいただき、2日間でState-of-the-Art Reviews 2件、口頭発表20件、ポスター発表17件(うち4件展示)の発表が行われた。参加者のうち学生は41名を越え、次世代を担う研究者の教育効果も大きいものであった。本ワークショップは本21世紀COEのほか、京都大学とアメリカのNSF (National Science Foundation)の支援を受け、実施されたものである。現在、日米でSPSの研究機運が高まっており、発表された内容に対し盛んな質問、討論がなされ、研究者の関心の高さを実感した。今後は日米の協力体制を維持、発展していくことを目指し、研究者間、大学間の連携を深めていくことが合意された。

(JUSPSホームページ : <http://www.kurasc.kyoto-u.ac.jp/jusps/>)



図5.2.2 (左上)長尾真京大総長(当時)、(右上)間宮馨文部科学審議官(当時)、
(下)会場の様子

第1回京都・エアランゲンシンポジウム

(Kyoto-Erlangen Symposium on Advanced Energy and Materials)

エネルギー理工学研究所は2001年エアランゲン大学工学部材料科学科と研究協力協定を締結している。後に、この協定を基礎として、エアランゲン大学工学部と本学エネルギー科学研究科、工学研究科、情報学研究科との間の交流協定も締結された。これらの協力関係をより強化し、さらに協力関係を拡大する可能性を検討するために、今回のシンポジウムが企画された。参加者の多くが21世紀COEプログラムから旅費の援助をいただいた。

シンポジウムは7月29日から31日までの3日間の日程で、エアランゲン大学工学部で開催された。京都大学からは、エネルギー理工学研究所より吉川 潔所長以下9名、エネルギー科学研究科塩路昌宏教授、工学研究科山本雅博助教授の計11名が参加した。

初日は本会のオーガナイザーであるPatrik Schmuki教授の挨拶と本会開催までの経緯紹介で始まった。引き続き工学部長Albrecht Winnacker教授と吉川所長、さらに塩路教授により、それぞれの大学、学部、研究所、研究科の紹介と挨拶が行われた。塩路教授は併せて本学の博士課程外国人特別コースの紹介を行ったが、その内容は非常に関心を持たれた。エアランゲン大学の教育システムがHermann Kaiser教授によって紹介された。ドイツの大学課程は日本とだいぶ異なるが、近年、修士課程などの日本と同じシステムも一部取り入れつつあるとのことだった。

引き続き、各組織で行っている研究の概要や詳細が3日間にわたって発表された。ドイツ側からの研究発表は材料関係が中心で、半導体、高分子、太陽電池、金属、セラミクスなどの多岐の分野にわたった。今回の開催日程が現地の夏期休暇期間に重なったために、より幅広い分野の研究紹介ができなかったそうであり、少々残念であった。

最終日には、今後の予定について相談し、次回は日本でシンポジウムを開催すること、相互訪問や学生交流の推進によって交流を深めようということ合意した。

当大学では休暇期間中という悪条件ながら多くの参加者が得られ、ドイツのみならず留学生も含めると10ヶ国以上の国籍の人々が集まり、国際的な会となった。研究内容発表および多くのソーシャルプログラムを通じて交流が深まり、互いを知るキックオフミーティングという趣旨は十分達せられた会だった。エネルギーに関する研究交流が可能な領域が多くあり、今後の一層の協力関係が発展することを願っている。

京都大学21COE第2回バイオエネルギーシンポジウム (Kyoto University 21COE 2nd Symposium on Bioenergy)

平成15年10月22日(水)にキャンパスプラザ京都(京都)において、上記国際シンポジウムを開催した。本シンポジウムは、平成15年年3月13-14日に開催された環境調和型エネルギーに関する第1回国際シンポジウム(The 1st International Symposium on Sustainable Energy System) 2日目のバイオエネルギーシンポジウムに続く、バイオエネルギータスクの第2回目のシンポジウムである。海外からの招待講演者3名[Lonnie Ingram氏(Univ. of Florida, USA)、Manfred Wögetter氏(Federal Institute of Agricultural Engineering, Austria)、Robert L. McCormick氏(National Renewable Energy Laboratory, USA)]、国内からの招待講演者1名[堀尾正靱氏(東京農工大学)]を含む114名の参加者があり、本学からも笠原三紀夫リーダーをはじめバイオエネルギータスクの教官、学生等多数が参加した。まず、笠原拠点21COE拠点リーダーによるプログラムの概要説明、坂バイオエネルギータスクリーダーによるタスク研究の概要説明、東京農工大の堀尾氏による東京農工大学21世紀COEプログラムでのバイオエネルギーの研究概要の説明がなされた後、バイオディーゼル燃料(3件)、バイオエタノール(4件)、液体バイオ燃料(3件)、バイオ燃料評価(2件)に関する本研究タスクでの最新の研究成果が発表され、活発な議論がなされた。また、最後に、本プログラムの諮問委員である西川禎一氏、池上 詢氏より講評をいただいた。

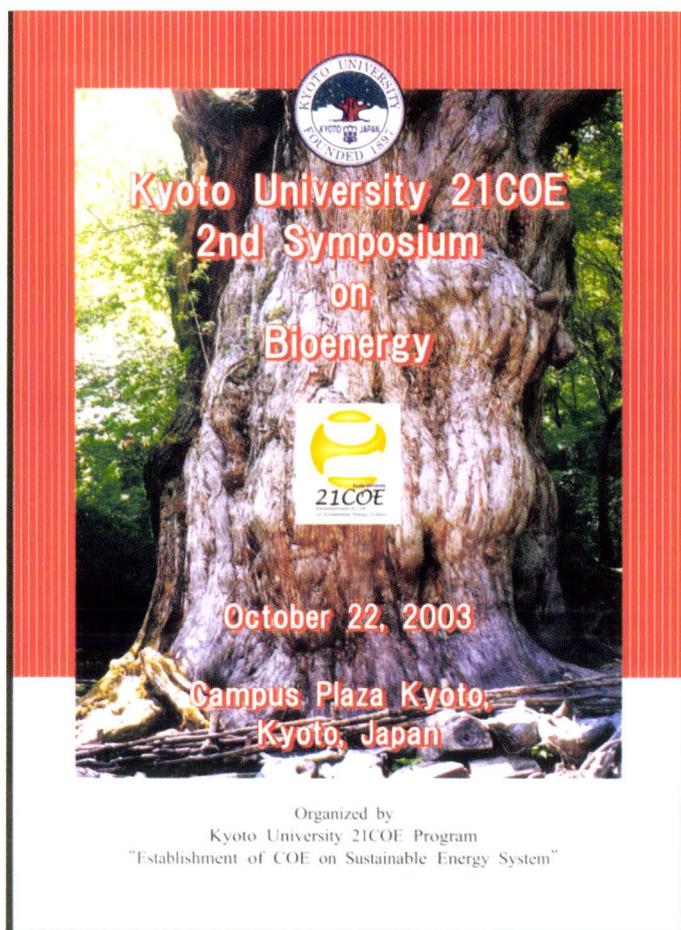


図5.2.3 21COE第2回バイオエネルギーシンポジウム

◎プログラム(平成15年10月22日)

Opening Address

Mikio Kasahara (Kyoto Univ.)

Introduction to the Bioenergy Research in the Kyoto University 21COE Program

Shiro Saka (Kyoto Univ.)

Invitation to the Bioenergy Research in the 21COE Program of Tokyo University of Agriculture and Technology

Masayuki Horio (Tokyo Univ. of Agriculture and Technology)

<Biodiesel>

Review on Biodiesel Production Worldwide - Results of a Project Commissioned by the IEA Bioenergy Liquid Biofuels Task

Manfred Wögetter (Federal Institute of Agricultural Engineering, Austria)

New Process for Biodiesel Production via Hydrolysis and Subsequent Methyl Esterification

Dadan Kusdiana and Shiro Saka (Kyoto Univ.)

Kinetics in Transesterification of Rapeseed Oil by Supercritical Methanol Treatment

Atsuhiko Tabe, Dadan Kusdiana, Eiji Minami and Shiro Saka (Kyoto Univ.)

<Bioethanol>

Genetic Improvement of E. coli for Fuel Ethanol Production

Lonnie Ingram (Univ. of Florida, USA)

Decomposition of Cellulose by Super- or Subcritical Water and their Combined Treatments

Katsunobu Ehara and Shiro Saka (Kyoto Univ.)

Bioethanol Production from Supercritically-treated Cellulose

Hisashi Miyafuji, Toshiki Nakata, Katsunobu Ehara and Shiro Saka (Kyoto Univ.)

Development of Highly Efficient Fermentation Process for Bio-ethanol from Biomass

Seiya Watanabe, Tsutomu Kodaki and Keisuke Makino (Kyoto Univ.)

<Biofuel>

Mechanism of the Pyrolysis of Lignocellulose for Controlling the Product Selectivity " Pyrolysis Behavior of Lignin"

Takeshi Nakamura, Haruo Kawamoto and Shiro Saka (Kyoto Univ.)

Development of Catalytic Systems for the Biomass-derived Methanol Production and CO₂ Reduction

Yasuyo Fujii, Takashi Sagawa, Takashi Morii and Katsutoshi Ohkubo (Kyoto Univ.)

Chemicals from Woody Biomass as Treated in Water-added Supercritical Methanol

Eiji Minami and Shiro Saka (Kyoto Univ.)

<Evaluation of Biofuels >

Status and R&D Needs for Renewable Diesel Fuel Options in the United States

Robert L. McCormick (National Renewable Energy Laboratory, USA)

Effects of Ethanol Blend on Performance and Exhaust Emissions in a High-pressure Injection Diesel Engine

Takuji Ishiyama, Hiroshi Kawanabe and Ali Mohammadi (Kyoto University)

Comments

Makoto Ikegami (Advisory board member, Kyoto Univ. 21COE, Fukui Univ. of Tech.)

Encouragements

Yoshikazu Nishikawa (Chief of advisory board members, Kyoto Univ. 21COE, Osaka Inst. of Tech.)

Closing

Shiro Saka (Kyoto Univ.)

「ヘリカルシステムにおけるプラズマ閉じ込めへの新しいアプローチ」に関する 日米ワークショップ・京都大学21世紀COEシンポジウム合同会議

開催期間：平成16年3月2～4日

開催場所：京都大学エネルギー理工学研究所エネルギー複合機構研究センター北4号棟

レセプション：新都ホテル

会議内容：

ヘリカルシステムの最適化に向けて近年話題となっている準軸対称、準ポロイダル対称、準等磁場対称といった新しい配意概念に基づいたプラズマ閉じ込め実験の新しいアプローチに向けたトピックスを取り上げ、関連した実験、理論、エンジニアリング、デザイン研究等における最近の進展についての講演および議論を行った。主たるトピックスは、現在進行している実験プロジェクト、配位最適化、輸送と閉じ込めの改善、MHD平衡・安定性、揺動と輸送、粒子・パワーハンドリング、ダイバータと不純物制御、プラズマ加熱、核融合炉研究、エンジニアリング・デザイン研究等であった。

参加者：

参加総人数－約50名

海外参加者－プリンストンプラズマ物理研究所(米国)、オークリッジ国立研究所(米国)、アーバン大学(米国)、ウィスコンシン大学(米国)、マックスプランク研究所(ドイツ)、CIEMAT研究所(スペイン)、クルチャトフ研究所(ロシア)、ハリコフ研究所(ウクライナ)、オーストラリア国立大学(オーストラリア)

国内参加者－核融合科学研究所、九州大学、東北大学、金沢工業大学

5.3 国内シンポジウムの開催

バイオマス関連部会・研究会合同交流会「液体バイオ燃料利活用の動向と展望」の共催

平成15年10月21日(火)、キャンパスプラザ京都(京都)において、坂バイオエネルギータスクリーダーが企画した上記交流会を共催した。学内外の179名の参加者を得て活発な討論がなされた。主催団体(日本エネルギー学会バイオマス部会、バイオインダストリー協会アルコール・バイオマス研究会、木質バイオマス利用研究会、化学工学エネルギー部会、バイオマス利用研究会)の紹介の後、バイオマス日本総合戦略の概要、バイオディーゼル燃料、バイオエタノールなどの高品位液体バイオ燃料の日、欧における取り組み状況、政策などに関する講演・討論がなされ、最後のパネルディスカッションでは、高品位液体バイオ燃料の展望について盛んな議論がなされた。

◎プログラム(平成15年10月21日)

開会ならびに趣旨説明(坂 志朗 京都大学)

各部会研究会の紹介

バイオマスニッポン総合戦略の概要(藤本 潔 農林水産省)

バイオディーゼル燃料に関する自治体の取り組み(中村一夫 京都市環境局)

バイオディーゼル燃料に関する欧米での取り組み;政策と規格

(M. ウェルゲッター オーストリア国立農業工学研究所)

バイオエタノールの現状と展望(斉木 隆 アルコール協会)

リグノセルロースからのバイオエタノール生産(星野忠一 日揮株式会社)

我が国の液体バイオ燃料に関する政策(荒木由希子 資源エネルギー庁)

パネルディスカッション(総合司会 坂 志朗 京都大学)

5.4 エネルギー環境調査

エネルギー需給データベース、エネルギー変換・利用技術データベース、エネルギー研究情報データベース、の3データベースについて、その作業の枠組みを検討し、実際に調査、入力することにより各データベースのプロトタイプを構築した。そのデータや情報については、できる限り1次データ、1次情報まで遡って調査するように努めることとしている。なお、調査結果はWEBを介して、COEプロジェクトメンバー間に公開予定である。

