

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
生存圏研究所

Graduate School of Energy Science
Institute of Advanced Energy
Research Institute for Sustainable Humanosphere
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



Kyoto University

21COE

Establishment of COE
on Sustainable Energy System

2005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17年度COE実施計画	5
2.1 研究拠点形成の実施計画	5
2.2 教育実施計画	8
3. 平成17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	26
3.3 バイオエネルギー	33
3.4 環境調和型トータルエネルギー評価	41
4. 平成17年度の教育関係の取組み	51
4.1 若手研究者に対する教育・研究支援	51
5. 国際(環境調和型)エネルギー情報センター事業	53
5.1 海外研究拠点の設置	53
5.2 国際エネルギーシンポジウムの開催	54
5.3 国内シンポジウムの開催	54
5.4 産官学連携に関わる事業概要	54
5.5 広報事業	55
資料編	57
A.1 研究・教育拠点形成活動一覧	57
A.2 発表論文リスト	58
A.3 特許申請リスト	77

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、生存圏研究所(旧・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、4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2005年度版では、平成17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17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出願の一覧を付した。また、本COEプログラム・グループと読売新聞社は、21世紀の新エネルギーや環境問題をテーマに、京都での第1回を皮切りに全都道府県で定期的に市民講座を開催した。各回のテーマ、開催地、話題提供についても付録にその一覧を掲載した。なお、その詳細は <http://energy.coe21.kyoto-u.ac.jp/shimin/index.html> でも見ることができる。

2. 平成17年度のCOE実施計画

平成17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。

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17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17年度においては、コンビナトリアルマテリアル創成コンセプトに基づき、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、各種の酸化物1次元ナノ材料等を用いた、高効率な有機太陽電池開発を進める。より具体的には、色素増感太陽電池・有機薄膜太陽電池の高効率化に関する研究を重点的に進める。

2) 宇宙太陽光発電システム

太陽エネルギー輸送の研究としては、マイクロ波を用いた無線エネルギー伝送の研究を中心として、送電システムの研究、目標位置推定及びビームフォーミングに関する研究、受電システムに関する研究、エネルギー輸送途中の媒体であるプラズマ物理に関する研究を行い、最終的には実証実験衛星の設計を行う計画である。さらにスピノフとして無線による地上無線電力伝送技術の研究も行っている。

今年度は送電システムに関する研究として(1)小型軽量高効率マイクロ波エネルギー伝送システム、(2)パルス位相制御マグネトロンの開発、(3)マグネトロンの低雑音化に関する実験的研究、(4)3次元マグネトロンシミュレータの高度化、(5)低損失小型移相器の開発、を行い、これまでに開発した位相振幅制御マグネトロンの開発研究やその小型軽量化研究を進展させ、マイクロ波送電システムの最適化を行う。目標位置推定及びビームフォーミングに関する研究は到来方向推定の自動校正システムの実験的研究を行い、PCLE (Phase Calibration method for Linear Equispaced arrays) 法について実証実験を行った。受電システムの研究としては弱電用レクテナの研究を進展させ、ウェアラブルレクテナを完成した。宇宙からの太陽エネルギー輸送のために必須の研究として、今年度は(1)宇宙飛行体環境における電界アンテナ

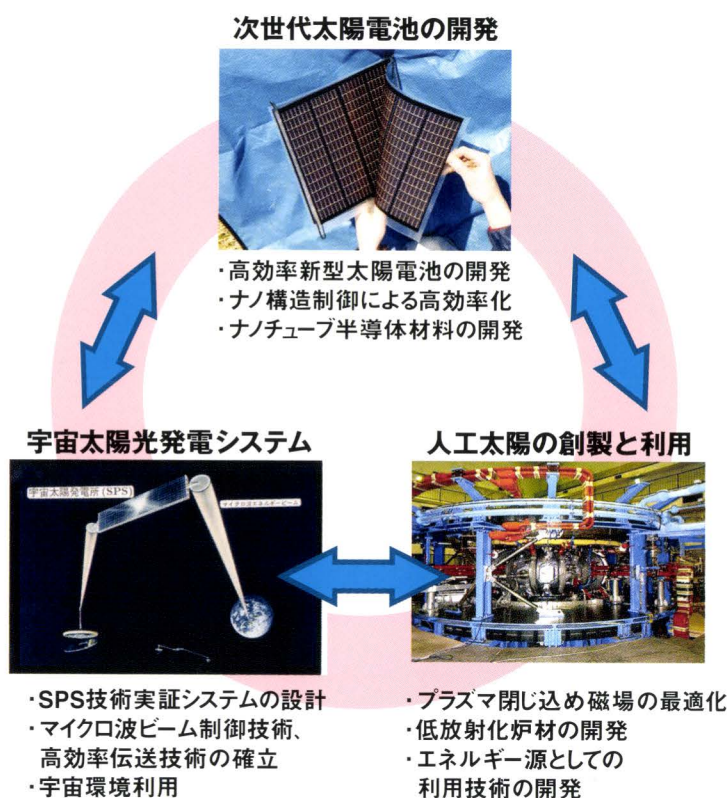


図2.1.1 主要研究課題とサブグループ間の連携

特性に関する研究、(2) 宇宙飛翔体の帯電特性に関する研究、(3) 小型宇宙電磁環境モニター用導電性木質材料に関する基礎研究、を行った。スピノフ技術として提唱した電気自動車無線充電システムや建物内無線配電システムの開発研究にも成功し、エネルギー輸送の新たな道を開いた。

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より進んだ利用を最終的な目標として、高効率小型炉心プラズマ実現のための新しいプラズマ閉じ込め方式の研究、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創的技術をもとに、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。

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
- 2) 新方式及び高性能電池システムのための材料開発
- 3) V-Ti-Cr系金属合金の創製と水素吸蔵特性
- 4) 水素利用のための高効率熱交換ポラス金属の開発
- 5) 廃棄物利用 炭酸ガスレス 金属鉄併産型 水素製造法
- 6) シリンダ内直接噴射による高出力・高効率クリーン水素エンジンの開発
- 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ッシング
- 8) 水素エネルギーシステム機器構造の微視的不均質性の評価
- 9) 水素エネルギーシステムの安全性を確保する材料・構造の非破壊評価

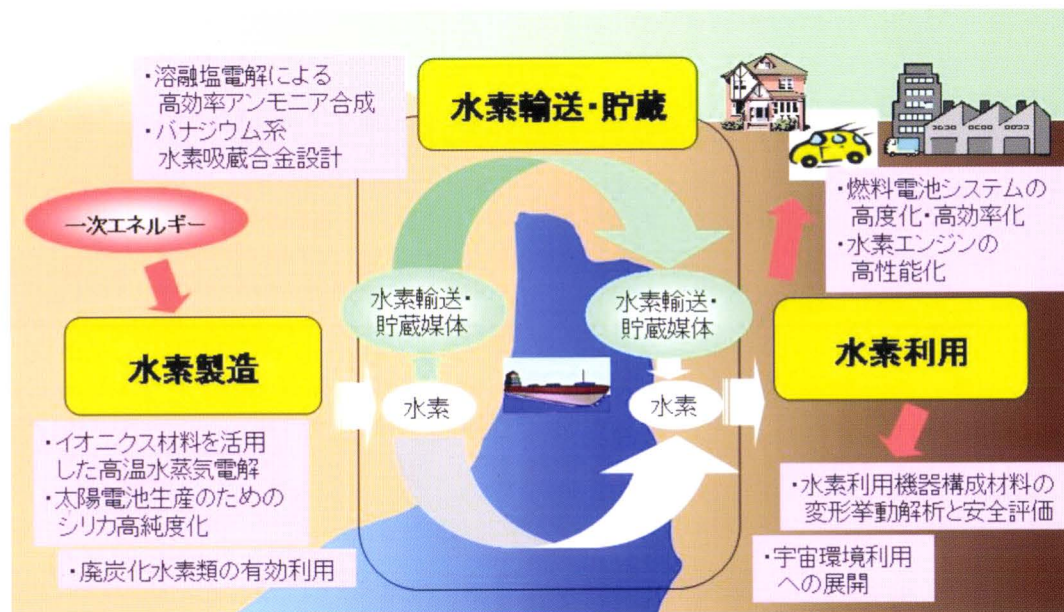


図2.1.2 クリーンエネルギー媒体としての水素の製造、輸送・貯蔵、利用技術

2.1.3 バイオエネルギー

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2004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木質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・水素生産、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詳細な検討およびそれらのアルコール発酵における阻害効果に関する研究、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の検討を行っている。また、バイオ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、このメタンを液体燃料に変えるメタノール生産、さらにはバイオマス由来のCO₂からのメタノール生産についても研究を行っている。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。これら一連の研究を通して、副産物や廃棄物を産出しない、CO₂ゼロエミッション型バイオエネルギー生産・利用システム技術の確立を図っている。

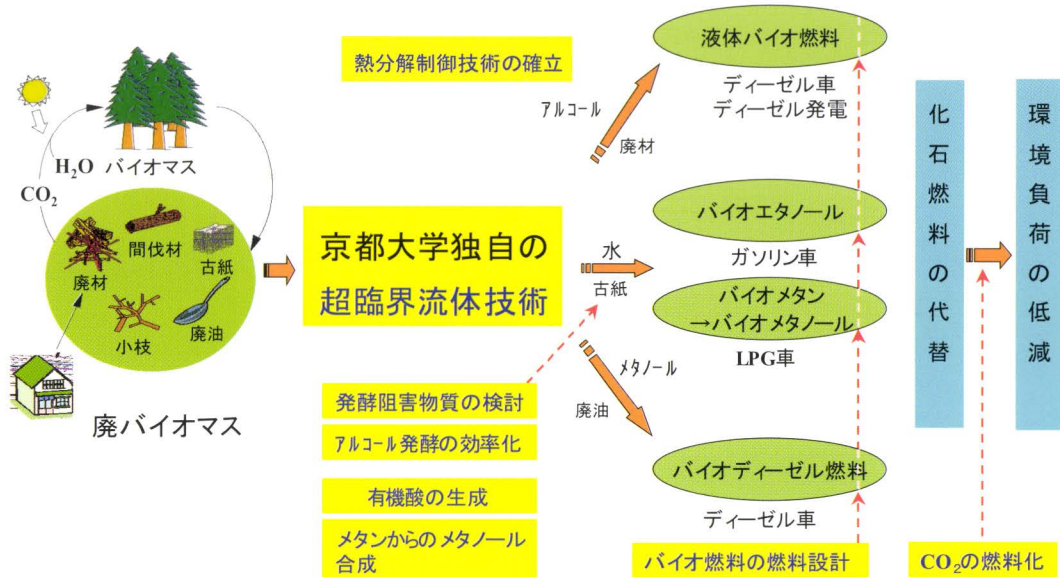


図2.1.3 環境負荷の小さい超臨界流体によるバイオエネルギーの創製

2.1.4 環境調和型トータルエネルギー評価

本評価タスクでは、図2.1.4に示すエネルギー需給システムのシナリオの相対評価を目的としている。そのシステムの特徴は、化石燃料の代替として太陽エネルギー、バイオエネルギーを十分に活用すること、そして、二次エネルギーである水素エネルギーを活用することにより総合エネルギー利用効率を向上させると共に、最終消費からの二酸化炭素排出を削減すること、にある。しかし、エネルギー需給システムの評価対象はそれにとどまるものではなく、産業、民生、運輸の全ての人間活動に及ぶ。そして、環境負荷や資源消費を含む社会的費用を小さく抑え、社会が得る効用を大きくすることが目的であることはいうまでもない。

エネルギー関連技術や社会特性に関わる多様な知見に基づいて、エネルギー需給の将来像を描き効果的なエネルギー政策を策定する必要がある。そしてそのためには異なった知識を持った人やグループの間での議論を深めることが不可欠である。その際には、個人がエネルギー環境に関わる知識を深めることはもちろんのこと、効果的な議論や政策策定に必要な多様な知識をどのように効果的に共有するかが重要な課題となる。そのための手法、システム、環境を整備することも本タスクの重要な役割と考える。

本年度の具体的な研究課題を以下に示す。

- ① 省エネルギーに関わる技術開発とその評価
 - (a) 省エネルギーを目的としたメモリデバイスの開発
 - (b) 自動車の軽量化技術
 - (c) 分散型電源の大規模導入のための電力系統技術開発
- ② ライフスタイル改善策の策定とそれに伴うエネルギー削減・環境負荷削減の評価
 - (a) 最終消費におけるエネルギー需要調査
 - (b) ライフスタイルの分析
 - (c) エネルギー環境教育とデバートシステム構築
- ③ リサイクル社会のモデル化と評価
- ④ エネルギー需給の環境影響評価
 - (a) 大気中エアロゾルの特性解析

- (b) 産業連関表を用いた環境負荷原単位データベースの構築
- ⑤ エネルギーシステム評価支援センター構想
- (a) 継承可能なエネルギー関連技術データベースの構築
- (b) 評価手法の「標準化」の提案
- (c) 将来シナリオ評価のシステム構築とワーキンググループ作業

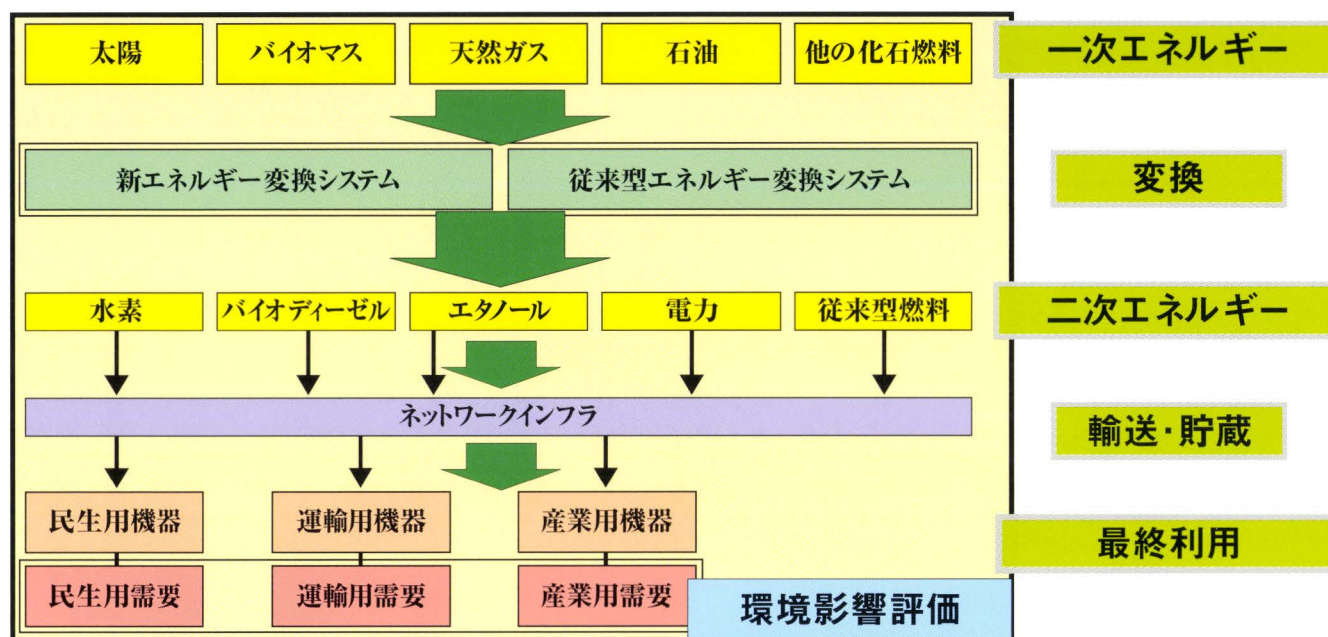


図2.1.4 評価対象となるエネルギー需給システム

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。博士後期課程では、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、主として博士後期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、国際的視野を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、平成15年度は51件の応募中24件を、平成16年度は48件の応募中20件を、そして今年度は44件中21件を採択した。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厳選し、15名を採用した(年度途中で2名追加)。また平成16年度は14名を採用し、本年度は能力審査で13名を厳選して採用した。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、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6名を採用した。

2.2.3 研究発表のための旅費助成

博士後期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年度は伝染病回避のため外国は21件にとどまり、国内16件と合わせて総額約570万円の補助を行った。平成16年度は外国31件、国内15件、総額約780万円の補助を行った。また本年度は外国35件、国内5件の研究発表に対して助成を行った。

2.2.4 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。平成16年度よりこのテキストを用いた授業が可能となった。平成16年度は、15年度に完成できなかった「エネルギー基礎科学通論II」を完成させた。本年度はこれまでに執筆・発行した和文テキスト6分冊に加え、以下の英文テキスト5分冊を執筆・発行した。執筆の分担は、上から順にエネルギー科学研究科エネルギー社会・環境科学専攻、エネルギー基礎科学専攻、エネルギー変換科学専攻、エネルギー応用科学専攻、および生存圏研究所である。

「Advanced Seminar on Socio-Environmental Energy Science」(本文125ページ)

「Present and Future Trends of Fundamental Energy Science」(本文116ページ)

「Advanced Energy Conversion Science」(本文186ページ)

「Advanced Energy Science and Technology」(本文190ページ)

「Space Solar Power Satellite and Microwave Power Transmission」(本文102ページ)

3.平成17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共に、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ーで分類できるが、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事から、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。本プロジェクトでは、これに用いられる電極の開発を進めており、サイズの異なる酸化チタン粒子の複合化等の光マネジメントを用いる事により、薄膜で9%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、4%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、様々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これらをにらんだ基盤研究を進めている。また、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、本プロジェクトでは、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。

更に、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ず、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出来るように、LCAを用いた評価技術の開発を進めている。

I. 次世代太陽電池の開発

第2世代太陽電池の候補として、平成16年度より色素増感太陽電池に加え有機薄膜太陽電池(有機半導体を光電変換素子に用いる太陽電池)についても本格的に研究開発をスタートさせてきた。平成17年度では、これをさらに重点化し、さまざまなデバイス作製プロセスの改善をすすめている。

I-a) 色素増感太陽電池のための高効率光電極の開発

次世代太陽電池の筆頭候補として、我々が研究開発を進めているのが色素増感太陽電池である。この型のセルでは、酸化チタン等の無機半導体電極(多孔体)が吸収可能な紫外光に加え、半導体電極表面に吸着させた有機色素が広範囲の可視光領域で太陽光を吸収し、半導体のコンダクションバンドに電子を注入する事によって高効率な電荷分離とキャリアー輸送を可能としている。理論的には33%という高い変換効率が期待されているが、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することが重要である。

本プロジェクトでは、酸化チタン多孔体への光散乱粒子の導入、微量元素ドーピング、電極の1次元ナノ構造化等の手法を用いることによってより高効率な電極構造の探索・設計を進めている。

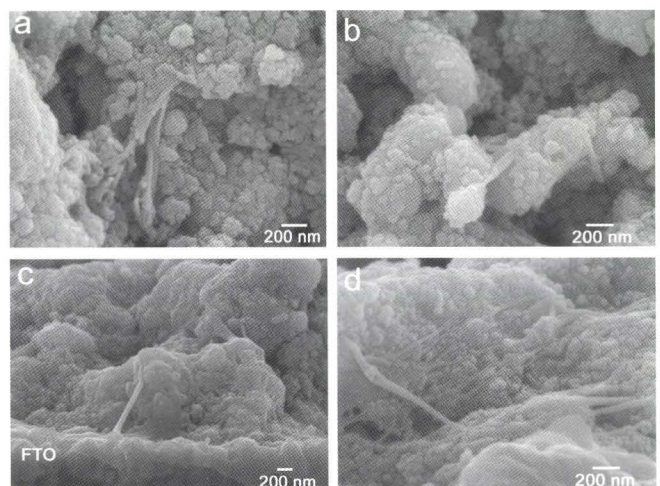


図3.1.1 部分ナノワイヤー化電極(1段階合成法)の一例
(a,b) 上面、(c,d) 断面

平成17年度では、「1段階合成法」、あるいは、「混合法」により1次元ナノ材料(酸化チタンナノワイヤー等)とナノ粒子とを複合させた「部分ナノワイヤー構造」を実現し、ナノ粒子単独あるいはナノワイヤー単独の場合に比べて高い光電変換効率を得ることに成功した(図3.1.1)。この改善メカニズムについては現在解析中であるが、1次元導電パスの効果に加え、光散乱効果など複数の効果が相乗効果をもたらしていることが期待されている。混合法による最適化では、平成17年度末時点で、7.5%の光電変換効率を得られている。

(Y. Suzuki, S. Ngamsinlapasathian, R. Yoshida, S. Yoshikawa, in contribution; K. Asagoe, S. Ngamsinlapasathian, Y. Suzuki, S. Yoshikawa, in contribution)

また、酸化チタン電極の一部を結晶性に優れた粗大粒子とすることにより、9%を超える光電変換効率を得られた。これは、光マネジメント効果によるものと考えられ、今後、従来当グループで進めてきた微量ドーピングによるバンドチューニングと組み合わせることで更なる効率の改善を目指している。(スパチャイ, 吉川ら:投稿準備中)

(1-b) 有機薄膜太陽電池の研究

平成16年度より、次世代太陽電池の候補のひとつとして、有機薄膜太陽電池の研究開発を本格的に開始している(図3.1.2)。平成17年度では酸化チタンホールブロック層の導入やアニールや混合溶媒効果による電極結晶化の促進などにより、大気中プロセスでは世界最高レベルの4%台の高効率セルを得ることに成功した。

また、次世代太陽電池の拠点化を目指し、本COEの一環として、2005年7月に「有機薄膜太陽電池の最前線」と題するシンポジウムを開催した。さらに、このシンポジウムをもとに、国内外の最先端の研究状況をまとめた「有機薄膜太陽電池の最新技術」と題する図書が出版することができた。本COEの活動から発展した「有機太陽電池研究会」も発足し、有機太陽電池の世界拠点を目指して、研究開発と同時に普及・啓蒙活動に努めている。

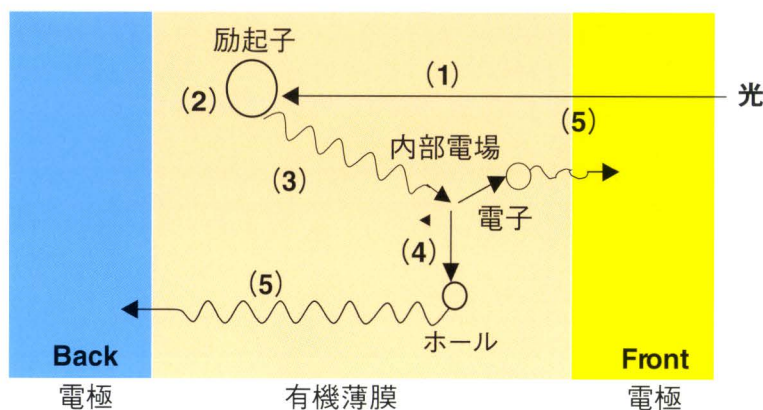


図3.1.2 有機薄膜太陽電池の動作原理

II. 安価高効率シリコン太陽電池の研究

環境調和型エネルギーとして、太陽電池の普及を更に推進させて行くためには、画期的な材料の開発やシリコンベースの従来型太陽電池の高効率化・低価格化という研究開発が重要である。

現在、主流となっているシリコン結晶系の太陽電池では高純度のシリコンが多量に用いられている。このため、太陽光発電システムの導入にかかわる全てのコストのうちシリコン基板のコストの占める割合が高い。また、近年の太陽光発電システムの普及に伴い、太陽電池用シリコンの供給不足が懸念されている。太陽電池の更なる普及を妨げているこれらの要因は太陽電池用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。本研究では低コスト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、元素物性に起因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熔融酸化物であるスラグ共存下における熔融金属シリコン中への水蒸気吹き込み攪拌である。2005年度までに得られた成果は以下、

- ・本プロセスによってシリコン中のボロンを十分な速度で低下できることを確認した。
- ・脱ボロン速度が1次の反応速度式で評価できることを示した。
- ・ボロンはスラグ相ではなく気相へ除去されることを明らかにした。
- ・水蒸気分圧、スラグの酸性度を上げると見掛けの反応速度定数が上昇することを明らかにした。
- ・水蒸気への還元性ガスを添加、スラグ成分の適正化により脱ボロン反応速度、シリコン歩留まりおよび操作性の向上を図った。

のように要約出来る。

また、近年 βFeSi_2 半導体が新しい光電素子としての注目を集めており、この素材を用いた安価で高効率な太陽電池実現の可能性が指摘されている。著者らはこれまでリチウムケイ酸塩電解質を用いたシリコン濃淡電池起電力法をいくつかの遷移金属シリサイドの熱化学的物性値測定に適用し、成果を得ている。本研究ではこの手法を発展的に、鉄-シリコン系に応用して βFeSi_2 の熱化学的諸物性値の測定を試みる。鉄-シリコン系には4つの金属間化合物と鉄基固溶体が存在しており、ほとんどの不変系反応は1090から1500Kの温度範囲で起こることが知られている。2005年度にはこの温度領域においてイオン伝導性を有すると期待されるナトリウムシリケートの作製・調整手法を確立し、また、熔融鉄-シリコン合金の凝固によらない手法で鉄シリサイドを合成を行った。さらに、これらの試料を起電力測定に供して、ナトリウムシリケート電解質として適用性についてテストを行った。これらの結果からナトリウムシリケートは電極反応またはシリコンとアルカリ金属の置換反応の両方またはいずれかにおいて、リチウムシリケートと異なる作動条件を考慮しなければならないことが明らかになった。

太陽エネルギーの電気ないしは化学エネルギーへの変換のための光電気化学セルの実用化に向けて、半導体からなる光電極上での反応速度の遅さが克服課題のひとつとなっている。光電極を金属、特に貴金属で表面修飾することで電極触媒性の向上が可能となる。この際、金属種の選択が重要となるが、加えて析出金属のサイズや分布も電極触媒性に影響を及ぼす。昨年度は、電極触媒性の高い白金を*p*型シリコン上へ電析する際、析出物のサイズおよび分布制御を光強度変調により実現できることを明らかにした。白金は暗時においても、光照射時においても電析するが、析出形態は両条件により異なり、暗時においては球状粒子が成長し、照射時には分散した微細粒子が生成する特性を利用したものである。このような光強度変調による析出物の形態および分布制御は、白金に限らず、酸化還元電位のエネルギーレベルが半導体の価電子帯近くに位置する他の貴金属系においても可能のはずである。本年度はこの可能性を検証するために、金、パラジウム、および銅の*p*型シリコン上への光強度変調電析による形態制御の可能性を検討した。その結果、銅のみが形態制御可能であった。パラジウムと金については、置換めっきによって液に浸漬しただけで、シリコン上で自発的に高い核生成速度で進行するために、形態制御できなかった。白金や銅のように形態分布制御を可能とするためには、これらの金属イオンを錯体化するなどによって、酸化還元電位を価電子帯のエネルギーレベルから引き離す必要がある。ただし、白金系の酸化還元電位は価電子帯に近く位置するにもかかわらず、形態制御が可能である点についてはさらに検討が必要である。

III. 太陽電池高効率化の基礎研究

太陽電池のような光電変換系において、変換効率の飛躍的な向上を実現するには原理的なブレークスルーが不可欠であり、そのための基礎研究を行うことは極めて重要である。当グループでは、高効率太陽電池技術のための基盤技術開発を目的として、レーザーを利用した原子・分子レベルの新しい物質制御・プロセス技術の基礎研究を進めている。

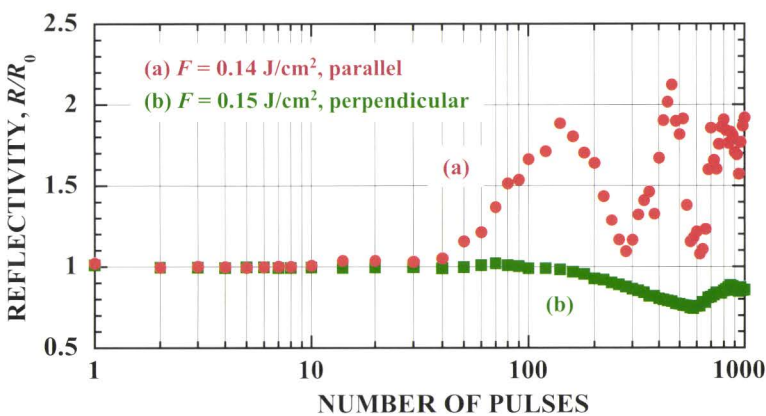


図3.1.3 照射パルス数に対するDLC表面の反射率の変化。偏光が平行(a)及び垂直(b)の場合

法によってナノ構造形成及び表面改質過程を追跡する。照射実験では、アブレーションしきい値近傍のフルエンス*F*でポンプパルス(入射角0°)をDLC膜に照射すると同時に、弱いプローブパルス(入射角4°)で照射部の反射率を測定した。図3.1.3に、ポンプとプローブパルスを同時に照射し、反射率*R*をパルス数*N*に対して測定した結果の例を示す。(a)と(b)は、それぞれポンプとプローブパルスの偏光が平行及び垂直の場合である。(a)では*N*の増加と共に*R*が周期的に増幅され、(b)ではそのような*R*の増大は見られない。この*R*の増幅は、ポンプパルスによってDLC膜内部で自由電子がコヒーレントに生成され、縮退4光波混合が誘起されたためである。このとき、DLCからGC層への転移が生じる。表面で局所的なアブレーションが始まると増大した*R*は減少に転じる。

III-b) フェムト秒レーザーパルスによる分子の配向制御

高強度なレーザーパルスを分子に照射すると、多くの回転準位が励起されると共に、誘起分極に起因するトルクが分子に加わり、分子はレーザーの偏光方向に配向する。フェムト秒レーザーパルスを照射した場合には、過渡的な配向が相互作用の終了後に生じると共に一定の周期で回復する。この現象を利用すれば、超短パルスレーザーで分子の自由度を制御でき、新しい物質機能を発現できる可能性がある。そのためには、超高速で変化する分子配向を実時間で検出できる手法を開発することが必須である。

当グループでは、高次高調波発生を利用して、この配向・回復現象を高感度に検出できることを初めて実証すると共に、同方法をN₂、O₂、及びCO₂等に適用し、個々の分子の配向特性を実験的・理論的に解明してきた。

パルス幅40fsの高強度フェムト秒レーザーパルスで励起したO₂分子からの第19次高調波信号の時間発展を図3.1.4(a)に示す。 $T=1/2Bc=11.6\text{ps}$ が回復周期である。奇数の回転準位*J*だけが励起されるため、回復信号は*T*/4毎に観測されている。図3.1.4(b)は(a)の周波数スペクトルである。4*J*+6及び8*J*+20の成分から構成されており、回転準位がポンプパルスでコヒーレントに励起されていることが解る。N₂とCO₂についても同様の測定と解析を行い、それぞれの分子に特有の分子波束形成と高調波発生特性を明らかにした。

III-a) 硬質薄膜表面のナノ構造形成と改質

フェムト秒レーザーアブレーションによって、ダイヤモンド状炭素(DLC)やTiN等の硬質薄膜の表面に、波長の1/5から1/10に達するナノ構造を生成できること、及び、ほぼ同条件下で、DLCの結合構造が選択的に変換されガラス状炭素(GC)層に改質することを発見した。これらの現象を基礎とする新しいナノ技術基盤の開発を念頭において、現象の解明と制御に関する研究を進めている。当該年度には、コヒーレントな非線形光学過程に着目し、超高速で変化するアブレーションの素過程を追跡できる方法を開発した。この方法では、フェムト秒レーザーパルス(800nm, 100fs)によるポンプ・プローブ法を用い、反射率測定と表面形態観測等の方法

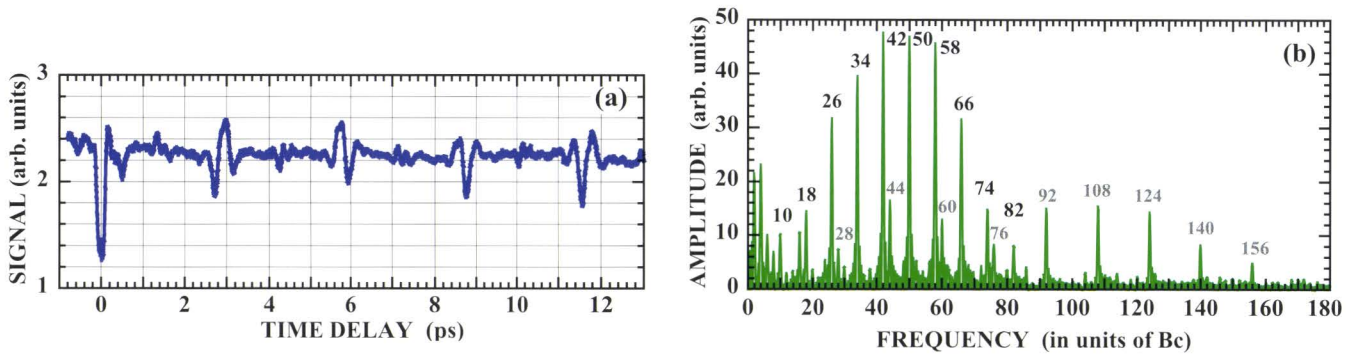


図3.1.4 フェムト秒レーザーパルスで過渡的に配向させたO₂分子からの第19次高調波の時間変化(a) 及びその周波数スペクトル(b)