5.5 産官学連携に関わる事業概要

平成15年10月22日(水)から24日に開催された全科展in大阪2003における21COEシンポジウムで、産学連携のシーズとして9件の研究についてポスター発表を行った。また、平成15年11月19日に21COE産学連携シンポジウムを開催した。大学から23件のシーズを出展した。企業等から100名を越す参加者を得た。活発な情報交換が行われ、いくつかのシーズについては、共同研究等の話が進んでいる。平成16年度においても、積極的に産学連携を推し進めていきたい。単なるシーズ提供にとどまらず、産業界と共同で社会のニーズを吸収・昇華して新しい技術を創造することを目標とする。

5.6 広報事業

出版物としては、昨年度と同様に、本広報誌に加えてその英文版も発行し、種々のシンポジウムや公開講座等でも配布し、21世紀COE「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」事業の情報公開に努めてきた。併せて、京都大学大学院エネルギー科学研究科およびエネルギー理工学研究所のホームページでは本COEに関する最新情報を逐次公開した。なお、速報性に配慮し、本年度よりニューズレターも2号を発行した。

— 資 料 編 —

A.1 研究・教育拠点形成活動一覧

A.1.1 太陽エネルギー

1) 国際シンポジウムの主催(5.2参照)

The 21COE Symposium on Solar Cells, 平成15年5月19日, 京都大学宇治キャンパス, 参加者76名

A.1.2 水素エネルギー

- 1) 水素の製造と利用技術の展望: 塩路昌宏, 日本学術会議エネルギー・資源工学研究連絡委員会主催シンポジウム『水素の時代を迎える21世紀～エネルギーシステムの新展開～』, 招待講演, 2003年2月28日, 日本学術会議講堂 <日本学術会議での活動報告>
- 2) 第17回水素エネルギーに関する検討会: ガス株式会社 西島技術センター, 2003年9月3日, 燃料電池, ガス吸着材料, 天然ガス利用水素製造についての講演及び水素ステーション見学 <未来エネルギー研究協会との協力によるイベント開催>
- 3) 第3回サマースクール: 水素エネルギーの製造・利用技術, 塩路昌宏, 招待講演, 2003年8月9日, 鳥羽市民文化会館 <未来エネルギー研究協会との協力によるイベント開催>
- 4) 第18回水素エネルギーに関する検討会: アンモニアエコノミーの創出を考える, 伊藤靖彦, 招待講演, 2004年1月28日, 芝蘭会館 <未来エネルギー研究協会との協力によるイベント開催>
- 5) 第18回水素エネルギーに関する検討会: 微小重力環境下の電気化学界面現象実験とその展開, 福中康博, 招待講演, 2004年1月28日, 芝蘭会館 <未来エネルギー研究協会との協力によるイベント開催>
- 6) イオン性液体の現状と展望: 萩原理加, 化学工業日報社新技術セミナー「驚異の物質イオン性液体とは何か」, 招待講演, 2003年7月31日, 東京都
- 7) イオン性液体の電解質としての性質: 萩原理加, 日本化学会化学電池材料研究会第12回講演会, 招待講演, 平成15年8月2-4日, 諏訪市
- 8) Development of some new ionic liquids containing fluoroanions : Rika Hagiwara, (Invited talk) The Japan-Korea Joint Seminar on Fluorine Chemistry, The 155th Committee on Fluorine Chemistry, Japan Society for the Promotion of Science, and The Fluorine Chemistry Division in the Korean Society of Industrial and Engineering Chemistry, Nov.6 and 7, 2003, Tokyo.
- 9) Latest Research on Gas-Injection Application in Internal Combustion Engines: Masahiro Shioji, (Invited talk) 6th Asia-Pacific International Symposium on Combustion and Energy Utilization, May 20-22, 2002, Kuala Lumpur.
- 10) Recent Developments in Gas-Engine Research for Higher Efficiency: Masahiro Shioji, (Invited talk) The 5th Symposium on Next Generation Vehicle Technology, Nov.29, 2002, Gwangju, Korea.

A.1.3 バイオエネルギー

国際シンポジウムの主催(5.2参照)

・21COE第2回バイオエネルギーシンポジウム

(Kyoto University 21COE 2nd Symposium on Bioenergy)

平成15年10月22日(水), キャンパスプラザ京都(京都), 参加者:114名

国内シンポジウムの共催(5.3参照)

・バイオマス関連部会・研究会合同交流会「液体バイオ燃料利活用の動向と展望」

平成15年10月21日(火), キャンパスプラザ京都(京都), 参加者:179名

A.1.4 環境調和型トータルエネルギー評価

平成15年度エネルギー評価グループ会合:2回開催

平成15年度トータルエネルギー評価ワーキンググループ会合:7回開催

A.2 発表論文リスト

A.2.1 太陽エネルギー

(a) 太陽電池

- 1) S. Ngamsinlapasathian, S. Sakulphaemaruehai, S. Pavasupree, A. Kitiyanan, T. Sreethawong, Y. Suzuki, and S. Yoshikawa, "Highly efficient dye-sensitized solar cell using nanocrystalline titania containing nanotube structure", *J.Photochem. Photobiol. A. Chem.*, (2004) in press.
- 2) 吉川 暹, セラミックナノチューブを用いた色素増感太陽電池, 『実用化に向けた色素増感太陽電池』, エヌティーエス編集企画部編, エヌティーエス, (2003) pp.230-252.
- 3) M. Adachi, Y. Murata, I. Okada, and S. Yoshikawa, Formation of Titania Nanotubes and Applications for Dye-Sensitized Solar Cells, *J. Electrochem. Soc.*, 150 (2003) pp.488-493.
- 4) H. Fujiwara, Y. Ueda, A. Awasthi, N. Krishnamurthy and S. P. Garg, Determination of standard free energy of formation for niobium silicides by EMF measurements using lithium silicate liquid electrolytes, *Journal of Electrochemical Society*, Vol.150, No.8 (2003) pp.J43-J48.
- 5) J. Sasano, P. Schmuki, T. Sakka and Y. H. Ogata, Laser Assisted Nickel Deposition onto Porous Silicon, *Phys. Stat. Sol. (a)*, 197 (2003) pp.46-50.
- 6) F.A. Harraz, T. Sakka and Y.H. Ogata, Immersion Plating of Nickel onto a Porous Silicon Layer from Fluoride Solutions, *Phys. Stat. Sol. (a)*, 197 (2003) pp.51-56.
- 7) D. Hamm, T. Sakka and Y. H. Ogata, Etching of Porous Silicon in Basic Solution, *Phys. Stat. Sol. (a)*, 197 (2003) pp.175-179.
- 8) V. Parkhutik, J. Sasano, Y. Ogata, and E. Matveeva, Oscillatory Electrochemical Reactions at Corroding Silicon Surface, *Proceedings of SPIE*, Vol. 5114 (2003) pp.396-405.
- 9) 尾形幸生, 多孔質シリコン: その特異な構造の発現と応用, *機能材料*, 23 (2003) pp.27-35.
- 10) D. Hamm, T. Sakka and Y.H. Ogata, Transition during the Growth of Nanoporous Columns in p-Type Silicon: the Origin of Macropores, *Electrochemistry*, 71 (2003) pp.853-859.
- 11) J. Sasano, R. Murota, Y. Yamauchi, T. Sakka, and Y.H. Ogata, Re-dissolution of Copper onto Porous Silicon in Immersion Plating, *J. Electroanal. Chem.*, 559 (2003) pp.125-130.
- 12) T. Sakka, K. Saito, and Y.H. Ogata, Spectroscopic Characterization of the Laser Ablation Plume Produced at a Graphite-Water Interface, *Proceedings of the 4th International Conference of Plasma Physics and Plasma Technology*, 2 (2002) pp.674-677.
- 13) K. Saito, T. Sakka, and Y.H. Ogata, Rotational Spectra and Temperature Evaluation of C₂ Molecules Produced by Pulsed Laser Irradiation to a Graphite-Water Interface, *J. Appl. Phys.*, 94 (2003) pp.5530-5536.
- 14) Takashi Nakajima and L.A.A. Nikolopoulos, Role of Spin-Orbit Interaction in the Production of Spin-Polarized Photoelectrons Using a Dressing Laser, *Phys. Rev. A* 68 (2003) 013413.
- 15) Takashi Nakajima, Nobuaki Yonekura, Yukari Matsuo, Tohru Kobayashi, and Yoshimitsu Fukuyama, Simultaneous Production of Spin-Polarized Ions/Electrons Based on Two-Photon Ionization of Laser-Ablated Metallic Atoms, *Appl. Phys. Lett.* 83 (2003) 2103.
- 16) Nobuaki Yonekura, Takashi Nakajima, Yukari Matsuo, Tohru Kobayashi, and Yoshimitsu Fukuyama, Electron-Spin Polarization of Photoions Produced through Photoionization from the Laser-Excited Triplet State of Sr, *J. Chem. Phys.* 120 (2004) (in press).
- 17) N. Yasumaru, K.Miyazaki, J.Kiuchi, and H.Magara, Femtosecond-Laser-Induced Nanostructures Formed on Hard Coatings of TiN and DLC, *International Congress on Laser Advnsncd Material Processing, Proc. of SPIE*, Vol.4830 (2003) pp.521-525.
- 18) K.Miyazaki, T.Shimizu, D.Normand, Coulomb Explosion Dynamics of Nitrogen Molecules with High-Intensity Femtosecond Laser Pulses, *Proceedings of The Third Asian Pacific Laser Symposium (APLS 2002)* (2003) pp.322-325.
- 19) N. Yasumaru, K.Miyazaki, J.Kiuchi, and H.Magara, Periodic Nanostructures Formed on Hard Thin Films by Femtosecond Laser Pulses, *Proceedings of The Third Asian Pacific Laser Symposium (APLS 2002)* (2003) pp.594-597.
- 20) 安丸尚樹, 木内淳介, 宮崎健創, フェムト秒レーザーによる光ナノ加工技術の開発と機能性薄膜への応用, 福井県地域結集型共同研究事業第2回成果発表会資料集, (2003) pp.23-26.
- 21) N. Yasumaru, K.Miyazaki, and J.Kiuchi, Femtosecond-Laser-Induced Nanostructure Formed in Hard Thin Films of TiN and DLC, *Appl. Phys. A: Material Science & Processing*, Vol.76, No.6 (2003) pp.983-985.
- 22) N. Yasumaru, K. Miyazaki, and J. Kiuchi, Periodic Nanostructure Formed on TiN and DLC by Femtosecond Laser Pulses, *Technical Digest of CLEO/Pacific Rim 2003* (to be published).

- 23) H. Ohgaki, I. Tometaka, K. Yamane, T. Kii, K. Masuda, K. Yoshikawa, and T. Yamazaki, Design Studies of IR-FEL system at IAE, Kyoto University, Nucl. Instrum. Methods in Phys. Res. A507 (2003) pp.150-153.
- 24) T. Kii, K. Yamane, I. Tometaka, K. Masuda, H. Ohgaki, K. Yoshikawa, T. Yamazaki, Improvement of Electron Beam Properties by Reducing Back-Bombardment Effects in a Thermionic RF Gun, Nucl. Instru. & Meth., A507 (2003) pp.340-344.
- 25) 林 秀輔, 宮迫 敦, 紀井俊輝, 増田 開, 大垣英明, 吉川 潔, 山崎鉄夫, 京都大学赤外FEL装置におけるビームパラメータ評価, Proc. of the 28th Linear Accelerator Meeting in Japan, (2003) pp.249-251.
- 26) 宮迫 敦, 林 秀輔, 紀井俊輝, 増田 開, 大垣英明, 吉川 潔, 山崎鉄夫, 外部磁場印加による熱陰極型高周波電子銃のビーム特性の改善, Proc. of the 28th Linear Accelerator Meeting in Japan, (2003) pp.200-202.
- 27) T. Yamazaki, H. Ohgaki, T. Kii, K. Masuda, S. Hayashi, A. Miyasako, and K. Yoshikawa, Present Status of the KU-FEL PROJECT 2003, Proc. of the 14th Accelerator Science and Technologies in Japan, (2003) pp.647-649.
- 28) 林 秀輔, 宮迫 敦, 高松輝久, 増田 開, 紀井俊輝, 大垣英明, 吉川 潔, 山崎鉄夫, 京都大学FEL装置用LINACにおけるビームパラメータ測定, Proc. of the 14th Accelerator Science and Technologies in Japan, (2003) pp.434-436.
- 29) 宮迫 敦, 林秀輔, 紀井俊輝, 増田 開, 大垣英明, 吉川 潔, 山崎鉄夫, 熱陰極型高周波電子銃における小径陰極を用いたビーム特性向上に関する研究, Proc. of the 14th Accelerator Science and Technologies in Japan, (2003) pp.410-412.