III-c) 材料表面層の分光化学分析の基盤的研究

太陽電池材料の開発、あるいは一般に機能性材料の開発では表面や界面の制御は重要な課題である。特に電気化学プロセスなどの湿式プロセスにおけるその場表面元素分析はプロセスのリアルタイムでの制御のために非常に有用である。本課題ではレーザーアブレーション放出種の発光スペクトルの測定を用いた材料表面の新しい元素分析法を検討している。この方法の問題点として、気相中でのアブレーションの場合と異なり、液相中では放出種により形成されるプルームは非常に小さな領域に閉じ込められ、放出種からの発光スペクトル形状は、強い連続スペクトル、大きく広がった線スペクトル、および放出種の不均一な空間分布に起因する自己吸収反転構造などさまざまな要因により著しく変形する。したがって、発光スペクトルを表面分析に利用するためには、安定したスペクトル形状が得られるようなプルームを形成させることが必要である。本研究ではアブレーションに用いるレーザーのパルス幅を通常市販されているQスイッチNd:YAGレーザーの数nsよりも数10倍長い150nsとすることにより、スペクトル形状の変形を著しく改善することができた。これにより、レーザーアブレーションプルーム分光法が液体中の固体表面のその場元素分析の新しい方法となることが期待できる。

一方、太陽電池の高効率化の方法として、光電変換に利用する光の波長域を拡大する研究が行われている。このような研究を行う上で、広い波長に渡り可変で強強度のレーザーが必須である。このため、本プロジェクトでは波長可変遠赤外自由電子レーザー装置の開発を行っている。平成17年度では、前年度に整備した量子光・加速粒子総合工学研究棟への直線加速装置設置を完了し電子ビーム加速実験に成功した。またこの電子ビームを波長可変遠赤外自由電子レーザーに用いるための、長パルス化に取り組み、5 μ sの電子パルス生成に成功した。更に波長可変遠赤外自由電子レーザー用アンジュレータの磁場測定を行い、性能評価を行った結果、8-12 μ mの波長帯でのレーザー出力飽和が達成可能なが分かった。

材料中での電子輸送損失はスピン自由度に依存するため、輸送損失が少なくなるようにスピンを制御することは将来的には重要な課題の1つである。そこで、レーザーを使った電子のスピン制御について研究を行った。詳細なダイナミクスを理解するため、我々は孤立原子についてレーザーイオン化におけるスピンドイナミクスを理論的に解析した。その結果、ダイナミクスは光強度に大きく依存することがわかった。

3.1.2 宇宙太陽光発電のための太陽エネルギー輸送

本課題では太陽エネルギー技術のうち、太陽エネルギー輸送、すなわちマイクロ波を用いた無線エネルギー伝送技術に関する研究を行っている。本研究は宇宙太陽発電所SPSに利用される。SPSとは、宇宙空間で太陽光発電した電気エネルギーを無線で地上に送り、地上でそれを利用しようという構想である。本COEプログラムでは、エネルギー伝送手段としての軽量・高効率マイクロ波送電器の開発及びマイクロ波ビーム制御技術の開発を目的とし、COE期間中にこれらの技術を基にした実証実験衛星提案を行う計画である。昨年度平成16年度には、送電システムに関する研究として(1)アクティブ集積アンテナを応用したマイクロ波エネルギー伝送システムに関する研究、(2)マグネトロン3次元シミュレーション、を行い、一昨年までに行った位相振幅制御マグネトロンの開発研究やその小型軽量化研究等と合わせて送電システムの最適化を行った。目標位置推定及びビームフォーミングに関する研究は昨年までの不等間隔アレイによるサイドローブ抑制の理論研究や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や、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発展させ、今年度は(1)自己ビーム制御アレイとSPSならびに位相同期システムへの応用研究、(2)SPSのための自動校正機能を有する到来方向推定法に関する研究、(3)遺伝的アルゴリズムによるマイクロ波送電用均一振幅フェイズドアレイのビーム最適化、を行った。受電システムの研究としては(1)弱電用レクテナの開発、(2)レクテナ整流回路のパラメータ最適化を行った。これは太陽エネルギー輸送に加え、地上応用システムも指向したものである。エネルギー輸送途中の媒体であるプラズマ物理に関する研究としては昨年度の研究を発展させ、(1)マイクロ波ビーム強度の空間勾配による電子密度擾乱に関する研究、(2)SPS周辺環境モニター装置用観測チップ開発、(3)宇宙環境探査研究、を行った。これらの結果をベースとして、今年度はさらにこれらの研究を発展させ、以下の研究成果を得た。

1) マイクロ波エネルギー伝送用送電システムの研究

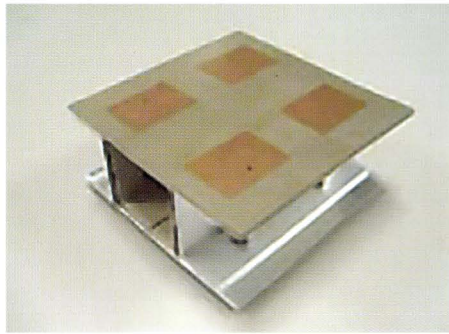


図3.1.5 2×2素子マイクロ波送電システム

1-1) 小型軽量高効率マイクロ波エネルギー伝送システム

経済面を考慮したSPS実現のためには、小型軽量高効率のマイクロ波送電システムが必須である。高効率であるということは排熱システムを軽量化することにつながり、結果的に小型軽量化に寄与する。本研究ではマイクロ波エネルギー伝送に適した半導体増幅をブロードモードモデル、ハイブリッドICモデル、MMICモデルと段階的に小型化しながら開発を行い、総合DC-RF変換効率50%以上、RF出力1W以上の小型軽量高効率のマイクロ波送電システムの開発に成功した。図3.1.5は2×2素子のマイクロ波エネルギー伝送システムであり、排熱に適した構造を取ることで排熱システムを小型化し、全体としての小型軽量化に成功している。周波数は5.8GHzである。

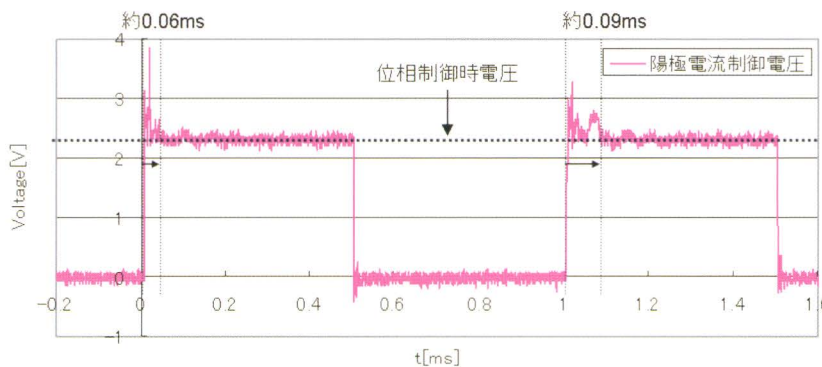


図3.1.6

1KHzパルス駆動時の陽極電流制御電圧=マグネトロン出力位相
(1KHzパルス駆動、Duty比50%=パルス幅0.5[ms]の時、
電圧変動約0.4V(位相安定度6.17°程度))

した研究を行った結果、実際にkHz動作のパルス駆動型位相(振幅)制御マグネトロンの開発に成功した。本システムでは、各パルスにおいて初期発振周波数が基準信号に同期可能な範囲内となるように初期設定を調整している。この条件で実証実験を行った結果、位相制御に要する時間がほぼ0.1ms以内に収まっていたため、安定したkHz動作のパルス駆動型位相(振幅)制御マグネトロンの実現に成功したといえる。実験結果は図3.1.6に示すとおりであり、位相安定度約6.17°で各パルスの80%以上が位相制御されている状態を実現した。次に、カットオフ周波数が1MHzのマグネトロン駆動電源を仮定してMHz動作のパルス駆動型位相(振幅)制御マグネトロンを設計した。本モデルでステップ応答約1 μ sを実現したため、気象庁標準気象レーダの短パルスにも十分応用可能なモデルを実現することができた。

1-3) マグネトロンの低雑音化に関する実験的研究

マグネトロンは電子レンジに代表されるように主にマイクロ波加熱用として利用されている。また、マイクロ波エネルギー伝送システム用のマイクロ波電力源としての新たな応用も期待されている。我々の研究グループではCOEの成果として位相振幅制御マグネトロンの開発にも成功している。マグネトロンは高効率・大出力・安価という長所を持つ反面、様々な周波数帯での雑音発生という短所を持つ。本研究の目的はマグネトロンの雑音発生源を解明し、最終的には低雑音マグネトロンを開発することである。本研究では、マグネトロンを三次元的視点で解析するための基礎実験として、軸方向分割陽極マグネトロン(図3.1.7)の陽極電流測定、および実験結果にもとづいたマグネトロン内の電子軌道、特に軸方向の拡散運動について考察を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- ・同軸二極管の場合、陽極電流の50%は陽極中央部に、30%は高圧入力側陽極に、15%はRF出力側陽極に、残りは陽極外装部にそれぞれ流れ、この電流分布は陽極電圧およびフィラメント電流には依存しない。
- ・マグネトロンの場合、陽極電圧が高いときは同軸二極管と同様の陽極電流分布が得られるが、陽極電圧が低減するにつれて高圧入力側への陽極電流が減少し、逆にRF出力側への陽極電流が増加する。

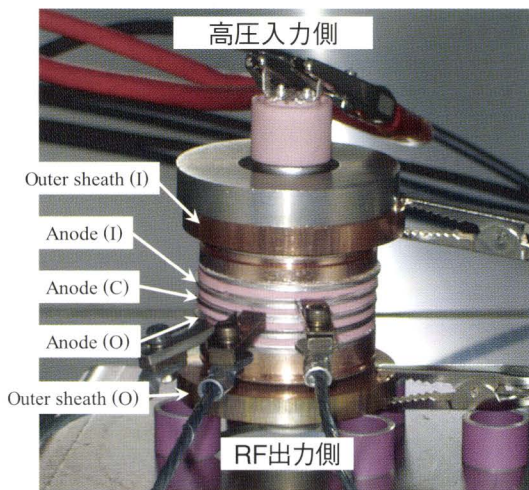


図3.1.7 軸方向陽極分割マグネトロン

1-4) 3次元マグネトロンシミュレータの高度化

1-3) で実験的研究をしているマグネトロン雑音及び効率に関する理論的な裏付けを行うために、我々は長年電磁粒子コードを用いたマグネトロンシミュレータの開発を行ってきた。昨年度に開発した3次元マグネトロンシミュレータは1-3) のような3次元の電子挙動の解析に威力を発揮する。今年度は正確なノイズ解析シミュレーションを行える基盤を築くため、この3次元マグネトロンシミュレータの高性能化に取り組んだ。まず並列化計算促進を通じてシミュレータの高速化を行った。これにより従来の所要時間の約半分での計算が可能となった。また、電界計算法の改良を行い、従来シミュレータで生じていた初期ステップにおける大きな伝搬電界成分を取り除くという、非現実要素の除去が1つ実現された。さらにマイクロ波出力部をシミュレータに設置した。これが実現されたため空間の電界、電子分布が定常状態といえるものに落ち着いたという実験結果が得られた。その結果高性能化したシミュレータを用いてノイズの解析を行った。まず、より細かな分解能を持った中心周波数計算プログラムを作成し、従来では25MHzしか分解能がなかったが、これを1MHz程度の分解能へと高精度化した。さらにこれを用いて周波数スペクトル計算を工夫することで従来では検出が難しかった高調波の検出を実現した(図3.1.8)。1-3) の実験的研究と結果を比較しながら今後マグネトロンの低雑音化に取り組んでいく。

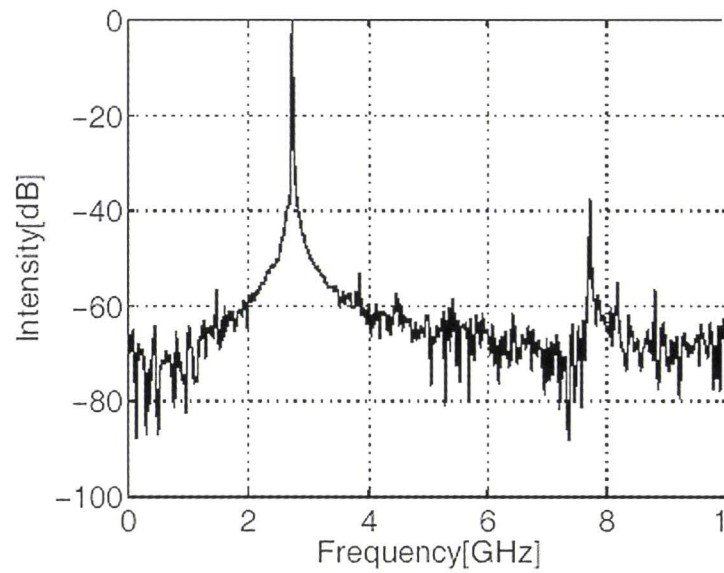


図3.1.8 改良シミュレータを用いて得られたマグネトロンの周波数スペクトル

1-5) 低損失小型移相器の開発

1-1) で開発したマイクロ波エネルギー伝送システムや1-2) で用いたマグネトロンをSPSに応用するためには電気的にマイクロ波の位相を制御する低損失の移相器の開発が不可欠である。移相器は線路切換型のデジタルタイプを設計する現状では、スイッチ素子としてPINダイオードおよびMESFETスイッチを検討している。PINダイオードを用いた直列型及び並列型の5.8GHz用移相器をシミュレーションした結果、直列型においては、挿入損失は0.4dB/bit、並列型では挿入損失0.16dB/bitの低損失を実現した。

2) マイクロ波エネルギー伝送ビーム制御の研究 —到来方向推定の自動校正システムの実験的研究—

SPSにおいて受電サイトであるレクテナサイトにマイクロ波が正確に送電されることが要求され、それを実現するのにレトロディレクティブというパイロット信号を用いた目標自動追尾システムを採用している。レトロディレクティブシステムにはハードウェア方式とソフトウェア方式があるが、本研究ではソフトウェア方式を用いたレトロディレクティブシステムを研究対象とした。ソフトウェア・レトロディレクティブは複数の受信アンテナで受信されたパイロット信号の位相情報を元にパイロット信号到来角を計算する。計算機によりパイロット信号の到来方向が正確に検出されなければならないが、実際に用いる機器にはその特性にばらつきが存在する。そのため、特性のばらつきによる誤差が到来方向に及ぼす影響を自動的に校正する自動校正到来方向検出法が必須となる。本研究ではSPSに用いるソフトウェアレトロディレクティブシステムを用いた到来方向検出自動校正法として提唱されているPCLE(Phase Calibration method for Linear Equispaced arrays)法について実証実験を行い(図3.1.9)、その精度を検証した。また到来方向からのずれの要因である通過位相誤差、ノイズによる誤差の定量的分析を行い、誤差の影響を少なくするシステムの検討を行った。

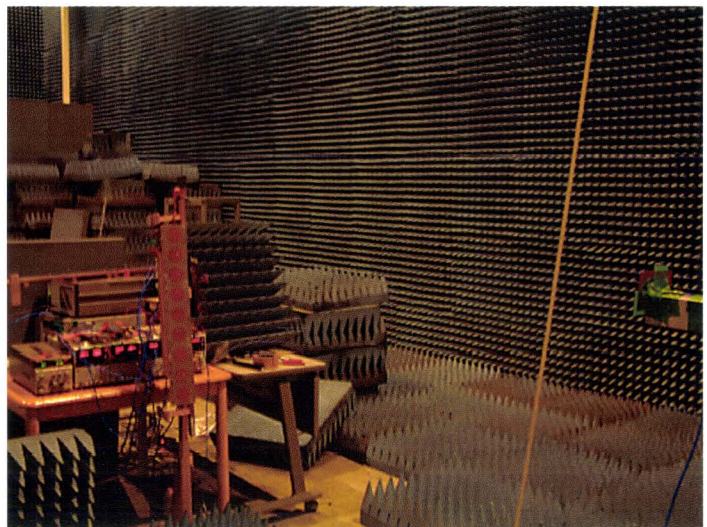


図3.1.9 無線による到来方向推定実験の様子

3) 宇宙太陽エネルギー輸送に関する研究

3-1) 宇宙飛翔体環境における電界アンテナ特性に関する研究

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校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。本研究で

は3次元電磁粒子コードを用いた計算機実験により宇宙飛翔体環境における電界アンテナ特性に関する特性評価を行った。ダイポールアンテナモデルを用いたイオンシース環境でのインピーダンス解析、衛星本体を考慮した電界アンテナ、光電子放出の数値モデリング、太陽光照射方向を考慮した光電子放出下での衛星プラズマ環境解析を行い、1)光電子シース密度に対応する特性周波数より低周波域でアンテナインピーダンスが変化、2)真空中の特性に比べインピーダンス実部は増加し、虚部の絶対値は減少(図3.1.10)、3)アンテナや衛星表面の光電子密度に強い依存性、4)背景磁場が存在する場合には本効果が弱まることを確認、という結果を得た。これは光電子シースによる電界アンテナインピーダンスの変化がプラズマ波動観測データ較正に影響を及ぼす可能性があることを意味する。今後、実パラメータを用いた定量的なインピーダンス評価を行うことにより、観測データ較正や電界アンテナ設計に貢献することができると考えられる。

※上下のアンテナ周辺の環境が異なる場合 アンテナインピーダンスの虚部
Case (c) Antenna Impedance (Imaginary part)

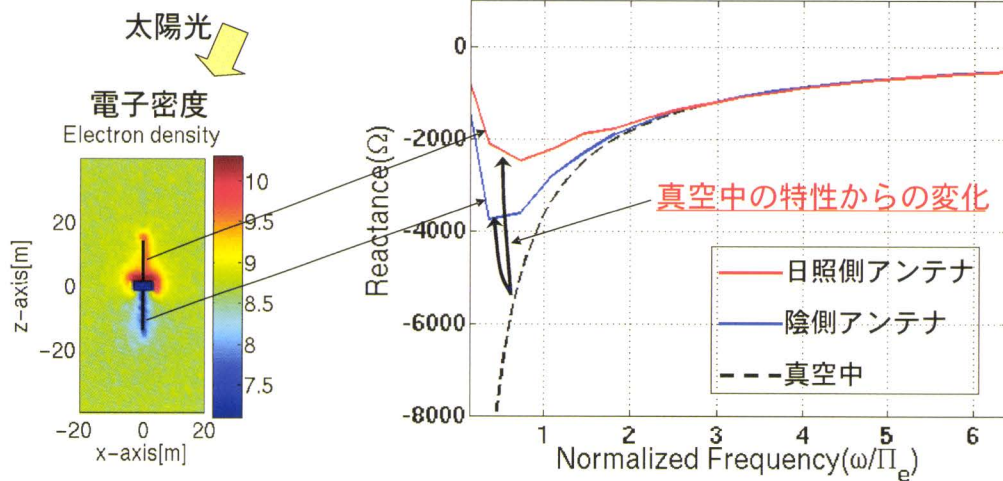


図3.1.10 宇宙プラズマ中でのアンテナ特性インピーダンスの変化(虚部)

3-2) 宇宙飛翔体の帯電特性に関する研究

本研究では、宇宙において発電し、また電力を扱う際に問題となる宇宙機の帯電問題を扱う。本研究は電磁粒子コードにおいて衛星帯電を定量的に扱うことを目的とし、ラングミュアプローブ法というプラズマ測定手法を用いて、衛星が金属筐体の場合の帯電について定量解析が出来ることを示した。電磁粒子コードにおける衛星帯電の定量解析の妥当性を検証するため、様々な電子温度、電子密度についてシミュレーションを行い、定性的に帯電が正しく行われていることを確認した。具体的には、電荷密度分布、電位分布によりプローブ電位が負の時にはイオンシースが、正の時には電子シースが確認でき、温度や密度の違いによるシースの変化を観測した。また、電磁粒子コードに誘電体の帯電を扱うシミュレーションコードを導入し、誘電体を含む衛星帯電について、妥当性の検証を行い、また、衛星表面の帯電や周囲のプラズマを解析し、誘電体による帯電を調べた。

3-3) 小型宇宙電磁環境モニター用導電性木質材料に関する基礎研究

宇宙太陽発電所SPSの実現には軽量材料の開発が不可欠である。本研究では軽量かつ強度の高い素材の候補の一つとして、生存圏研究所で現在研究が進められている導電性木質材料を採用し、衛星筐体やアンテナとしての使用の可能性を検証した。この導電性木質材料は、炭素のみから構成されているので、軽くて硬いという特徴があり、さらに良導電性であるため衛星筐体としての使用が考えられる。本研究での研究手法としては、この材料について電気特性、強度特性および熱特性を測定し、これらの特性データを元に、環境モニターの評価について考察した。結果として、導電性木質材料に局所的な電荷の集中が起こらない程度の導電率、アルミニウムより低い密度、および10MHzまでの帯域で60dB以上の電気シールド効果がある事が確認できた。またYoung率と曲げ強さについても測定を行い、Young率についてはアルミニウムの1/10程度、曲げ強さについてはCFRPの4倍程度である事が確認できた。太陽光吸収率および赤外輻射率についても測定を行い、太陽光吸収率が約0.9と高く、赤外輻射率が約0.2と低い事が確認できた。

4) ウエアラブルレクテナの開発

昨年度に開発に成功した1mWマイクロ波入力ではほぼ50%の効率を持つレクテナ(世界最高)を用い、今年度は利便性の高いユビキタス電源(いつでもどこでも電源)に用いることができるウェアラブルな「はっぴレクテナ」を開発した(図3.1.11)。はっぴレクテナははっぴの背中部分に5.8GHz用デュアル偏波72素子レクテナアレイが3枚装着されており、5.8GHzのマイクロ波で百mW程度の直流を得ることができる。

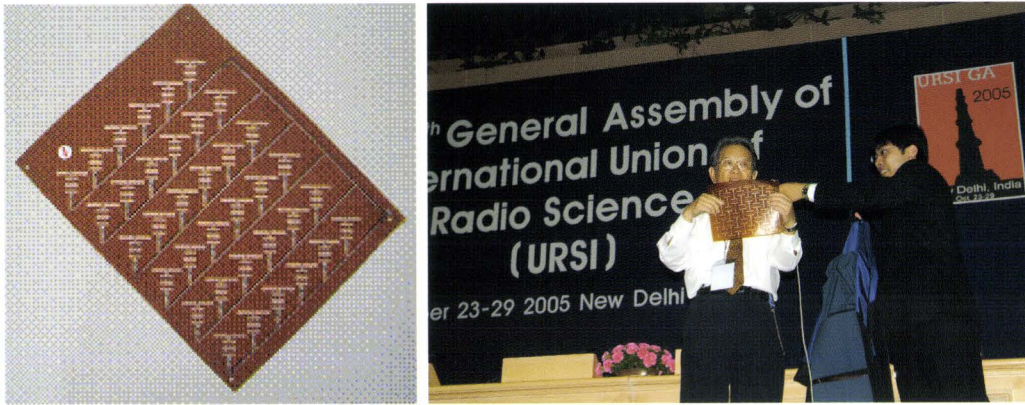


図3.1.11 開発したウェアラブル「はっぴ」レクテナ

5) マイクロ波による太陽エネルギー輸送の地上応用

5-1) 電気自動車無線充電システムの開発研究

地上においても無線での太陽エネルギー輸送は可能である。当研究グループではユビキタス電源の研究を進めているが、今年度は他に電気自動車への無線充電システムの実験研究を行った。現在開発が激化している電気自動車が有する幾つかの問題点を解決する手段として、マイクロ波を用いた無線電力伝送によって電気二重層キャパシタを充電するシステムを提唱し、実験を行った。本研究では電気自動車充電用に新たに小型の8分配型大電力用小型レクテナを開発し、約1kW、2.45GHzマイクロ波によって電気二重層キャパシタ無線充電実験を行った(図3.1.12)。その結果、約1時間10分で120V(333kJ)の、約2時間で140V(476kJ)の充電に成功した。この結果は充電エネルギーという点から見ると電気自動車が動くレベルである。同時に3次元FDTDシミュレーションを行い、車内及び周辺のマイクロ波強度の安全性を確認している。

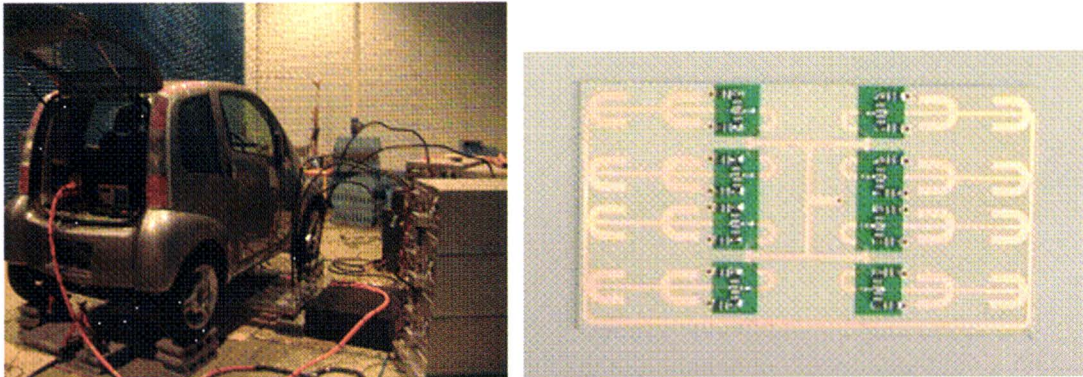


図3.1.12 電気自動車無線充電実験風景と開発した小型大電力レクテナ

5-2) 建物内無線配電システムの開発研究

本研究ではマイクロ波無線電力伝送の新たな応用として、建物内無線配電システムを提案する(図3.1.13)。本システムは、建物の構造体や仕上げ材により生じる閉空間をマイクロ波伝送路として利用し無線配電を行うものである。本研究の目的は、建築部材を利用し構成した導波管、電力分配システム、電力取り出し手法を検討した上でシステム詳細構築を行い、その実現性および課題を確認することである。本研究では既存建築部材をほぼそのまま用いた建物内無線配電システムに、用途変更に応じ様々に配電レイアウトを変更可能な電力分配器を新たに開発し(図3.1.13)、高効率の電力取り出し手法も提案・開発した。本研究において建物内無線配電システムに関する総合的な基礎検討を終え、その実現性を確認することともに、新たな技術課題を見出した。来年度はさらにコンセントレクテナの開発を行う。

以上のような研究成果を発展させ、さらに高効率・高精度の無線太陽エネルギー輸送システムを開発し、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。これらの研究活動を通し、今後とも研究拠点化を図る。

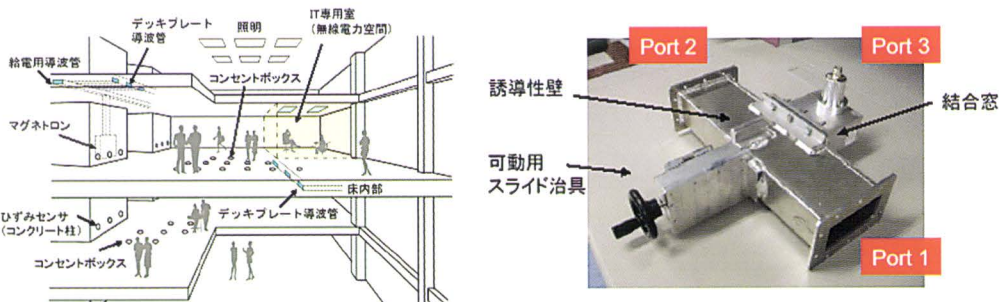


図3.1.13 建物内無線配電システムの概念図と試作可変電力分配器

3.1.3 人工太陽(プラズマ)

本COE拠点形成活動の一環として、環境調和型エネルギーとしての人工太陽(プラズマ)は、プラズマエネルギーの実用化、市場化を念頭において多角的な研究を展開している。単一の大学における、プラズマ理論からトラス装置、工学、材料、利用系から社会経済検討に至る総合的な研究は、この規模は小さくとも、国内外の国公立研究機関と比べても類例を見ない、拠点形成の名にふさわしいユニークなものである。

今年度の市場適合性の研究において、プラズマエネルギー(核融合)は、以下のような特徴と課題を持つことが明らかになってきた。1)電源としては、特に発展途上国への新規導入は、先進国における既存電源の立替よりもメリットが大きく、また電力グリッドへの適応性が高い可能性をもつ。2)しかし、多くの場合未成熟なグリッドに適応するためには、負荷追従性、起動エネルギーの低減、定常化、小型化といった、現在最も開発の進んだトカマク方式では多くの課題が指摘される。3)電源より大きな市場規模を持つ熱供給、水素製造への適用、さらに熱効率の向上およびそれをもたらす高温化が必要である。

1)は、本COE活動のひとつの軸である発展途上国のエネルギー供給問題に対応して、タイをモデルに電力システムへの核融合の導入インパクトを解析した結果として見出されたものである。経済成長著しい途上国ではベースロードとなる原子力や石炭火力ではなく、水力や天然ガス火力など負荷追従性の高い電源が多く、大きな起動電力を必要とする核融合導入において、先進国よりも将来のエネルギーとして有利なグリッド条件を持つ。特に現在原子力を導入していない国々では、バックエンドへの投資や燃料供給安定性を考慮すると核融合に大きなメリットがある。

一方これらの途上国のグリッドは米国や欧州や日本と比べてきわめて小さく、プラントの小型化、負荷追従性、定常化と起動インパクトの低減は重要である。低アスペクト比トカマクとCSによらないプラズマ起動や、ヘリカル系のプラズマ閉じ込めはこの方向に沿った研究開発である。

一方、電力の比重の高まる今世紀末でもなおかつ電力の4倍のエネルギー供給が必要とされる燃料分野は、また同時に近い将来でも化石資源がその供給源の大半を占めると考えられており、これを非化石エネルギーで代替した場合には温暖化ガス削減効果はきわめて大きい。一方核融合が再生可能エネルギーである太陽光や、核分裂原子力による電力を代替しても環境対策上の意味はない。このためには核融合による熱供給、水素などの代替燃料媒体の製造が重要となる。この観点では、核融合プラントから取り出される熱の高温化が不可欠である。このためには核融合エネルギーの熱への変換装置であるブランケットを高温化する必要がある。本COEでは、このために超高温に耐える新たな鉄鋼材料およびセラミック複合材の開発を進める一方、液体金属LiPbをトリチウム増殖増倍および熱媒体に使用する概念を提唱し、さらに核融合を想定した水素製造の原理実証にも成功した。また、このほかにも核融合に固有のエネルギーの新たな可能性と市場を開拓するものとして、理論シミュレーションや超小型核融合装置の開発も行っている。

以上のような統合的な環境調和型エネルギーの視点のもと、今年度の本COEにおける人工太陽(プラズマ)分野では以下のタスクを実施し、成果があがっている。

○低アスペクト比トカマクとCSによらないプラズマ起動

中心ソレノイド(CS)がなければトカマク装置は主半径を大幅に減少し、小型高効率化することができる。一方短時間での電流立ち上げは課題となるが、今年度LATEトカマクは、CSなしでECRとBvによってプラズマを立ち上げ、球状トカマク平衡を得ることに成功した。また定常運転の可能なプラズマ外縁部での熱粒子制御、高閉じこめ能力による高効率化を目指した研究がヘリオトロンJによって行われている。

○核融合プラントの高効率化、化学的な水素製造プロセスへの利用を目的とした研究では、高クロム酸化物分散強化鋼(ODS鋼)を開発してその経年変化、照射影響の研究を進め、またさらに高温を目指したSiC/SiCセラミック複合材料を開発し、デュアルイオンビーム照射施設(DuET)マルチスケール評価開発基盤群(MUSTER)を用いてその特性評価を進めている。

○さらに今年度は、核融合エネルギーの利用システムとして、上記超耐熱鋼とSiC複合材を用いた高温先進液体LiPbブランケットの開発を開始するとともに、その熱変換を想定した、核融合エネルギーとバイオマスからの水素製造の原理実証に成功した。

○高エネルギー粒子、中性子源としての小型核融合装置の開発を進め、地雷探査に必要な中性子発生と、模擬物質の検出実験に成功した。

○磁気閉じ込め核融合装置の巨大化、高コスト化の最大の要因である超伝導磁石の小型高効率化を目指して、超流動ヘリウム冷却システムの研究を行い、一部常電導化とその安定化現象を実験とシミュレーションにより明らかにした。

○核融合エネルギーの利用システムの検討により途上国への導入を想定した電力システムの解析を行い、核融合電力に求められる条件を明らかにした。

○プラズマの理論・シミュレーション研究は核融合の実現に向けて方式を問わず基本的な重要問題であり、この理解が将来のエネルギーとしてのブレークスルーにつながる。本年度は、非軸対称、トカマクいずれにも適用可能な統合コードを開発し、ブートストラップ電流の解析を可能とした。