(b) 宇宙太陽光発電

[著書]

- 1) H. Matsumoto, "Landolt-Bornstein, Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology, Group VIII: Advanced Materials and Technologies volume 3", Springer, (2002) pp.187-199

[論文]

- 2) 三谷友彦, 篠原真毅, 松本 紘, 橋本弘藏, フィラメント電流遮断後のマグネトロンの発振特性に関する実験的研究, 電子情報通信学会論文誌C, Vol. J85-C, No.11, pp.983-990, 2002
- 3) H. Matsumoto, Research on Solar Power Station and Microwave Power Transmission in Japan: Review and Perspectives, IEEE Microwave Magazine, (2002) pp.36-45.
- 4) 松本 紘, 篠原真毅, 宇宙太陽発電所SPSと関連真空技術, 真空, 46, 3 (2003) pp.135-141
- 5) T. Mitani, N. Shinohara, H. Matsumoto and K. Hashimoto, Experimental Study on Oscillation Characteristics of Magnetron after Tuning off Filament Current, Electronics and Communications in Japan, Part 2, 86, 5 (2003) pp.1-9
- 6) 武市 統, 篠原 真毅, 松本 紘, 橋本 弘藏, マイクロ波送電用整流回路の小型軽量化に関する研究, 電子情報通信学会論文誌B, J86-B, 5, (2003), pp.850-854
- 7) V. A. Vanke, H. Matsumoto and N. Shinohara, On a Possibility to Decrease Magnetic Intensity in Microwave/DC Cyclotron Wave Converter, IEICE Trans. Electron, E86-C, 7 (2003) pp.1390-1392
- 8) N. Shinohara, H. Matsumoto and K. Hashimoto, Solar Power Station/Satellite (SPS) with Phase Controlled Magnetrons, IEICE Trans. Electron, E86-C, 8 (2003) pp.1550-1555
- 9) T. Mitani, N. Shinohara, H. Matsumoto and K. Hashimoto, Improvement of Spurious Noises Generated from Magnetrons Driven by DC Power Supply after Turning off Filament Current, IEICE Trans. Electron, 86-C, 8 (2003) pp.1556-1563
- 10) 武市 統, 篠原真毅, 松本 紘, 橋本弘藏, アレーアンテナとパルス送電によるグレーティングローブ抑圧方式, 電子情報通信学会論文誌B, J87-B, 1 (2004) pp.10-18

[総説・解説]

- 11) 松本 紘, 宇宙太陽発電の世界, OHM, (2002) pp.59-65.
- 12) 松本 紘, なぜ宇宙太陽発電所か? -人類文明飛躍のマイルストーン-, あうろーら, (2002) pp.169-180.
- 13) 松本 紘, 篠原真毅, 宇宙太陽発電所SPS, 電気学会誌, vol.123, no.3 (2003) pp.164-167.
- 14) 松本 紘, 21世紀の新エネルギー「宇宙太陽発電」, 太陽エネルギー, vol.29, no.3 (2003) pp.73-78.
- 15) 篠原真毅, マイクロ波を利用した電気自動車充電技術, 電磁環境工学情報 EMC, 2003.4., pp.108-115.
- 16) 篠原真毅, 松本 紘, マイクロ波無線電力伝送 "宇宙太陽発電所SPSを目指して", 電子情報通信学会誌, Vol.86, No.6 (2003) pp.439-441.

[国際学会プロシーディング]

- 17) H. Matsumoto, Space Solar Power Station, 2003 IEEE Technical Conference on Wireless Communication Technology and NSF Wireless Grantees Workshop, Hawaii, USA, (2003).

- 18) H. Matsumoto, Japanese research for a bright and clean energy from space " Space Solar Power System (SSPS) and Microwave power Transmission (MPT) ", 2003 Japan-United States Joint Workshop on Space Solar Power System (JUSPS'03), Uji, Kyoto, (2003).
- 19) K. Hashimoto, H. Matsumoto, and N. Shinohara, SSPS beam control with spread spectrum pilot signals, 2003 Japan-United States Joint Workshop on Space Solar Power System (JUSPS'03), Uji, Kyoto, (2003).
- 20) A. Yamamoto, T. Mizuno, H. Ikematsu, K. Takada, I. Mikammi, N. Shinohara, K. Hashimoto, and H. Matsumoto, High efficient power transmitting system and thin film see-through rectenna, 2003 Japan-United States Joint Workshop on Space Solar Power System (JUSPS'03), Uji, Kyoto, (2003).
- 21) E. Fujiwara, Y. Takahashi, N. Tanaka, K. Saga, K. Tujimoto, H. Matsumoto, K. Hashimoto, N. Shinohara, and T. Mitani, Compact microwave energy transmitter, 2003 Japan-United States Joint Workshop on Space Solar Power System (JUSPS'03), Uji, Kyoto, (2003).
- 22) H. Usui, H. Matsumoto, and Y. Omura, Effects of space solar power system on the ionospheric plasma, 2003 Japan-United States Joint Workshop on Space Solar Power System (JUSPS'03), Uji, Kyoto, (2003).
- 23) N. Shinohara, H. Matsumoto, and K. Hashimoto, Phase controlled magnetron development for SPORTS "Space Power Radio Transmission System", 2003 Japan-United States Joint Workshop on Space Solar Power System (JUSPS'03), Uji, Kyoto, (2003).
- 24) K. San, N. Shinohara, and H. Matsumoto, Development of high conversion efficiency rectenna system with reflection, Experimental study on reduction of noises generated from magnetron for microwave power transmission, Uji, Kyoto, (2003).
- 25) T. Mitani, N. Shinohara, H. Matsumoto, K. Hashimoto, M. Aiga, T. Tsukada, and T. Nanda, Experimental study on reduction of noises generated from magnetron for microwave power transmission, Experimental study on reduction of noises generated from magnetron for microwave power transmission, Uji, Kyoto, (2003).
- 26) T. Hibino, H. Usui, N. Shinohara, and H. Matsumoto, Study on computer experiments for magnetrons, Experimental study on reduction of noises generated from magnetron for microwave power transmission, Uji, Kyoto, (2003).
- 27) H. Matsumoto, Critical problems of solar power station from space plasma viewpoint, IUGG 2003, Sapporo, (2003).
- 28) Y. Omura T. Sakakima, H. Usui, and H. Matsumoto, Computer experiments on interaction of heavy ion beam from a large-scale ion engine with magnetospheric plasma, IUGG 2003, Sapporo, (2003).
- 29) K. Yoshikawa, H. Matsumoto, M. Shioji, T. Tezuka, S. Yoshikawa, Activities of the 21COE program, Kyoto University 21COE Thai-Research Station on Sustainable Energy System Opening Symposium, Bangkok & Pathumthani, Thailand, (2003).
- 30) H. Nagayama, M. Mori and H. Matsumoto, NASDA Activities on Space Solar Power Systems, The 1st International Symposium on Sustainable Energy System, Campus Plaza Kyoto, 2003.
- 31) T. Hibino, H. Usui, N. Shinohara, and H. Matsumoto, Study on computer experiments for magnetrons, The 1st International Symposium on Sustainable Energy System, Campus Plaza Kyoto, Kyoto, (2003).
- 32) V. A. Vanke, H. Matsumoto and N. Shinohara, On a Possibility to Decrease Magnetic Intensity in Microwave/DC Cyclotron Wave Converter, The 1st International Symposium on Sustainable Energy System, Campus Plaza Kyoto, Kyoto, (2003).
- 33) H. Matsumoto, N. Shinohara, K. Hashimoto, H. Usui, and T. Mitani, MPT and SPS Research at Radio Science Center for Space and Atmosphere, Kyoto University, The 1st International Symposium on Sustainable Energy System, Campus Plaza Kyoto, Kyoto, (2003).
- 34) H. Matsumoto, COE Research on Solar Power Technology " Microwave Power Transmission and SPS ", The 1st International Symposium on Sustainable Energy System, Campus Plaza Kyoto, Kyoto, (2003).
- 35) K. San, N. Shinohara and H. Matsumoto, Development of High conversion Efficiency Rectenna system with reflection, The 1st International Symposium on Sustainable Energy System, Campus Plaza Kyoto, Kyoto, (2003).
- 36) H. Matsumoto and Y. Kaya, Japanese Trial for a Bright and Clean Energy from Space "Solar Power Station (SPS) and Microwave Power Transmission (MPT)", The 1st International Symposium on Sustainable Energy System, Campus Plaza Kyoto, Kyoto, (2003).
- 37) N. Shinohara, H. Matsumoto and K. Hashimoto, Space Power Radio Transmission System (SPORTS), The 1st International Symposium on Sustainable Energy System, Campus Plaza Kyoto, Kyoto, (2003).
- 38) K. Hashimoto, H. Matsumoto and N. Shinohara, Beam Control System with Spread Spectrum Pilot Signal for Microwave Power Transmission, The 1st International Symposium on Sustainable Energy System, Campus Plaza Kyoto, Kyoto, (2003).

- 39) N. Shinohara, H. Matsumoto, N. Tanaka and Y. Takahashi, Development of Small and Light Phase Controlled Magnetron for Space Use, The 1st International Symposium on Sustainable Energy System, Campus Plaza Kyoto, Kyoto, (2003).
- 40) S. Yamamoto, N. Shinohara and H. Matsumoto, Study on a phased array with phase controlled magnetrons, The 1st International Symposium on Sustainable Energy System, Campus Plaza Kyoto, Kyoto, (2003).
- 41) T. Mitani, N. Shinohara, H. Matsumoto, K. Hashimoto, M. Aiga and T. Handa, Time analysis of Frequency Spectrum Generated from Magnetron Driven by Non-Smoothing Half-Wave Voltage Doubler, The 1st International Symposium on Sustainable Energy System, Campus Plaza Kyoto, Kyoto, (2003).
- (c) 人工太陽 (ブラズマ)
- 1) T. Obiki, T. Mizuuchi, H. Okada, K. Nagasaki, F. Sano, K. Kondo, S. Kobayashi, M. Nakasuga, K. Hanatani, Y. Nakamura, M. Wakatani, S. Besshou, Y. Ijiri, T. Senju, K. Yaguchi, K. Sakamoto, K. Tohshi, M. Shibano, Y. Manabe, H. Shidara, W. L. Ang, H. Kawazome, S. Maeno, M. Takeda, K. Tomiyama, H. Tsuru, M. Iriguchi, S. Kaneko, H. Kubo, Y. Nishioka, Y. Ohno, T. Takamiya, H. Yukimoto, Y. Fukagawa, S. Nakazawa, Y. Morita, S. Nishio, K. Takahashi, S. Tsuboi, M. Yamada, N. Nishino, V. Tribaldos, F. Tabarés, Nucl. Fusion, 44 (2004) pp.47-55.
 - 2) V. V. Chechkin, L. I. Grigor'eva, E. L. Sorokovoy, M. S. Smirnova, A. S. Slavnyj, E. D. Volkov, N. I. Nazarov, S. A. Tsybenko, A. V. Lozin, A. P. Litvinov, V. G. Konovalov, V. N. Bondarenko, A. N. Shapvoal, A. Y. Kulaga, Y. K. Mirnov, T. Mizuuchi, S. Masuzaki and K. Yamazaki, Nucl. Fusion, 43 (2003) pp.1175-1182.
 - 3) F. Sano, T. Mizuuchi, K. Nagasaki, H. Okada, S. Kobayashi, K. Kondo, K. Hanatani, Y. Nakamura, M. Nakasuga, S. Besshou, S. Yamamoto, Y. Suzuki, Y. Manabe, H. Shidara, T. Takamiya, Y. Ohno, Y. Nishioka, H. Yukimoto, K. Takahashi, Y. Fukagawa, H. Kawazome, M. Kaneko, S. Tsuboi, S. Nakazawa, S. Nishio, M. Yamada, Y. Ijiri, T. Senju, K. Aguchi, K. Sakamoto, K. Tohshi, M. Shibano, V. Tribaldo, F. Tabares, T. Obiki, J. Plasma Fusion Res., 79 (2003) pp.1111-1112.
 - 4) T. Mizuuchi, W. L. Ang, Y. Nishioka, T. Kobayashi, K. Nagasaki, H. Okada, K. Kondo, F. Sano, S. Besshou, Y. Nakamura, M. Nakasuga, Y. Manabe, H. Shidara, H. Kawazome, S. Maeno, T. Takamiya, M. Takeda, K. Tomiyama, H. Tsuru, Y. Ohno, H. Kubo, H. Yukimoto, M. Iriguchi and T. Obiki, J. Nucl. Mater., 313-316 (2003) pp.947-951.
 - 5) V. Tribaldos, H. Shidara, K. Nagasaki, Y. Nakamura, K. Sakamoto, H. Yukimoto, M. Nakasuga, F. Sano and T. Obiki, J. Plasma Fusion Research, 78, (2002) pp. 996-997
 - 6) K. Kondo, T. Mizuuchi, K. Nagasaki, H. Okada, F. Sano, S. Besshou, Y. Manabe, H. Shidara, W. L. Ang, H. Kawazome, T. Takamiya, M. Takeda, H. Tsuru, K. Tomiyama, S. Maeno, Y. Ohno, Y. Nishioka, H. Yukimoto, M. Iriguchi, H. Kubo, Y. Ijiri, T. Senju, K. Yaguchi, K. Sakamoto, K. Tohshi, M. Shibano, O. Yamagishi, Y. Suzuki, M. Nakasuga, K. Hanatani, Y. Nakamura, M. Wakatani, T. Obiki, J. Plasma Fusion Research, 78 (2002) pp.1231-1238.
 - 7) H. Kawazome, S. Maeno, K. Kondo, M. Iriguchi, M. Takeda, T. Mizuuchi, H. Okada, K. Nagasaki, F. Sano, S. Besshou, Y. Manabe, H. Shidara, W. L. Ang, T. Takamiya, H. Tsuru, K. Tomiyama, Y. Ohno, H. Kubo, Y. Nishioka, H. Yukimoto and T. Obiki, Journal of Plasma and Fusion Research SERIES, Vol.5 (2002) pp.342-345.
 - 8) H. Shidara, K. Nagasaki, K. Sakamoto, H. Yukimoto, M. Nakasuga, F. Sano, K. Kondo, T. Mizuuchi, H. Okada, S. Besshou, Y. Manabe, W. L. Ang, H. Kawazome, S. Maeno, M. Takeda, T. Takamiya, K. Tomiyama, H. Tsuru, Y. Ohno, H. Kubo, Y. Nishioka, M. Iriguchi, V. Orlov, A. Pavelyen, A. Tolkachev, V. Tribaldos and T. Obiki, Journal of Plasma and Fusion Research SERIES, Vol.5 (2002) pp.333-336.
 - 9) W. L. Ang, T. Mizuuchi, M. Nakasuga, F. Sano, K. Kondo, K. Nagasaki, H. Okada, S. Besshou, Y. Manabe, H. Shidara, H. Kawazome, S. Maeno, M. Takeda, T. Takamiya, K. Tomiyama, H. Tsuru, Y. Ohno, Y. Kubo, Y. Nishioka, H. Yukimoto, M. Iriguchi and T. Obiki, Journal of Plasma and Fusion Research SERIES, Vol.5 (2002) pp.292-296.
 - 10) T. Obiki, F. Sano, K. Kondo, M. Wakatani, T. Mizuuchi, K. Hanatani, Y. Nakamura, K. Nagasaki, H. Okada, S. Besshou, M. Nakasuga, H. Tsuru, Y. Manabe, H. Shidara, W. L. Ang, T. Takamiya, M. Iriguchi, M. Takeda, H. Kawazome, S. Maeno, K. Tomiyama, Y. Ohno, H. Kubo, Y. Nishioka, H. Yukimoto, Y. Ijiri, T. Senju, K. Yaguchi, K. Sakamoto, K. Tohshi, M. Shibano, F. Tabarés and V. Tribaldos, Journal of Plasma and Fusion Research SERIES, Vol.5 (2002) pp.288-291.
 - 11) H. Okada, H. Tsuru, Y. Ikeda, K. Kondo, F. Sano, T. Mizuuchi and T. Obiki, Journal of Plasma and Fusion Research SERIES, Vol.5 (2002) pp.197-200.
 - 12) M. Uchida, T. Yoshinaga, K. Katsuura, M. Konno, H. Igami, H. Tanaka and T. Maekawa, J. Plasma Fusion Res., Vol. 80 (2004).