(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」の良好な閉じ込めを目的に、ヘリカル軸ヘリオトロン装置ヘリオトロンJ(図3.1.14参照)においてプラズマ閉じ込め磁場の形状効果に関する研究を進めている。ヘリカル軸ヘリオトロン配位では、新古典輸送を制御する第3のノブとして、プーザー座標系におけるフーリエ成分のひとつであるバンピーネスを導入している。ヘリオトロンJにおいて、周辺回転変換やプラズマ体積はほぼ固定のまま、異なるバンピーネス(平均半径 $\rho=2/3$ において $B_{04}/B_{00}=0.01, 0.06, 0.15$)の3配位を選択することにより、非誘導電流、高速イオンの挙動、巨視的エネルギー閉じ込めなどのプラズマ特性に対するバンピーネス制御の効果を調べた。プラズマ実験結果は、非誘導電流のバンピーネス依存性が新古典理論から予想されるブーツラップ電流と定性的に一致していることを示した。中性粒子入射によって生成された高速イオンの閉じ込めもバンピーネスによって影響を受けている。また、イオンサイクロロン共鳴加熱による少数イオン加熱において、高速イオン生成とバルク加熱効率に依存性が見られた(図3.1.15)。これらの結果は高いバンピーネスが高速イオンの閉じ込めに有利であることを示している。一方で、図3.1.16に示すように、巨視的エネルギー閉じ込めに関しては、高バンピーネス配位($B_{04}/B_{00}=0.15$)ではなく、有効リップル率が最小である配位($B_{04}/B_{00}=0.06$)において最も閉じ込めの改善が見られており、低有効リップルの配位が巨視的閉じ込めには有利であると考えられる(図3.1.17)。ヘリオトロンJにおけるこれらの実験研究は配位最適化に向けたバンピーネス制御の重要性を示唆している。

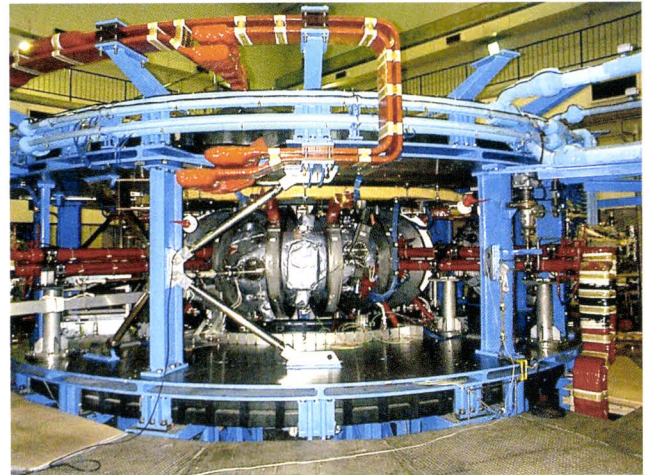


図3.1.14 ヘリオトロンJ装置

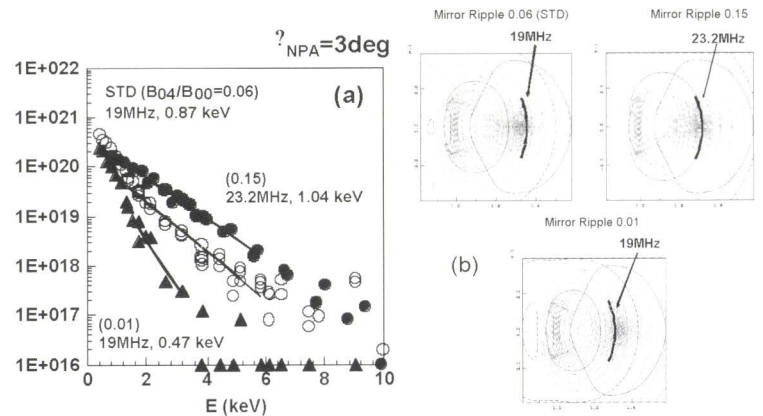


図3.1.15 ICRFによる高速イオンの生成

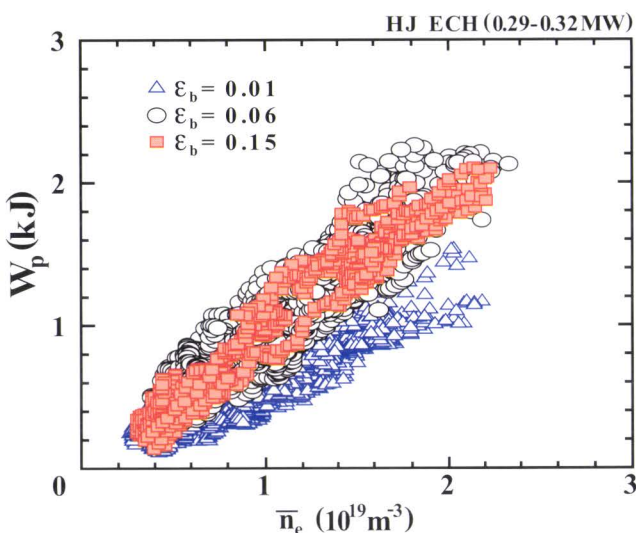


図3.1.16 閉じ込め改善のための配位制御

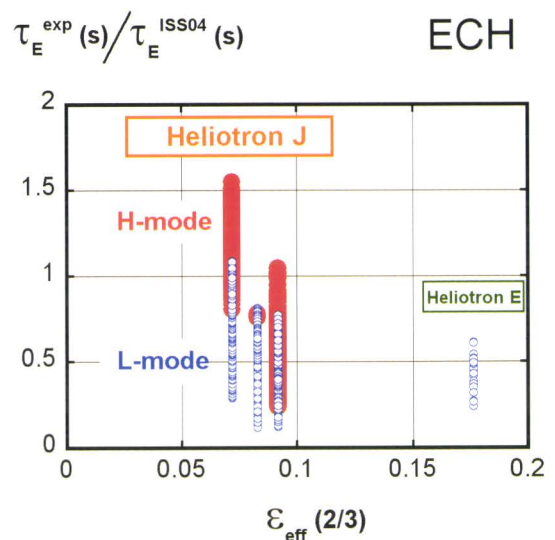


図3.1.17 エネルギー閉じ込めの有効リップル率依存

(2) マイクロ波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。中心ソレノイドが不要になれば炉の構造は非常に簡略化でき、炉の建設コストを大幅に低減できる。本年度は5GHzマイクロ波の100kWレベルの入射を試み、下図に示す様にプラズマ電流を12kAまで立ち上げることに成功し、より本格的な球状トカマク平衡配位に近づくことができた。初期プラズマは $B_v=50$ Gaussの定常垂直磁場もとで入射マイクロ波による電子サイクロtron共鳴加熱で発生・加熱され、約6kAのプラズマ電流が自発的に発生し、初期磁気面が形成される。さらに、より大きなプラズマ電流での平衡をとるべく B_v を時間的に増大させることによりプラズマ電流を12kA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。現在、マイクロ波入射電力と入射時間の増大の準備を進めていて、これ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。

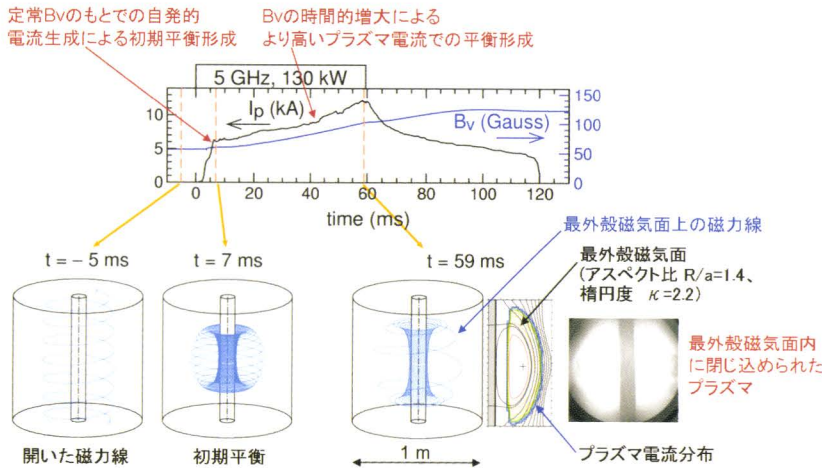


図3.1.18 マイクロ波による球状トカマク形

(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、岸本泰明)

本研究では、磁場閉じ込めトラスプラズマの統合的・階層的シミュレーションの研究を行っている。本年度は、その要素となる非軸対称プラズマにおけるトロイダルプラズマ電流分布の時間発展とプラズマの輸送特性を決めている乱流輸送の統計的性質に関する研究を行った。

近年ITER計画を背景に、とくにトカマクプラズマにおいて統合シミュレーションの必要性が重要視されており、日米欧間の開発競争が始まっている。この流れはヘリカル系プラズマに対しても同様で、我が国でもこの分野において国際的競争力を維持すると共に、部分的には共同研究を活性化させる必要がある。本研究は、ユーザーが目的に合わせて必要なモジュール群を選択し、組み合わせることのできるフレキシブルなシステムの構築を目指していること、最終的には一般トラスプラズマに対する統合コードへの発展を目指していることが大きな特徴である。

これまでに、統合コードのモジュールとしてプラズマ電流シミュレーションのためのモジュールを開発してきた。ブートストラップ電流解析モジュールBSCは非軸対称プラズマにおけるブートストラップ電流を計算することができ、トロイダル磁場リップルを持つトカマクのブートストラップ電流解析にも適用することができる。トカマクのブートストラップ電流に対するトロイダル磁場リップルの影響を数値的に解析した例はほとんどない。簡単な解析的な評価ではブートストラップ電流の70%もの減少が予想されるが、トロイダル方向に一様なリップル率を仮定する標準的な磁場モデルを用いた数値解析では10%程度の減少が得られている。更にリップル率分布にトロイダル効果を考慮した磁場モデルでは、リップルによるブートストラップ電流の減少は5%程度に留まる可能性を示した。

さらにプラズマ中の誘導電流の時間発展を調べるため、回転変換分布の時間発展をシミュレーションするモジュールを新たに開発した。このモジュールを非誘導電流計算モジュール、三次元MHD平衡計算モジュールと組み合わせ、実験で観測されたプラズマ密度、温度分布の時間発展データを用いることでヘリカル系プラズマにおけるトロイダル電流の時間発展シミュレーションが可能となった。

一方、プラズマの輸送特性を決めている乱流輸送の物理的性質を解析することは、核融合炉を考える上で重要である。ここでは、その基礎的物理過程の解明を目指した解析を進めている。一例として、ドリフト波不安定性に起因する乱流輸送の性質を調べるためにHasegawa-Wakatani方程式を用いた計算機実験を行い、その統計的性質を解析している。また、実際のプラズマ実験で得られた揺動を様々な統計的手法を用いて解析することにより、実験的に得られる乱流の状態とLモード、Hモードと呼ばれる閉じ込め特性の異なる状態との相関を明らかにした。

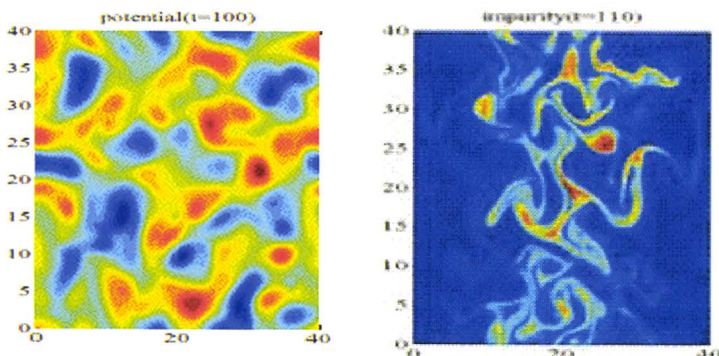


図3.1.19 ドリフト波不安定性に起因する流速の流れ関数の渦構造(左)と渦による対流で生じるpassive scalar不純物の拡散(右)

(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、増田剛)

「プラズマエネルギー」の応用として、超小型中性子・陽子源(図3.1.20)の開発研究を行っている。この装置では、プラズマの静電閉じ込め方式による核融合エネルギーを利用することで、印加電圧(百kV程度)を遙かに超える高エネルギーの中性子(2.5MeV)と陽子(3.0MeVと14.7MeV)を生成することができる。したがって他の中性子源や陽子源と比べて小型であることはもちろん、安全性に優れ、長寿命で、定常から数 μsec の短パルスでの運転が可能である等の特長があり、先端的应用として人道的地雷探査、PETがん検査、爆発物・薬物探知等の可能性がある。本年度は、地雷探査用の直径20cmの超小型装置に図3.1.21のような厚さ5cmの水冷ジャケットを追加した改良型を製作し、定常で 10^7sec^{-1} の極めて安定な中性子発生と、水厚の薄い下方への中性子の集束が可能となった。さらに、室内実験において地雷模擬物質中の窒素元素の検出に成功し、地雷探知原理(図3.1.22)を実証した。国内フィールド試験を平成18年度末に予定している。一方、図3.1.20の直径34 cmの装置においては、重水素(D_2)・ヘリウム3(^3He)混合ガスを用いて実験を行った結果、図3.1.23の発生陽子エネルギー分布を得て、最終的に、図中の7.9MeVと14.3MeVのいずれのピークも D^3He 核融合反応陽子によるものであることを突き止めた。現在は、この D^3He 核融合反応陽子の発生分布やその印加電圧依存性の計測を進めている。

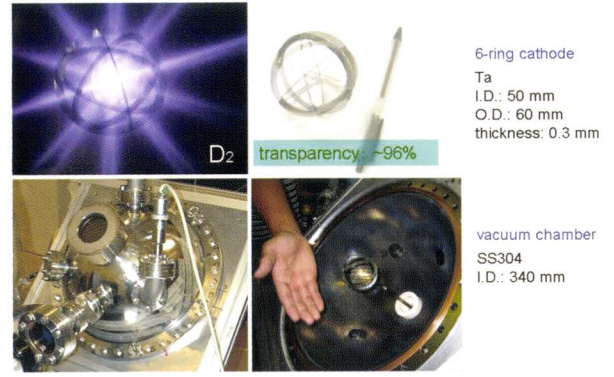


図3.1.20
 プラズマ中性子・陽子源と内部の放電の様子：
 中心に設置されたメッシュ状の陰極に
 イオンを加速・集束して核融合反応を起こす



図3.1.22 冷却・中性子集束両用水冷ジャケット付き
 地雷探査用超小型装置

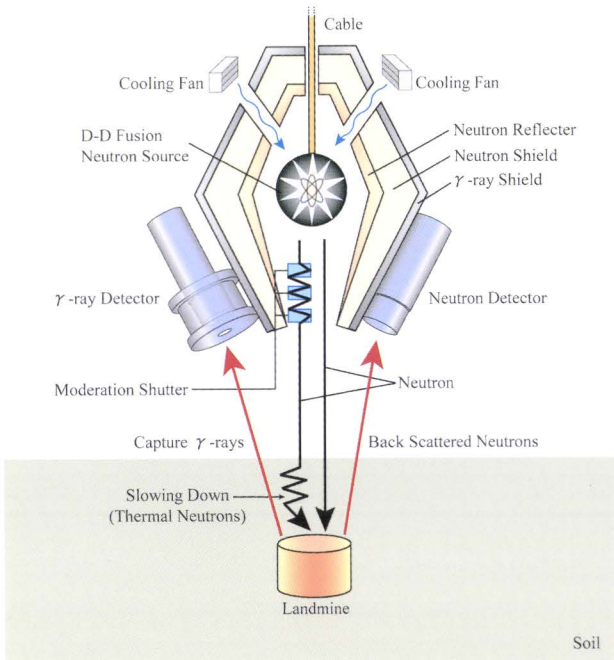


図3.1.22 中性子源による地雷探査原理の模式図

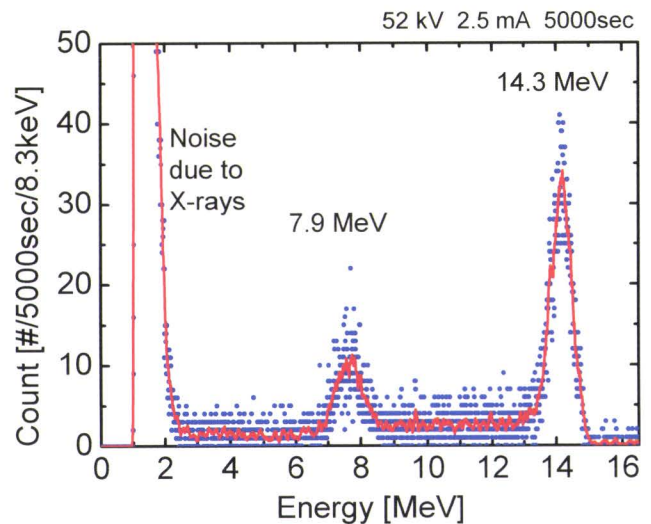


図3.1.23 重水素・ヘリウム3混合ガス核融合実験による
 生成陽子のエネルギー分布

(5) 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)

発電プラントの高効率化には構造材料の高機能化、とりわけ高温強度特性と耐食性能の向上が不可欠である。京都大学が開発した高クロム氧化物分散強化鋼(ODS鋼)はこれらの材料要件を満たすことから、先進プラント用構造材料として期待されている。一方、実用化においては実環境下における材料の健全性を実証することが要求される。そこで本研究においては、材料の経年変化挙動評価を21COEにおける実施課題と定め、国内共同研究を進めるとともに、韓国先進科学技術大学(Korea Advanced Institute of Science and Technology)との連携協力により博士課程学生の受け入れや留学制度を利用した共同研究を進めてきた。

本年度は、材料試験炉 (JMTR) や韓国原子力研究所が所有する研究炉 (Hanaro) を用いて ODS 鋼の中性子照射を実施し、実環境下における材料挙動研究を行うと共に、長時間使用に伴う組織変化の調査研究を行った。ODS 鋼は、次世代原子力システム用の構造材料としての期待も高く、特に過酷な環境にさらされる高燃焼度対応型の燃料被覆管の開発研究として文部科学省の原子力システム公募研究に採用され、大型の材料開発研究が当研究所において平成 17 年 12 月から開始している。

図 3.1.24 は、JMTR で照射した高 Cr-ODS 鋼の引張特性に及ぼす照射影響を示す。脆化の生じやすい温度 (400°C) において照射硬化が発現しているが、全伸びは照射の影響をほとんど受けておらず、耐照射性能に優れている事が判明した。さらに、図 3.1.25 に示すように、核融合環境下において重要な課題となっているヘリウム効果をデュアルイオン照射施設 (DuET 加速器) を用いて調べた結果、ODS 鋼は通常のフェライト鋼に比べ、ヘリウムの存在下においてもスウェリングの小さい事が明らかとなった。

ODS 鋼は照射環境下において優れた耐性を有することから、原子力システム構造材料としての適用が大いに期待される。今後も引き続き、当該鋼の国際的な研究拠点としての役割を果たしながら、実用化のための実証試験を継続していく。

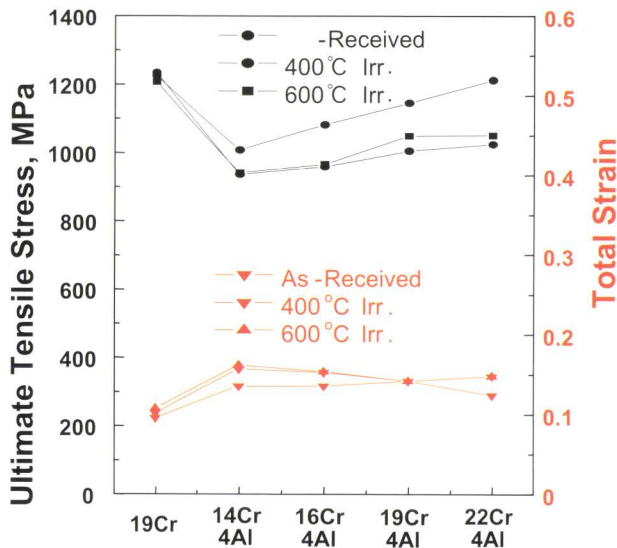


図 3.1.24 Irradiation hardening accompanied by no-loss-of-ductility of the high-Cr ODS

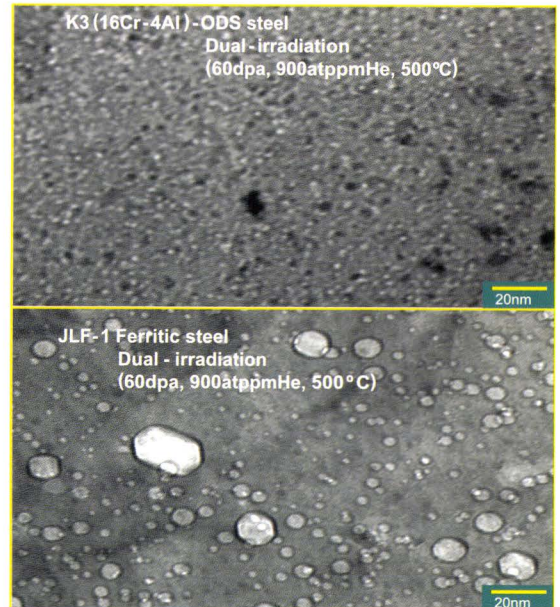


図 3.1.25 Much higher resistance to irradiation swelling in ODS steel than in ferritic steel (JLF-1).

(6) 超流動ヘリウム冷却超電導マグネットの研究

(エネルギー科学研究科、塩津正博)

高エネルギープラズマの高精度制御には、強磁場の超電導マグネットが不可欠であり、同時に出来るだけ小型であることが望ましい。我々のグループは、プラズマ制御用大型超電導マグネットを通常の液体ヘリウム (He I) よりはるかに高い冷却性能を持つ超流動ヘリウム (He II) で冷却することで高磁場化、小型化を計ることを目標として研究を行っている。実際の超電導マグネットでは、巻線に電磁力によるスリップ等で局所的な熱擾乱が加わって常電導の芽が発生し、通電電流によるジュール熱が過渡的な冷却能力を上回れば発生した常電導部がコイル全般に拡大するクエンチ現象を生ずる。こうした熱擾乱に対する He II 冷却超電導マグネットの安定性を He I 冷却と対比して明らかにするため、直径 0.5mm の超電導細線を用いた基礎的研究と、実際のプラズマ制御用マグネットに使われるような数十 kA 級大型導体を用いた応用研究を行っている。

本年度は、大型導体について導体表面状態が安定性に及ぼす影響を調べるため、図 3.1.26 に示すような黒化処理 (酸化銅) 表面及び裸銅表面の試験コイルを製作して安定性試験を行った。導体に取り付けたヒータによって強制的に発生させた常電導部の振る舞いは、通電電流及び外部磁場の大きさによって、(I) ヒータ入熱終了後に超電導に回復、(II) 短い常電導部がコイル巻線の片側だけに伝播、(III) 両側に伝播、の 3 つのグループに分けられる。図 3.1.27 は冷却温度をパラメータとした安定性試験の結果を示している。黒色が黒化処理表面導体の結果を、カラー (赤、緑、青色) が裸銅表面導体の結果を示しており、それぞれについて破線は最小片側伝播電流 I_{p1} (グループ I と II の境界値) を、実線は最小両側伝播電流 I_{p2} (グループ II と III の境界値) を示している。黒化処理の除去により He I 冷却時には片側伝播現象が見られなくなり、He II 冷却時には I_{p1} 、 I_{p2} 共に 1.5 倍程度上昇するなど、表面状態が安定性に及ぼす影響について明らかにした。このような結果は、酸化皮膜内に生じる温度勾配や導体表面の Kapitza 抵抗の増加に起因し、従来安定性の基準として考えられていた定常臨界熱流束だけでなく、導体表面の熱伝達を考慮した過渡安定性の議論の必要性を示唆している。

また、図の斜線部の領域において発生した常電導部がコイル巻線の片側だけに伝播する現象 (片側伝播現象) が観測されるが、この現象は液温が低くなるほど広い電流範囲で観測され、He II 冷却時には顕著となる。

片側伝播現象はこの導体特有の現象であり、現象説明は未だなされていない。このような短い常電導部が一時的にコイル巻線を駆け抜ける現象がプラズマ安定性に影響を与える様であれば大きな問題となるため、現象説明を目的として、これまでに実験から得られた情報をもとにホール電流及び過渡電流拡散を考慮した数値解析コードを開発した。図3.1.28は解析結果の一例であり、長手方向中央に発生した常電導部が右側だけに伝播していく様子が分かる。このような非対称伝播は、常電導部周辺においてアルミ安定化材と超電導線部との間にホール電流の渦が形成され、これに起因した非対称な発熱分布が生じるために起こる。このように過渡電流拡散及びホール電流を考慮することによって、アルミ安定化大型導体特有の片側伝播現象を初めてシミュレートすることに成功している。この結果は、今後の大型導体の設計や安定性解析に対して有用な指針を示すものである。

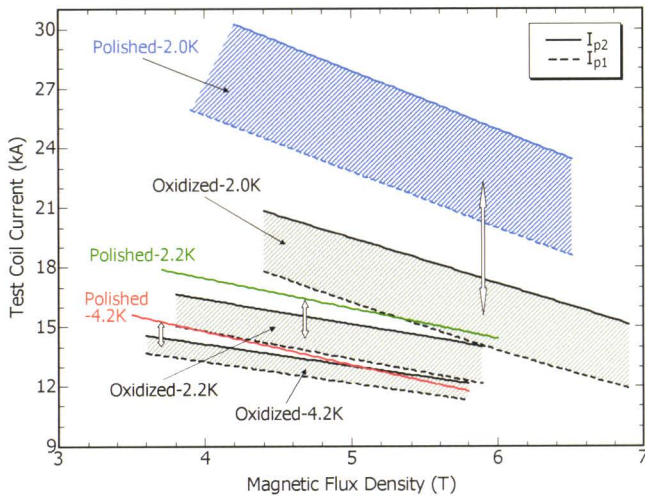


図3.1.27 He I (4.2, 2.2K) 及びHe II冷却 (2.0K) における安定性試験の結果 (黒化処理表面コイルと裸銅表面コイルの試験結果の比較)

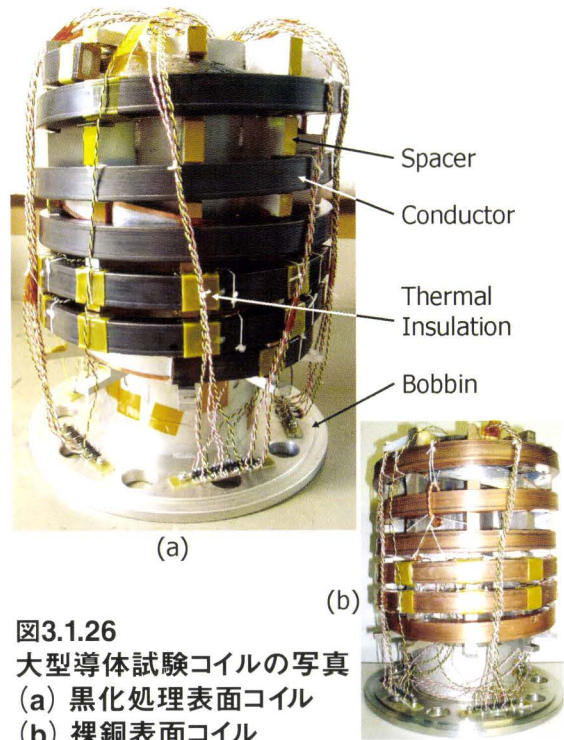


図3.1.26 大型導体試験コイルの写真 (a) 黒化処理表面コイル (b) 裸銅表面コイル

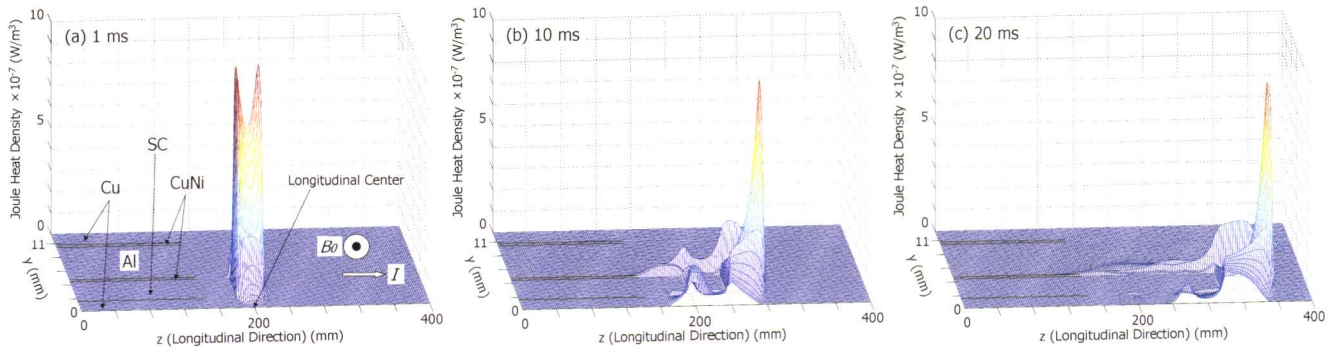
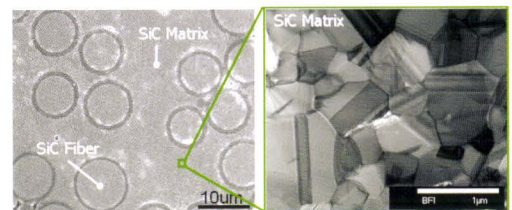


図3.1.28 ヒータ入熱によって発生した常電導部の伝播シミュレーション結果 (液温2.0K、磁束密度6T、通電電流14kA) (a) 入熱から1ms後、(b) 10ms後、(c) 20ms後

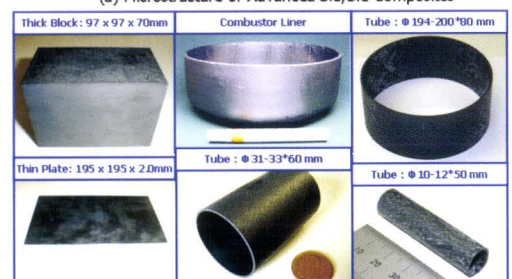
(7) エネルギー・環境と先進的材料開発

(エネルギー理工学研究所 香山 晃、檜木 達也、神保 光一)

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。



(a) Microstructure of Advanced SiC/SiC Composites



(b) Pilot grade products with various sizes and shapes

図3.1.29 SiC/SiC複合材料の微細組織およびその実用部材としての試作品

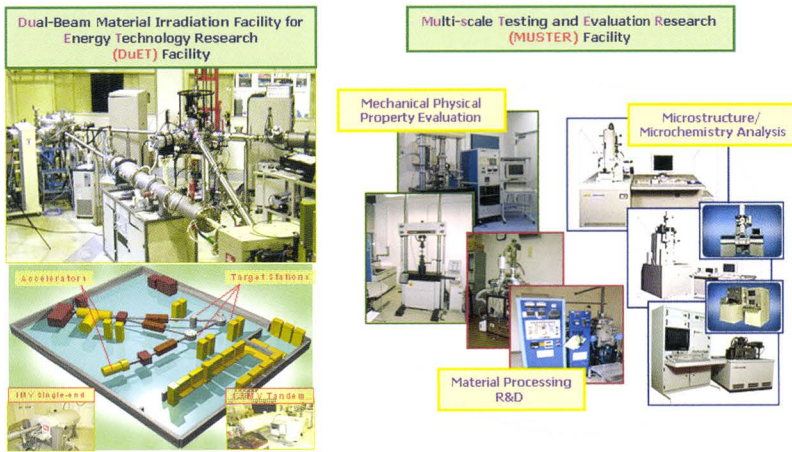


図3.1.30 京大エネルギー理工学研究所におけるデュアルイオンビーム照射施設 (DuET) およびマルチスケール評価開発基盤群 (MUSTER)

このSiC/SiC複合材料(図3.1.29)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) —マルチスケール評価開発基盤群 (MUSTER) (図3.1.30) と呼ばれる世界最高水準の核融合模擬・制御照射装置および多角・多次的の高精度評価装置群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。

(8) 核融合エネルギーシステムのアセスメントと工学開発

(エネルギー理工学研究所 小西哲之)

本COE計画の主要なテーマである環境調和型エネルギーの研究拠点形成の一環として、人工太陽(プラズマ)エネルギーを研究するためには、本計画の「トータルエネルギー評価」の視点から未来のエネルギーシステムとしての核融合の評価と研究戦略の検討が不可欠である。この目的のために、環境、社会的受容性、経済的競争力などを考慮した核融合の導入シナリオを検討し、社会に選択されるために、核融合が満たすべき条件や研究方向を検討した。核融合の環境影響評価、二酸化炭素放出削減など地球環境問題と未来のエネルギーシステムと核融合の寄与を評価し、魅力的な核融合エネルギーシステムの設計研究を行うとともに、広範囲に展開する人工太陽テーマの研究を有機的に関連付け、工学研究につなげるのが本研究テーマの目的である。

また、本COEの主要テーマのひとつである水素、バイオマスと核融合の関係を考え、水素社会の実現に必要な大量生産法として、リサイクル資源としてのバイオマスから、核融合エネルギーを用いて水素を製造するプロセスを提案した。本年度、実験的にバイオマスの主成分であるセルロースの900~1200℃での吸熱反応による水素製造の実証に成功しており、核融合プラントによるバイオマスからの水素製造プロセスの設計研究を進めた。

このような人工太陽(核融合)による水素製造は、大規模集中型の熱源を必要とするプロセスに対応できるという意味で、希薄な太陽光を電力に変える太陽光発電とは大きく異なる社会的適応性を示す。このためには従来困難と考えられていた500度超温度対でのエネルギー変換が必要であり、本COEで順調に研究が進んでいるODS鋼やSiC複合材を用いたLiPb高温ブランケットシステムを提案し、開発研究としてループ実証試験を開始し、水素透過、熱伝達特性、MHD効果などを研究している。今後、これら先進材料研究と連携して高温先進ブランケット概念を構築実証する計画である。

一方核融合の社会環境適合性で最重要な問題である放射性のトリチウムの核融合装置での挙動解明と制御を目的として、大型トカマクJT-60との共同研究により、各種放電における排出ガスを分析するとともに、小型装置での模擬実験をすすめた。トカマク真空容器内の水素、酸素、炭素の移行挙動を解明するとともに、問題となっているトリチウム-炭素共体積層の制御に酸素グロー放電が有効であることを示した。



図3.1.31 核融合エネルギーシステムと未来のリサイクル社会、水素と地球環境



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. 無加湿で作動する新型燃料電池は、熔融塩と高分子を複合化した膜電解質とガス拡散電極を組み合わせたMEAを作製し、より実用に近い形での発電試験を行い、24時間以上の無加湿連続運転に成功した。
2. 水溶液法を用いて異種金属を添加した酸化マンガンを合成した。金属種及び価数状態を制御することにより、材料中の歪んだ MnO_6 八面体を減らすことが可能であり、熱力学的安定性を高められることがわかった。その結果Co(III)やNi(II)の添加がサイクル特性にも優れた高速充放電リチウム電池用電極材料の作成に有効であることを示した。 $BaLaIn_2O_{5.5}$ (BLI)は高い酸化物イオン導電性を持つが還元雰囲気には弱い。我々はBLIを一室式燃料電池に適用した結果、電解質として十分に機能することを見出した。また、燃料のメタンと空気との混合比率など種々の発電条件による挙動を調べた結果、メタンの部分酸化が反応律速ではないことも明らかにした。
3. V-Ti-Cr系酸化物混合体を熔融塩化カルシウム中で電解還元し、BCC単相の水素吸蔵合金粉末を得た。繰り返し均一化熱処理なく、1.5mass%程度の水素吸蔵量を得ることに成功した。
4. ポーラス金属の作製法であるスパーサー法を応用し、ポーラス構造中に水素吸蔵合金を充填できた。この水素吸蔵合金充填ポーラス金属は熱伝導性に優れていると考えられ、高い水素吸収・放出速度が期待される。
5. 火花点火エンジンのシリンダ内に8MPaの高圧水素を直接噴射し、燃焼室形状を最適化することにより、正味平均有効圧力1.0MPaと正味熱効率39%の高出力・高効率運転を実現できた。
6. 木材とヘマトイトおよびポリエチレンとヘマトイトの混合物を高温で急速にガス化・還元することにより、金属Feを得るとともに、水素ガスの発生に成功した。
7. 微小重力環境下の水電解実験によって、電極表面の気泡対流時間分布、被覆率、電解液の有効電気伝導度を測定し、重力レベルや電解液組成依存性を検討した。3相界面の濡れ性が重要であるので、種々のpHの電解液中で気泡のζ電位の測定に着手している。
8. 材料の微視的不均質性を考慮した材料モデルを構築し、多孔質体の巨視的弾性特性評価を試みるとともに、水素エネルギー機器構造部材での疲労損傷評価のための微視的不均一変形とき裂発生メカニズムの解析を試みた。
9. 機能材料を応用した材料・構造健全性評価に関連して、高分子圧電フィルムを用いたひずみ分布評価と、内部・背面欠陥評価への応用について検討した。特に、フィルム積層による主ひずみと、せん断ひずみ成分の選択的評価を検討した。

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 萩原 理加、野平 俊之、後藤 琢也)

(1) 新規アンモニア電解合成法およびダイレクトアンモニア燃料電池の開発

熔融 $LiCl-KCl-CsCl$ 中(400~500℃)において、メタンもしくは硫化水素を水素源として常圧でアンモニアを電解合成することに成功した。硫化水素の場合、ニッケルアノードを用いることで硫黄分を硫化ニッケルとして回収することができる。150℃の熔融 $KOH-H_2O$ を電解質としたダイレクトアンモニア燃料電池のアノードとして、ルテニウム触媒を用いたガス拡散電極により0.2Vの分極で $500mA\ cm^{-2}$ という実用化が期待できる大電流を達成した。

(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

昨年度原理確認試験が終わった、水素輸送がフルオロハイドロジェネートイオン、 $(HF)_n F^-$ を介して行われるフルオロハイドロジェネート燃料電池(FHFC)については、塩とポリマーの複合化による膜電解質を作製し、これにガス拡散電極を組み合わせた膜電極接合体を装荷した試験電池による24時間以上の無加湿連続運転に成功した。さらに膜電解質や膜電極接合体の最適化を行い、高温運転をめざす。

(3) シリサイド半導体薄膜の新規な電気化学的合成法

筆者らは、新たにシリコンウエハ上に10ミクロン以上のシリサイドの連続薄膜を電気化学的に形成させる方法を提案した。マグネシウムシリサイド薄膜の形成を例に本手法の説明を行う。熔融 $LiCl-KCl-MgCl_2$ 中でシリコンウエハに0.8Vで3時間の定電位電解を施したところ、電極表面に20ミクロンの多結晶 Mg_2Si 膜が連続的に形成した。得られた膜の光学吸収スペクトルから、シリコンにはない大きな光学吸収が0.8-1.2eVに存在することがわかった。

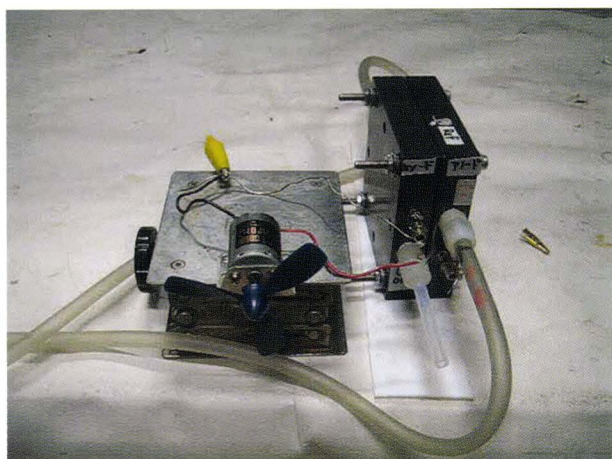


図3.2.1 フルオロハイドロージェネート室温溶融塩燃料電池の無加湿運転試験風景

3.2.2 新方式及び高性能電池システムのための材料開発

(エネルギー基礎科学専攻 八尾 健、日比野光宏)

1) 高速充放電二次電池のための複合体電極材料の開発

ハイブリッド電気自動車や電力貯蔵用大型電池の普及のため、高出力かつ高エネルギー密度を有する電池の必要性が増している。本研究では、高速充放電を可能とする電極材料の作成を目指して、微粒子合成に好適な水溶液法で試料の合成を行った。過マンガン酸イオンを還元することで容易に高速充放電が可能な酸化マンガンを合成できたがサイクル特性に乏しかった。そこで充放電に伴う大きな体積変化を抑制する目的で、マンガンの一部を他の遷移金属と置換することにより体積変化の緩和を試みた。過マンガン酸ナトリウムと添加金属の硝酸塩との水溶液から遷移金属添加酸化マンガンを合成し、高速充放電測定を行った結果、図3.2.2に示したようにいくつかの金属ではサイクル特性は向上した。合成試料中の金属組成は、合成時の水溶液の濃度、pHによりある程度制御できたが、添加金属種により添加量の限界は異なっていた。このことについては、添加状態でのイオンの電子配置と密接に関連していることを明らかにしたが詳細はここでは述べない。図3.2.2からわかるように添加金属に依存してサイクル特性の向上と悪化が見られる。悪化した鉄添加の試料では添加量が非常に多く、活物質である酸化マンガンの減少と電極としての電子伝導性など内部抵抗が増大したことが原因である。ニッケルあるいはコバルトを添加した酸化マンガンはサイクル特性の顕著な向上が確認できた。それぞれの試料でのコバルトK吸収端及びニッケルK吸収端近傍でのXANES測定から、コバルトは3価、ニッケルは

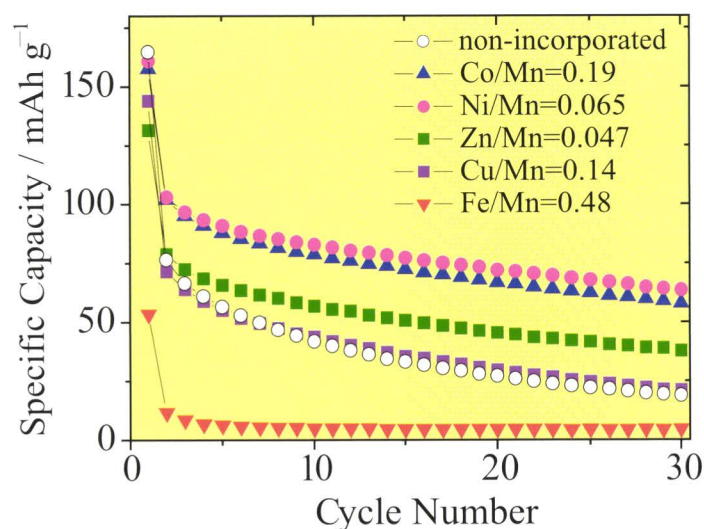


図3.2.2 種々の金属を添加して合成した酸化マンガンの充放電容量のサイクルによる変化

2価で存在していることが明らかとなった。合成時にはいずれも硝酸塩中で2価であるので、コバルトだけが酸化されたことがわかる。一方それぞれのイオンの酸化電位はほぼ等しい($\text{Co}^{2+} \xrightarrow{1.746\text{V}} \text{Co}_2\text{O}_3$, $\text{Ni}^{2+} \xrightarrow{1.753\text{V}} \text{Ni}_2\text{O}_3$) ので、コバルトだけが酸化された理由を考える必要がある。マンガンK吸収端近傍のXANESによると、無添加試料では吸収端の低エネルギー側に、歪んだ配位八面体に起因する pre-edge 構造が見られるが、CoあるいはNi添加試料では見られなかった。Co(II)及びNi(III)が電子配置 $(t_{2g})^6(e_g)^1$ となり、ヤーンテラー歪みを引き起こすと考えられ、歪みの分だけCo(II)及びNi(III)では余分にエネルギーが必要になる。実際の添加試料中では歪んだ八面体が消失し熱力学的に安定になっていることになる。この安定性が充放電のサイクル繰り返しによる特性の劣化を抑えたと考えられる。以上から電極材料の安定性を高めることで水溶液法により作成した酸化マンガンの劣悪なサイクル特性を改善できたことがわかった。

2) Ba-In系酸化物電解質を用いた一室式燃料電池

BaLaIn₂O_{5.5} (BLI) はイットリア安定化ジルコニアを超える高い酸化物イオン導電性を示し、固体酸化物形燃料電池の電解質材料として期待される。しかし、BLIを燃料電池に適用する際には燃料極における強い還元雰囲気下で分解するため安定した発電ができない。我々は一室式燃料電池に注目し、BLIの適用を試みた。通常の燃料電池は電解質を隔壁とした燃料室及び空気室の二室式構造となっているのに対し、一室式燃料電池は燃料と酸化剤を分離せず混合ガスとして供給し、電極の選択的な触媒性能により発電を行う。そのため、二室式燃料電池の燃料極のような強い還元雰囲気を持つことがない。一室式システムは次のような利点を持つ。

(i) 燃料と空気の供給を分離する必要がないため、発電装置の設計がシンプルになり、低コスト。(ii) シールフリーなために熱的衝撃と機械的衝撃に対する高い耐性を有する。(iii) 燃料の部分酸化が発熱反応であるために自発的にセルの温度が上昇する。(iv) 混合雰囲気中で発電するため、燃料極での還元性は強くない。この特徴をもとに我々は、一室式システムならば、高い酸化物イオン導電率をもつBLIの性能を発揮させることが可能となると考えた。

実施の概要は以下の通りである。BLI粉末は固相法により合成した。カソード電極材料として $\text{Sm}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_3$ (SSC) を、アノード電極材料として $(\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25})_{0.9}\text{Cr}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_3$ (LSCM) を用いた。集電体には、カソードとアノードにおいてそれぞれAuメッシュ、Ptメッシュを用いた。発電特性の評価はI-V測定により行った。作動温度を 800°C とした。

一室式燃料電池の発電特性測定結果を図3.2.3に示す。BLI電解質を用いたセルでは開回路電圧は617mV、最大出力密度は 64.7mW cm^{-2} が得られ、通常の二室式燃料電池でよく用いられるYSZを使用した一室式セルよりも高い性能を示した。(YSZセルはBLIと同条件で作成した。)電極触媒の粒成長度合いや不純物相生成等は、試料調整時の温度に依存するため、発電性能は各電極の焼付け温度に大きく依存したが、カソードは 1000°C 、アノードは 1100°C が最も良好な発電特性を与えた。また混合ガス流量にも最適値が存在し、メタンと空気の流量比が1/1の場合に高い出力を示した(図3.2.4)。これは、メタンの部分酸化反応が反応の律速条件とはなっていないことを示す結果であった。

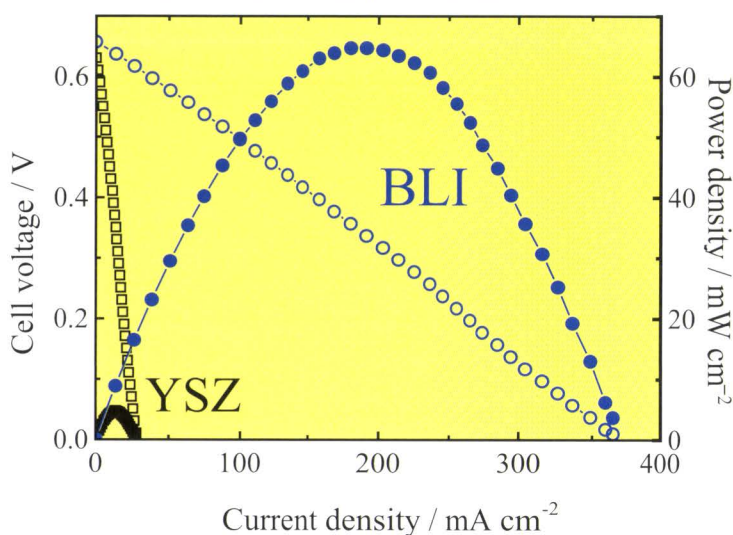


図3.2.3 BLI及びYSZを電解質とした一室式燃料電池の発電特性

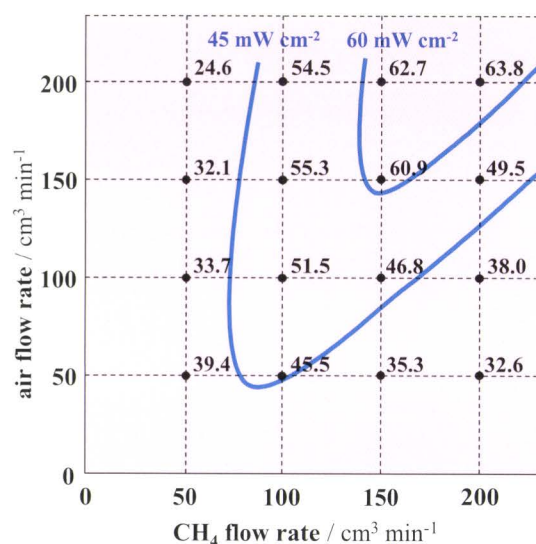


図3.2.4 出力密度の燃料及び空気供給速度に対する依存性

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が大きいV-Ti-Cr系合金粉末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しやすい酸化バナジウム、酸化クロムと混合しCaを作用させたところ、それぞれ、目標水素吸蔵合金である二元系VTi合金、TiCr₂化合物、および三元系BCC固溶体を合成することに成功した。とりわけ、合成反応に副生成するCaOは反応温度でCaCl₂に溶解させることが必須で、この工夫により残留Ca分が少なく酸素濃度の低い合金粉末を得ることに成功した。

また、安定酸化物のV₂O₅は低融点であるため還元反応温度以下で液化して、他の酸化物を包み込み、その還元を遅らせるため均質な合金が得難い。V₂O₅をあらかじめ水素ガスでV₂O₃に還元しておけば組成変動が数mol%以内の均一な合金粉末を得ることができた。

これらの基礎の下に、副生するCaOを溶融したCaCl₂から還元剤であるCaの形でリサイクル回収する酸化物混合体の溶融塩直接還元法(OS法)を開発した。なお、OS法ではTiO₂およびV₂O₅の単体の還元ではそれぞれ、わずか1800ppmおよび10ppm酸素という極低酸素濃度まで低減することに成功している。

図3.2.6に示したように本法で得られたV-Ti-Cr三元系BCC合金粉末は数 μm の微粒子であり、広い表面積を持った珊瑚状である。電極急冷により粉末の元素分布は均一である。水素吸蔵特性は、アーク溶解によって作製後、数度の均質化熱処理を繰り返した試料の文献値の85%程度の値であった。プロセス全体としてはCaを不要とする製造方法であるので、新しい省エネルギー製造方法として、水素吸蔵合金はもちろん広く多くの粉末合成に用いることが出来ると期待できる。

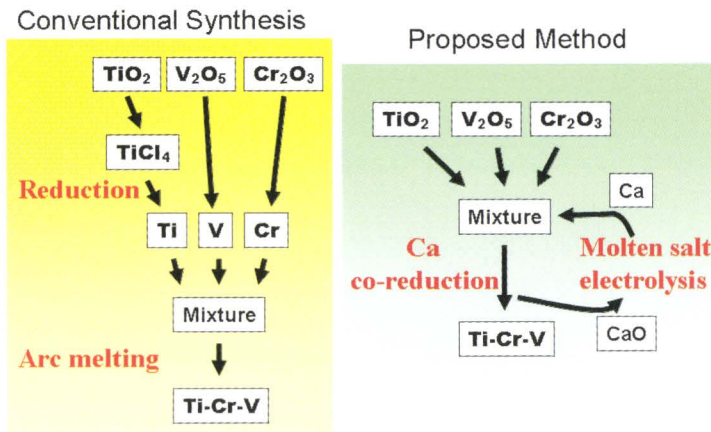


図3.2.5 従来の水素吸蔵合金粉末製造法と本研究で提案する共還元法と熔融塩電解法(OS法)

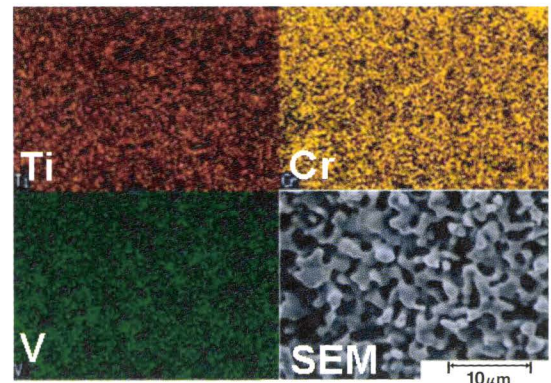


図3.2.6 OS法で作成されたV-Ti-Cr合金粉末の走査電子顕微鏡写真と構成元素の分布

3.2.4 水素利用のための高効率熱交換ポラス金属の開発

(エネルギー応用科学専攻 馬淵 守、楠田 啓、陳 友晴)

水素吸蔵合金は、水素の体積貯蔵密度が高く、安全かつ取り扱いが容易であることから、水素エネルギーシステムの実現に向け積極的に研究開発が進められている。しかし、水素吸蔵合金の水素放出速度は、貯蔵タンク内の熱交換が律速となっており、実用化促進のためにはタンクの熱交換性の向上が必要である。

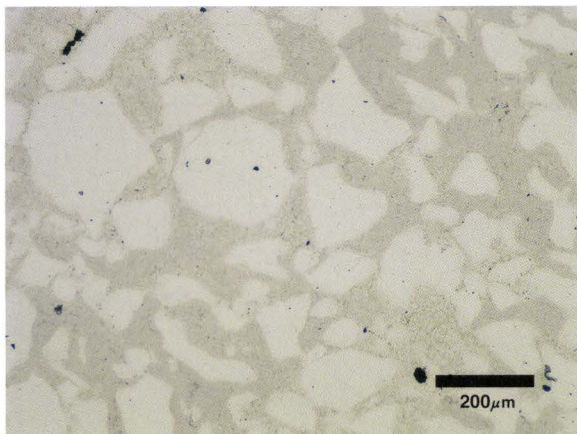


図3.2.7 水素吸蔵合金充填ポラス金属の断面光学顕微鏡写真(明るい部分が水素吸蔵合金)

近年開発が盛んなポラス金属は、金属特有の高い熱伝導率を有するとともに比表面積が大きいことから、熱交換素子としての応用が期待される。また、高気孔率を有し軽量であることから、水素自動車等輸送機器への応用が有望視される。このような背景から、本研究では、水素利用のための高効率熱交換ポラス金属の開発を行っている。今年度は昨年度までに開発したスパーサー法を応用し、以下の実験を行った。

Al微粉末(平均粒径 $3\mu\text{m}$)あるいはCu微粉末(平均粒径 $15\mu\text{m}$)と水素吸蔵合金(LaNi₅系、粒径 $250\mu\text{m}$ 以下)を所与の比率で混合し、放電プラズマ焼結に供した。その結果、図3.2.7に示すように、水素吸蔵合金のポラス構造への充填に成功した。この水素吸蔵合金充填ポラス金属は熱伝導性に優れていると考えられ、高い水素吸収・放出速度を期待できるとともに、焼結されているため形状を保持しており、粉末状の水素吸蔵合金よりも取り扱いが容易であると考えられる。また、測定により、これらの試料は2-20%程度の開気孔を有していることがわかった。このことから、水素吸蔵・放出の際の通気性は十分に確保されていると考えられる。さらに、X線回折分析の結果(図3.2.8)、Al微粉末と混合して焼結した場合、水素吸蔵合金の成分であるNiとAlが反応して金属間化合物を形成していることがわかった。一方、Cu微粉末と混合して焼結した場合は金属間化合物の形成はなかったものの、Cuの回折角(すなわち格子定数)が若干変化しており、Cu中に水素吸蔵合金の成分であるNiが固溶していることが推測された。このことから、いずれの場合においても、水素吸蔵合金の性能が劣化している可能性があり、今後の課題と言える。

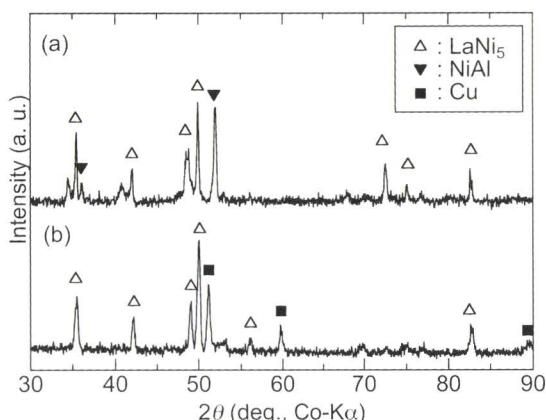


図3.2.8 X線回折分析結果
(a) Al微粉末とLaNi₅、
(b) Cu微粉末とLaNi₅の混合・焼結試料

現在、他種の水素吸蔵合金についても同様の方法によりポラス金属構造への充填を行いつつあり、今後これらの試料の水素吸蔵・放出特性を評価する予定である。

3.2.5 廃棄物利用 炭酸ガスレス 金属鉄併産型 水素製造法

(エネルギー応用科学専攻 岩瀬正則、長谷川将克)

日本の一貫製鉄所では、巨大なマスフローと高温融体を取り扱う技術を活かし、様々な廃棄物のリサイクルが試みられている。廃プラスチックは、高炉羽口からの吹き込み燃料および還元剤として、またコークス炉の副原料として利用されている。プラスチックはHを含むため、その排ガス中には多量の水素ガスが含まれている。本研究では、廃棄物利用炭酸ガスレス金属鉄併産型水素製造を目指し、木材(C:48.0wt%, H:6.2wt%, O:45.8wt%)とヘマタイト(Fe_2O_3)の混合物、およびポリエチレン($[\text{C}_2\text{H}_4]_n$)とヘマタイトの混合物を高温で急速にガス化・還元して、 Fe_2O_3 が還元されて金属Feが得られるとともに、水素ガスが得られるかを調べた。混合比は、木材とヘマタイトの混合物中のCとOのモル比がC/O=0.5, 1, 1.05, 1.1、ポリエチレンとヘマタイトの混合物ではC/O=0.5, 1, 2, 4となるよう定めた。

ペレットに成型した試料を、Ar雰囲気の高周波炉内で所定の温度(1673~2073K)に保持したMgOるつぼに投入して熱分解し、発生ガス中のAr, H_2 , CO, CO_2 , CH_4 濃度をガスクロマトグラフにより、またるつぼ残渣のFe, C, O濃度を分析した。

図3.2.9に、1873Kでの木材+ヘマタイト混合物のガス化・還元における発生物生成量と混合物中のC/Oとの関係を示す。混合物中に存在したCの大部分は Fe_2O_3 を還元してCOガスとして、またHはほぼ全量が H_2 ガスとして回収された。 Fe_2O_3 が還元されて金属Feが得られた。本実験でのC/O範囲、温度条件では、 CO_2 はほとんど生成しなかった。発生ガス中の H_2 濃度は、C/Oが1.00以上で45mol%以上と高濃度になった。不均一系の平衡状態を考えた熱力学的計算値を図に合わせて示した。実験値は計算値とよく一致していたことから、混合物のガス発生反応は急速に熱力学平衡に到達していたと考えられる。 H_2 ガス発生量はC/Oが増加するとともに増加し、金属Fe生成量はC/O=0.75で最大値となった。2005年度には、廃プラスチック、廃木材に加えて、廃紙による水素製造へと、実験を拡張している。

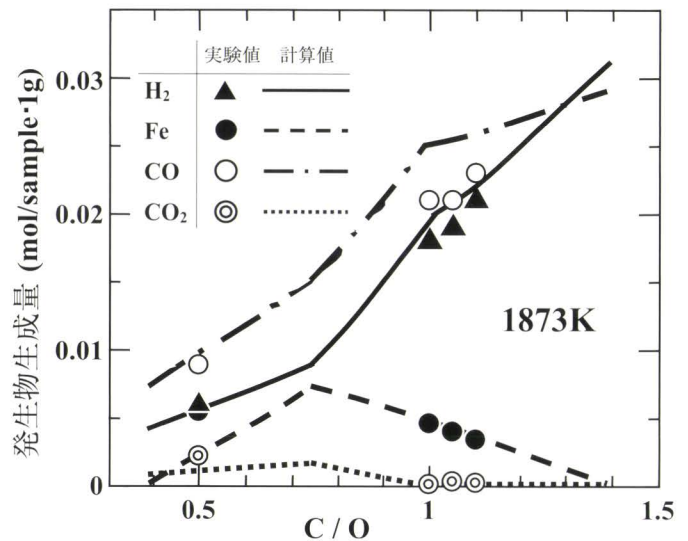


図3.2.9 1873Kでの木材+ヘマタイト混合物のガス化・還元における発生物生成量と混合物中のC/Oとの関係

3.2.6 シリンダ内直接噴射による高出力・高効率クリーン水素エンジンの開発

(エネルギー変換科学専攻 塩路昌宏、モハンマディ・アリ)

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。とくに、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

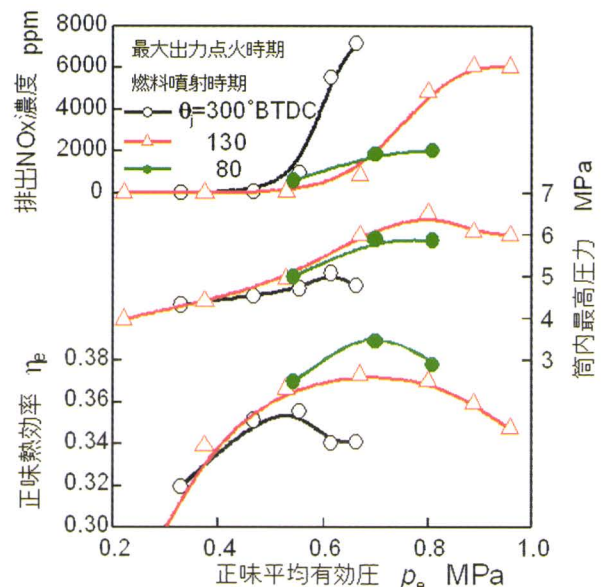
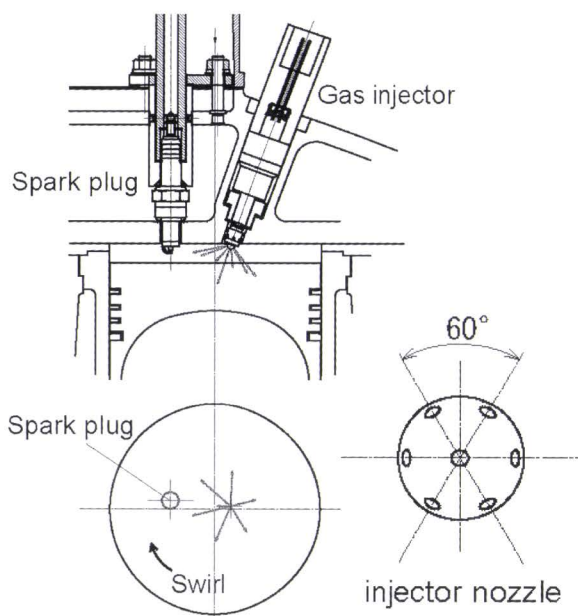


図3.2.10 燃焼室形状(左)及び水素DISIエンジンの性能(右)

して、シリンダ内直接噴射によって混合気形成を制御し、噴射条件や点火条件を変更して運転した際の燃焼および性能を調べている実験には、図3.2.10左の単シリンダ試験機関（ボア×ストローク $10^2 \times 10^5$ mm）を用い、水素は高圧ボンベから8MPaまで減圧した後、インジェクタ（噴孔径0.52mm、噴孔数7）によりシリンダ内に直接噴射する。本年度は、圧縮比、噴射率、燃焼室形状、などの設計変数の影響を調べ、熱効率の向上を図った。図3.2.10右に、ディスク型燃焼室、圧縮比11.5、回転数1200rpm、吸気絞り全開、最大出力点火時期の条件で、種々の噴射時期 θ_j において測定した正味熱効率 η_e 、最高圧力 p_{max} および排気中NO_x濃度を正味平均有効圧 p_e に対して示す。吸入行程中の噴射（ $\theta_j=300^\circ$ BTDC）では、供給燃料により吸入空気量が制限されるため出力は従来の予混合方式のレベルに抑えられるが、圧縮中の噴射では逆火を完全に回避できるうえ、ディーゼルエンジンとはほぼ同等の $p_e \approx 1$ MPaまで出力を高められる。また、噴射を遅くして混合気形成を制御すると高負荷条件においても予混合気の爆発的な燃焼を避けて p_{max} を比較的低くできる。これにより、 η_e が39%を超える高効率運転を実現でき、NO_x濃度も低くなる。さらに、EGRを利用して急激燃焼を抑制れば、量論混合気運転も可能となる。今後、噴孔形状やガス流動の最適条件を見出すことにより、ディーゼルエンジンを超える高効率と触媒処理システムを利用したクリーン化が見込める。

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ッシング

（エネルギー応用科学専攻 福中康博、日下英史）

ガス発生電極に関する研究は極めて歴史が古く、データも蓄積されている。したがって、工業水電解操作に関する技術課題は過電圧の低い電極材料の開発に尽きると信じられている。しかしながら、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ように思われる。発生気泡に起因するマイ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。微小重力環境下の水電解操作により、工業水電解操作のエネルギー効率に大きく影響する電極表面の気泡被覆率や電解液中気泡分散相の有効電気伝導度の測定に挑戦することにした。本研究は、国際宇宙ステーションなどの宇宙空間における水素エネルギーシステムとも密接に関係する。

現在までに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H₂、O₂ガスの表面被覆率、ポイド率、過飽和度を推定することを試みつつある。H₂SO₄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H₂やO₂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H₂気泡が飛び出すと共に、それらの気泡はお互いに会合することなく、また浮力が作用しないので、陰極表面にいわゆるフロス層が形成され、重力場現象と大きな差異が生じる。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。気泡が離脱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。H₂SO₄水溶液系の場合、H₂気泡発生数は少なく、陰極面上でお互いに会合を繰り返しつつ成長する。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。そこで、これらの気泡の接触角、会合数、更には滞留時間分布を測定し、重力レベルや電解液組成依存性を検討した。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。そこで種々のpHの電解液中で気泡の ζ 電位の測定に着手している。

電気化学プロセッシングによる太陽電池の基礎研究や、リチウム電池に関してLi金属負極の平滑性制御研究とともに、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。