- 13) H. Igami, M. Uchida, H. Tanaka and T. Maekawa, *Plasma Physics and Controlled Fusion*, Vol.46 (2004) pp.261-275.
- 14) T. Maekawa, H. Tanaka, M. Uchida, H. Igami, T. Yoshinaga and K. Higaki, *Proc. 15th Topical Conf. on RF Power in Plasmas* (Moran, USA May 19-21, 2003) paper C-53.
- 15) T. Maekawa, H. Tanaka, M. Uchida and H. Igami, *Proc. 15th Topical Conf. on RF Power in Plasmas* (Moran, USA May 19-21, 2003) paper C-60.
- 16) L. L. Snead, T. Hinoki, Y. Katoh, T. Taguchi, R.H. Jones, A. Kohyama and N. Igawa, *Advances in Science and Technology*, Vol. 33 129-140 (2003).
- 17) T. Hinoki, E. Lara-Curzio and L.L. Snead, *Ceramic Engineering and Science Proceedings*, Vol. 24 (2003) pp. 401-406.
- 18) T. Hino, T. Jinushi, Y. Hirohata, M. Hashiba, Y. Yamauchi, Y. Katoh and A. Kohyama, *Fusion Science and Technology*, Vol. 43 (2003) pp.184-190.
- 19) Y. Katoh, A. Kohyama, T. Hinoki and L. L. Snead, *Fusion Science and Technology*, Vol. 44 (2003) pp.155-162.
- 20) T. Hinoki, E. Lara-Curzio and L. L. Snead, *Fusion Science and Technology*, Vol. 44 (2003) pp.211-218.
- 21) S. Sato, H. Serizawa, H. Araki, T. Noda and A. Kohyama, *Journal of Alloys and Compounds* 355 (2003) pp.142-147.
- 22) Y. Ueda, K. Tobita and Y. Katoh, *Journal of Nuclear Materials* 313-316 32-41 (2003).
- 23) Y. Katoh, M. Ando and A. Kohyama, *Journal of Nuclear Materials* 323 251-262 (2003).
- 24) M. Tamura, H. Sakasegawa, A. Kohyama, H. Esaka, and K. Shinozuka, *Journal of Nuclear Materials* 321 (2003) pp.288-293.
- 25) S. Dong, Y. Katoh and A. Kohyama, *Journal of the American Ceramic Society*, Vol. 86 (2003) pp.26-32.
- 26) W. Yang, A. Kohyama, Y. Katoh, H. Araki, J. Yu and T. Noda, *Journal of the American Ceramic Society*, Vol. 86 (2003) pp.851-856.
- 27) M. Kotani, Y. Katoh, A. Kohyama and M. Narisawa, *Journal of the Ceramic Society of Japan* Vol. 111 (2003) pp.300-307.
- 28) T. Jinushi, M. Hashiba, Y. Yamauchi, Y. Hirohata, T. Hino, Y. Katoh and A. Kohyama, *Journal of the Vacuum Society of Japan (真空)*, Vol. 46, No. 7 (2003) pp.29-32.
- 29) K. Arakawa, K. Ono, H. Tanigawa, Y. Katoh, A. Kohyama and M. Kiritani, *Materials Science and Engineering*, Vol. A350 (2003) pp.53-56.
- 30) M. Kotani, T. Inoue, A. Kohyama, Y. Katoh and K. Okamura, *Materials Science and Engineering*, Vol. A357 (2003) pp.376-385.
- 31) S. Ishida, K. Abe, A. Ando, T. Cho, T. Fujii, T. Fujita, S. Goto, K. Hanada, A. Hatayama, T. Hino, H. Horiike, N. Hosogane, M. Ichimura, S. Tsuji-Iio, S. Itoh, Y. Kamada, M. Katsurai, M. Kikuchi, A. Kitsunezaki, A. Kohyama, H. Kubo, M. Kuriyama, M. Matsukawa, M. Matsuoka, Y. Miura, Y. M. Miura, N. Miya, T. Mizuuchi, Y. Murakami, K. Nagasaki, H. Ninomiya, N. Nishino, Y. Ogawa, K. Okano, T. Ozeki, M. Saigusa, M. Sakamoto, A. Sakasai, M. Satoh, M. Shimada, R. Shimada, M. Shimizu, T. Takagi, Y. Takase, S. Takeji, T. Tanabe, K. Toi, Y. Ueda, Y. Uesugi, K. Ushigusa, M. Wakatani, Y. Yagi, K. Yamaguchi, T. Yamamoto, K. Yatsu and K. Yoshikawa, *Nuclear Fusion*, Vol.43 (2003) pp.606-613.
- 32) A. Kimura, T. Sawai, K. Shiba, A. Hishinuma, S. Jitsukawa, S. Ukai and A. Kohyama, *Nuclear Fusion*, Vol.43 (2003) pp.1246-1249.
- 33) M. Shiotsu, H. Tatsumoto, K. Hata, K. Hama, and Y. Shirai, *ICEC 19 (Proc. of the Nineteenth International Cryogenic Engineering Conference)*, pp.783-786, Narosa Publishing House, New Delhi, India, (2003).
- 34) H. Tatsumoto, K. Hata, K. Hama, Y. Shirai and M. Shiotsu, *ICEC 19 (Proc. of the Nineteenth International Cryogenic Engineering Conference)*, pp.787-790, Narosa Publishing House, New Delhi, India, (2003).
- 35) T. Okamura, H. Tatsumoto, K. Hata, K. Hama, Y. Shirai and M. Shiotsu, *ICEC 19 (Proc. of the Nineteenth International Cryogenic Engineering Conference)*, pp.791-794, Narosa Publishing House, New Delhi, India, (2003).
- 36) K. Fujita, H. Tatsumoto, Y. Shirai, and M. Shiotsu, *CEC/ICMC2003*, Sept. 22-26, 2003, Anchorage, Alaska.
- 37) T. Okamura, M. Saeki, K. Hata, K. Hama, Y. Shirai, M. Shiotsu, *CEC/ICMC2003*, Sept. 22-26, 2003, Anchorage, Alaska.
- 38) M. Ohya, Y. Shirai, M. Shiotsu and S. Imagawa, *CEC/ICMC2003*, Sept. 22-26, 2003, Anchorage, Alaska.
- 39) T. Okamura, M. Saeki, M. Shiotsu, *18th International Conference on Magnet technology*, Paper No.4D-p57, Oct.20-24, 2003, Morioka, Iwate.
- 40) S. Konishi, K. Fujita, T. Okamura, Y. Shirai and M. Shiotsu, *18th International Conference on Magnet technology*, Paper No.4D-p58, Oct.20-24, 2003, Morioka, Iwate.

- 41) Higuchi, M. Ohya, Y. Shirai, M. Shiotsu, and S. Imagawa, 18th International Conference on (2003) pp.155-162.
- 20) T. Hinoki, E. Lara-Curzio and L. L. Snead, Fusion Science and Technology, Vol. 44 (2003) pp.211-218.
- 21) S. Sato, H. Serizawa, H. Araki, T. Noda and A. Kohyama, Journal of Alloys and Compounds 355 (2003) pp.142-147.
- 22) Y. Ueda, K. Tobita and Y. Katoh, Journal of Nuclear Materials 313-316 32-41 (2003).
- 23) Y. Katoh, M. Ando and A. Kohyama, Journal of Nuclear Materials 323 251-262 (2003).
- 24) M. Tamura, H. Sakasegawa, A. Kohyama, H. Esaka, and K. Shinozuka, Journal of Nuclear Materials 321 (2003) pp.288-293.
- 25) S. Dong, Y. Katoh and A. Kohyama, Journal of the American Ceramic Society, Vol. 86 (2003) pp.26-32.
- 26) W. Yang, A. Kohyama, Y. Katoh, H. Araki, J. Yu and T. Noda, Journal of the American Ceramic Society, Vol. 86 (2003) pp.851-856.
- 27) M. Kotani, Y. Katoh, A. Kohyama and M. Narisawa, Journal of the Ceramic Society of Japan Vol. 111 (2003) pp.300-307.
- 28) T. Jinushi, M. Hashiba Y. Yamauchi, Y. Hirohata T. Hino, Y. Katoh and A. Kohyama, Journal of the Vacuum Society of Japan (真空), Vol. 46, No. 7 (2003) pp.29-32.
- 29) K. Arakawa, K. Ono, H. Tanigawa, Y. Katoh, A. Kohyama and M. Kiritani, Materials Science and Engineering, Vol. A350 (2003) pp.53-56.
- 30) M. Kotani, T. Inoue, A. Kohyama, Y. Katoh and K. Okamura, Materials Science and Engineering, Vol. A357 (2003) pp.376-385.
- 31) S. Ishida, K. Abe, A. Ando, T. Cho, T. Fujii, T. Fujita, S. Goto, K. Hanada, A. Hatayama, T. Hino, H. Horiike, N. Hosogane, M. Ichimura, S. Tsuji-Iio, S. Itoh, Y. Kamada, M. Katsurai, M. Kikuchi, A. Kitsunezaki, A. Kohyama, H. Kubo, M. Kuriyama, M. Matsukawa, M. Matsuoka, Y. Miura, Y. M. Miura, N. Miya, T. Mizuuchi, Y. Murakami, K. Nagasaki, H. Ninomiya, N. Nishino, Y. Ogawa, K. Okano, T. Ozeki, M. Saigusa, M. Sakamoto, A. Sakasai, M. Satoh, M. Shimada, R. Shimada, M. Shimizu, T. Takagi, Y. Takase, S. Takeji, T. Tanabe, K. Toi, Y. Ueda, Y. Uesugi, K. Ushigusa, M. Wakatani, Y. Yagi, K. Yamaguchi, T. Yamamoto, K. Yatsu and K. Yoshikawa, Nuclear Fusion, Vol.43 (2003) pp.606-613.
- 32) A. Kimura, T. Sawai, K. Shiba, A. Hishinuma, S. Jitsukawa, S. Ukai and A. Kohyama, Nuclear Fusion, Vol.43 (2003) pp.1246-1249.
- 33) M. Shiotsu, H. Tatsumoto, K. Hata, K., K. Hama, and Y. Shirai, ICEC 19 (Proc. of the Nineteenth International Cryogenic Engineering Conference), pp.783-786, Narosa Publishing House, New Delhi, India, (2003).
- 34) H. Tatsumoto, K. Hata, K. Hama, Y. Shirai and M. Shiotsu, ICEC 19 (Proc. of the Nineteenth International Cryogenic Engineering Conference), pp.787-790, Narosa Publishing House, New Delhi, India, (2003).
- 35) T. Okamura, H. Tatsumoto, K. Hata, K. Hama, Y. Shirai and M. Shiotsu, ICEC 19 (Proc. of the Nineteenth International Cryogenic Engineering Conference), pp.791-794, Narosa Publishing House, New Delhi, India, (2003).
- 36) K. Fujita, H. Tatsumoto, Y. Shirai. and M. Shiotsu, CEC/ICMC2003, Sept. 22-26, 2003, Anchorage, Alaska.
- 37) T. Okamura, M. Saeki, K. Hata, K. Hama, Y. Shirai, M. Shiotsu, CEC/ICMC2003, Sept. 22-26, 2003, Anchorage, Alaska.
- 38) M. Ohya, Y. Shirai, M. Shiotsu and S. Imagawa, CEC/ICMC2003, Sept. 22-26, 2003, Anchorage, Alaska.
- 39) T. Okamura, M. Saeki, M. Shiotsu, 18th International Conference on Magnet technology, Paper No.4D-p57, Oct.20-24, 2003, Morioka, Iwate.
- 40) S. Konishi, K. Fujita, T. Okamura, Y. Shirai and M. Shiotsu, 18th International Conference on Magnet technology, Paper No.4D-p58, Oct.20-24, 2003, Morioka, Iwate.
- 41) Higuchi, M. Ohya, Y. Shirai, M. Shiotsu, and S. Imagawa, 18th International Conference on Magnet technology, Paper No.2D-p11, Oct.20-24, 2003, Morioka, Iwate.
- 42) M. Ohya, A. Higuchi, Y. Shirai, M. Shiotsu, and S. Imagawa, 18th International Conference on Magnet technology, Paper No.2D-p12, Oct.20-24, 2003, Morioka, Iwate.

A.2.2 水素エネルギー

- 1) 坂 志朗, D. Kusdiana, 超臨界流体のポスト石油化学への応用(2), 二段階超臨界メタノール法による油脂からのバイオディーゼル燃料—“Jasco Report 超臨界最新技術特集第7号”, 日本分光(株) (2003) pp.136-139.
- 2) H. Nakajima, Thermodynamic Investigations of a Hydrogen Electrode Reaction in a Molten LiCl-KCl-LiH system, *Electrochem. Solid-State Lett.*, Vol. 5, No. 5 (2002) pp.E17-E20.
- 3) T. Nohira, Electrochemical Behavior of Hydride Ion in a LiCl-KCl Eutectic Melt, *J. Electrochem. Soc.*, Vol. 149, No. 5 (2002) pp.E159-E165.
- 4) T. Tsuda, Nucleation and Surface Morphology of Aluminum-Lanthanum Alloy Electrodeposited in a LaCl_3 -saturated AlCl_3 -EtMeImCl Room Temperature Molten Salt, *Electrochimica Acta*, Vol.47 (2002) pp.2817-2822.
- 5) T. Tsuda, A highly conductive composite electrolyte consisting of polymer and room temperature molten fluorohydrogenates *Solid State Ionics*, Vol.149 (2002) pp.295-298.
- 6) H. Konishi, Formation of Dy-Fe Alloy Films by Molten Salt Electrochemical Process, *Electrochimica Acta*, Vol.47 (2002) pp.3533-3539.
- 7) H. Konishi, Morphology Control of Dy-Ni Alloy Films by Electrochemical Displacement Electrochem. *Solid-State Lett.*, Vol.5 (2002) pp.B37-B39.
- 8) Kazuhiko Matsumoto, Room temperature molten fluorometallates: 1-ethyl-3-methylimidazolium hexafluoronitrate(V) and hexafluorotantalate(V), *J. Fluor. Chem.*, 115, No.2 (2002) pp.133-135.
- 9) Rika Hagiwara, The structures of alkylimidazolium fluorohydrogenate molten salts studied by high-energy X-ray diffraction, *J. Noncryst. Solids*, 312-314 (2002) pp.414-418.
- 10) S. Kohara, High energy x-ray diffraction studies of alkylimidazolium fluorohydrogenate room temperature molten salts at SPring-8 high-energy x-ray diffraction beamline BL04B2R, *Proc. of 13th International Symposium on Molten Salts*, The Electrochemical Society, 2002-19 (2002) pp.1047-1056.
- 11) R. Hagiwara, Alkylimidazolium fluorohydrogenates room temperature molten salts, *Proc. of 13th International Symposium on Molten Salts*, The Electrochemical Society, 2002-19 (2002) pp.1007-1013.
- 12) H. Tsujimura, Electrochemical formation and control of chromium nitride films in molten $\text{LiCl}|\text{KCl}|\text{Li}_3\text{N}$ systems, *Electrochimica Acta*, Vol.47, Issue 17 (2002) pp.2725-2731.
- 13) T. Oishi, Formation of transition metal sulfide particles by anode discharge electrolysis of molten LiCl-KCl-KSCN system, *ELECTROCHEMISTRY* Vol. 70 (2002) pp.697-700.
- 14) T. Oishi, Formation of carbon nitride by anode-discharge electrolysis of molten salt, *J. Electrochem. Soc.*, Vol.149 (2002) pp.D178-D181.
- 15) T. Oishi, Formation of metal oxide particles by anode-discharge electrolysis of a molten LiCl-KCl-CaO system, *J. Electrochem. Soc.*, Vol.149 (2002) pp.D155-D159.
- 16) T. Oishi, Formation and size control of titanium particles by cathode discharge electrolysis of molten chloride, *J. Appl. Electrochem.*, Vol.32 (2002) pp.819-824.
- 17) H. Konishi, Kinetics of DyNi_2 Film Growth by Electrochemical Implantation, *Electrochimica Acta*, Vol.48 (2003) pp.563-568.
- 18) T. Murakami, Electrolytic Synthesis of Ammonia in Molten Salts under Atmospheric Pressure, *J. Am. Chem. Soc.*, Vol.125 (2003) pp.334-335.
- 19) T. Iida, Electrochemical Formation of Sm-Co Alloy Films by Li Codeposition Method in A Molten LiCl-KCl-SmCl₃ System, *Electrochimica Acta*, Vol.48 (2003) pp.901-906.
- 20) H. Konishi, Thermodynamic Properties of Dy-Ni Intermetallic Compounds, *Electrochimica Acta*, Vol.48 (2003) pp.1403-1408.
- 21) T. Kasajima, Hydrogen Electrode Reactions in an Alkali Bromide Melt, *Electrochem. Solid-State Lett.*, Vol.5 (2003) pp.E5-E9.
- 22) T. Kasajima, Electrochemical Intercalation/Deintercalation of Lithium at an Isotropic Graphite in a LiBr-KBr-CsBr Eutectic Melt, *Electrochem. Solid-State Lett.*, Vol.5 (2003) pp.A109-A112.
- 23) T. Iida, Electrochemical Formation of Yb-Ni Alloy Films by Li Codeposition Method in A Molten LiCl-KCl-YbCl₃ System, *Electrochimica Acta*, Vol.48 (2003) pp.1531-1536.
- 24) H. Qiao, Electrochemical formation of Pd-La alloy films in a LiF-NaF-KF-LaF₃ melt, *J. Alloys and Compounds*, Vol.359 (2003) pp.230-235.
- 25) T. Nohira, Pinpoint and bulk electrochemical reduction of insulating silicon dioxide to silicon, *Nature Materials*, Vol.2 (2003) pp.397-401.
- 26) T. Murakami, Thermoelectric Power of M-H Systems in Molten Salts and Its Application to M-H Thermogalvanic Cell, *J. Electrochem. Soc.*, Vol.150 (2003) pp.A928-A932.

- 27) T. Kasajima, Thermodynamic Evaluation of Ti-H System at Medium-range Temperatures by Molten Salt Electrochemical Technique, *J. Electrochem. Soc.*, Vol.150 (2003) pp.E355-E359.
- 28) T. Iida, Electrochemical formation of Sm-Co alloys by codeposition of Sm and Co in a molten LiCl-KCl-SmCl₃-CoCl₂ system, *Electrochimica Acta*, Vol.48(2003) pp.2517-2521.
- 29) T. Kasajima, Electrochemical Behavior of Hydride Ion in a LiBr-KBr-CsBr Eutectic Melt, *J. Electrochem. Soc.*, Vol.150 (2003) pp.E403-E408.
- 30) H. Qiao, Electrochemical Behavior Oxide Ion at a Glassy Carbon Electrode in a LiF-NaF-KF Eutectic Melt, *Electrochemistry*, Vol.71, No.7 (2003) pp.530-535.
- 31) R. Hagiwara, Structural analysis of 1-ethyl-3-methylimidazolium bifluoride (EMIF·HF): comparison with its solid state and 1-ethyl-3-methylimidazolium fluorohydrogenate (EMIF₂·3HF), *Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, B*, 199 (2003) pp.29-33.
- 32) M. Ue, Application of low-viscosity ionic liquid to the electrolyte of double-layer capacitors *J. Electrochem. Soc.*, 150, No.4 (2003) pp.A499-A502.
- 33) R. Hagiwara, Physicochemical properties of 1, 3-dialkylimidazolium fluorohydrogenates room temperature molten salts, *J. Electrochem. Soc.*, 150, No.12 (2003) pp.D195 " D199.
- 34) T. Oishi, Anode discharge electrolysis of molten LiCl-KCl system, *J. Electrochem. Soc.*, Vol.150 (2003) pp.D13 "D16.
- 35) K. Matsumoto, Syntheses, structures and thermal properties of 1 ethyl-3-methylimidazolium salts of fluorocomplex anions, *J. Chem. Soc., Dalton Trans.*, No.1 (2004) pp.144-149.
- 36) R. O. Suzuki and K. Ono, A New Concept of Sponge Titanium Production by Calciothermic Reduction of Titanium Oxide in the Molten CaCl₂, *Proc. 13th Intern. Symp. on Molten Salt*, (12-17 May 2002, Philadelphia, USA) ed. by . C. Delong, R. W. Bradshaw, M. Matsunaga, G. R. Stafford, and P. C. Trulove, The Electrochemical Society, Pennington, NJ, USA (2002) pp.810-821.
- 37) R. O. Suzuki and S. Inoue, Calciothermic Reduction of Titanium Oxide in Molten CaCl₂, *Metall. Mater. Trans. B.*, Vol.34B (2003) pp.277-286.
- 38) R. O. Suzuki, K. Teranuma and K. Ono, Calciothermic Reduction of Titanium Oxide and in situ Electrolysis in Molten CaCl₂, *Metall. Mater. Trans. B.*, Vol.34B (2003) pp.287-295.
- 39) R. O. Suzuki, OS Process " Thermochemical Approach to Reduce Titanium Oxide in the molten CaCl₂, Invited Lecture, *Aqueous and Electrochemical Processing*, Vol.3 (2003) pp.187-199.
- 40) Y. Fukunaka, Y. Konishi, H. Matsushima, M. Morisue, M. Ota, D. Kiuchi, E. Kusaka, R. Ishii, I. Arise and K. Kuribayashi, Electrochemistry under Microgravity, *Electrochemistry*, 70 (2002) pp.346-351.
- 41) Y. Konishi, M. Motoyama, H. Matsushima, Y. Fukunaka, R. Ishii, Y. Ito, Electrodeposition of Cu nanowire arrays with a template, *J. Electroanal. Chem.*, 559 (2003) pp.149-153.
- 42) M. Morisue, Y. Fukunaka, E. Kusaka, R. Ishii, K. Kuribayashi, Effect of gravitational strength on nucleation phenomena of electrodeposited copper onto a TiN substrate, *J. Electroanal. Chem.*, 559 (2003) pp.155-163.
- 43) M. Ota, S. Izuo, K. Nishikawa, Y. Fukunaka, E. Kusaka, R. Ishii, J. R. Selman, Measurement of concentration boundary layer thickness development during lithium electrodeposition onto a lithium metal cathode in propylene carbonate, *J. Electroanal. Chem.*, 559 (2003) pp.175-183.
- 44) Y. Konishi, Y. Nakamura, Y. Fukunaka, K. Tsukada, K. Hanasaki, Anodic dissolution phenomena accompanying supersaturation of copper sulfate along a vertical plane copper anode, *Electrochim. Acta*, 48 (2003) pp.2615-2624.
- 45) H. Matsushima, T. Nishida, Y. Konishi, Y. Fukunaka, Y. Ito, K. Kuribayashi, Water electrolysis under microgravity Part 1. Experimental technique, *Electrochim. Acta*, 48 (2003) pp.4119-4125.
- 46) Y. Uchida, M. Iwase and A. McLean, Oxidation-Reduction Equilibria of Ferrous/Ferric and Cuprous/Cupric Ions in Oxide Melts, *Physics and Chemistry of Glasses*, Vol.43C (2002) pp.358-361
- 47) Yoshida, M. Yasui, Y. Uchida, K. Kosugi, M. Myochin, A. McLean and M. Iwase, Evaluation of Cupric/Cuprous Red-Ox Equilibria and the Basicity of Alkaline Sulfate Melts, *Canadian Metallurgical Quarterly*, Vol. 41, No.3 (2002) pp.281-288.
- 48) M. Hasegawa, M. Iwase and A. McLean, Activity of phosphorous in liquid cobalt-phosphorous alloys in equilibrium with solid cobalt, *Scandinavian Journal of Metallurgy*, Vol.31 (2002) pp.7-11.
- 49) M. Hasegawa, M. Iwase K. Wakimoto and A. McLean, A thermochemical study of the CaO. P₂O₅ Fe_x O system- regions in equilibrium with solid Ca₃P₂O₈, *Scandinavian Journal of Metallurgy*, Vol.32 (2003) pp.47-52.