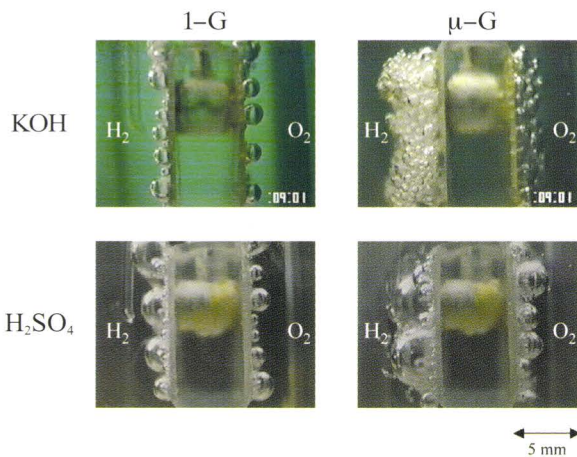


図3.2.11 気泡発生挙動の重力レベル依存性

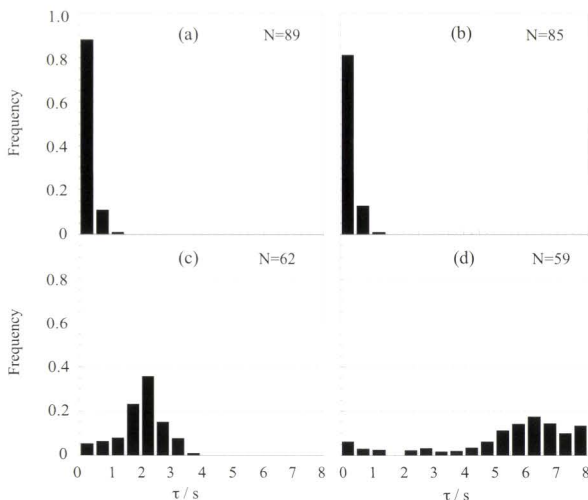


Fig. 10 Histogram of the Residence Time of Hydrogen Gas Bubbles during Water Electrolysis at -0.8 V vs. RHE. (a) 25 wt% KOH under 1-G, (b) 25 wt% KOH under μ -G, (c) 0.1 N H₂SO₄ under 1-G, (d) 0.1 N H₂SO₄ under μ -G

図3.2.12 H₂気泡の電極滞留時間分布

3.2.8 水素エネルギーシステム機器構造の微視的不均質性の評価

(エネルギー変換科学専攻 星出 敏彦、今谷 勝次)

水素吸蔵合金に代表されるランダムな気孔を持つ多孔質体の力学的特性を、均質化法を用いて評価した。図3.2.13は気孔率と弾性係数の関係を表したものである。泡構造を持った気孔率が大きな多孔質体では、従来の多孔質セラミックスやマイクロメカニクスによる理論回帰線とは異なり、むしろ等方に近い挙動を示すことがわかった。このことは、マクロ特性はマイクロ構造の幾何学的配置に強く影響され、ユニットセルの特性関数が異なったものとなり、より複雑な特性関数の勾配は零テンソルに縮退していくことを意味している。

水素エネルギー機器構造部材は、実働荷重下で疲労・クリープに伴う損傷を受ける。かかる構造部材の健全性評価にあたっては、材料の微視的な不均質性を考慮した変形挙動の把握が最終的なクリープあるいは疲労プロセスの解明のために必須となる。本年度は多結晶体を模擬した大規模数値シミュレーションによって、結晶粒レベルの微視的な変形挙動を解析し、個々の結晶の持つ異方性軸や粒界における幾何学的条件と変形の不均一性を解析的に検討した。図3.2.14は、ポロノイ多面体を100個配置した多結晶モデルの引張り変形の結果であり、結晶モデルには単純立方晶の構成関係を用いている。解析結果から、異方性軸からなるすべり面と応力集中部には相関関係が認められ、さらに粒界面上におけるせん断応力が粒界三重点近傍の応力集中を促進していることが明らかになった。さらに疲労損傷の実態である疲労き裂成長を評価するため、疲労き裂発生解析手法を構築した。提案した手法を用いた解析により、特に結晶形態の異方性のき裂発生に及ぼす効果について明らかにした。

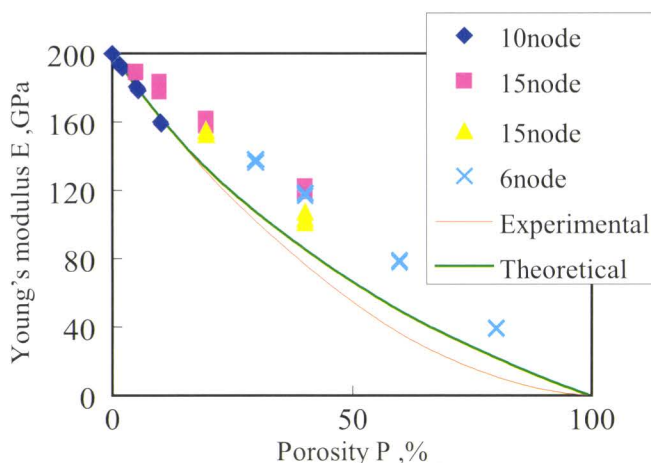


図3.2.13 弾性係数の気孔率依存性

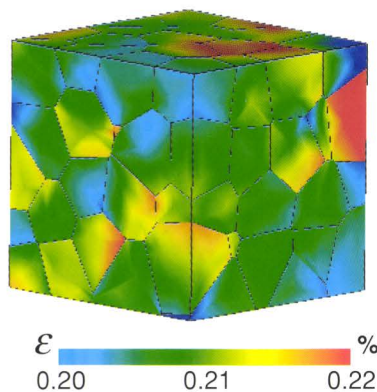


図3.2.14 多結晶体内のひずみ分布

3.2.9 水素エネルギーシステムの安全性を確保する材料・構造の非破壊評価

(エネルギー変換科学専攻 松本 英治、琵琶 志朗)

水素エネルギーをはじめとする近未来エネルギーシステムの実用化のために、機能材料を応用した材料・構造の健全性評価技術の確立を目指している。今年度の主な研究として、圧電性を有するポリフッ化ビニリデン (PVDF) フィルムを用いた構造物表面のひずみ分布評価と、これを応用した構造物材中の欠陥検出・評価の検討を行った。PVDFフィルムは加工、分極処理にともなう異方性を有しており、構造物材表面に添付したとき、延伸方向ひずみ成分に大きな感度を有する。本研究では、この性質を考慮して、PVDFフィルムを積層することにより、表面ひずみの等方成分(主応力和)、およびせん断ひずみ成分を選択的に評価できることを圧電フィルムの構成式に基づく解析から明らかにし、有限要素解析による数値シミュレーションおよび実験により実証した。また、背面に欠陥を有する構造物材の表面にPVDFフィルムを添付したときのひずみ分布測定から、背面欠陥の性状を推定する方法について、有限要素解析により詳細に検討を行い、構造物材中に存在する欠陥の位置、形状の評価法としての有効性を示した。図3.2.15はPVDFフィルムを用いた欠陥の非破壊評価技術の概念と、スリットを有する部材に添付したPVDFフィルムに生じる電気的応答分布を示す。

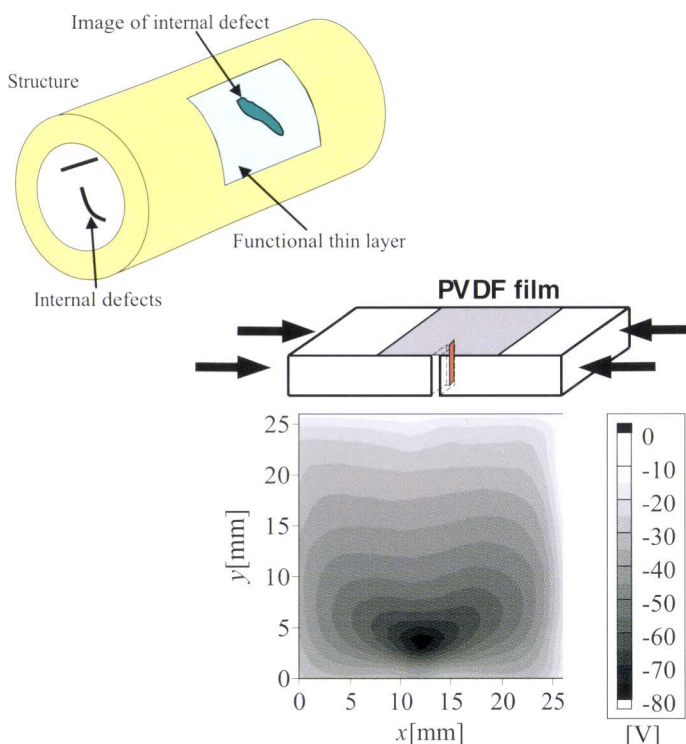


図3.2.15 PVDFフィルムによる欠陥評価の概念図とスリット状欠陥への適用例

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スとしての利用は、2005年2月16日に発効された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2004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(3.3.1)、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(3.3.2)および超臨界水技術によるメタン・メタノール生産(3.3.3)、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(3.3.4)、さらには熱分解制御技術による液体燃料の創製(3.3.5)からなっている。3.3.2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(3.3.2, a)についてのアルコール発酵の阻害物質に関する研究(3.3.2, 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(3.3.2, c)を検討している。また、3.3.3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(3.3.3, a)、蟻酸・水素生産(3.3.3, b)、メタンを液体燃料に変えるメタノール生産(3.3.3, c)、さらには、バイオマス由来CO₂からのメタノール生産(3.3.3, d)について研究を行っている。得られた各種バイオ燃料(3.3.1~3.3.4)について、それらの燃料技術の高度化と燃料設計を試みている。

- 3.3.1 超臨界アルコール技術による液体バイオ燃料の創製(坂)
- 3.3.2 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)
- 3.3.3 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・メタン生産(坂)
 - b) リグノセルロースからの蟻酸・水素生産(坂)
 - c) バイオメタンからのバイオメタノール変換(森井・佐川)
 - d) バイオマス由来のCO₂からのメタノール生産(森井・佐川)
- 3.3.4 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)
- 3.3.5 熱分解制御技術による液体バイオ燃料の創製(河本・坂)
- 3.3.6 バイオ燃料の特性評価と高度化
 - a) 各種バイオ燃料(3.3.1~3.3.4)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)

表3.3.1 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

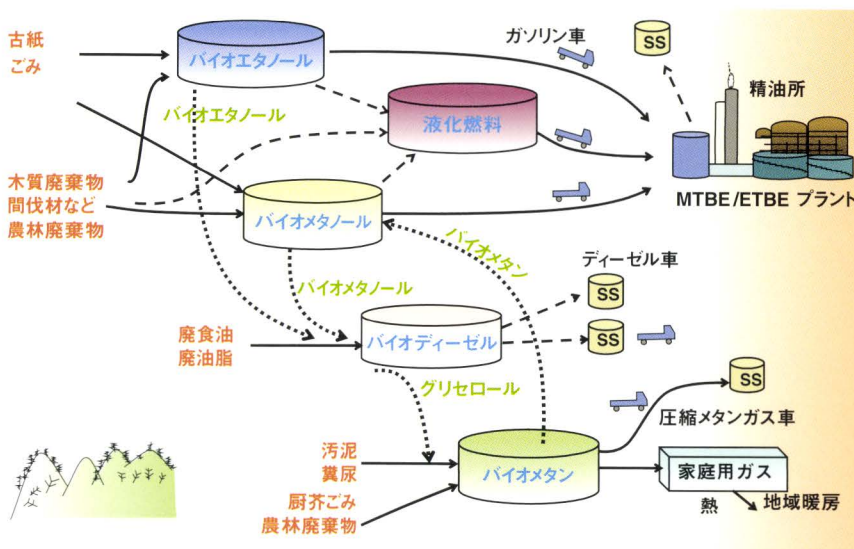


図3.3.1 CO₂ゼロエミッション型バイオ燃料製造・利用システム

これら一連の研究を通して、副産物や廃棄物を産出しないCO₂ゼロエミッション型エネルギー生産・利用技術とそれらの利用システムの確立を図っている。その概念を図3.3.1にまとめて示す。すなわち、超臨界流体技術を用いて獲得した高品位バイオ燃料の中で、まずバイオメタンは、酵素メタンモノオキシゲナーゼ(MMO)によりバイオメタノールに変換され、さらにこのバイオメタノールは、バイオエタノールとともに固体バイオマスを液体バイオ燃料に変換する溶媒として利用される。また、油脂類からのバイオディーゼル燃料製造プロセスでは、バイオメタノールを反応溶媒として用いることにより100%バイオマスベースのバイオディーゼル燃料(脂肪酸メチルエステル)の製造が可能となる。さらに、その製造プロセスにて副生するグリセロールはバイオメタンへの変換の良基質として再利用し得る。これらの融合、相互乗り入れにより、廃棄物を産出しないゼロエミッション型エネルギー生産・利用システムの構築が可能となる。化石資源の枯渇と地球環境の悪化に伴い、今後益々バイオマス資源の有効利用が進展するものと思われる。その際のゼロエミッション型エネルギー生産・利用システムのモデルの一つとしてここでの提案が役に立てれば幸いである。

3.3.1 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望まれる。

本研究では、超臨界アルコール処理により木質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。これまでに、木材の各種超臨界(または亜臨界)アルコール処理を検討した結果、1-オクタノールにおいて最も効率的な可溶化が実現され、350℃/19MPaの条件では僅か3分で約95wt%の木材が可溶化された。そこで、本年度には1-オクタノール可溶部の液体バイオ燃料としての可能性を評価するため、ディーゼル機関を模擬した条件下で燃焼試験を行った。

(2) 材料および方法

定容燃焼試験装置を用い、燃料噴射圧力40MPa、噴射開始時の燃焼室内圧力および温度をそれぞれ4MPaおよび900Kとして液体バイオ燃料の燃焼試験を行った。ただし、1-オクタノールの動粘度は高く、本装置ではそのまま試験に供することができないため、軽油相当燃料の*n*-ヘプタンを予め体積比1:1で混合して液体バイオ燃料(木材由来成分濃度0、5、7および11wt%)を調製した。

(3) 具体的な成果

木材由来成分が0wt%のベース燃料(オクタノール:ヘプタン=1:1(体積比)混合溶媒)と比較すると、5wt%および7wt%の液体バイオ燃料の着火遅れはベース燃料とほとんど差はなかった。

本来、リグニン由来成分が持つベンゼン環は安定なため、ベース燃料の自己着火性を悪化させる可能性がある。しかしながら、超臨界アルコール処理で得た液体バイオ燃料では、木材成分がアルコリスにより低分子化して可溶化しているため、アルコールに由来するアルキル基が導入されており、これが燃料の自己着火性の低下を抑制している可能性がある。実際、モデル燃料として*p*-オクチルオキシフェノールまたは*p*-メトキシフェノールを上記ベース燃料に溶解して燃焼試験を行った結果、オクチルエーテル構造を持つ前者の着火遅れはベース燃料と同等であったが、後者では着火遅れが悪化した。

結局、自己着火性の観点からは木材由来成分が7wt%程度の液体バイオ燃料ならば軽油代替燃料として使用できる可能性がある。ただし、液体バイオ燃料では加圧時に微小な沈殿物を生ずるという問題が判明し、木材由来成分11wt%の燃料では電磁弁で目詰まりが発生した。このため、今後、長期に渡って沈殿物を生じないような安定な液体バイオ燃料の調製が課題である。

(4) 今後の研究課題

副次的な成果として、純粋な*n*-ヘプタンを用いた木材の液化では、1-オクタノールの場合よりも低分子の木材由来成分が得られることが判明した。かつ、この*n*-ヘプタン可溶部は目視では長期に渡り沈殿物を生じることもなく、新たな液体バイオ燃料としての可能性が期待される。

3.3.2 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

(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、超臨界水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を生産することを目的としている。このプロセスを実現するためには、エタノール発酵の基質となるセルロース及びヘミセルロース由来の糖(多糖、オリゴ糖及び単糖)を得る条件を最適化する必要がある。リグノセルロースであるブナ(広葉樹)およびスギ(針葉樹)に対する超臨界水(>374℃、>22.1MPa)を用いた化学変換に関するこれまでの本タスクにおける研究により、全単糖の最高収率は、320℃以下の処理では28%であるのに対し、330℃以上では60%以上に達することが見出されている。しかしながら、330℃以上の処理では、処理時間が長くなると糖類が断片化によって過分解されやすいといった欠点も明らかとなっている。これらのことは、ヘミセルロースが非晶で分子量が比較的小さいのに対し、セルロースは結晶性で高分子量であるということに起因する反応性の違いによるものであり、より高収率で糖類を得るには、これまで試みてきた1段階の超臨界(または亜臨界)水処理だけでは困難であると考えられる。さらに、検討してきた反応時間は0.12~0.24秒と非常に制御の難しい処理時間域でもある。

したがって、本研究では超臨界水、亜臨界水を含む加圧熱水処理を用いた2段階処理によるリグノセルロースの分解を行い、エタノール生産の原料となる糖類の収率向上を試みることにした。すなわち1段階目でのより温和な加圧熱水処理条件でヘミセルロースからの糖収率の最適化を行い、セルロースとリグニンを含む処理後の残渣について再度、亜臨界水処理を施すことによりセルロースからの糖収率の最適化を行うことで、リグノセルロースからの糖収率の向上を狙った。本年度は、特に1段階目のヘミセルロース由来糖類の収率最適化について検討を行った。

(2) 材料および方法

木質系バイオマス資源としてスギを用い、バッチ型装置によって240℃、3MPaで20～120秒の処理を行った。処理された試料を、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し、各画分の収率を測定した。水可溶部について、HPLCにより各種糖類の分析を行った。

(3) 研究の具体的成果

処理時間とともに不溶残渣が減少し、水可溶部が増加した。不溶残渣は120秒の処理で70%程度まで減少した。水可溶部中にはオリゴ糖および各種単糖類（フルクトース、グルコース、アラビノース、ガラクトース、マンノース、キシロース）が存在するが、処理時間70秒以上ではオリゴ糖はほとんど見られなくなることが分かった。さらに処理時間が80秒を超えると、5-ヒドロキシメチルフルフラールやフルフラールなどの生成が確認され、糖の過分解が進んでいることが分かった。本実験で用いた240℃程度ではセルロースは比較的安定であることから、水可溶部として得られたこれらの糖類は針葉樹ヘミセルロースであるグルコマンナン由来のグルコースおよびマンノースが主に含まれているものと推察された。

(4) 今後の研究課題

1段階目および2段階目の加圧熱水処理において得られる糖類の定量分析について、より詳細に検討を行い、それぞれの処理における糖収率の最適化を目指す必要がある。また、本提案の2段階処理後に得られるリグニンを主成分とする残渣に関する利用用途開発も検討し、リグノセルロースの総体利用の実現を目指す。

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

リグノセルロースの超臨界水処理により多糖やオリゴ糖などの糖類が得られることが既往の研究により明らかになっている。これらの糖類は、酵素による糖化後に微生物を用いて発酵させることによりバイオエタノールに変換される。しかしながら、酵素糖化やエタノール発酵において、超臨界水処理により生成する糖の過分解物が反応阻害物質として働き、これらの反応の効率が低下することがある。そこで本研究では、セルロースを超臨界水処理して得られた生成物を酵素糖化により単糖に変換し、得られた単糖を微生物を用いて発酵させることによりエタノールを生産するプロセスについて検討するとともに、酵素糖化やエタノール発酵における糖の過分解物の阻害作用について検討した。また、アルカリや木質炭化物を用いた阻害改善処理を試みた。

(2) 材料および方法

微結晶セルロース（アビセル）を流通型超臨界水処理装置を用いて380℃、40MPaの条件下で超臨界水処理した。処理後の試料を12時間室温で静置した後、ろ過により水可溶部と沈殿物とに分離した。これらを20倍に濃縮した後、アルカリ処理（overliming）および木質炭化物処理を行った。overlimingとしては、濃縮後の試料に対して水酸化カルシウムを添加してpHを12に調整した状態で30分間室温にて攪拌した後、塩酸によりpHを5に調整する処理を行った。木質炭化物処理としては、濃縮後の試料に対して木質炭化物を1wt%の濃度で添加して10分間室温にて攪拌した後、ろ過により木質炭化物を除去する処理を行った。阻害改善処理後の生成物に対して酵素としてセルラーゼおよびβ-グルコシダーゼを添加し、37℃に設定した恒温器内で酵素糖化処理を行った。さらに、処理後の試料には、酵母（*Saccharomyces cerevisiae*）および栄養物として酵母抽出物、ペプトン、硫酸マグネシウム七水和物を加え、37℃に設定した恒温器内でエタノール発酵を行った。

(3) 研究の具体的な成果

水可溶部または沈殿物の酵素糖化では、アビセルそのものに比べて単糖の生成量が大きく増加した。これは、超臨界水処理によりセルロースの結晶構造が破壊され、低分子化されたことにより酵素反応性が向上したためであると考えられる。しかしながら、水可溶部では処理開始直後に単糖の生成量が一定量に達した後、それ以上の生成量の増加が見られなかったことから、酵素反応に対して何らかの阻害が働いている可能性が示唆された。水可溶部の酵素糖化モデル実験の結果、水可溶部中に含まれる糖の過分解物に阻害作用があることが分かった。そこで、水可溶部にoverlimingおよび木質炭化物処理を施して酵素糖化を行ったところ、阻害が改善され単糖の生成量が増加した。酵素糖化処理後に続くエタノール発酵においては反応阻害は見られず、バイオエタノールが効率的に生成した。

(4) 今後の研究課題

本研究でこれまでに得られた結果をもとに、木質バイオマスの超臨界水処理-酵素糖化によるバイオエタノール生産について検討する。また、単糖の分解物およびリグニン由来の低分子化合物による酵素反応およびエタノール発酵に対する反応阻害について検討し、阻害の改善を試みる。

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りタンパク質工学あるいはバイオインフォティクスなどの手法を用いて研究を進めている。バイオマスから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、まずバイオマス由来の糖のエタノール変換経路に注目して、この代謝経路において重要な役割を担う酵素の機能変換を行い、その機能変換酵素を用いてエタノール高効率生産システムの開発を目指す。

(2) 材料及び方法

バイオマス由来の糖として、グルコースなどのヘキソース(六炭糖)と共に、キシロース等のペントース(五炭糖)も生産される。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。しかしながら、他のキシロース代謝酵母*Pichia stipitis*のキシロース還元酵素(xylose reductase; XR)およびキシリトール脱水素酵素(xylitol dehydrogenase; XDH)遺伝子を導入した形質転換酵母は、キシロース代謝能を獲得する。ところが、この形質転換酵母のエタノール生産能は満足できるものではない。その原因の一つとして、XRとXDHの補酵素依存性の違いによる細胞内酸化還元環境のアンバランスが指摘されてきた。すなわち、前者は両補酵素とも利用できるのに対し後者はNAD⁺依存性を示す。そこでこの問題を解決するために、昨年度までに、XDHをターゲットとして新規NADP⁺依存型変異体を作成した。本年度は、XRについて、同様の補酵素依存性変異酵素の創出を行なった。さらに、作出した機能変換酵素を酵母に形質導入し、その遺伝子組換え酵母のキシロース-エタノール変換効率の評価を行った。

(3) 研究の具体的な成果

XRについては、XDHで用いた方法と同様の方法により補酵素結合部位のアミノ酸を置換することにより、NADH依存性およびNADPH依存性の変異XRを創出することに成功した。これら機能変換XDHおよびXRを酵母*S. cerevisiae*に形質導入してキシロース-エタノール変換効率を測定したところ、その遺伝子組換え酵母では、野生型の両酵素を導入した酵母と比較して変換効率が向上していることが示された。

(4) 今後の研究課題

今後は、今回作成した遺伝子組換え酵母のエタノール生産能を詳細に検討し、さらなる高効率エタノール発酵酵母システムの開発を目指す。また、キシロース以外の他のペントースの高効率変換に向けて、それらの糖代謝経路の更なる分子論的解析を行う予定である。

3.3.3 超臨界水技術によるメタン・メタノール・水素生産

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)

(1) 背景および目的

リグノセルロースは、超臨界水処理(>374℃, >22.1MPa)により分解され、その構成成分であるセルロースおよびヘミセルロースが糖類などの有用な物質へと変換されることが明らかとなっている。これらの糖類は発酵によりエタノールへと変換できることから、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。さらに、超臨界水処理が進行することで、数種類の有機酸(ギ酸、酢酸、グリコール酸、乳酸、ピルビン酸)にまで分解される。これらの有機酸は、嫌気性発酵によるメタンへの良基質となりうるため、超臨界水処理によるこれらへの変換・生成過程を把握し、制御する方法を検討することは重要である。昨年までの研究結果から、リグノセルロースからの有機酸は主にセルロースおよびヘミセルロース由来であり、また、リグニンのプロピル側鎖からも得られることが示されている。さらに、超臨界水中では、低圧条件(25-40MPa)のほうが高圧条件(100MPa)より有機酸の収率が高いが、その原因は明らかではない。

そこで本研究では、リグノセルロースの分解挙動について調べるため、有機酸の前駆物質と考えられる脱水化物(グリコールアルデヒド、メチルグリオキザール)および断片化物(5-ヒドロキシメチルフルフラール、フルフラール)をモデル物質としバッチ型装置にて超臨界水処理(380℃、25-100MPa)し、有機酸の生成挙動を検討した。

(2) 実験方法

蒸留水およびサンプルを封入した5ml反応管をバイオマス変換装置のスズ浴槽に浸漬させ、所定温度まで昇温させることで超臨界水処理を行った。その後、反応管を水浴槽に浸漬させ反応を停止した。反応管内から回収された処理物は水可溶部、メタノール可溶部および超臨界水不溶残渣に分離し、その後、水可溶部についてはキャピラリー電気泳動(CE)で分析した。

(3) 研究の具体的な成果

断片化物(グリコールアルデヒド、メチルグリオキザール)および脱水化物(5-ヒドロキシメチルフルフラール、フルフラール)の超臨界水処理(4分)で得られる有機酸は、主にギ酸、グリコール酸、酢酸、乳酸であった。しかし、脱水化物からよりも断片化物から多くの有機酸が得られた。また、これまでのリグノセルロースの超臨界水処理における反応挙動に関する研究成果から、高圧処理よりも低圧処理で断片化物が多く得られることが知られている。以上のことから、リグノセルロースの低圧条件下(25MPa)での超臨界水処理により有機酸が多く得られたのは、同反応系において断片化反応が優先的に進行しているためであると考えられる。このことは処理圧力を制御することで有機酸収率をある程度制御できることを示唆している。

(4) 今後の研究課題

本研究で得られた有機酸を実際に嫌気性発酵するためには、メタン生成菌が必要となる。そこで数種類のメタン生成菌を用いて、リグノセルロースからの有機酸のメタン発酵性を検討し、どの有機酸がメタン発酵の良基質であるかを明らかにする。これによって超臨界水によるリグノセルロースからのメタン発酵プロセス構築を試みる。

b) リグノセルロースからの蟻酸・水素生産

(エネルギー社会・環境科学専攻 坂 志朗)

(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、その構成成分であるセルロースおよびヘミセルロースが糖類などの有用な物質へと変換されることが明らかとなっている。さらにこの処理では糖類の他に糖類が過分解した物質として有機酸やガス状物質が生成する。一方、近年エネルギー問題から水素社会の確立が期待されており、生成する有機酸のひとつである蟻酸は遺伝子組み換え大腸菌による水素生成の良基質となりうる。しかし無触媒条件における超臨界水処理において、蟻酸は熱に不安定であり収率が他の有機酸に比して少ないことが判っている。そこで過酸化水素を添加して亜臨界水処理を行ったところ、蟻酸の収率が向上すると同時に、他の有機酸の生成を抑えることを見出した。

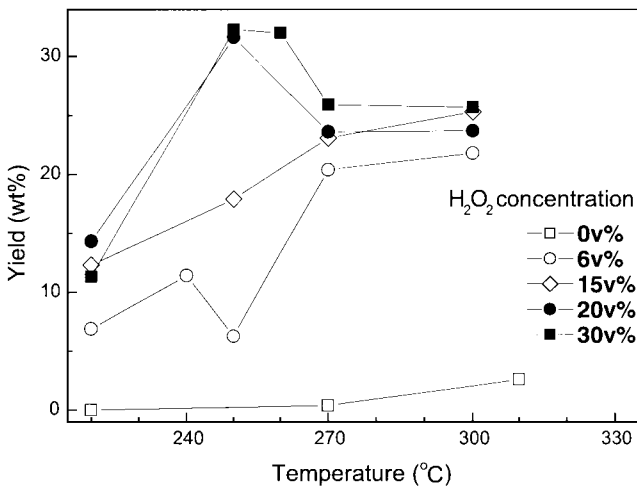


図3.3.2 処理時間30秒における処理温度および過酸化水素濃度が蟻酸収率に与える影響

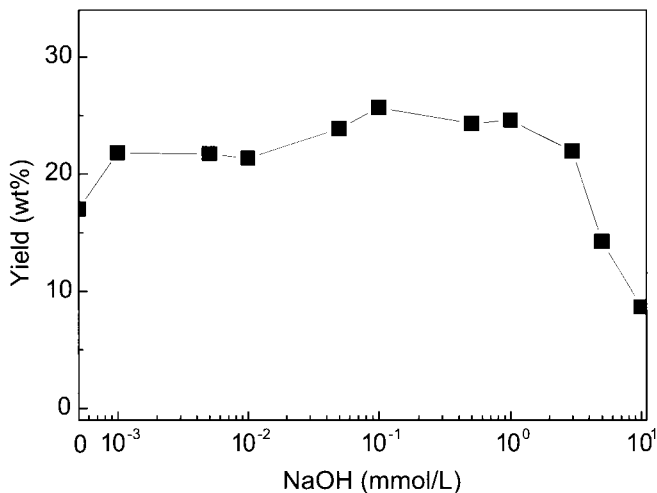


図3.3.3 処理温度300°C、処理時間15秒、過酸化水素濃度6v%における処理温度および過酸化水素濃度が蟻酸収率に与える影響

そこで本研究では、リグノセルロースの主要構成成分の一つであるセルロース (Avicel) を試料として、バッチ型装置により亜臨界水処理 (210~330°C、1.9~12.9MPa、15~30秒、H₂O 20~30v%、NaOH 0~10mmol/L) を行った。処理物をガス状物質、水可溶部、残渣に分離した後、得られたガス状物質はガスクロマトグラフィー (GC)、水可溶部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) 法、残渣はX線回折法で分析し、セルロースからの生成物について検討した。

(2) 研究の具体的成果
処理残渣のX線回折パターンは、過酸化水素添加の有無に関わらずセルロースI型であった。これより残渣は反応に関与していないセルロースそのものであることが明らかとなった。セルロースの分解について過酸化水素の濃度が高いほど、セルロースのガス化が進行する結果が得られた。主なガスは二酸化炭素であり、一部一酸化炭素が存在するが、水素はほとんどなく、還元性ガスであるメタンは全く得られなかった。この結果、水素およびメタンが過酸化水素によって酸化されるためであると考えられる。処理温度、処理圧力、処理時間、過酸化水素濃度などの処理条件をさまざまに変化させて蟻酸の収率変化を調べた。その結果、処理条件によって図3.3.2に示すように蟻酸の収率に大きな幅があることが示唆された。また過酷な処理によって蟻酸が分解され、ガス状物質になることを見出した。さらに水酸化ナトリウムも加えて亜臨界水処理をしたところ、図3.3.3に示すように蟻酸の収率は水酸化ナトリウムが低濃度の場合、無添加より収率は上昇するが、約1mmol/Lを超えると蟻酸の収率は大きく低下することが明らかになった。

(3) 今後の研究課題

水酸化ナトリウムの添加量と蟻酸収率について、その機構も含めて検討する。

c) 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 森井 孝、佐川 尚)

(1) 背景及び目的

バイオメタンは燃料として使用可能であるが、バイオメタンをバイオメタノールへと変換することにより、バイオディーゼルの原料としての利用、化学資源化することによる有用性、および移送する上での利便性が達成出来る。

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、メタン資化菌中でメタノール変換反応に直接関与している酵素メタンヒドロキシゲナーゼ(sMMO)を用いた方法は興味深い。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おり、 α サブユニットタンパク質に含まれる鉄の二核錯体によって直接メタンメタノール変換を行なう。今年度のCOE研究では、6つのタンパク質サブユニットからなるMMOHの α サブユニットをもとにして、単量体で安定に溶液中に存在し、メタン酸化活性を持つミニチュアMMOHの設計と作成を行った。

(2) 材料及び方法

Methylosinus trichosporium OB3b, *Methylocystis* sp. MのMMOH遺伝子(mmo X)をpET28を用いて発現用ベクターを作製した。また、mmo XをExonucleaseIIIで処理した遺伝子 Δ mmo Xおよび Δ mmo Xの変異体遺伝子についても、pET28を用いて発現用ベクターを作製した。各々の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。

(3) 研究の具体的成果

ミニチュアMMOHの設計 MMOヒドロキシラーゼの α サブユニットをもとにして単量体ミニチュアMMOHを作成するうえで、 α サブユニットの β サブユニットとの複合体形成面に存在する疎水性表面は必要なく、疎水性表面は極性の高い水中では疎水性表面同士で凝集する性質があるため、 α サブユニット表面の改質をアミノ酸残基の置換・削除による行った。

α サブユニットの三次元構造をもとにして表面の疎水性をEngelman-steitz分布より算出したところ、特に疎水性の高い面としては、活性部位を形成する4ヘリックスバンドル部位と、N末端部位の2箇所が存在した。そこで、第一段階として α サブユニットN末端を削除した変異体を作製し、次にN末端を削除した変異体を用いてFour helix bundle部位疎水性表面の改質を行った。 α サブユニットN末端を削除した変異体26Qは、全長 α サブユニットに比べて15倍の溶解性を示した。N末端削除体の中から25P, 26Q, 39Fと全長の α サブユニットの計4サンプルを選んで、4ヘリックスバンドル部位の変異導入を行い、大腸菌で作成した表面を改質した変異体は、6M尿素溶液への溶解度が向上した。

(4) 今後の研究課題

ミニチュアMMOHの折りたたみ構造と鉄二核錯体の形成を解析するとともに、過酸化水素存在下でのメタン酸化反応を検討する。

d) バイオマス由来CO₂からのメタノール生産

(エネルギー基礎科学専攻 森井 孝、佐川 尚)

(1) 背景および目的

500-700℃の高温領域においても安定なアルミナ担体に鉄微粒子を高い分散度で担持させた複合材料Fe/Al₂O₃は、天然ガス改質における水性ガスシフト反応やフィッシュャートロプシュ(FT)反応等に触媒として広く利用されており、バイオマス由来のCO₂を変換してアルコールや炭化水素等の燃料をつくる際にも効果的に作用し得ることが期待される。本研究では、Fe/Al₂O₃を利用してCO₂のCOへの還元、水からの水素発生を経由して、合成ガスからFT反応でメタノールをつくることを検討してきた。これまでに、CO₂からCOへの改質を乾燥した条件で行っても(ドライリフォーミング)、水蒸気共存下で行っても(スチームリフォーミング)、CO生成量に大差はなく(水からの水素発生量もCO₂の有無には影響を受けず)、また、反応温度が500℃以上になると合成ガス発生量が飽和することを明らかにしている。ただし、常圧の反応条件ではアルコールや(液状)炭化水素は極微量の収率で低選択性であるため、高収率かつ高選択性を実現するには数十から数百気圧の高圧条件を必要とすることが未決の課題となった。今回は、CO₂を原料とするアルコール以外の生成物、すなわちCO、メタン、カーボン等の有用物質を、常圧で高効率かつ高選択的に得ることを目的として、Fe/Al₂O₃にNiやCuを加えた複合材料を新たに作製し、それらのCO₂改質機能を評価検討した。

(2) 材料及び方法

Fe/Al₂O₃はコア析出法により作製した。NiやCuの添加には、相当する硝酸塩を用いた。得られた水酸化鉄を空气中700℃、2時間で焼成して酸化鉄にした後、水素気流下で還元し(100mL min⁻¹、大気圧、500℃、4時間)、粉末X線回折を測定して還元鉄であることを確認した。CO₂改質には固定床反応管(直径8mm、ステンレス製)を用いた。

(3) 研究の具体的成果

酸化鉄を還元鉄に再生するプロセスを確立させた後で水からの水素発生を再検討することを前提として、Fe/Al₂O₃を利用したCO₂の接触水素化を500℃で行った結果、CO₂からのCO生成は、固定床型反応装置を使用して少なくとも4時間は連続して行えることがわかった。原料ガスの供給比H₂/CO₂を1, 4, 8と変えていくと、CO₂転化率は25, 40, 62%と上昇するものの、CO選択性はいずれも85%でほぼ一定の値を示した。一方、Feの代わりにNiあるいはCuを用いると、NiではFeと同程度のCO₂転化率でCO選択性は76%に低下する代わりにメタンが9%発生した。Cuでは、CO₂転化率が半減したものの、CO選択性が95%まで向上した。

(4) 今後の研究課題

- i) 複合材料表面のFE-SEM観察とEDX測定によるカーボン生成の確認と評価
- ii) Fe、Ni、およびCuの混合調製比を調整することによる、CO、メタン、カーボン等の生成量や選択性の制御
- iii) 酸化鉄を還元鉄に再生するプロセスを確立することを視野に入れた固定床型反応装置の改良とCO₂改質の持続性の延長を検討する。

3.3.4 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)

(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、この方法では油脂中の遊離脂肪酸はアルカリセッケンとなるため、廃油脂類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、複雑な精製プロセスを要するなどの問題もあった。

これらの問題を解決するため、当研究室では超臨界メタノールを用いた無触媒での製造技術(一段階法[Saka法]および二段階法[Saka-Dadan法])を開発した。これら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する。さらに、二段階法(270°C/7~20MPa)では一段階法(350°C/20~50MPa)よりも大幅に反応条件が緩和され、その実用化が大いに期待された。

二段階法では、まずトリグリセリドを亜臨界水中で加水分解して脂肪酸を得、続く超臨界メタノール中でのエステル化反応により脂肪酸メチルエステルを得る。本年度には、この二段階超臨界メタノール法における油脂の反応機構を明らかにするとともに、EUや米国での規格を満たす高品位なバイオディーゼル燃料を製造するための条件を検討した。

(2) 試料および方法

流通型装置を用い、様々な温度、圧力、溶媒比で菜種油の亜臨界水処理(加水分解工程)およびオレイン酸の超臨界メタノール処理(エステル化工程)を行った。

(3) 具体的な成果

加水分解工程およびエステル化工程における反応速度論的解析から、いずれも脂肪酸が酸触媒として機能する自触媒反応であることが判明した。すなわち、加水分解工程では初期の反応速度は遅いが、反応系内に脂肪酸が生成されると急激に反応速度が増加した。一方、エステル化反応では初期の反応速度は速いが、反応系内の脂肪酸の減少とともに反応速度が低下した。

これらの知見を基に、加水分解工程において生成した脂肪酸のフィードバックを試みた結果、初期の反応速度が向上し、反応時間の短縮に成功した。一方、エステル化工程においては、添加するメタノールが少ないほど脂肪酸濃度が高くなるため、反応速度がより速くなることが判明した。これらの成果から、より高いエネルギー効率でバイオディーゼル燃料を製造できる可能性が示唆された。

(4) 今後の研究課題

本年度の検討により、加水分解およびエステル化反応の詳細が明らかになった。しかしながら、二段階超臨界メタノールでは、後段のエステル化反応において水と脂肪酸メチルエステルが反応してメタノールと脂肪酸を生成する逆反応が存在するため、酸価の規格値(EUでは0.5mg-KOH/g以下)をクリアするには過剰なメタノールを添加するか、二回のエステル化反応を行う必要があった。

そこで、次年度以降には、エステル化反応において脂肪酸とメタノール以外の第三成分を添加することで、平衡関係を脂肪酸メチルエステル生成側にシフトさせ、低メタノール比かつ一回のエステル化反応により、酸価の規格をクリアすることを目指す。

3.3.5 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

木質バイオマスの超臨界流体技術を用いた液化において、その処理温度が高温であることから、熱分解反応が副反応として進行する可能性がある。実際に、木材多糖の超臨界流体処理において、レボグルコサン、グリコールアルデヒド、フルフラール等の熱分解物が実際に生成していることが示されている。ここでは、木質バイオマスの熱分解機構を分子レベルで明らかにすることで、熱分解反応を制御する方法論を提案し、超臨界流体処理技術における熱分解制御方法として応用することを最終目的とする。今年度は、特にリグニンに着目した検討を行った。

(2) 材料および方法

それぞれC_β-位のフェニルエーテル基のp-位に置換基X(-H, -Cl, -OMe)を有するフェノール性および非フェノール性β-エーテル型2量体モデル化合物を合成し、熱分解実験に供した。熱分解は、アンブル(封管)中、200~400°Cの温度域で熱分解し、モデル化合物量の回収量および生成物を液体クロマトグラフを用いて定量した。

(3) 研究の具体的成果

単離リグニンの熱分解挙動については、既に詳細な検討を行い、熱分解温度と熱分解挙動(低分子化、高分子化、炭化)との関係を種々の2量体モデル化合物の反応性と比較して明らかにしている。その結果、リグニン中の β -エーテル構造の開裂がリグニン分子の低分子化において重要であり、300-350°Cの温度域で著しい低分子化が進行することが示されている。しかしながら、フェノール性 β -エーテル型2量体モデル化合物はそれよりはるかに低温の200-250°Cで開裂し、モデル化合物と単離リグニンの低分子化温度に100°C程度と大きな違いがあることが、リグニン中の β -エーテル構造の開裂機構における問題点としてあった。本研究により、リグニン分子中の部分構造の相違により反応機構および反応性が異なることがこのギャップの理由であることが明らかにされた。すなわち、フェノール性構造であっても C_{γ} -デオキシ型2量体モデル化合物では、 C_{γ} -OH体と比べて著しく低い反応性しか示さず、また、後者がキノンメチド中間体の生成反応(イオン機構)を律速段階とする機構で進行するのに対し、前者では、 C_{β} -O結合のホモリティック開裂(ラジカル機構)を開始反応とするラジカル連鎖機構で進行することが明らかになった。また、リグニン分子中での C_{α} -OH- C_{γ} -OH間での水素結合の形成が C_{γ} -OH体が β -エーテル開裂において高い反応性を示す理由であることも示唆された。以上の結果より、木材中のリグニン(高分子)では、このような反応促進効果がなく、むしろ C_{γ} -デオキシ型で認められたラジカル連鎖機構で進行することから、その低分子化に300-350°Cの高温を要することが示唆された。

(4) 今後の研究課題

木材および単離リグニンを用いた研究を行うことで、モデル化合物を用いて提案されたリグニンの熱分解低分子化機構との関連について検討する。また、それらの超臨界流体処理における役割等についても検討を行う。

3.3.6 バイオ燃料の特性評価と高度化

a) バイオ燃料の燃焼技術の高度化と燃料設計

(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

林地残材や廃木材などの固体バイオマスの有効利用を目的に、バイオアルコールを用いた超臨界流体処理によって、化学製品の原料ならびに液体燃料を製造する試みが行われている。本研究では、この方法によって作成された燃料の基本的な燃焼特性を実験的に調査し、ディーゼル機関用燃料としての有用性を評価している。

(2) 研究方法

ディーゼル機関内の燃焼過程を定容下で再現できる定容燃焼装置を用いて、高温・高圧模擬空気中に噴射した供試燃料の単発噴霧燃焼を計測対象とした。計測した燃焼室内圧力より、着火遅れ、熱発生率経過、燃焼効率等を得た。供試燃料は、木質バイオマス(スギ木粉)を超臨界流体処理して作られたバイオ燃料(木質由来成分 8mass%)で、 n -ヘプタンと1-オクタノールを体積比1:1で混合したベース燃料を処理流体として用いている。比較のため、バイオ燃料成分の特徴的構造を模擬した成分を含むモデル1燃料(ベース燃料+11mass% p -メトキシフェノール)、およびモデル2燃料(ベース燃料+11mass% p -オクチルオキシフェノール)を供試した。

(3) 研究の具体的成果

無過給ディーゼル燃焼の圧縮上死点に相当する圧力・温度(4MPa・900K)の雰囲気中に、単噴孔ノズルから供試燃料を噴射し、自着火・燃焼させた。図3.3.4に正味圧力、熱発生率ならびに燃料噴射弁揚程の時間経過の例を示す。燃料間の燃焼特性の差は小さいが、バイオ燃料はベース燃料に比べてわずかに着火遅れが短く、初期燃焼の熱発生率が低いことがわかった。モデル1燃料はベース燃料よりやや着火が遅れ、初期燃焼の熱発生率が増加する。今回作成されたバイオ燃料は、 n -ヘプタンと1-オクタノールの混合液体を溶媒としたため、国内市販軽油に比べるとやや着火遅れが長い。

(4) 今後の研究課題

作成されたバイオ燃料は、噴射システム内の高圧管路を閉塞させやすい。その原因を究明するとともに、燃料性状の安定性を改良する必要がある。

引き続き、種々の処理方法により作成された燃料の評価を実施する予定である。

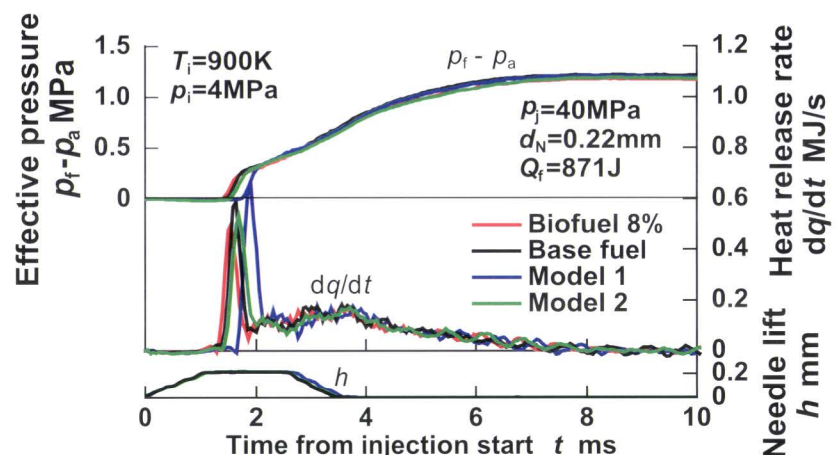


図3.3.4 木質バイオ燃料の燃焼室内圧力、熱発生率の経過

3.4 環境調和型トータルエネルギー評価

本タスクグループの構成は以下の通りである。

〈エネルギー需給関連技術の開発〉

* 持続可能なITおよび電子デバイスの研究 — 環境調和型半導体エレクトロニクス・フォトニクス —
前田 佳均、野沢 博

* 自動車の軽量化と低燃費化を目指した材料評価とその省エネルギー効果
宅田 裕彦、藤本 仁、浜 孝之

* 分散型エネルギー源の電力系統導入に関するシステムの検討
白井 康之

〈エネルギー環境システム評価〉

* エネルギー・環境の総合評価分析
石原 慶一、奥村 英之、山末 英嗣

* 持続可能なエネルギー・環境のための情報システムの開発と応用
吉川 榮和、下田 宏、石井 裕剛

* エネルギー消費に伴う環境負荷排出量推定とその環境影響評価
東野 達、山 本浩平、後藤 和夫

* エネルギー需給システムの評価とエネルギー環境評価支援センター構想
手塚 哲央、前田 章

各研究グループの成果を以下に順に示す。

3.4.1 持続可能なITおよび電子デバイスの研究 — 環境調和型半導体エレクトロニクス・フォトニクス —

(前田 佳均、野澤 博、エネルギー科学研究科エネルギー応用科学専攻)

当グループは、高度情報機器のエネルギー消費や環境負荷を評価しながら、環境調和型エレクトロニクスの確立に必要な半導体や強誘電体材料および機能デバイスを目指し、環境為害性元素を含まない環境調和型光半導体のフォトニクス、省電力型高機能半導体素子のデバイスCAD技術、ならびに低電力強誘電体メモリと信頼性評価技術の確立を最終目標にした研究を進めている。本年度はそれぞれ以下の成果を得ることができた。

(1) 環境調和型光半導体のフォトニクスへの展開

シリコン基板上に直接合成できる斜方晶鉄シリサイド (β -FeSi₂) に着目し研究を進めている。 β -FeSi₂ 半導体は、産業的に汎用されているイオンビーム合成によってシリコン上にモノリシックにLEDなど光回路用の光源として作製できる。この β -FeSi₂ のシリコン内部での析出過程で鉄の顕著な表面偏析を見出した。これを利用してイオン注入由来の欠陥から分離した場所での β -FeSi₂ 結晶の成長法を開発し、従来比で20倍程度の β -FeSi₂ の発光の高輝度化に成功した。最終目標である2桁(100倍)高輝度化を検討中である。また、将来の光集積回路を目指し、屈折率の高いシリサイド半導体を利用したフォトニック結晶の作製にも着手した。磁気中性放電(NLD)プラズマによるサブミクロンのイオンエッチングプロセスを開発し、イオンビームスパッタ法によって作製した β -FeSi₂/Si系の2次元正方格子フォトニック結晶の作製に成功した(図3.4.1)。

(2) 省電力型高機能半導体素子デバイスCAD

3次元トランジスタの1つとして最近注目されているFinFETのゲートを2ラインゲート型ナノフラッシュメモリとして利用でき、マルチビット、マルチレベル方式の多値記録が可能であることを見出した(図3.4.2)。高密度記録性能と記録消去時の省エネルギー性能を評価することを目指してデバイスCADを基礎とした評価シミュレータを開発した。通常の2ビット記録から多値(2ビット/セル)記録への機能拡張の可能性を検討した。メモリセル幅47nmの場合、消費エネルギーは従来型メモリに比べて約1/10になり、またマルチビット・マルチレベル(4ビット/セル)記録では、集積度(メモリセル幅でスケール)の向上と消費エネルギー抑制が可能であることを明らかにできた。

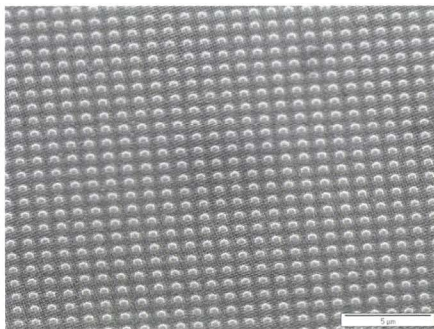
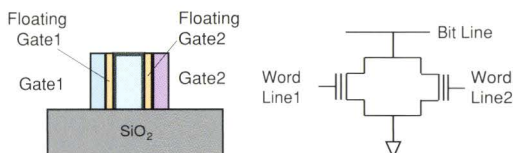


図3.4.1 β -FeSi₂/Si結晶系2次元正方格子フォトニック結晶の走査型電子顕微鏡像



低電圧(1V)多値書換動作の検証

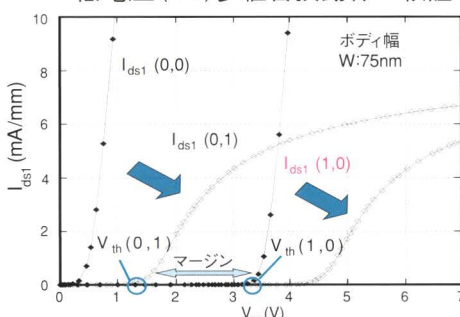


図3.4.2 2ラインゲート型ナノフラッシュメモリとその2ビット動作特性

(3) 低電力強誘電体メモリと信頼性評価技術の確立

強誘電体メモリを低電圧で駆動できる省エネルギー化と信頼性に大きく影響する粒界や界面電荷の効果を検討したより現実的なメモリキャパシタの2次元計算モデル評価シミュレータを構築し、リーク電流、電界分布の不均一化、分極疲労など精密な信頼性の評価が可能になった。今後、さらに現実の強誘電体の信頼性評価に耐える3次元物理評価モデルを確立することが最終目標である(図3.4.3)。

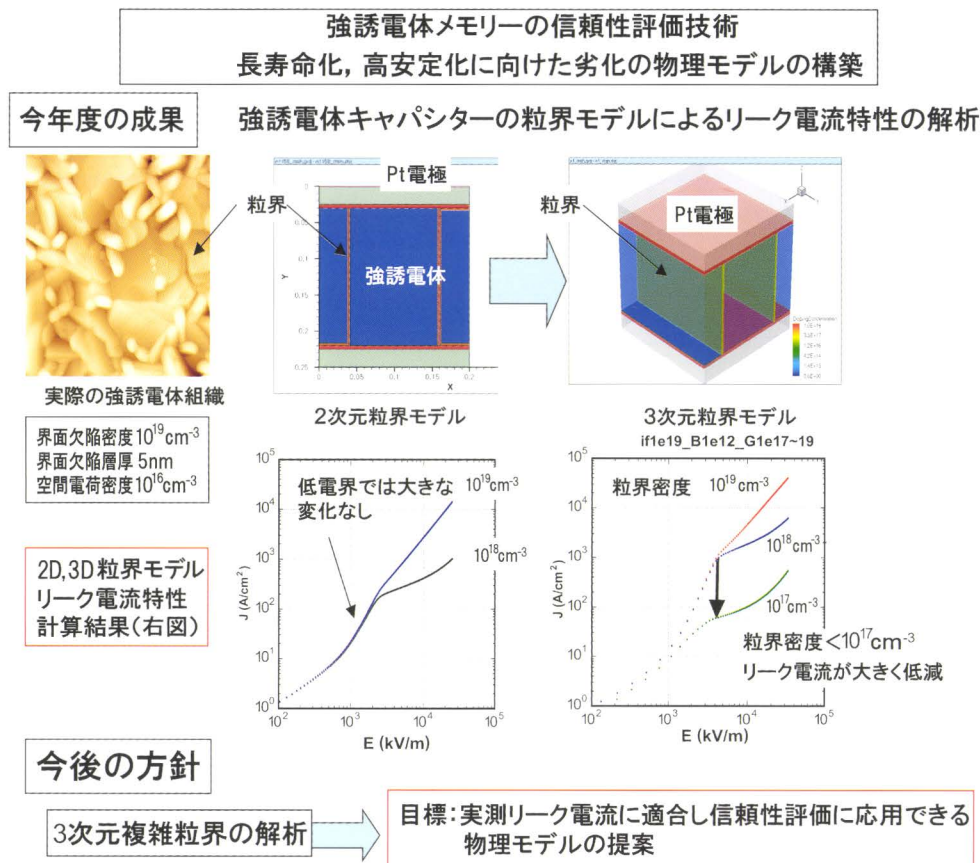


図3.4.3 強誘電体メモリの実際の粒界構造を考慮した解析モデルとその結果(リーク特性)

3.4.2 自動車の軽量化と低燃費化を目指した材料評価とその省エネルギー効果

(宅田 裕彦、藤本 仁、浜 孝之 エネルギー科学研究科エネルギー応用科学専攻)

本研究グループの本年度の研究項目は、

- ① アルミニウム合金、マグネシウム合金などの低密度材料の成形性評価
- ② 高張力鋼板などの高強度材料の成形性評価
- ③ 成形限界予測法の確立による軽量化設計支援
- ④ チューブハイドロフォーミングの適用による軽量化効果の評価
- ⑤ 自動車軽量化の省エネルギー効果分析

である。この中から本年度達成した主な成果を以下に記す。

〈工具モデルの曲面補間を用いた板成形シミュレーション技術の開発〉

近年の自動車およびプレス金型メーカーでは、有限要素法(以下、FEM)を主とした数値シミュレーションによるプレス成形性の事前予測により、コスト削減やリードタイムの短縮に大きな効果を上げている。最近では数値シミュレーションに求められる役割がますます高まり、自動車産業において不可欠な存在となっている。しかし一方で、特にスプリングバックや面ひずみといった形状問題に対してはその予測精度は不十分であり、これらを精度良く予測できるシミュレーション技術の確立が急務となっている。

材料モデルと工具モデルとの接触の取り扱いは、解析精度に大きな影響を及ぼす問題の一つである。通常の板成形解析では、金型を剛体と考えてその表面のみを有限要素メッシュ(パッチ)の集合でモデル化する場合がほとんどである。これは工具表面を多面体近似によって表現することを意味し、実際の工具面形状との誤差が懸念される。また通常は多面体近似された工具面と材料との接触を考慮して定式化されているため、この形状誤差は、解析精度へも大きな影響を及ぼす。

そこで本研究では、板成形解析における工具モデリングの高精度化を目的として、Nagataによって提案された曲面補間技術を適用した工具モデルによる板成形解析技術を提案した。曲面補間された工具モデルを用いる際に必要となる新たな接触探索アルゴリズムおよびコンシステント接線剛性マトリクスの定式化を行い、静的陽解法弾塑性有限要素法解析プログラムSTAMP3Dに組み込んだ。本研究で提案した接触探索アルゴリズムでは、接触点を求める方程式が最大でも4次となるため、常に解析的に接触点を求めることができる。その結果、頑健かつ高速な接触探索が可能となるという特長を有する。

提案した技術の妥当性を検討するため、角筒絞り成形の解析を行った。ここではコーナー部を面取りしたような非常に粗くメッシュ分割したパンチモデルを用いて、従来の多面体近似工具およびNagataパッチで形状補間された工具の両方で解析を行った。いくつかの変形段階における変形形状の断面図を図3.4.4に示す。従来の工具による解析では、材料節点はメッシュそのものと接触するため、多面体近似された工具モデル形状がそのまま転写された変形となっている。その結果、図3.4.4に示す全ての変形段階において顕著なように、細かく分割されたダイコーナー部では適切になじんでいくものの、パンチコーナー部近傍ではシャープに折れ曲がり、本来のパンチ形状から考えると大きく工具に潜り込んだ変形形状となっている。

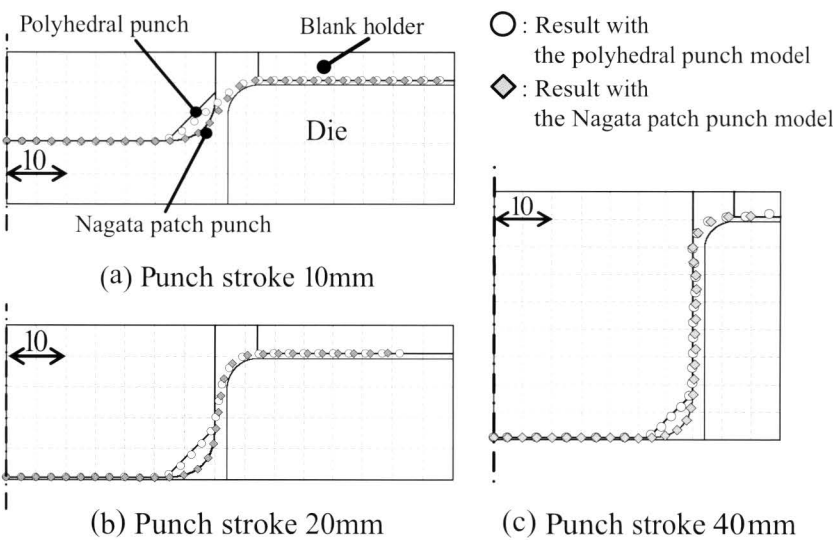


図3.4.4 Deformed Profiles at several punch strokes

一方Nagataパッチを適用した解析では、Nagataパッチと材料節点との接触探索が適切に行われた結果、ダイコーナーだけでなく曲面補間されたパンチコーナーにも材料が徐々になじんでいき、またそれに伴いフランジ部から材料が徐々に流入していく様子が再現されている。そして最終的に、パンチコーナー部において適切に張り出した変形形状が得られている。以上より、工程全体を通して適切に接触探索が行われ、その結果適切な変形形状が得られていることが確認できた。

3.4.3 分散型エネルギー源の電力系統導入に関するシステムの検討

(白井康之、エネルギー科学研究科エネルギー応用科学専攻)

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・抽出を行ってきた。さらに、電力系統シミュレータを用いて、分散型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、分散型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、分散型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、電源保護に関する検討を行いその効果を検討してきている。本年度は、特に電力系統の固有周波数をオンラインで追従モニターする方法を提案し、系統シミュレータを用いて実験検証した結果について述べる。

SMESを用いた電力系統固有周波数のオンライン追従モニタリング

近年の電力自由化や分散化電源の導入に伴って複雑化する電力系統において、その固有周波数を把握することは系統の運用上、有用なことである。従来、固有周波数はオフラインのシミュレーションなどによって求められてきたが、複雑化する系統においてはオンラインでの迅速な計測が望まれる。本研究では、その方法としてSMESを用いたオンラインでの固有周波数の計測法を提案する。SMESは有効/無効電力を高速かつ独立に制御することができるため、系統に対して独立した外力として作用させることができる。本研究はそうした優れた特性を持つSMESの更なる可能性を模索し、SMESの付加価値を高めていくことを目的としたものである。

オンライン固有周波数測定手法の概要フローを図3.4.5に示す。SMESから系統に正弦波状の微小な電力動揺を与える。このとき、その正弦波の周波数が電力系統の固有周波数と一致していれば、その応答と元の正弦波との位相差がほぼ 90° になる。そこで、ロックインアンプを用いて系統の電力動揺を補足し、SMESの励振との間の位相差を計算させる。その信号をフィードバックすることにより、位相差が常に 90° を保つようにSMESの励振周波数を制御してやれば、SMESの励振周波数と系統の固有周波数を常に一致させることができる。これによって刻々と変化する系統の固有値をオンラインで、リアルタイムに追従することが可能になる。

実験は関西電力のアナログ型電力系統シミュレータAPSAで行った。実験系統を図3.4.6に示す。発電機には全てAVR制御がされており、G4、G6、G8にはさらにPSSも加えられている。実験では発電機の出力を変更して系統の状態を変え、それに伴って変化する系統の固有周波数をSMESによって追従モニタした。表3.4.1に実験条件を示す。

図3.4.7に例としてケース1の結果を示す。 f_{sm} がSMESの励振周波数、●がシステム同定で求めた固有周波数、 P_g が発電機の出力、 $\Delta\theta$ はロックインアンプによって計算したSMESの励振と系統の電力動揺の位相差である。 $\Delta\theta$ が 90° 付近であれば f_{sm} は固有周波数に等しいことになる。 f_{sm} はシステム同定によって求めた系統の固有周波数とよく一致しており、SMESは系統の固有値をよく追従できているといえる。case1~3の全てにおいて同様の実験を行い、妥当性を確認した。

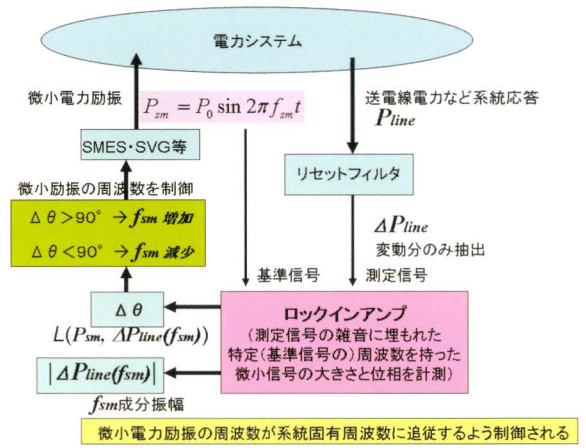


図3.4.5 電力系統のオンライン固有周波数測定手法の概要フロー

表3.4.1 実験条件

	出力 (p.u.)			定格出力 (MW)
	case1	case2	case3	
G1	0.2~0.8	0.8	0.2~0.8	172.0
G2	0.2~0.8	0.8	0.2~0.8	172.0
G3	0.2~0.8	0.2~0.8	0.8	172.0
G4	0.2~0.8	0.2~0.8	0.8	172.0
G5	1.0	1.0	1.0	375
G6	1.0	1.0	1.0	375
G7	1.0	1.0	1.0	52.5
G8	1.0	1.0	1.0	52.5

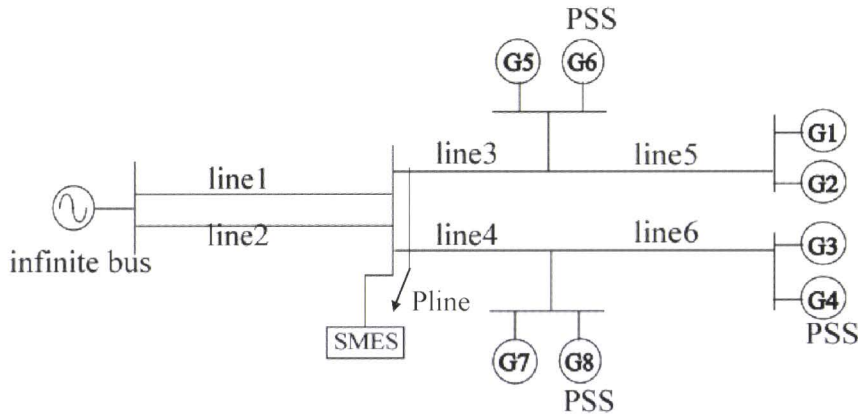


図3.4.6 電力系統シミュレータにおける模擬実験系統とSMESモデル

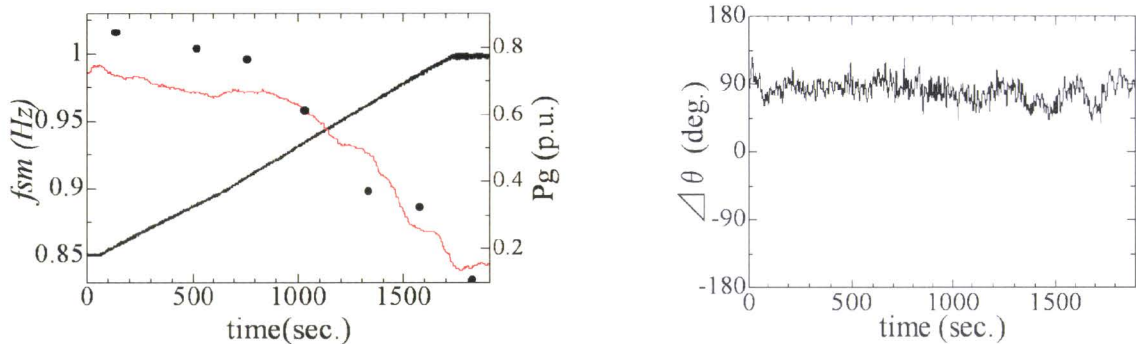


図3.4.7

[左] 発電機出力増加(実線黒)に伴う系統の主な固有周波数(実線赤)の追従モニタリング(case1):
 黒丸●は各時刻での出力と同出力時の定常状態での固有周波数測定値
 [右] ロックインアンプによって計算したSMESの励振と系統の電力動揺の位相差 $\Delta\theta$ 。
 ほぼ 90° となるように制御されている。

3.4.4 エネルギー・環境の総合評価分析

(石原 慶一、奥村 英之、山末 英嗣、エネルギー科学研究科エネルギー社会・環境科学専攻)