- 50) R. R. Roy, Y. D. Yang, A. McLean, I. D. Sommerville and M. Iwase, Measurements of Quality " Signals of Change, Proceedings of the Mills Symposium" Metals, Slags, Glasses: High Temperature Properties and Phenomena, August 22-23, The Institute of Materials, London, U.K., R. E. Aune and S. Sridhar eds., (2002) pp.199-208.
- 51) M. Iwase, A. McLean, K. Katogi, Y. Kikuchi and K. Wakimoto, Technological Innovations through University-Industry Relationships, Proceedings of 3rd Asia Steel International Conference, Vol.3, (2003) pp.3.g.6.1-3g.6.7, Jamshedpure, India, The Indian Institute of Metals.
- 52) M. Hasegawa, Y. Kikuchi and M. Iwase, Activities of phosphorus in copper-cobalt liquid alloys saturated with solid copper-cobalt solid solutions at 1573K, Scandinavian Journal of Metallurgy, (2003) (in press).
- 53) M. Hasegawa, Y. Kikuchi and M. Iwase, Activities of Phosphorus in Copper-Nickel Liquid Alloys Saturated with Solid Copper-Nickel Solid Solutions At 1573K, Metallurgical and Materials Transactions, Vol.34B (2003) pp.741/744.
- 54) M. Hasegawa K. Wakimoto and M. Iwase, Activities of Iron in Liquid Copper-Iron Alloys Saturated with Copper-Iron Solid Solutions, High Temperature Materials and Processes, Vol.21, No.5 (2002) pp.243-249.
- 55) M. Takekawa, K. Wakimoto, M. Matsu-ura, M. Hasegawa, M. Iwase and A. McLean, Investigation of waste wood as a blast furnace injectant, Steel Research International, Vol.74, No.6 (2003) pp.347-350.
- 56) K. Wakimoto, H. Toyota, Y. Uhcida, Y. Tomii and M. Iwase, Thermal Decomposition of Polyvinyl Chloride for the Removal of Chlorine, High Temperature Materials and Processes, Vol.21, (2002) pp.237-242.
- 57) H. Sone, M. Hasegawa, M. Myouchin and M. Iwase, Formation Gibbs Energy of Na_2RuO_3 , High Temperature Materials and Processes, Vol.22 (2003) pp.165/169.
- 58) T. Enaka, Y. Uchida, M. Hasegawa, M. Naito, A. McLean and M. Iwase, Chemical Potentials of Oxygen within 4-phase Assemblages of the System $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-FeO}$, Scandinavian Journal of Metallurgy, (2003) (in press).
- 59) Y. Kaida, M. Hasegawa, Y. Kikuchi, K. Wakimoto And M. Iwase, Activities Of Phosphorus in Copper-Iron Liquid Alloys Saturated with Copper-Iron Solid Solutions, Steel Research (in press).
- 60) 塩路昌宏, 河崎 澄, 川那辺洋, 久枝孝太郎, 壁面衝突噴流における渦形成と乱れエネルギー生成のPIV計測, 日本機械学会論文集(B編), 68巻, 667号 (2002) pp.853-859.
- 61) 石山拓二, 塩路昌宏, 田中大樹, 奥村健吾, グロープラグ着火天然ガス直接噴射式機関の性能および排気特性の改善, 自動車技術会論文集, Vol.33, No.4 (2002) pp.39-44.
- 62) M. Shioji, K. Kawasaki and T. Ogata, Optimal Use of Hydrogen in the Port-Injection Gas-Engine Without Throttle, 14th World Hydrogen Energy Conference, (2002) CD-ROM Session A1.7 Combustion I.
- 63) T. Ishiyama, M. Shioji, H. Tanaka, S. Nakai, Implementation of Direct Fuel-Injection for Higher Efficiency in Natural Gas Engines, 8th International Conference & Exhibition on Natural Gas Vehicles, (2002) pp.1-12.
- 64) T. Ishiyama, M. Shioji, T. Ihara and T. Inoue, Characteristics of Spontaneous Ignition and Combustion in Unsteady High-Speed Gaseous Fuel Jets, SAE 2003-01-1922, 2003 JSAE/SAE International Spring Fuels & Lubricants Meeting (2003) pp.1-11.
- 65) 石山拓二, 塩路昌宏, 田中大樹, 中川秀樹, 中井俊作, 筒内直接噴射による天然ガス予混合圧縮着火機関の性能と排気特性, 自動車技術会論文集, Vol.34, No.3 (2003) pp.29-34.
- 66) 河崎 澄, 塩路昌宏, 江口慎吾, 緒方健志, ガスエンジンにおける水素-天然ガス混合燃料の最適利用, 自動車技術会論文集, Vol.34, No.3 (2003) pp.11-16.
- 67) 井原禎貴, 塩路昌宏, 石山拓二, 勝浦章裕, n-ヘプタン噴霧における着火遅れの温度依存性に及ぼす混合の影響, 日本機械学会論文集(B編), 69巻, 685号 (2003) pp.2130-2137.
- 68) 川那辺洋, 塩路昌宏, 森純一, 火炎核形成過程の数値シミュレーションによる最小点火エネルギーの予測, 自動車技術会論文集, Vol. 34, No.4 (2003) pp.19-24.
- 69) 川那辺洋, 塩路昌宏, 角岡卓, エンジン燃焼のCFDにおける壁面消炎モデル, 日本機械学会論文集(B編), 69巻, 686号 (2003) pp.2363-2367.
- 70) M. Morisue, Y. Konishi, Y. Fukunaka, E. Kusaka, R. Ishii and K. Kuribayasi, Effect of Gravitational Level on Nucleation Phenomena of Electrodeposited Copper onto TiN Substrate, Proc. of The Nineteenth Space Utilization Symp., S. C. J. and ISAS, (2003) pp.171-174
- 71) 川上亮一, 今谷勝次, 前田亮平, 多結晶体の変形に及ぼす結晶粒と粒界すべりの影響, 材料, 52-2 (2003) pp.112-118.
- 72) G. A. Maugin and S. Imatani, Anisotropic Growth of Materials, J. Phys. IV France, 105 (2003) pp.365-372.
- 73) 川上亮一, 今谷勝次, 多結晶体の不均一変形と表面粗面化に関する微視的挙動の検討, 日本材料学会第52期学術講演会講演論文集, (2003) pp. 431-432.

- 74) 久保幹生, 今谷勝次, 自己適応材料のモデル化と有限要素解析への応用, 日本材料学会第52期学術講演会講演論文集, (2003) pp.412-413.
- 75) N. Yu, S. Imatani, and T. Inoue, Numerical Simulation of Two-dimensional Problem Based on the Non-Fourier Heat Conduction, 日本機械学会材料力学部門講演会講演論文集, (2003) pp.1097-1098.
- 76) 川野喜之, 今谷勝次, 川上亮一, Mod.9Cr-1Mo鋼の非弾性挙動における微視的様相と損傷, 第47回日本学術会議材料研究連合講演会講演論文集, (2003) pp.53-54.
- 77) 畑田康二郎, 今谷勝次, G.モジャン, ひずみ勾配理論の有限要素法への適用, 第16回計算力学講演会講演論文集, (2003) pp.549-550.
- 78) N. Yu and S. Imatani, Thermo-elasto-plasticity Behavior under Non-Fourier Heat Conduction, 第16回計算力学講演会講演論文集, (2003) pp.559-560.
- 79) 今谷勝次, 川上亮一, 川野喜之, Mod.9Cr-1Mo鋼の高温塑性変形における微視的不均一変形挙動, 第41回高温強度シンポジウム前刷論文集, (2003) pp.99-103.
- 80) T. Uehara, Phase Field Simulations of Faceted Growth for Strong Anisotropy of Kinetic Coefficient, J. Crystal Growth, Vol.254 (2003) pp.251-264.
- 81) T. Uehara, Crystal Growth Simulation by use of Phase-field Model Based on Molecular Dynamical Evaluation, Proc. 9th Int. Conf. Mechanical Behavior of Materials (2003) CD-ROM.
- 82) T. Uehara, Phase Field Simulations of Microstructure Formation Process, Abst. 8th IUMRS Int. Conf. Advanced Materials, Vol.2 (2003) p.174.
- 83) T. Uehara, Evaluation of the Kinetic Properties of Crystal Growth by the Molecular Dynamics Method and its Application to the Phase Field Model, Abst. 4th Int. Workshop on Modeling in Crystal Growth, (2003) pp.41-42.
- 84) 辻野貴洋, 上原拓也, 相変態, 温度および応力の連成効果に関するフェーズフィールドシミュレーション, 日本材料学会第52期学術講演会講演論文集, (2003) pp.113-114.
- 85) 上原拓也, フェーズフィールドモデルによるファセット形成過程のシミュレーション, 日本結晶成長学会誌, Vol. 30 (2003) p.127.
- 86) 上原拓也, フェーズフィールドモデルを用いた相, 温度および応力の連成解析, 日本機械学会2003年度年次大会講演論文集 (2003) pp.337-338.
- 87) 上原拓也, フェーズフィールドモデルによる固相変態のシミュレーション, 日本機械学会材料力学部門講演会講演論文集 (2003) pp.497-498.
- 88) 上原拓也, 分子動力学シミュレーションに基づく変態・熱・力学的連成効果の微視的考察, 埼玉工業大学若手研究フォーラム 2003 論文集 (2003) pp.199-202.
- 89) 上原拓也, セルオートマトンとフェーズフィールドモデルを用いた微視組織形成過程のシミュレーション, 日本機械学会計算力学部門講演会講演論文集, (2003) pp.449-450.
- 90) T. Hoshide, Prediction and Statistical Aspects of Multiaxial Fatigue Life in Notched Components by Crack Growth Simulation, Proceedings of the Eighth International Fatigue Congress, Vol.1 (2002) pp.239-250.
- 91) B. Wasiluk and T. Hoshide, The Fracture Process in Elastic-Plastic Materials under Biaxial Cyclic Loading, International Journal of Fatigue, 25 (2003) pp.221-229.
- 92) T. Hoshide and Y. Takahashi, Modeling of Crack Initiation and Simulation of Low Cycle Fatigue Damage in Biaxial Stress State, Proceeding of International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2003, on CD-ROM (2003).
- 93) T. Hoshide, J. Abe and T. Sasaoka, Statistical Analysis of Strength Properties in Porous Ceramics, Proceedings of 9th International Conference on the Mechanical Behaviour of Materials, on CD-ROM (2003).
- 94) T. Hoshide and J. Abe, A Statistical Approach to Strength Evaluation Incorporating Porosity Effect on Porous Ceramics, Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures, 26 (2003) pp.383-389.
- 95) 笹岡岳陽, 星出敏彦, 多孔質セラミックスの統計的強度解析, 第9回機械・構造物の強度設計, 安全性評価に関するシンポジウム, (2004) pp.31-34.
- 96) 西村慎一, 星出敏彦, 剛体球モデルを用いたスパッタリング薄膜構造の解析, 第9回機械・構造物の強度設計, 安全性評価に関するシンポジウム, (2004) pp.35-38.
- 97) K. Kinoshita, Hybrid Function Material and Magneto-Impedance Sensor, Proceedings of 11th MAGDA Conference on Electromagnetic Phenomena and Dynamics (2002) pp.25-28.
- 98) T. Mitsuda, Numerical Analysis of Ultrasonic Inspection using Electromagnetic Acoustic Transducer, Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics, Vol.23 (2002) pp.60-67.
- 99) T. Suzuki, Stress Magnetization Effect derived from Magnetization and Magnetostriction Curve under Tensile Stress, JSAEM Studies in Applied Electromagnetic and Mechanics, Vol.14 (2002) pp.47-54.
- 100) H. Funaoka, Simulation of Ultrasonic Flaw Detection by Electromagnetic Acoustic Transducer, JSAEM Studies in Applied Electromagnetic and Mechanics, Vol.14(2002) pp.285-292.

- 101) 知識淳悟, 積層した高分子圧電フィルムによる背面欠陥の形状推定, 日本AEM学会誌, Vol.10, No.4 (2002) pp.372-377.
- 102) 船岡英彰, 電磁超音波探触子による内部欠陥の画像化のシミュレーション, 日本AEM学会誌, Vol.10, No.4 (2002) pp.378-383.
- 103) 石井隆夫, 微小な形状記憶合金コイルばねによる定荷重型アクチュエータの挙動, 日本AEM学会誌, Vol.10, No.4 (2002) pp.366-371.

【図書】

- 104) 萩原理加, アニオン交換法, 大野弘幸編 「イオン性液体」, シーエムシー出版, 第2章 1, pp.4-8 (2003) 総ページ数255ページ.
- 105) 溶融塩の応用, 伊藤靖彦編著, アイピーシー, (2003), 伊藤靖彦, 第1章 (pp.1-4), 第12章(pp.355-359), 総ページ数374ページ.
- 106) 溶融塩の応用, 伊藤靖彦編著, アイピーシー, (2003), 萩原理加, 第11章 (pp.335-354), 総ページ数374ページ.
- 107) 溶融塩の応用, 伊藤靖彦編著, アイピーシー, (2003), 後藤琢也, 第7章 (pp.199-219), 総ページ数374ページ.
- 108) 溶融塩の応用, 伊藤靖彦編著, アイピーシー, (2003), 野平俊之, 第6章 (pp.173-197), 総ページ数374ページ.
- 109) 燃焼場の計測, 塩路昌宏, PIVハンドブック, (社)可視化情報学会編, (2002) pp.225-229.
- 110) エンジン燃焼, 塩路昌宏, 化学便覧応用化学編第6版, (社)日本化学会, 丸善株式会社, (2003) pp.129-131.

A.2.3 バイオエネルギー

[著書]

- 1) 坂 志朗, D. Kusdiana, 超臨界流体のポスト石油化学への応用(2), 一2段階超臨界メタノール法による油脂からのバイオディーゼル燃料—“Jasco Report 超臨界最新技術特集第7号”, 日本分光(株) (2003) pp.136-139.
- 2) 坂 志朗, D. Kusdiana, 超臨界メタノールを使用したバイオディーゼル燃料製造技術“バイオエネルギー技術と応用展開”シーエムシー出版, 東京, pp.89-98.

[原著論文]

- 3) 南 英治, 坂 志朗, 我が国におけるバイオマス資源の発生量と利用可能量の推定, エネルギー・資源, 23, 3 (2002) pp.219-223.
- 4) K. Ehara, S. Saka and H. Kawamoto, Characterization of the Lignin-Derived Products from Wood as Treated with Supercritical Water, *J. Wood Sci.*, 48 (2002) pp.320-325.
- 5) K. Ehara and S. Saka, A Comparative Study on Chemical Conversion of Cellulose between the Batch-Type and Flow-Type Systems in Supercritical Water, *Cellulose*, 9 (2002) pp.301-311.
- 6) E. Minami and S. Saka, Comparison of the Decomposition Behaviors of Hardwood and Softwood in Supercritical Methanol, *J. Wood Sci.*, 49 (2003) pp.73-78.
- 7) E. Minami, H. Kawamoto and S. Saka, Reaction Behaviors of Lignin in Supercritical Methanol as Studied with Lignin Model Compounds, *J. Wood Sci.*, 49 (2003) pp.158-165.
- 8) 坂 志朗, 江原克信, 超臨界水によるバイオマスの分散処理システム, エネルギー・資源, 24, 3 (2003) pp.178-182.
- 9) J. Tsujino, H. Kawamoto and S. Saka, Reactivity of Lignin in Supercritical Methanol Studied with Various Lignin Model Compounds, *Wood Sci. Technol.*, 37 (2003) pp.299-307.
- 10) D. Kusdiana and S. Saka, Effects of Water on Biodiesel Fuel Production by Supercritical Methanol Treatment. *Bioresource Technology*, 91 (2003) pp.289-295.
- 11) Y. Warabi, D. Kusdiana and S. Saka, Reactivity of Triglycerides and Fatty Acids of Rapeseed Oil in Supercritical Alcohols. *Bioresource Technology*, 91 (2003) pp.283-297.
- 12) H. Kawamoto, M. Murayama and S. Saka, Pyrolysis Behavior of Levoglucosan as an Intermediate in Cellulose Pyrolysis: Polymerization into Polysaccharide as a Key Reaction to Carbonized Product Formation, *J. Wood Sci.*, 49 (2003) pp.469-473.
- 13) H. Kawamoto, W. Hatanaka and S. Saka, Thermochemical Conversion of Cellulose in Polar Solvent (Sulfolane) into Levoglucosan and Other Low Molecular-weight Substances, *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 70 (2003) pp.303-313.
- 14) H. Miyafuji, H. Danner, M. Neureiter, C. Thomasser, J. Bvochora, O. Szolar and R. Braun, Detoxification of Wood Hydrolysates with Wood Charcoal for Increasing the Fermentability of Hydrolysates, *Enzyme and Microb. Technol.*, 32 (2003) pp.396-400.
- 15) H. Miyafuji, H. Danner, M. Neureiter, C. Thomasser and R. Braun, Effect of Wood Ash Treatment on

Improving the Fermentability of Wood Hydrolysate, *Biotechnol. and Bioeng.*, 84(3) (2003) pp.390-393.

[総説・解説]

- 16) 坂 志朗, バイオマスエネルギーの最新技術動向と将来展望, *化学工学*, 66(3) (2002) pp.153-154.
- 17) 坂 志朗, バイオマス利用技術、特集・新エネルギー利用技術(2), *BE建築設備*, 612(3) (2002) pp.57-65.
- 18) 坂 志朗, 江原克信, 超臨界流体によるバイオマス研究の試み(Ⅱ), *Cellulose Communications*, 9, 3 (2002) pp.137-143.
- 19) 坂 志朗, ポスト石油化学に向けた超臨界流体技術, *木材工業* 57(11) (2002) pp.493-496.
- 20) 坂 志朗, 南 英治, 超臨界メタノール処理による木質系バイオマスの液化技術, *ブレインテクノニュース*, 93 (2002) pp.9-12.
- 21) 坂 志朗, 南 英治, 超臨界メタノールを用いた木質系バイオマスの液化技術の開発, *ECO Technology*, 7, 12 (2002) pp.5-13.
- 22) 坂 志朗, 研究最前線 ポスト化石を拓くバイオエネルギー, *京都大学広報誌 紅萌(くれないもゆる)*, 第3号 (2003) pp.9-12.
- 23) 坂 志朗, 総論 バイオマス利活用の動向と将来展望 "バイオ燃料の税制優遇措置を求めて", 特集 バイオマス利用技術の動向, *電気評論*, (2003) pp.13-18.
- 24) 坂 志朗, バイオマス資源とエネルギー変換技術 特集 注目されるバイオマス利用技術, *月刊 ケミカルエンジニアリング*, 48, 8 (2003) pp.577-583.
- 25) 河本晴雄, 熱分解による木質バイオマスのエネルギーおよびケミカルスとしての利用-生成物の制御はどこまで可能か-, *木材工業*, 58, 7 (2003) pp.305-310.

[その他]

- 26) 坂 志朗, 京都大学国際シンポジウム 21世紀のポスト化石エネルギー "バイオマスエネルギーの将来" 開催を終えて, *APAST 13 (2)*, (2003) pp.43-44.
 - 27) ヘルマン・シェーア, 坂 志朗, 対談・ソーラーエネルギーは地球環境を救うか, *潮*, (2003) pp.158-163.
 - 28) 坂 志朗, シリーズ; 大学・官公庁研究機関の研究紹介(38) 京都大学大学院エネルギー科学研究科エネルギーエコシステム学分野, *紙パ技協誌*, 57, 12 (2003) pp.100-101.
- [学術講演会(国際学会プロシーディング)]
- 29) E. Minami, H. Kawamoto and S. Saka, Reactivity of Lignin in Supercritical Methanol Studied with Some Lignin Model Compounds, 12th European Conference on Biomass for energy, Industry and Climate Protection, Jun. 17-21,2002, Amsterdam, The Netherlands (2002) pp.785-788.
 - 30) D. Kusdiana, E. Minami, K. Ehara and S. Saka, Development of the Batch-Type and Flow-Type Supercritical Fluid Biomass Conversion Systems, 12th European Conference on Biomass for energy, Industry and Climate Protection, Jun. 7-21,2002, Amsterdam, The Netherlands (2002) pp.789-792.
 - 31) E. Minami and S. Saka, A Comparative Study of Decomposition Behaviors Between Hardwood and Softwood in Supercritical Methanol, 12th European Conference on Biomass for energy, Industry and Climate Protection, Jun. 7-21,2002, Amsterdam, The Netherlands (2002) pp.793-796.
 - 32) D. Kusdiana, Y. Warabi and S. Saka, Recent Progress in a Catalyst-Free Biodiesel Fuel Production by Supercritical Methanol, 12th European Conference on Biomass for energy, Industry and Climate Protection, Jun. 17-21,2002, Amsterdam, he Netherlands (2002) pp.797-800.
 - 33) K. Ehara and S. Saka, Chemical Conversion of Cellulose by Batch-Type and Flow-Type Supercritical Water Systems, 12th European Conference on Biomass for energy, Industry and Climate Protection, Jun. 17-21,2002, Amsterdam, The Netherlands (2002) pp.801-804.
 - 34) K. Ehara, S. Saka and H. Kawamoto, Chemical Conversion of Woody Biomass by Supercritical Water-Degradation of Lignin, 12th European Conference on Biomass for energy, Industry and Climate Protection, Jun. 17-21,2002, Amsterdam, The Netherlands (2002) pp.805-808.
 - 35) D. Kusdiana, E. Minami, K. Ehara and S. Saka, Development of the Batch-Type and Flow-Type Supercritical Fluid Biomass Conversion Systems, *Kyoto University International Symposium On Post-Petrofuels in the 21st Century "Prospects n the Future of Biomass Energy"*, Sep.3-4, 2002, Montreal, Quebec, Canada (2002) pp.276-279.
 - 36) R. Konishi, S. Saka, K. Ehara and H. Kawamoto, Characterization of Lignin-Derived Products from Woods as Treated in Supercritical Water, *Kyoto University International Symposium On Post-Petrofuels in the 21st Century "Prospects in he Future of Biomass Energy"*, Sep.3-4, 2002, Montreal, Quebec, Canada (2002) pp.280-283.
 - 37) K. Ehara and S. Saka, A Comparative Study on Chemical Conversion of Cellulose between Batch -Type and Flow-Type Systems in Supercritical Water, *Kyoto University International Symposium On Post-Petrofuels in the 21st Century "Prospects in the Future of Biomass Energy"*, Sep.3-4, 2002, Montreal, Quebec, Canada (2002) pp.284-287.

- 38) E. Minami and S. Saka, A Comparative Study of Decomposition Behaviors between Hardwood and Softwood in Supercritical Methanol, Kyoto University International Symposium On Post-Petrofuels in the 21st Century "Prospects in the Future of Biomass Energy", Sep.3-4, 2002, Montreal, Quebec, Canada (2002) pp.288-291.
- 39) Y. Ishikawa and S. Saka, Chemical Conversion of Various Celluloses as Treated in Supercritical Methanol, Kyoto University International Symposium On Post-Petrofuels in the 21st Century "Prospects in the Future of Biomass Energy", Sep.3-4, 2002, Montreal, Quebec, Canada (2002) pp.292-295.
- 40) Y. Ishikawa and S. Saka, A Comparative Study of Reaction Behaviors Between Cellulose and Starch in Supercritical Methanol, Kyoto University International Symposium On Post-Petrofuels in the 21st Century "Prospects in the Future of Biomass Energy", Sep.3-4, 2002, Montreal, Quebec, Canada (2002) pp.296-300.
- 41) E. Minami, H. Kawamoto and S. Saka, Reactivity of Lignin in Supercritical Methanol Studied with Some Lignin Model Compounds, Kyoto University International Symposium On Post-Petrofuels in the 21st Century "Prospects in the Future of Biomass Energy", Sep.3-4, 2002, Montreal, Quebec, Canada (2002) pp.301-304.
- 42) D. Kusdiana and S. Saka, Biodiesel for Diesel Fuel Substitute Prepared by a Catalyst-Free Supercritical Methanol, Kyoto University International Symposium On Post-Petrofuels in the 21st Century "Prospects in the Future of Biomass Energy", Sep.3-4, 2002, Montreal, Quebec, Canada (2002) pp.305-309.
- 43) D. Kusdiana and S. Saka, Development of Biodiesel Fuel Production by Supercritical Methanol, Kyoto University International Symposium On Post-Petrofuels in the 21st Century "Prospects in the Future of Biomass Energy", Sep. 3-4, 2002, Montreal, Quebec, Canada (2002) pp.310-314.
- 44) Y. Warabi, D. Kusdiana and S. Saka, Biodiesel Fuels from Vegetable Oil by Various Supercritical Alcohols, Kyoto University International Symposium On Post-Petrofuels in the 21st Century "Prospects in the Future of Biomass Energy", Sep.3-4, 2002, Montreal, Quebec, Canada (2002) pp.315-318.
- 45) M. Shioji, T. Ishiyama, E. Minami and S. Saka, Feasibility of Lignin-Derived Products Treated in Supercritical Methanol as a Diesel Fuel, Kyoto University International Symposium On Post-Petrofuels in the 21st Century "Prospects in the Future of Biomass Energy", Sep.3-4, 2002, Montreal, Quebec, Canada (2002) pp.321-324.
- 46) S. Saka, Chemical Conversion of Lignocellulosics by Supercritical Fluid Technology, 1st International Cellulose Conference, November 6-8, 2002, Kyoto Kaikan Conference Hall, Okazaki, Kyoto, Japan (2002) p.35.
- 47) E. Minami and S. Saka, Chemical Conversion of Lignocelulloses in Supercritical Methanol, 1st International Cellulose Conference, November 6-8, 2002, Kyoto Kaikan Conference Hall, Okazaki, Kyoto, Japan (2002) p.158.
- 48) K. Ehara and S. Saka, A Comparative Study of Chemical Conversion of Cellulose between Batch-Type and Flow-Type Systems in Supercritical Water, 1st International Cellulose Conference, November 6-8, 2002, Kyoto Kaikan Conference Hall, Okazaki, Kyoto, Japan (2002) p.159.
- 49) S. Saka, 4.4 Bioenergy, Public Relations of 21COE "Establishment of COE on Sustainable Energy System" (2003) pp.39-51.
- 50) K. Ehara and S. Saka, Characterization of the Products from Woods as Treated in Supercritical Water and Establishment of its Process for their Efficient Use, Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System (2003) p.78.
- 51) D. Takada, K. Ehara and S. Saka, Gas Chromatographic and Mass Spectrometric (GC-MS) Analysis of Lignin-Derived Products from *Cryptomeria Japonica* as Treated in Supercritical Water, Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System (2003) p.79.
- 52) E. Minami and S. Saka, Chemical Conversion of Woody Biomass by Supercritical Methanol to Liquid Fuel, Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System (2003) p.81.
- 53) S. Saka and D. Kusdiana, Biodiesel Fuel Production by Supercritical Methanol, Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System (2003) p.83.
- 54) D. Kusdiana and S. Saka, The Presence of Water in Biodiesel Fuel Production by Supercritical Methanol Treatment. Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System (2003) p.84.
- 55) Y. Warabi, D. Kusdiana and S. Saka, Biodiesel Fuels from Vegetable Oil as Treated in Various Supercritical Alcohols, Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System (2003) p.85.
- 56) E. Minami and S. Saka, Biomass Resources Present in Japan, Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System (2003) p.168.