本研究グループでは、平成17年度の研究課題として「エネルギー・環境の総合評価分析」を挙げ、以下のよう
な研究を行った。

◆輸送部門の評価

◇旅客機のタキシングにおける環境負荷物質排出量の解析

航空輸送における環境負荷物質の排出削減を目指し、旅客機が空港においてタキシングをする際に行う一時停止や迂回などの動作(アイドリング)における環境負荷物質の排出量を推定することを目的として研究を行った。研究は、大阪国際空港におけるANA機1日の出発便82便を対象として、機体が出発する際のタキシング時間およびアイドリング時間を実測調査およびシミュレーションによって解析した。解析の結果、シミュレーションは実測結果をほぼ再現できることがわかった。また、大阪国際空港はA、B、の距離の異なる2本の平行滑走路を有しているが、どちらの滑走路を使用した機体でも滑走路までの距離に関係なく、アイドリング時間はほぼ同じ値をとることがわかった。この解析結果を基に、滑走路が1本および2本の場合についてアイドリング時間を推定できる方法を導き、わが国の主要空港(羽田・成田・関西・中部・新千歳・福岡)における各機体のアイドリング時間を推計し、更にエンジンデータを用いてアイドリング時における燃料消費量および環境負荷物質(HC、CO、NO_x)の排出量の推計を行った。その結果、これらの空港における1日あたりの燃料消費量は主要空港のみで237tであること、また、1日に排出される環境負荷物質の総量は、HC 1431kg、CO 7078kg、NO_x 974kg であることがわかった。

◆産業部門の評価

◇家電製品構成素材の社会蓄積と拡散

家電製品に含まれる種々の元素の社会蓄積と拡散を調査することを目的として、8種類の家電製品(CRTテレビ、液晶テレビ、プラズマテレビ、冷蔵庫、洗濯機、エアコン、電子レンジ、掃除機)について、2025年までの廃棄量予測を行った。廃棄量の予測は、ロジスティック関数で求めた各家電製品の保有台数予測、出荷台数、ワイブル分布関数で記述した廃棄率を用いて行った。ここで、液晶テレビとプラズマテレビは、CRTテレビが廃棄される際に代替されると仮定した。見積り結果、2025年度で冷蔵庫が約40万トン、エアコンが約32万トン、洗濯機が約18万トン、液晶テレビが約11万トン廃棄され、この4製品で8家電製品の廃棄量の約89%を占めることがわかった。また、われわれのグループで開発した自己解体材料の効果を検討するため、2005年度に自己解体材料を上記8家電製品に組み込んだ場合の材料回収ポテンシャルを推測した。その結果、たとえば鉄関連素材について、現行のリサイクルシステムでは2005～2025年に累積最大約602万トンの低品位の鉄(95～99%)がリサイクルできるのに対し、自己解体材料を用いたりサイクルシステムでは、累積最大約177万トンのメッキ鋼板、約139万トンの塗装鋼板、103万トンの軟鋼、33万トンのステンレス鋼などを回収できることがわかった。これは、材料を素材単位でリユースできることを意味するだけでなく、たとえばステンレス鋼に含まれるクロム(約6万トン)やニッケル(約2.6万トン)といったレアメタルを不純物元素として拡散させることなく有効利用できることを示唆している。

◆エネルギー部門の評価

◇家庭用照明機器の消費電力量予測

家庭の照明による電力消費量の推計を行った。推計は、国民生活時間調査結果に基づく世帯ごとの照明利用時間と照明の設備容量を用いて行った。その結果、個人の1日あたり照明利用時間には大きな変動がないが、1980年から2000年までの20年間で居室の全般照明用電力消費量は47%の増加という結果となり、またその要因として人口の増加、世帯の増加および世帯人員の減少、そして居室の大型化による影響が大きいという結果が得られた。また、サマータイム制を導入した際の照明用電力消費の直接的な削減効果を推計し、国の試算結果と比べて25%程度の効果しか得られないという結果が得られた。さらに、1.照明設備の消費電力が現在までの変化率で上昇する場合、2.照明設備の効率上昇に伴い消費電力が減少した場合の2つのケースを想定し、2015年までの照明用電力消費量の将来推計を行った。その結果、現状ケースでは、2015年まで電力消費量の増加傾向が続くが、効率の上昇を考慮したケースでは、電力消費量の推移が減少に転じる可能性があることが明らかになった。

◆民生部門の評価

◇循環型社会構築のためのエネルギー・環境教育の影響と評価

単なる知識の伝授ではなくエネルギー・環境問題解決行動に結びつく教育を目的として、循環型社会構築のためのエネルギー・環境教育の影響と評価に関する研究を進めた。まず、総合的な学習の時間における「ゴミから循環型社会を考えよう」という授業テーマにおいて、「教科カリキュラム」と「経験カリキュラム」の両方を含むエネルギー・環境教育カリキュラムを作成し、授業を実施した。教科カリキュラムとして3Rの説明やレジ袋の問題点、経験カリキュラムとしてはペットボトルに熱湯を入れたときの変化やプラスチック分類の

実験を組み込んだ。授業後、アンケート調査を行い、「行動意図」、「知識理解」、「興味・関心」についてパス解析を施した結果を図3.4.8に示す。図中の矢印の数値は標準化されたパス係数 β を表している。「知識理解」は「興味・関心」に影響を及ぼしており($\beta=0.55$)、授業の内容を理解した生徒ほど、実験等を面白いと思ったり、興味・関心を持ったことを示唆している。「興味・関心」は「行動意図」に影響を及ぼしていた($\beta=0.62$)。これは、実験等をおもしろいと思ったり、興味・関心を持った生徒ほど、環境行動の実行する意図をより持っていることを示唆している。一方、「知識理解」は「行動意図」に直接影響を及ぼしていなかった($\beta=0.02$)。これは授業の内容を理解したと思う生徒が、必ずしも環境行動の行動意図を持つとは限らないと理解される。さらに、社会心理学の行動モデルを用い、より効果的なLCA情報の提示方法について検討し、ポイント還元などの経済的理由でレジ袋削減行動を促すのではなく、個人の行動が社会全体でどの程度原油の使用量を抑え資源問題に寄与できるかといったLCA情報をエネルギー・環境教育に組み込み、実験などの体験を伴う授業が行動意図、行動を促す教育が効果的であることがわかった。

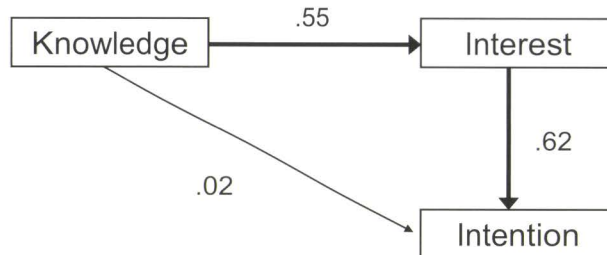


図3.4.8 行動意図、知識理解、興味・関心についてのパス解析結果

3.4.5 持続可能なエネルギー・環境システムのための情報システムの開発と応用

(吉川 榮和・下田 宏・周 楊平・楊 明・劉 井泉・歐陽 軍・張 奇
エネルギー科学研究科エネルギー社会・環境科学専攻)

A. 概要

持続可能なエネルギー・環境システムの開発と社会的普及の促進に資するため、プロセスシステムの設計・解析・評価支援環境や教育支援のための情報システムの研究開発および関連する社会動向調査を行う。平成17年度は平成16年度に引き続き以下の2つのテーマの研究を進めた。

- (1) マルチレベルフローモデルに基づくエネルギーシステムの総合分析・設計・評価支援環境
- (2) 学校教育・社会啓蒙用インタネットシステム

B. 研究成果の纏め

(1) マルチレベルフローモデルに基づくエネルギーシステムの総合分析・設計・評価支援環境

エネルギーシステムは、物質とエネルギーの生成、輸送、変換、利用、廃棄の流れで構成される。本研究では、機能モデリング法である「マルチレベルフローモデル」を適用して、各種のエネルギーシステムを設計分析し、総合的に評価するための支援環境の構築を進めた。マルチレベルフローモデルとは、各種プロセスシステムを構成する共通要素である物質とエネルギーの生成、輸送、変換、利用、廃棄の流れの構造に、それらの流れを制御する情報の流れを加味し、全体システムを物質、エネルギー、情報のストックとフローとして捉えて、全体システムの構成要素の「機能」と「構造」の意味論的関連性を、目標—手段、全体—部分の2軸で分析する図式表現手法である。エネルギー・環境システムのマルチレベルフローモデルによる図式表現を中核に、図3.4.9に示すマルチレベルフロースタジオ(MFMS)を開発した。MFMSを用いてこれまでにマイクロガスタービンによるコジェネシステムの故障診断支援システムやPWR形原子力発電所の故障診断や事故進展の定性推論法の開発、我が国、欧米、中国の天然ガス需給インフラ発展形態を対比分析するとともに、原子燃料サイクルの各種政策課題の評価分析を進めた。現在、エネルギー環境システムの需給インフラの総合評価のために地理情報システム(GIS)のMFMSへの統合を進めている。

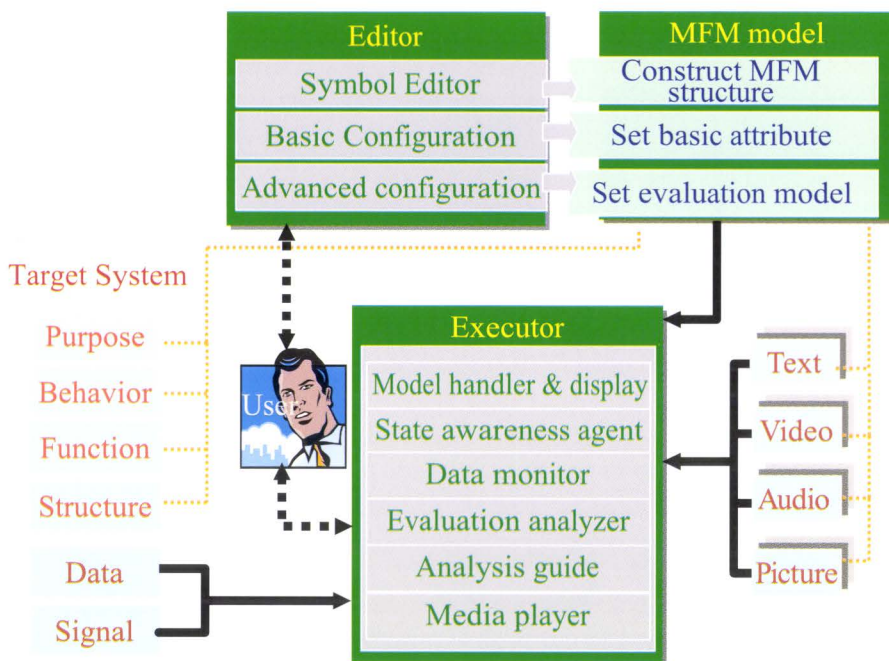


図3.4.9 マルチレベルフロースタジオ

(2) 学校教育・社会啓蒙用インターネットシステム

エネルギー・環境問題は単に技術的側面ばかりでなく政治経済および環境的側面などの社会的要因が関わっている複雑でジレンマのある問題である。このようなエネルギー・環境問題の特質を理解し、新たな課題に意欲的に取り組む次代の研究者、高度な専門家の育成のために、ディベートの教育的効果に着目して、エネルギー・環境問題の特定のテーマについてロールプレイングでディベートを行うのを支援する計算機化ディベート支援システムDEEVを開発した。開発したシステムには課題を出す教員が学生のディベート記録を参照して多様な観点から学生のディベート能力を評価する評価支援機能を付与した。



図3.4.10 計算機化ディベートシステムDEEVを用いた講義風景

開発したシステムを、本研究科修士課程への講義科目「エネルギー社会・環境科学通論I,II」の一環としてメディアルームで適用した。図3.4.10にDEEVを用いた講義風景を示す。小人数のグループに分かれた学生が教員から指定されたエネルギー環境問題に関わるいくつかの政策課題の是非をインターネットベースでディベートした結果を、課題を提出した教員が採点した記録を、開発したシステムの教育効果の観点で統計分析した結果、学生のエネルギー環境問題への視野の拡大や分析調査力の涵養など、総合能力向上に効果があることを検証した。平成17年度は教室での集合教育への適用を考えた同期集中形システムのDEEVを、今後広く国内国外での社会啓蒙に適用できるように同期分散型への拡張ならびに英語化・中国語化を行った。今後はインターフェースの向上と非同期形システムとしての機能を付加する予定である。

3.4.6 山城試験地において観測されたヘイズ中のエアロゾル特性解析

(後藤和夫, 馬野幸紀, 奥村智慧, 東野 達, 小南裕志*, 笠原三紀夫**

: エネルギー科学研究科エネルギー社会・環境科学専攻, *森林総合研究所, **中部大学)

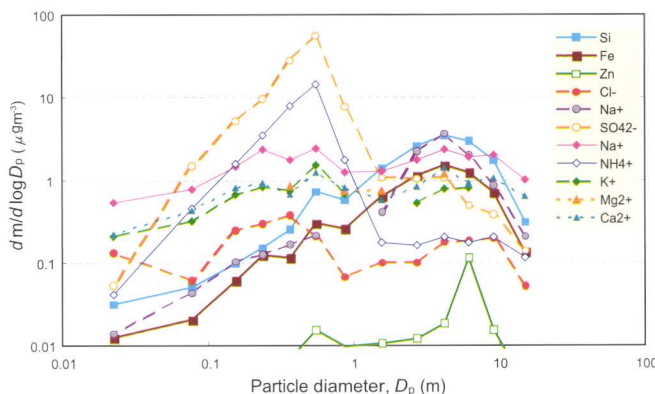
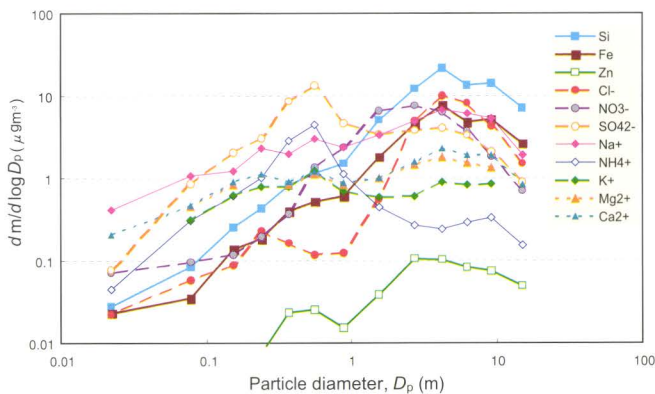


図3.4.11 アンダーセンサンプラーによって得られた元素およびイオン種の質量分布。期間1(上)および期間2(下)

自然起源および化石燃料やバイオマス燃焼に伴って発生するエアロゾル粒子の地球放射収支への影響評価の一環として、春季に日本上空を覆うヘイズ中のエアロゾル特性を取得するため、エアロゾルのサンプリングおよび光学計測を含む地上観測を2004年3月31日～4月2日(期間1)及び5月25日～27日(期間2)、森林総合研究所山城試験地内に設置してある観測タワーにおいて行った。

地上観測は黄砂が観測された3月31日～4月2日(期間1)及び黄砂のない5月25日～27日(期間2)の2期間、森林総合研究所山城試験地内に設置してある観測タワーにおいて実施した。樹冠上部に粒径別個数濃度計測用パーティクルカウンター、粒径別エアロゾルの化学成分(含炭素成分および無機成分)分析用試料を捕集するための12段低圧アンダーセンサンプラーを設置し観測を行った。エアロゾルの鉛直カラム光学的厚さは、現地および宇治におけるサンフォトメータによる直接観測により得られた。

ICおよび熱光学法による化学分析の結果、期間1のサンプルではCa, FeやSiなど黄砂などの土壌粒子に特徴的な成分が粗大粒子領域に多く見出され、一方期間2では微小領域において SO_4^{2-} や NH_3^+ などのイオン成分が多く見出された。また、期間2において有機成分が多量に検出された。これらと後方流跡線解析の結果から、期間1における空気塊は大陸で発生した砂嵐に伴う黄砂による影響を大きく受け、また期間2においてはシベリアで発生した森林火災の影響および大陸からの人為起源の汚染物質によるものである可能性が高いことが示された。

3.4.7 産業連関表を用いたPM2.5環境負荷原単位データベースの構築

(杉山 利治、東野 達、南齋 規介*

：エネルギー科学研究科エネルギー社会・環境科学専攻、*国立環境研究所)

エネルギー・環境負荷削減のために導入される技術やシステムが真の意味で環境に調和した持続可能なものであるかは、ライフサイクルの視点から評価されなければならない。そのためには透明性が確保されたライフサイクルインベントリデータの整備が不可欠である。本研究では特に化石燃料やバイオマス燃焼に伴って発生する粒子状物質(PM)のうち、人の健康影響に強く関与する微小粒子(PM2.5)のわが国における排出インベントリを初めて推計した。推計は最新の2000年度版産業連関表を用いて行い、燃料種別や部門別の排出構造や部門別の寄与をマクロ的に分析した。その結果、PM2.5(1次粒子)年間発生量は約25万トンであり、80%は石油起源、50%は輸送の寄与であることを明らかにした。さらに1990年排出量との比較により、電力・ガス部門では12,000トンの増加が認められ、要因として発電部門への石炭投入量の増加、廃棄物処理施設への廃棄物投入量増加によることが判明した。また、産業連関分析を実施するために、部門別直接排出量にLeontief逆行列を乗じた内包型排出源単位を求めた。これは、エネルギーシステムの産業連関法によるLCI分析を実施する際の実原単位となるものであり、国立環境研究所と共同で作成中のCO₂、NO_x、SO₂などの環境負荷物質データベースとあわせて、大気環境負荷物質のLCI分析を可能とする。図3.4.12は自家輸送部門が各産業部門に割り振られた後の接続連関表をベースに、1990年と2000年における統合32部門別のPM2.5直接排出量と誘発排出量および最終需要別排出量を示したものである。直接排出は輸送が1/2を占め、次いで素材・エネルギーの割合が高いのに対し、誘発排出は対個人サービスや商業といったサービス業や建設・食料品といった最終製品産業の占める割合が高いことがわかった。最終需要別では民間消費と輸出により全排出量の60%以上が誘発されていることがわかった。なお、2000年には1990年より発生量が減少しており、これはディーゼル車および船舶からの排出量減少が大きく寄与している。

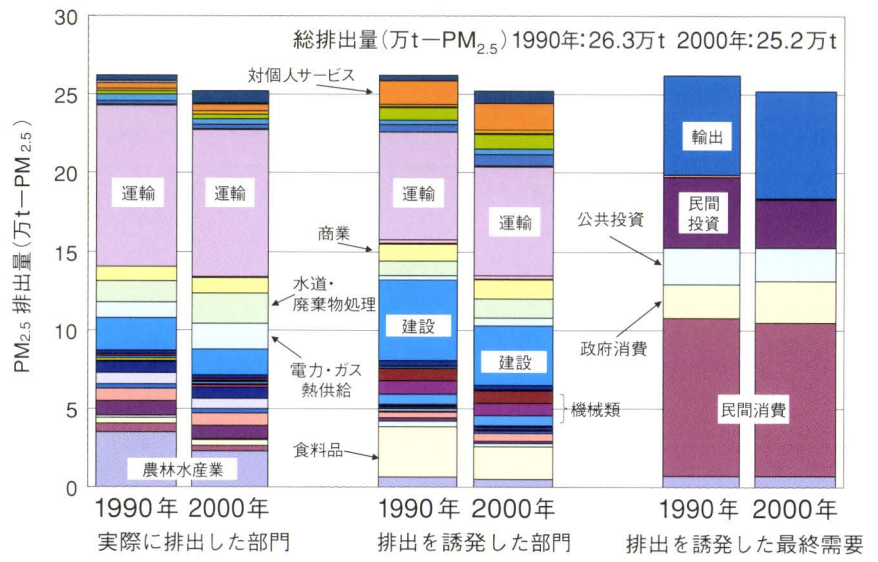


図3.4.12 1990年と2000年におけるわが国のPM2.5排出構造の比較

3.4.8 エネルギー需給システム評価とエネルギーシステム評価支援センター構想

手塚 哲史、前田 章、山崎 直子、板坂 周平、山本 芳弘：エネルギー科学研究科エネルギー社会・環境科学専攻

エネルギー需給システムから排出される環境負荷量、その費用、安全性、社会的受容性などを評価するためには、その技術特性やエネルギー需要などに関わる広範な分野に渡る専門家による共同作業が必要となる。そのために必要となる機能を集約した組織を「エネルギーシステム評価支援センター」と名づけ、その実現のための要素技術について検討を進めている。

エネルギー需給モデル(数理モデル)を中心とした評価作業を対象としたときに、必要と考えられるセンターの基本機能を以下に示す。

- ① エネルギーシステム評価のための継承可能(拡張可能)なデータベース構築

次項②において利用することを目的とした、エネルギー消費に伴う環境影響評価のためのLCIデータベース、エネルギー変換技術特性データベース、地域エネルギー需給データベース等。できる限り1次データにまで遡った情報源を確保することにより、第三者による理解、継承・拡張が可能なデータベース構築を目指す。
- ② エネルギーシステム評価手法の標準化

評価の対象となるシステム境界設定や評価の方法論選択など、評価のためのデータ、モデル分析手法・手順について、評価結果の相互比較、評価作業の継承を可能とするための作業の枠組みを明確にする。
- ③ エネルギーシステム評価技術の研究と教育
 - ①、②に基づく多様なエネルギーシステム評価手法、エネルギー消費の大気環境影響評価手法を整理し、そのための教育・研究コースの設立を目指す。またエネルギー・環境に関わる種々の素朴な疑問についての各種専門家との交流の場も提供する。
- ④ エネルギー環境システム評価のための組織形成

エネルギー政策検討のための、各種専門家の随時参加可能な、エネルギーシステム評価組織の形成を支援する。

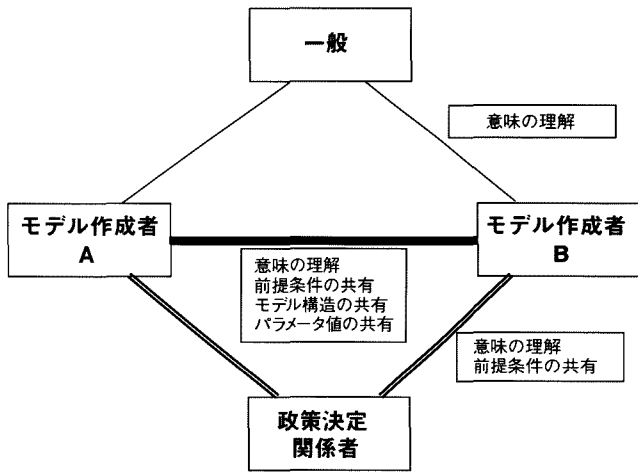


図3.4.13 モデル情報共有の3つの段階

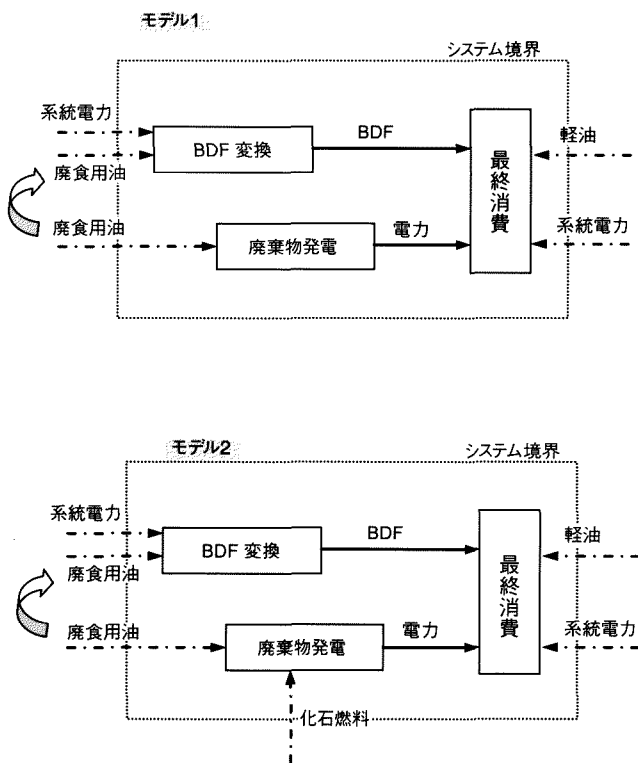


図3.4.14 バイオディーゼル技術評価における前提条件の相違

①については、水素エネルギー利用技術、二酸化炭素分離・貯留技術、バイオマス利用技術などについて、データの根拠を明確にしたデータベースのプロトタイプを作成している。以下では、②についてその概要を説明する。モデル作成者Aが実施したモデル分析結果について、第三者が理解し、あるいはその作業を継承・発展させようとする場合、その目的に応じて、第三者が理解すべき内容が異なる。図3.4.13は考えられる3種類の状況について理解すべき内容を説明したものである。

ここで、モデル作成者Aの構築したモデル情報をモデル作成者Bが引き継ぐことを考える。ある新しいエネルギーシステム導入効果の分析・評価を行う場合、評価の対象とするエネルギー需給システムについての、

- (a) モデル構造と含まれるパラメータの決定、理解、
- (b) システム境界の選定、理解、
- (c) 比較対象とするエネルギーシステムの選定、理解、

が重要となる。

(a)については、①のデータベースに加えてモデルの共有方法を検討した。多くのエネルギーシステム分析モデルは、エネルギー需給に関わる種々のプロセスを選択的に含む。そのため、多くの評価作業において共通に利用されると予想される部分のモデル情報を、必要なデータの取得・推定手法と共に随時参照可能な形で公開、共有することは有益である。この共通モデルを「ベースモデル」と呼ぶ。そして、このベースモデルに対して、各分析・評価の対象となるシステムに特化した、ベースモデルの拡張に相当する部分の情報(付加モデル)を添付する。この付加モデル情報は個々の評価結果と共に公開される。このモデル化手法はモデル構築の負担も削減する。

(b)、(c):今までゴミとして捨てられていた廃食用油からアルカリ触媒法によりバイオディーゼル燃料(BDF)を製造するシステムをとりあげ、その技術を導入した場合の二酸化炭素削減効果の推定方法を考える。ただし、ゴミとして捨てられた廃食用油についてはすべて廃棄物発電に利用されるものと仮定する(図3.4.14、モデル1)。これらの設定の下では、バイオディーゼルの収率が高いことから温室効果ガスの削減につながる結果が得られる。しかし、廃食用油の減った分だけ化石燃料を投入すると仮定すると、温室効果ガスの排出削減にはつながることが容易に示される(図3.4.14、モデル2)。また、廃棄物発電がどのような発電所の出力を代替しているかによっても、温室効果ガス排出削減量の評価結果は大きく変化する。

従来、評価作業においてこのような前提条件に関わる情報を評価結果と主に提示することには多くの注意は払われていなかった。しかし、図3.4.14に記載のいずれの関係においても、システム評価の前提条件などの情報を理解することは重要である。そのためには、モデルで考慮されているシステムの概要だけでなく、技術特性などのデータの精度、分析結果の信頼性、さらにはモデル構築の際に除外された部分の影響などについて、評価の目的に応じて効果的に伝達することが必要となる。本年度は、このモデルに基づいた評価のための標準化手法を、具体例を示すことにより提案した。

4.平成17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17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	奥村 智憲	社環	D2	炭素エアロゾルによる気候変動に及ぼす影響に関する実験的・理論的研究	700
2	野々川 満	社環	D2	定量性を持ったDNAマイクロアレイの開発	500
3	早瀬百合子	社環	D3	エネルギー・環境教育が環境配慮行動に与える影響と評価	300
4	森川 敦史	社環	D1	放射光X線顕微分光測定による個別粒子の高度分析法の開発	500
5	細谷 隆史	社環	D1	分子レベルでの木質バイオマスガス化機構の解明	700
6	周 楊平	社環	D3	原子力における公衆の知覚と承認のためのウェブベースのeラーニングフレームワーク	700
7	金 奈環	社環	D1	An Emission Inventory of Carbonaceous Particles and their Impact on Kansai Area	300
8	有本 元	基礎	D2	高分解能可視分光器を用いたヘリカル系プラズマ周辺領域の中性粒子挙動に関する研究	300
9	小林 克敏	基礎	D2	p型シリコン中におけるマクロ多孔構造の形成とそのテンプレートへの応用	700
10	西川 慶	基礎	D2	金属リチウムの電析ならびに溶解反応に伴うイオンの移動現象	500
11	長谷川哲也	基礎	D3	タンパク質表面のチロシンリン酸化-脱リン酸化を制御するバイオナノセンサーの開発	300
12	本山 宗主	基礎	D2	ニッケルナノワイヤー、及びナノチューブ配列の電気化学プロセッシング	500
13	山口 誠二	基礎	D2	電気泳動堆積を用いた新規生体環境機能性材料の開発	500
14	小林 輝明	基礎	D1	固体酸化物形燃料電池材料の開発	300
15	本島 巖	基礎	D1	ヘリオトロンJにおけるトロイダル電流の研究	500
16	北村 泰隆	変換	D3	直接燃料噴射を用いた希薄燃料によるディーゼル機関の排出物質制御に関する基礎研究	500
17	曹 恒植	変換	D3	高効率発電炉用の先進構造材料の開発研究	300
18	大屋 正義	応用	D3	LHDヘリカルコイル導体における常電導部の片側伝播現象に関する三次元数値解析	300
19	袴田 昌高	応用	D2	超低密度マイクロポラス金属の力学特性評価	300
20	下田 一哉	応用	D1	SiCナノ粒子を用いた高性能SiC/SiC複合材料の作製プロセス技術開発	500
21	七日市一嘉	生存圏	D1	アクティブ集積アンテナを応用した高効率・小型軽量マイクロ波エネルギー伝送システムの開発研究	500

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 生存圏:生存圏研究所

このような助成を始めてからの大きな変化は、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、平成15年度に助成を受けた24名の成果を調査したところ、年間で平均4.3件の論文発表(国際会議プロシーディングス含む)があり、高い水準であることを確認した。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44件のうち、以上の21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17年度採用のRAについては、採用時に能力審査で13名を厳選した。TAについては、学内経費で採択できなかった科目について、6名を採択した。

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。本年度は、外国35件、国内5件の研究発表に対して助成を行った。

4.1.4 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、昨年度までに執筆・発行した和文テキスト6分冊に加え、平成17年度は以下の英文テキスト5分冊を執筆・発行した。執筆の分担は、上から順にエネルギー科学研究科エネルギー社会・環境科学専攻、エネルギー基礎科学専攻、エネルギー変換科学専攻、エネルギー応用科学専攻、および生存圏研究所で行った。

「Advanced Seminar on Socio-Environmental Energy Science」(本文125ページ)

「Present and Future Trends of Fundamental Energy Science」(本文116ページ)

「Advanced Energy Conversion Science」(本文186ページ)

「Advanced Energy Science and Technology」(本文190ページ)

「Space Solar Power Satellite and Microwave Power Transmission」(本文102ページ)

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 バンコク拠点の活動

COEでは、太陽エネルギーなどの新エネルギー技術開発をすすめるとともに、アジア地域との連携をすすめている。特に、タイ在住の調査専門員の協力のもとで、バンコク周辺の大学との研究協力を行っている。2005年度はKMUT(キンモンクット大学)やJGSEE(エネルギー環境合同大学院大学)、RMUT(ラジャマンガラ工科大学)を訪問し、京大での研究活動を紹介するとともに、大気汚染物質サンプルの微細構造・成分調査などを共同で進めている。

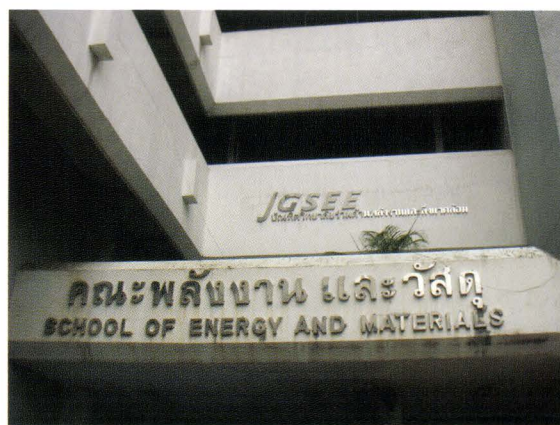


図5.1.1 KMUT内に設けられた5大学からなるエネルギー環境合同大学院大学
また、2003年11月に開設したバンコクオフィスは、バンコク市内での諸大学との連携拠点、調査研究拠点という所定の役割を果たしたことから、同じく2003年に開設した研究拠点との連携効率化のため、RMUTパトムタニー校(バンコク近郊)への移転を行った。

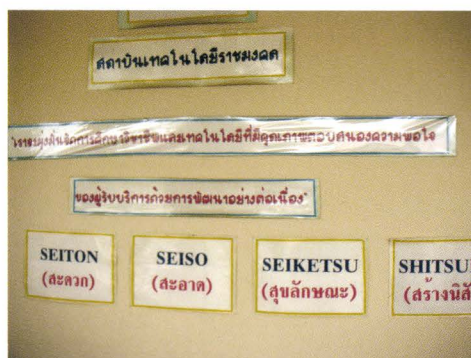


図5.1.2

(左上) RMUTパトムタニー校に設けられた研究拠点、(右上) RMUT内に移転したタイオフィス。
(左下) オフィスでの共同研究打ち合わせ、(右下) タイでも広がっている日本の5S運動。

5.2 国際エネルギーシンポジウムの開催

平成18年8月30～9月1日の3日間の予定で、京都大学時計台百周年記念館において、「環境調和型エネルギーに関する第3回国際シンポジウム(The 3rd International Symposium on Sustainable Energy System)」を開催する準備を進めている。基本的に、前2回の国際シンポジウムに準じ、著名な国内外の研究者による基調講演、本COEプログラムの研究タスクの研究進捗状況の説明の後に、スターセッションおよび太陽エネルギー(太陽光発電、宇宙太陽光発電、プラズマ)、水素エネルギー、バイオエネルギー、エネルギー評価に分かれた分科会を開催し、より専門的な視点からの研究発表および討論を行うことを予定している。