- 57) D. Kusdiana, E. Minami, K. Ehara and S. Saka, Development of the Batch-type and Flow-type Supercritical Fluid Biomass Conversion Systems. Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System (2003) p.169.
- 58) R. Konishi, S. Saka, K. Ehara and H. Kawamoto, Characterization of Lignin-derived Products from Woods as Treated in Supercritical Water, Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System (2003) p.170.
- 59) D. Takada, K. Ehara and S. Saka, Gas Chromatographic and Mass Spectrometric (GC-MS) Analysis of Lignin-derived Products from *Cryptomeria Japonica* as Treated in Supercritical Water, Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System (2003) p.171.
- 60) K. Ehara and S. Saka, A Comparative Study on Chemical Conversion of Cellulose between Batch-type and Flow-type Systems in Supercritical Water, Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System, (2003) p.172.
- 61) K. Ehara and S. Saka, Characterization of the Products from Woods as Treated in Supercritical Water and Establishment of its Process for their Efficient Use, Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System, (2003) p.173.
- 62) T. Nakata, H. Miyafuji, K. Ehara and S. Saka, Bio-ethanol from Cellulose with Supercritical Water Treatment Followed by Sulfuric Acid Hydrolysis, Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System (2003) p.174.
- 63) E. Minami and S. Saka, A Comparative Study of Decomposition Behaviors between Hardwood and Softwood in Supercritical Methanol, Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System (2003) p.177
- 64) E. Minami, S. Saka and H. Kawamoto, Reactivity of Lignin in Supercritical Methanol Studied with Some Lignin Model Compounds, Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System (2003) p.178.
- 65) H. Kawamoto, W. Hatanaka, D. Yamamoto and S. Saka, Mechanism and Control of Cellulose Pyrolysis, Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System (2003) p.179.
- 66) H. Kawamoto, S. Horigoshi, T. Nakamura and S. Saka, Reactivity of Lignin in Pyrolysis Studied with a Series of Dimeric Lignin Model Compounds, Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System (2003) p.180.
- 67) D. Kusdiana and S. Saka, Biodiesel for Diesel Fuel Substitute Prepared by a Catalyst-free Supercritical Methanol. Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System (2003) p.181.
- 68) D. Kusdiana and S. Saka, Development of Biodiesel Fuel Production by Supercritical Methanol, Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System (2003) pp.182.
- 69) Y. Warabi, D. Kusdiana and S. Saka, Biodiesel Fuels from Vegetable Oil as Treated in Various Supercritical Alcohols, Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System (2003) p.183.
- 70) E. Minami, M. Shioji, T. Ishiyama and S. Saka, Feasibility of Lignin-derived Products Treated in Supercritical Methanol as a Diesel Fuel, Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Energy System (2003) p.184.
- 71) S. Saka, Introduction to the Bioenergy Research in the Kyoto University 21COE Program. Proceedings of Kyoto University 21COE 2nd Symposium on Bioenergy (2003) pp.1-10.
- 72) D. Kusdiana and S. Saka, New Process for Biodiesel Production via Hydrolysis and Subsequent Methyl Esterification, Proceedings of Kyoto University 21COE 2nd Symposium on Bioenergy (2003) pp.34-42.
- 73) Tabe, D. Kusdiana, E. Minami and S. Saka, Kinetics in Transesterification of Rapeseed Oil by Supercritical Methanol Treatment, Proceedings of Kyoto University 21COE 2nd Symposium on Bioenergy (2003) pp.43-52.
- 74) K. Ehara and S. Saka, Decomposition of cellulose by Super- or Subcritical Water and Their Combined treatments, Proceedings of Kyoto University 21COE 2nd Symposium on Bioenergy (2003) pp.59-68.
- 75) H. Miyafuji, T. Nakata, K. Ehara and S. Saka, Bioethanol Production from Supercritically-treated Cellulose, Proceedings of Kyoto University 21COE 2nd Symposium on Bioenergy (2003) pp.69-77.
- 76) T. Nakamura, H. Kawamoto and S. Saka, Mechanism of the Pyrolysis of Lignocellulose for Controlling the Product Selectivity -Pyrolysis Behavior of Lignin-, Proceedings of Kyoto University 21COE 2nd Symposium on Bioenergy (2003) pp.83-97.
- 77) E. Minami and S. Saka, Chemicals from Woody Biomass as Treated in Water-Added Supercritical Methanol, Proceedings of Kyoto University 21COE 2nd Symposium on Bioenergy (2003) pp.102-112.

A.2.4 環境調和型トータルエネルギー評価

- 1) Y. Shirai, Over-voltage Suppression in a Fault Current Limiter by a ZnO Varistor, IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol.13, No.2 (2003) pp.2064-2067.
- 2) Y. Shirai, Simulation Study on Operating Characteristics of Superconducting Fault Current Limiter in One-machine Infinite Bus Power System, IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol.13, No.2 (2003) pp.1822-1827.
- 3) H.Hatta, Study on Recovery Current of Transformer Type Superconducting Fault Current Limiter, IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol.13, No.2 (2003) pp.2096-2099.
- 4) 醍醐市朗, 石原慶一, 足立芳寛, 鉄鋼業における循環型社会形成のための技術経営戦略 (Strategy of Technology Management for Recycling based Society in Steel Industry), ふえらむ, 8, 12 (2003) pp.911-914.
- 5) N. T. A. Tuyet, K. Ishihara, Input-Output Energy Model and Cement Production in Vietnam, Development Engineering, 9 (2003) pp. 55-67.
- 6) C.-J. Ma, M. Kasahara, S. Tohno, Application of PIXE to Characterization of Size-Segregated Single Raindrops, Int. J. PIXE, Vol.12 (2002) pp.7-18.
- 7) M. Kasahara, S. Akashi, C.-J. Ma, S. Tohno, Fixation and Chemical Analysis of Single Fog and Rain Droplets, Atmos. Res., Vol.65 (2003) pp.251-256.
- 8) 岩渕善実, 仁井元貴庸, 東野 達, 笠原三紀夫, 一般廃棄物の広域化処理に関する環境負荷評価, 空気調和衛生工学会論文集, No.88 (2003) pp.13-23.
- 9) C.-J. Ma, M. Kasahara, S. Tohno and T. Sakai, A New Attempt to Study the Particle Scavenging Properties of Individual Snow Crystals Using a Replication Technique, 大気環境学会誌, Vol.38, No.2 (2003) pp.89-99.
- 10) T. Yabe, R. Hoeller, S. Tohno, M. Kasahara, An Aerosol Climatology at Kyoto, Observed Local Radiative Forcing and Columnar Optical Properties, J. Appl. Meteor., Vol.42 (2003) pp.841-850
- 11) K. Nansai, Y. Moriguchi and S. Tohno, Compilation and Application of Japanese Inventories for Energy Consumption and Air pollutant Emissions Using Input-Output Tables, Environ. Sci. Technol., Vol.37 (2003) pp.2005-2015.
- 12) C.-J. Ma, M. Kasahara and S. Tohno, Application of polymeric water absorbent film to the study of drop size-resolved fog samples, Atmos. Environ., Vol.37 (2003) pp.3749-3756.
- 13) C.-J. Ma, M. Kasahara, S. Tohno and T. Sakai, A Replication Technique for the Collection of Individual Fog Droplets and Their Chemical Analysis Using micro-PIXE, Atmos. Environ., Vol.37 (2003) pp.4679-4686.
- 14) 岩渕善実, 東野 達, 笠原三紀夫, モデル都市におけるリサイクルを考慮した一般廃棄物の処理・処分システムの環境負荷削減の評価, 空気調和衛生工学会論文集, No.91 (2003) pp.97-107.
- 15) R. Hoeller, K.Ito, S. Tohno and M. Kasahara, Wavelength-dependent aerosol single-scattering albedo: Measurements and model calculations for a coastal site on the Sea of Japan during ACE-Asia, J. Geophys. Res. Vol.108 (2003) doi10.1029/2002JD003250.
- 16) 岩渕善実, 村上裕子, 東野 達, 笠原三紀夫, ビジネスホテルにおけるエネルギー・環境負荷低減: 第1報 冬期における客室内の電力消費の現状分析, 空気調和衛生工学会論文集, No.92 (印刷中)
- 17) M. Takayama, S. Koyama and H. Nozawa, New approach on logic application of ferroelectric random access memory technology, Japan Journal of Applied Physics, 41, 11B (2002) pp.6844-6847.
- 18) H. Kato and H. Nozawa, Proposal for 1T/1C ferroelectric random access memory with multiple storage and application to functional memory, Japan Journal of Applied Physics, 42, 9B (2003) pp.5998-6002.
- 19) 伊藤京子, 鮫島良太, 松井 康治, 富田大輔, 吉川 榮和, 環境問題のジレンマを学ぶための議論支援システムの高等学校の授業への適用と評価, ヒューマンインタフェース学会論文誌2004年2月号, (2004) (掲載予定).
- 20) 伊藤京子, 鮫島良太, 松井康治, 吉川榮和, コンピュータ化したグループ議論支援システムを用いた環境教育-高等学校と大学院での評価実験, 日本社会情報学会論文誌, (投稿中).
- 21) 宅田裕彦, 菊池潮美, 吉田哲幸, 岡原治男, Mg-9Li-1Y合金薄板の引張特性およびプレス成形性, 塑性と加工, 43-502 (2002) pp.1077-1081.
- 22) 宅田裕彦, 井上大輔, AZ31マグネシウム合金板の温間加工後の引張り特性, 塑性と加工, 45-503 (2002) pp.1173-1177.
- 23) H. Fujimoto, S. Ito and I. Takezaki, Experimental study of successive collision of two water droplets with a solid Experiments in Fluids, 33 (2002) pp.500-502.
- 24) N. Hatta, H. Koyanaka, Y. Ikehata, H. Fujimoto and R. Ishii, Proposal of a new pumping method for ores of deep sea mineral resources by circulating sea water in tube, Current Research Advanced in Physics of Fluids, 1 (2002) pp.9-19.

- 25) H. Fujimoto, S. Ogawa, H. Takuda and N. Hatta, Operation Performance of a Small Air-Lift Pump for Conveying Solid Particles, Transactions of the ASME, Journal of Energy Resources Technology, Vol.125 (2003) pp.17-25.
- 26) H. Takuda, Prediction of Forming Limit of High-Strength Steel Sheets by Means of Criterion for Ductile Fracture, Key Engineering Materials, Vols.251-252 (2003) pp.1-6.
- 27) H. Takuda, K. Mori, T. Masachika, E. Yamazaki, Y. Watanabe, Finite Element Analysis of the Formability of an Austenitic Stainless Steel Sheet in Warm Deep Drawing, Journal of Materials Processing Technology, Vols.143-144 (2003) pp.242-248.
- 28) H. Takuda, S. Kikuchi, N. Yoshida, H. Okahara, Tensile Properties and Press Formability of a Mg-9Li-1Y Alloy Sheet, Materials Transactions, Vol.44, No.11 (2003) (in press).
- 29) T. Tezuka and C. M. Xin, Optimization of Natural-gas Utilization at Lanzhou City in China, Greenhouse Gas Control Technologies, Ed. J. Gale and Y. Kaya, Pergamon, (2003) pp.1213-1218.
- 30) I. Matsuoka, T. Tezuka and T. Sawa, Economic Evaluation of Space Solar Power System as a CDM Project, Greenhouse Gas Control Technologies, Ed. J. Gale and Y. Kaya, Pergamon, (2003) pp.1225-1230.

A.3 特許申請リスト

A.3.1 太陽エネルギー

- 1) 安丸尚樹, 宮崎健創, 木内淳介「超短パルスレーザーを用いた微細加工方法及びその加工物」, 特許特願2002-12391.
- 2) 藤原弘康, 大塚良達, 和田健司, 福山稔章「金属の精製方法」, 特開2003-213345.
- 3) 藤原弘康, 大塚良達, 和田健司, 福山稔章「シリコンの精製方法」, 特願2002-26759.
- 4) 安丸尚樹, 宮崎健創, 木内淳介「超短パルスレーザーを用いた微細加工方法及びその加工物」, 特願2002-12391.
- 5) 安丸尚樹, 宮崎健創, 木内淳介「炭素薄膜構造ならびに炭素薄膜の加工方法及び製造方法」, 特願2003-368423.
- 6) 吉川 暹, 足立基齊「セラミックスナノ構造体及びその組成物」特願2002-039264 (2002).
- 7) 吉川 暹, 足立基齊「セラミックス複合ナノ構造体及びその組成物」特願2002-039263 (2002).
- 8) 吉川 暹, 足立基齊「セラミックスナノ構造体及びその組成物ならびに光エネルギー変換材料および素子」特願2002-054979 (2002).
- 9) 足立基齊, 吉川 暹, 佐藤保雄「貴金属ナノワイヤー構造物とその製造方法」特願2002-039262 (2002).
- 10) 松本 紘, 篠原真毅, 藤原栄一郎, 高橋吉郎, 田中直浩, 「マイクロ波発生装置および方法」, 特願2003-105931号, 2003.4.10, 出願中.
- 11) 富永雅敏, 安田千秋, 森下慶一, 飯塚健二, 鬼頭克巳, 中田敏彦, 佐々木 進, 田中孝治, 川崎繁男, 篠原真毅, 「位相計測装置及び宇宙太陽発電システム」, 特願2003-118050号, 2003.4.23, 出願中.
- 12) 松本 紘, 篠原真毅, 「マイクロ波発生装置」, 特願2003-350463号, 2003.10.9, 出願中.
- 13) 松本 紘, 篠原真毅, B. Shishikov, 「アレイアンテナ装置及び該装置の設計方法」, 特願2003-368387号, 2003.10.29, 出願中.

A.3.2 水素エネルギー

- 1) 萩原理加, 伊藤靖彦, 宇恵 誠, 鳥海明子, 「電気二重層キャパシタ」(出願人:三菱化学株式会社), 公開特許公報, 2002, P2002-75797 (出願年月日 2002年8月24日).
- 2) 岩瀬正則, 乙重貴之, 「溶銑のりん濃度測定方法およびその装置ならびにプローブ」(出願人:岩瀬正則, ヘレウスエレクトトナイト株式会社), 出願番号 2002-173244 (出願日:2002年6月13日).
- 3) 岩瀬正則, 加藤木健, 「スラグの塩基度測定法とその装置」(出願人:ヘレウスエレクトトナイト株式会社)特許公開 2003-207473.
- 4) 岩瀬正則, 加藤木健, 「スラグの酸化度測定法とその装置」(出願人:ヘレウスエレクトトナイト株式会社) 特許公開 2003-207480.

A.3.3 バイオエネルギー

- 1) 超臨界水技術関連の特許:5件.
 - 2) 超臨界アルコール関連の特許:1件.
 - 3) バイオディーゼル関連の特許:3件.
 - 4) 熱分解制御関連の特許:1件.
- (上記申請特許は未公開のため、詳細については開示を差し控える。)

京都大学21世紀COE広報
「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」

平成16年3月1日発行

発行代表者

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

<http://energy.coe21.kyoto-u.ac.jp/>

<http://www.energy.kyoto-u.ac.jp/>

<http://www.iae.kyoto-u.ac.jp/>

<http://www.kurasc.kyoto-u.ac.jp/>