5.3 国内シンポジウム

持続可能な社会を実現するためには環境調和型エネルギーシステムを実現し、未来にわたってエネルギーの安定な供給を確保することが緊要である。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の3部局が申請した、「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」が平成14年度の文部科学省21世紀COEプログラムの研究課題として採択された。これまでに4年間に亘り、2回の国内シンポジウム(東京および京都)が開催され、それぞれに大きな研究成果を発表することができた。また、大学院生の教育活動にも大きく貢献し、エネルギー科学技術分野の第一線の人材を供給してきた。明年、3月11および12日には本研究活動の総括を世界に問うべく、「京都大学COE(E11)プログラム「環境調和型エネルギーの研究教育拠点の形成」の最終報告会」(京都大学時計台記念館)を計画し、現在、その準備に取り掛かっている。

5.4 産官学連携に関わる事業

平成17年11月24日に21COE産学連携シンポジウムを開催した(図5.1.3)。大学から21件のシーズを出展した。企業等から70名を越す参加者を得、活発な情報交換が行われた。平成18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。シーズを提供するだけに留まらず、積極的に企業のニーズに応じていく活動が、大学にとってこれから重要になっていくと思われる。産業界との連携・協力による学術研究の進展並びに社会貢献が、大学にますます求められている。

産学連携シンポジウムに先立つ10月19日～22日に中国並びにアセアン諸国との連携・拠点形成を目指して中国の広西チワン族自治区の首都南寧で開催された第2回中国-アセアン博覧会にポスター出展を行った。エネルギー科学研究科、エネルギー理工学研究所及び生存圏研究所より、英語によるもの10件、中国語によるもの1件の計11件のポスターを展示した。総勢約60名の訪問があり、活発な交流を行うことができた(図5.1.4)。

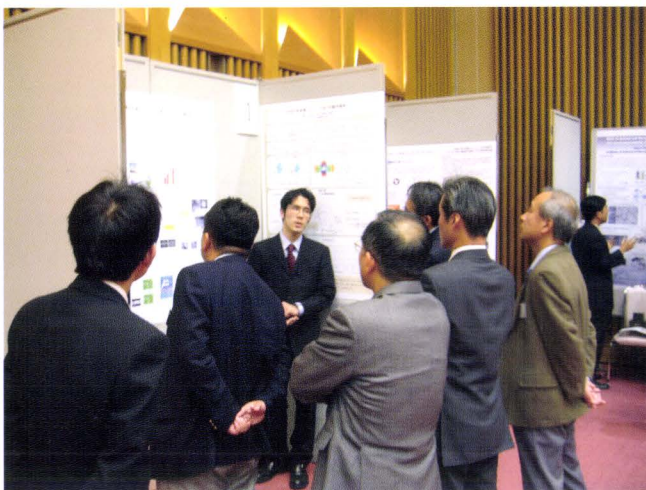


図5.1.3 産学連携シンポジウムの様子



図5.1.4 中国-アセアン博覧会会場

今後の産学連携においては、大学がシーズを提供し、その中から企業が自社のニーズに合うものを選択するだけでなく、大学側から積極的に企業のニーズに応じていくことが重要になると考えられる。COEが中心となって複数の企業に働きかけてワーキンググループ委員会を設置し、包括的な産学連携を推進して行く道筋を作る検討に入っている。

5.5 広報事業

出版物としては、本広報誌に加えてその英文版も発行し、シンポジウムや市民講座等においても配布し、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、エネルギー理工学研究所および生存圏研究所のホームページにおいて本COEに関する最新情報を逐次公開した。また、速報性に配慮したニュースレター2編を発行した。

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. April 6-9, 2005, The 3rd Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (3rd EMSES), Chaingmai, Thailand
2. 2005年7月15日(金)~16日(土)10:00-17:00 京大21COEシンポジウム「有機薄膜太陽電池の最前線」、京大会館
3. 2005年11月2日(水) 京大21COE太陽エネルギータスク講演会「光触媒技術の現状と展望」(産業技術総合研究所 埴田博史氏講演会)
4. IEA-Ferritic steels Working Group meeting, Japanese Coordinator, December 7, 2005, Santa Barbara, California, USA
5. 核融合フォーラム・炉工学・低放射化フェライト鋼サブグループH17年度第1回会合、(サブグループリーダー)平成17年6月21-22日、原研東海研、東海村
6. 核融合フォーラム・炉工学・低放射化フェライト鋼サブグループH17年度第2回会合、(サブグループリーダー)平成17年11月21日、原研計算機センター、上野
7. 核融合フォーラム・炉工学・低放射化フェライト鋼サブグループH17年度第3回会合、(サブグループリーダー)平成18年2月10日、核融合研、土岐

A.1.2 水素エネルギー

〈水素エネルギーセミナーの開催(国際セミナー)〉

回	日付	講師および講演題目
11	2005/7/7(木)	Opportunities for the beneficiation of raw materials with low-cost energy: Processing of ilmenite, PGM's and magnesium in South Africa Dr. Johan Nell (Mintek, South Africa)
12	6/22(水)	Monte Carlo simulation of electrochemistry Prof. Per Arne Rikvold (Florida State University, USA)
13	7/8(金)	-Hydrogen gas evolution under magnetic field- EQCM study on the electrodeposition of Ni-Fe alloys in a magnetic field Dr. Adrian Ispas (Dresden University of Technology, Germany) The role of magnetic forces during electrochemical reactions at microstructures Dr. Andreas Bund (Dresden University of Technology, Germany)
14	2006/2/9(木)	Incremental energy minimization approach to material instability in inelastic solids Prof. Henryk Petryk (Polish Academy of Sciences, Poland)
15	2/13(月)	Hydrogen and methane as a reductant for iron-making toward minimizing energy consumption Prof. Oleg Ostrovski (University of New South Wales, Australia)
16	2/22(水)	Chemical approaches towards catalysts for fuel cell applications Prof. Hasuck Kim (Seoul University, Korea)
17	2/20(月)	Fuel cell research at Newcastle University Dr. Eileen Yu (University of Newcastle upon Tyne, UK) Green electrochemical engineering: perspectives at Newcastle University Prof. Sudipta Roy (University of Newcastle upon Tyne, UK)

- ・日本保全学会第2回学術講演会(実行委員会委員長:松本英治)、平成17年7月8日(金)・9日(土)、京都大学百周年時計台記念館(日本保全学会、シンビオ社会研究会、京都大学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」共催)
- ・日本保全学会非破壊検査技術研究調査分科会「超音波を応用した材料と構造の健全性評価の高度化」第1回ワーキンググループ(主査:松本英治)、平成17年11月14日(月)、日本保全学会(東京)
- ・日本保全学会非破壊検査技術研究調査分科会「超音波を応用した材料と構造の健全性評価の高度化」第2回ワーキンググループ(主査:松本英治)、平成18年3月10日(金)(予定)、日本保全学会(東京)
- ・Japanese-French Seminar on Fluorine in Inorganic Chemistry and Electrochemistry 2006 (Chair: Rika Hagiwara), March 15-17, 2006, Kyoto

A.1.3 環境調和型トータルエネルギー評価

1. 評価グループ会合(2回)
2. Joint Graduate School of Energy and Environmentにおける研究交流(1回)
3. 国際ワークショップ(1回)
4. タイ国におけるバイオマス調査(2回)
5. トータルエネルギー評価ワーキンググループ会合(4回、個別ミーティングを含む)

A.2 発表論文リスト

A.2.1 太陽エネルギー

1. Y. Suzuki, S. Pavasupree, S. Yoshikawa, and R. Kawahata, "Natural Rutile-Derived Titanate Nanofibers Prepared by Direct Hydrothermal Processing," *J. Mater. Res.*, 20 [4] (2005) 1063-1070.
2. A. Kitiyanan, S. Ngamsinlapasathian, S. Pavasupree, and S. Yoshikawa, "The Preparation and Characterization of Nanostructured TiO_2 - ZrO_2 Mixed Oxide Electrode for Efficient Dye-Sensitized Solar Cells," *J. Solid State Chem.*, 178 [4] (2005) 1044-1048.
3. R. Yoshida, Y. Suzuki, and S. Yoshikawa, "Effects of Synthetic Conditions and Heat Treatment on the Structure of Partially Ion-Exchanged Titanate Nanotubes," *Mater. Chem. Phys.*, 91 [2-3] (2005) 409-416.
4. S. Pavasupree, Y. Suzuki, A. Kitiyanan, S. Pivsa-Art, and S. Yoshikawa, "Synthesis and Characterization of Vanadium Oxides Nanorods," *J. Solid State Chem.*, 178 [6] (2005) 2152-2158.
5. T. Sreethawong, S. Ngamsinlapasathian, Y. Suzuki and S. Yoshikawa, "Nanocrystalline Mesoporous Ta_2O_5 -Based Photocatalysts Prepared by Surfactant-Assisted Templating Sol-Gel Process for Photocatalytic H_2 Evolution," *J. Molecular Catal., A* 235 [1-2] (2005) 1-11.
6. R. Yoshida, Y. Suzuki, and S. Yoshikawa, "Synthesis of TiO_2 (B) Nanowires and TiO_2 Anatase Nanowires by Hydrothermal and Post-Heat Treatments," *J. Solid State Chem.*, 178 [7] (2005) 2179-2185.
7. S. Pavasupree, Y. Suzuki, S. Pivsa-Art, and S. Yoshikawa, "Preparation and Characterization of Mesoporous MO_2 (M=Ti, Ce, Zr, and Hf) Nanopowders by a Modified Sol-Gel Method," *Ceram. Int.* 31 [7] (2005) 959-963
8. T. Sreethawong, Y. Suzuki and S. Yoshikawa, "Photocatalytic Evolution of Hydrogen over Mesoporous TiO_2 Supported NiO photocatalyst Prepared by Single-step Sol-Gel Process with Surfactant Template," *Int. J. Hydrogen Energy*, 30 [10] (2005) 1053-1062.
9. S. Sakulkaemaruehthai, S. Pavasupree, Y. Suzuki, S. Yoshikawa, "Photocatalytic Activity of Titania Nanocrystals Prepared by Surfactant-Assisted Templating Method -Effect of Calcination Conditions," *Mater. Lett.*, 59 [23] (2005) 2965-2968.
10. S. Pavasupree, Y. Suzuki, S. Yoshikawa and R. Kawahata, "Synthesis of Titanate, TiO_2 (B), and Anatase TiO_2 Nanofibers from Natural Rutile Sand," *J. Solid State Chem.*, 178 [10] (2005) 3110-3116.
11. S. Pavasupree, Y. Suzuki, S. Pivsa-Art and S. Yoshikawa, "Synthesis and Characterization of Nanoporous, Nanorods, Nanowires Metal Oxides," *Sci. Tech. Adv. Mater.*, 6 [3-4] (2005) 224-229.
12. T. Sreethawong and S. Yoshikawa, "Comparative Investigation on Photocatalytic Hydrogen Evolution over Cu-, Pd-, and Au-loaded mesoporous TiO_2 Photocatalysts," *Catal. Comm.*, 6 [10] (2005) 661-668.
13. Y. Suzuki, M. Tsukatsune and S. Yoshikawa, and P. E. D. Morgan, "Uniformly Porous $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{LaPO}_4$ and $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CePO}_4$ Composites with Narrow Pore-Size Distribution," *J. Am. Ceram. Soc.*, 88 [11] (2005) 3283-3286.
14. T. Sreethawong, Y. Yamada, T. Kobayashi and S. Yoshikawa, "Catalysis of Nanocrystalline Mesoporous TiO_2 on Cyclohexene Epoxidation with H_2O_2 : Effects of Mesoporosity and Metal Oxide Additives," *J. Molec. Catal. A: Chem.*, 241 [1-2] (2005) 23-32
15. A. Kitiyanan, and S. Yoshikawa, "The Use of ZrO_2 Mixed TiO_2 Nanostructures as Efficient of Dye-Sensitized Solar Cells' Electrodes," *Mater. Lett.*, 59 [29-30] (2005) 4038-4040.
16. T. Sreethawong, Y. Suzuki and S. Yoshikawa, "Platinum-Loaded Mesoporous Titania by Single-Step Sol-Gel Process with Surfactant Template: Photocatalytic Activity for Hydrogen Evolution," *Comptes Rendus Chimie*, 9 [2] (2006) 307-314.
17. T. Sreethawong and S. Yoshikawa, "Enhanced Photocatalytic Hydrogen Evolution over Pt Supported on Mesoporous TiO_2 Prepared by Single-Step Sol-Gel Process with Surfactant Template," *Int. J. Hydrogen Energy*, in press
18. N. Koshitani, S. Sakulkaemaruehthai, Y. Suzuki, and S. Yoshikawa, "Preparation of Mesoporous Titania Nanocrystals Using Alkylamine Surfactant Templates," *Ceram. Int.*, in press
19. A. Kitiyanan, T. Kato, Y. Suzuki, and S. Yoshikawa, "The Use of Binary TiO_2 - GeO_2 Oxide Electrodes to Enhanced Efficiency of Dye-Sensitized Solar Cells," *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, in press
20. A. Kitiyanan, S. Sakulkaemaruehthai, Y. Suzuki, and S. Yoshikawa, "Structural and Photovoltaic Properties of Binary TiO_2 - ZrO_2 Oxides System Prepared by Sol-Gel Method," *Compo. Sci. Tech.*, in press.
21. T. Sreethawong, Y. Yamada, T. Kobayashi and S. Yoshikawa, "Optimization of reaction conditions for cyclohexene epoxidation with H_2O_2 over nanocrystalline mesoporous TiO_2 loaded with RuO_2 ," *J. Molec. Catal. A: Chem.*, in press
22. S. Sakulkaemaruehthai, A. Kitiyanan, and S. Yoshikawa, "Photocatalytic Activity of ZrO_2 -Doped TiO_2 Catalysts Prepared by a Surfactant-Assisted Templating Method," *J. Ceram. Proc. Res.*, in press

23. Y. Suzuki, P. E. D. Morgan, and S. Yoshikawa, "A new family of uniformly porous composites with 3-D network structure (UPC-3D): a porous $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{LaPO}_4$ in situ composite," (Proc. Cocoa Beach 2005), *Ceram. Eng. Sci. Proc.*, 26 [8] (2005) 31-35
24. S. Pavasupree, Y. Suzuki, and S. Yoshikawa, "Synthesis and Characterization of Mesoporous, Nanorods, Nanowires Metal Oxides," Proceedings of the 207th Meeting of the Electrochemical Society, No.1393, Quebec City, Canada, May 15-20, 2005, in press
25. A. Kitiyanan, T. Kato, Y. Suzuki, and S. Yoshikawa, "Improved Efficiency of Dye-Sensitized Solar Cells by Using Mixed Metal Oxide Electrodes -," No.1399, Proceedings of the 207th Meeting of the Electrochemical Society, No.1393, Quebec City, Canada, May 15-20, 2005, in press
26. T. Sreethawong, Y. Suzuki, and S. Yoshikawa, "Photocatalytic H_2 Evolution Over Mesoporous Ta_2O_5 -Based Photocatalyst Prepared by Surfactant-Assisted Templating Sol-Gel Process -," No.1379, Proceedings of the 207th Meeting of the Electrochemical Society, No.1393, Quebec City, Canada, May 15-20, 2005, in press
27. S. Pavasupree, Y. Suzuki, A. Kitiyanan, S. Pivsa-Art, and S. Yoshikawa, "Synthesis of Vanadium Oxides Nanorods and Tungsten Oxides Nanowires," Proceedings of the 208th Meeting of the Electrochemical Society, No.886, Los Angeles, California, (October 16-21, 2005) in press
28. S. Pavasupree, Y. Suzuki, S. Yoshikawa and R. Kawahata, "Synthesis of Titanate, TiO_2 (B), and Anatase TiO_2 Nanofibers from Natural Rutile Sand," Proceedings of the 208th Meeting of the Electrochemical Society, No.887, Los Angeles, California, (October 16-21, 2005) in press
29. S. Ngamsinlapasathian, A. Kitiyanan, T. Fujieda, Y. Suzuki, S. Yoshikawa, "Effects of substrates on dye-sensitized solar cell performance using nanocrystalline titania," Proceedings of the 208th Meeting of the Electrochemical Society, No.873, Los Angeles, California, (October 16-21, 2005) in press
30. Y. Suzuki, P. E. D. Morgan, and S. Yoshikawa, "A new family of uniformly porous composites with 3-D network structure (UPC-3D): Progress and Perspective," Proc. 107th Annual Meeting & Exposition of The American Ceramic Society., Baltimore, USA, April, 10-13, 2005, in press
31. Y. Suzuki, S. Pavasupree, S. Yoshikawa, and R. Kawahata, "Direct Hydrothermal Processing of Long Titanate Nanofibers from Natural Rutile," (Proc. EnCera04, Osaka, Japan, Oct.31-Nov.3, 2004) *Key Eng. Mater.*, in press
32. S. Sakulkaemaruethai, Y. Suzuki, S. Yoshikawa, "Photocatalytic Activity of Titania and Zirconia-Doped Titania Nanocrystals Prepared by Surfactant-Assisted Templating Method," (Proc.EnCera04, Osaka, Japan, Oct.31-Nov.3, 2004) *Key Eng. Mater.*, in press
33. R. Kawahata and Y. Suzuki, "Mineral Sand as a Low Cost Source of Nanomaterials," (Proc. EnCera04, Osaka, Japan, Oct.31-Nov.3, 2004) *Key Eng. Mater.*, in press
34. F.A. Harraz, K. Kamada, T. Kobayashi, T. Sakka, and Y.H. Ogata, "Random Macropore Formation in p-Type Silicon in HF-Containing Organic Solutions: Host Matrix for Metal Deposition", *J. Electrochem. Soc.*, 152 (4), C213-C220 (2005).
35. 黒川明成, 作花哲夫, 尾形幸生, "n型シリコン上へのマスクレス銅パターン形成", *表面技術*, 56 (5), 281-285 (2005).
36. D.S. Hamm, T. Sakka, and Y.H. Ogata, "Specific Deposition of Copper onto Porous Silicon", *Phys. Stat. Sol. (c)*, 2 (9), 3334-3338 (2005).
37. J.Sasano, P. Schmuki, T. Sakka, and Y.H. Ogata, "Maskless Patterning of Various Kinds of Metals onto Porous Silicon", *Phys. Stat. Sol. (a)*, 202 (8), 1571-1575 (2005).
38. V.Parkhutik, E. Rayon, E. Pastor, E. Matveeva, J. Sasano, and Y. Ogata, "Study of Oscillatory Behavior of Open-Circuit Potential of Silicon Immersed in CuSO_4/HF Solutions," *Phys. Stat. Sol. (a)*, 202 (8), 1586-1591 (2005).
39. F.A. Harraz, K. Kamada, J. Sasano, S. Izuo, T. Sakka, and Y.H. Ogata, "Pore Filling of Macropores Prepared in p-type Silicon by Copper Deposition", *Phys. Stat. Sol. (a)*, 202 (8), 1683-1687 (2005).
40. Y. H. Ogata, J. Sasano, T. Itoh, T. Sakka, E. Rayón, E. Pastor, and V. Parkhutik, "Electrochemical Oscillation of Open Circuit Potential during Immersion Plating of Copper on Silicon", *J. Electrochem. Soc.*, 152 (8), C537-C541 (2005).
41. F. A. Harraz, T. Sakka, and Y. H. Ogata, "A Comparative Electrochemical Study of Iron Deposition onto n- and p-Type Porous Silicon", *Electrochim. Acta*, 50 (27), 5340-5348 (2005).
42. Y. L. Kawamura, T. Sakka, and Y.H. Ogata, "Photo-Assisted Control of Pt Electrodeposition on p-Type Si", *J. Electrochem. Soc.*, 152 (10), C701-C705 (2005).
43. T. Sakka, K. Hirata, S. Masai, and Y. H. Ogata, "Spatial Distribution of the Species Laser-Ablated from the Target Submerged in Liquid", Proceedings of SPIE (Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers), Vol. 5713 (2005) 276-284.
44. K. Hirata, S. Masai, T. Sakka, and Y. H. Ogata, "Mechanism of Laser Ablation in Liquid Media Investigated by Using Long-Lasting Lanthanide Emission as a Probe", Proceedings of SPIE (Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers) (2005) Vol. 5713, 311-318.
45. T. Sakka, K. Saito, and Y. H. Ogata, "Laser Ablation Processing of Solid Surfaces Immersed in Water", *Novel Materials Processing by Advanced Electromagnetic Energy Sources*, ed. by S. Miyake, Elsevier, 2005, pp. 209-212. (Proceedings of the International Symposium on Novel Materials Processing by Advanced Electromagnetic Energy Sources (MAPEES'04), March. 19-22, 2004, Osaka, Japan.)
46. Heishun Zen, Toshio Fukui, Toshiteru Kii, Koichi Kusukame, Kai Masuda, Yoko Nakai, Hideaki Ohgaki, Tetsuo Yamazaki, Kiyoshi Yoshikawa, "Quantitative Evaluation of Transverse Phase Space Tomography", Proc. of the FEL2005, THPP052 (2005).
47. Koichi Kusukame, Toshio Fukui, Toshiteru Kii, Kai Masuda, Yoko Nakai, Hideaki Ohgaki, Tetsuo Yamazaki, Kiyoshi Yoshikawa, Heishun Zen, "Particle Simulations of a Thermionic RF Gun with Gridded Triode Structure for Reduction of Back-Bombardment", Proc. of the FEL2005, THPP051 (2005).

48. Toshiteru Kii, Toshio Fukui, Koichi Kusukame, Kai Masuda, Yoko Nakai, Hideaki Ohgaki, Tetsuo Yamazaki, Kiyoshi Yoshikawa, Heishun Zen, "Electron Beam Energy Compensation by Controlling RF Pulse Shape", Proc. of the FEL2005, THPP050 (2005).
49. Toshio Fukui, Toshiteru Kii, Koichi Kusukame, Kai Masuda, Yoko Nakai, Hideaki Ohgaki, Tetsuo Yamazaki, Kiyoshi Yoshikawa, Heishun Zen, "Numerical Study on the Undulator in KU-FEL", Proc. of the FEL2005, MOPP058 (2005).
50. Heishun Zen, Toshio Fukui, Toshiteru Kii, Koichi Kusukame, Kai Masuda, Yoko Nakai, Hideaki Ohgaki, Tetsuo Yamazaki, Kiyoshi Yoshikawa, "Quantitative Evaluation of Transverse Phase Space Tomography", Proc. of the 2nd Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, (2005).
51. Koichi Kusukame, Toshio Fukui, Yoko Nakai, Heishun Zen, Toshiteru Kii, Kai Masuda, Hideaki Ohgaki, Tetsuo Yamazaki, Kiyoshi Yoshikawa, "Particle Simulation of Thermionic RF Gun with Triode Structure", Proc. of the 2nd Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, (2005).
52. Yoko Nakai, Toshio Fukui, Heishun Zen, Koichi Kusukame, Toshiteru Kii, Kai Masuda, Hideaki Ohgaki, Tetsuo Yamazaki, Kiyoshi Yoshikawa, "IMPROVEMENT OF THE PERFORMANCE OF THERMIONIC RF GUN BY CONTROLLING RF POWER", Proc. of the 2nd Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, (2005).
53. Toshio Fukui, Toshiteru Kii, Koichi Kusukame, Kai Masuda, Yoko Nakai, Hideaki Ohgaki, Tetsuo Yamazaki, Kiyoshi Yoshikawa, Heishun Zen, "Numerical Study on the Undulator in KU-FEL", Proc. of the 2nd Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, (2005).
54. H. Zen, H. Ohgaki, K. Masuda, T. Fukui, K. Kusukame, Y. Nakai, T. Kii, T. Yamazaki, K. Yoshikawa, "ISSUES ON THE TRANSVERSE PHASE SPACE TOMOGRAPHY", Proc. of the 36th ICFA Advanced Beam Dynamics Workshop "NANOBEAM2005" (2005).
55. T. Yamazaki, "FRONTIERS OF LIGHT SOURCES", Proc. of the 36th ICFA Advanced Beam Dynamics Workshop "NANOBEAM2005" (2005).
56. H. Ohgaki, M.E. Couprie, G. Kulipanov, "SUMMARY OF WORKING GROUP 3B: FEL-RADIATION SOURCES", Proc. of the 36th ICFA Advanced Beam Dynamics Workshop "NANOBEAM2005" (2005).
57. Y. Iwasaki, S. Koda, T. Okajima, H. Setoyama, Y. Takabayashi, T. Tomimasu, K. Yoshida, H. Ohgaki, "The Injection System of SAGA Light Source", Proc. of the PAC2005 (2005)3007-3009.
58. S. Koda, Y. Iwasaki, T. Okajima, H. Setoyama, Y. Takabayashi, T. Tomimasu, K. Yoshida, H. Ohgaki, M. Torikoshi, "Feasibility Study on Introducing a Superconducting Wiggler on Saga Light Source", Proc. of the PAC2005 (2005)1021-1023.
59. T. Tomimasu, S. Koda, Y. Takabayashi, K. Yoshida, H. Toyokawa, H. Ohgaki, Y. Iwasaki, "Commissioning of SAGA Light Source", Proc. of the PAC2005 (2005)4021-4023.
60. H. Ohgaki, Y. Iwasaki, S. Koda, Y. Takabayashi, K. Yoshida, T. Tomimasu, H. Toyokawa, "PC-LABVIEW BASED CONTROL SYSTEM IN SAGA-LS", Proc. of the PAC2005 (2005)3976-3978.
61. H. Ohgaki, Y. Iwasaki, S. Koda, Y. Takabayashi, K. Yoshida, T. Tomimasu, H. Toyokawa, "SAGA-LS CONTROL SYSTEM USING LABVIEW-ACTIVEX CA", Proc. of the PAC2005 (2005).
62. H. Toyokawa, K. Yamada, H. Ohgaki, S. Hayashi, T. Kii, T. Yamazaki, S. Goko, "Long-Axis Fabry-Perot Cavity for Intense Laser-Compton Photon Beam", Japanese J. of Applied Phys., VOL.44, No.10 (2005) pp.7671-7676.
63. Takashi Nakajima, "Effects of laser intensity and applied electric field on coherent control of spin polarization by short laser pulses", Appl. Phys. Lett. (in press, 2006) K.Miyazaki, N.Maekawa, W.Kobayashi, N.Yasumaru, and J.Kiuchi: "Reflectivity in femtosecond-laser-induced structural changes of diamond-like carbon film", Appl. Phys. A: Materials Science and Processing, Vol.80, 17-21 (2005).
64. K. Miyazaki, M. Kaku, K. Masuda, and G. Miyaji: "High-order harmonic generation from femtosecond laser-aligned molecules, Ultrafast Phenomena XIV, eds. T. Kobayashi et al. (Springer, Berlin, 2005) pp.195-197.
65. M. Kaku, R. Morichi, G. Miyaji, and Kenzo Miyazaki: "High-Order Harmonic Generation from Femtosecond-Laser Aligned N₂, O₂ and CO₂ molecules", IQEC 2005 & CLEO-PR 2005 (Tokyo, July 11-15, 2005) pp.1036-7.
66. G. Miyaji, M. Kaku, and K. Miyazaki: "Frequency spectra in field-free revival structure of fs-laser-aligned molecules", IQEC 2005 & CLEO-PR 2005 (Tokyo, July 11-15, 2005) pp.1038-9
67. G. Miyaji, W. Kobayashi, M. Kaku, and K. Miyazaki: "Reflectivity change in femtosecond-laser-induced ablation of diamond-like carbon film", IQEC 2005 & CLEO-PR 2005 (Tokyo, July 11-15, 2005) pp.1427-8.
68. 安丸尚樹, 宮崎健創, 木内淳介:「フェムト秒レーザーによる硬質薄膜表面のナノ構造形成と制御」, レーザー研究, Vol.33, 519 - 524 (2005).
69. N. Yasumaru, K. Miyazaki, and J. Kiuchi: "Fluence dependence on femtosecond-laser-induced nanostructure formed on TiN and CrN", Appl. Phys. A: Materials Science and Processing, Vol.81, 933-937 (2005).
70. 宮崎健創, 安丸尚樹:「フェムト秒レーザーアブレーションによるナノ構造形成と表面改質」, 未来材料, Vol.5, No.9, 28 -34 (2005).
71. K. Miyazaki, M. Kaku, G. Miyaji, A. Abdurrouf, and F.H.M. Faisal, "Field-Free Alignment of Molecules Observed with High-Order Harmonic Generation", Phys. Rev. Lett. Vol.95, No.24, 243903 (2005).
72. G. Miyaji, W. Kobayashi, and K. Miyazaki: "Femtosecond-laser-induced nanostructure formation and surface modification on diamond-like carbon film", to be published in Electrochimica Acta.
73. H. Fujiwara, Y. Ueda, A. Awasthi, N. Krishnamurthy and S. P. Garg, "Determination of the standard free energies of formation for tungsten silicides by EMF measurements using lithium silicate liquid electrolyte", Journal of Alloys and Compounds, In Press, Available online 28 November 2004.
74. H. Fujiwara, Y. Ueda, A. Awasthi, N. Krishnamurthy and S. P. Garg, "Thermodynamic study on refractory metal silicides", Journal of Physics and Chemistry of Solids, In Press, Available online 7 December 2004.

75. N. Shinohara, T. Mitani, and H. Matsumoto, "Development of Phase and Amplitude Controlled Magnetron", Proc. of IVEC2005, 2005, pp.61-64
76. T. Mitani, N. Shinohara, H. Matsumoto, M. Aiga, and N. Kuwahara, "Experimental Research on Generation Mechanism of Spurious Noises from Microwave Oven Magnetron", Proc. of IVEC2005, 2005, pp. 317-320
77. O. Takechi, N. Shinohara, and H. Matsumoto, "Spatial Power Combining Oscillator Array with Band Elimination Filter Connection Method for Microwave Power Transmission", Electronics and Communications in Japan, Part 1, Vol.88, No.5, 2005, pp.1-9
78. H. Matsumoto and N. Shinohara, "Sustainable Humanosphere with Energy from Space", Proc. of RAST2005, 2005, pp.10-15
79. N. Shinohara and H. Matsumoto, "Microwave Power Transmission System with Phase and Amplitude Controlled Magnetrons", Proc. of RAST2005, 2005, pp.28-33
80. H. Usui, H. Matsumoto, and Y. Omura, "Possible Influences of SSPS on the Space Plasma Environment", Proc. of RAST2005, 2005, pp.34-38
81. N. Shinohara, Y. Hisada, M. Mori, and JAXA SSPS WG4 Team, "Request and Roadmap for Microwave Power Transmission System of Space Solar Power System (SSPS)", Proc. of IAC, 2005, IAC-05-C3.2.08.pdf
82. K. Nanokaichi, S. Kawasaki, N. Shinohara, H. Matsumoto, M. Mori, Y. Hisada, and H. Kagawa, "A Thin Unit Panel with Layered High-Power Active Integrated Antenna for Space Solar Power System", Proc. of IAC, 2005, IAC-05-C3.P.08.pdf
83. B. Shishikov, H. Matsumoto, and N. Shinohara, "Probabilistic Approach to Design of Large Antenna Arrays", Pliska Stud. Math. Bulgar., Vol.17, 2005, pp.249-269
84. A. Oida, H. Nakashima, J. Miyasaka, K. Ohdoi, H. Matsumoto, and N. Shinohara, "Development of a New Type Electric Off-Road Vehicle by Means of Microwave Power Transmission in the Air", Proc. of The 15th ISTVS International Conference, 2005
85. N. Shinohara, T. Mitani, and H. Matsumoto, "Study on Ubiquitous Power Source with Microwave Power Transmission", Proc. of URSI General Assembly, 2005, C07.5(01145)
86. K. Nanokaichi, N. Shinohara, T. Mitani, S. Kawasaki and H. Matsumoto, "Development of Waveguide-Slot-Fed Active Integrated Antenna for SSPS", Proc. of URSI General Assembly, 2005, D08.4(0950).pdf
87. B. Shishikov, H. Matsumoto, and N. Shinohara, "Probabilistic Approach to Design of Large Antenna Arrays", Proc. of URSI General Assembly, HX.5(0265).pdf, 2005
88. A. K. M. Baki, N. Shinohara, and H. Matsumoto, "Study of Frequency, Phase and Pilot Signal Receiving Antenna Spacing Error for Solar Power Satellite", Proc. of URSI General Assembly, 2005, HX.7(0903).pdf
89. T. Mitani, N. Shinohara, K. Nanokaichi, and H. Matsumoto, "Numerical Simulation on Microwave Beam Pattern of SPS / Test Satellite in Consideration of Electrical and Structural Errors", Proc. of URSI General Assembly, 2005, HXP.2(0789).pdf
90. K. Hashimoto, H. Shibata, and H. Matsumoto, "A Self-Steering Array and Its Application to Phase Synchronization of Transmitter Units and SPS", Proc. of URSI General Assembly, 2005, HX.6(01258).pdf
91. T. Mitani, N. Shinohara, H. Matsumoto, M. Aiga, N. Kuwahara, and T. Handa, "Time Domain Analysis of Noises Generated from Microwave Oven Magnetron" Electronics and communications in Japan, Part 2, Vol.88, No.10, 2005, pp.29-36
92. H. Shidara, K. Nagasaki, V. Tribaldos, Y. Nakamura, K. Sakamoto, M. Nakasuga, F. Sano, K. Kondo, T. Mizuuchi, H. Okada, S. Kobayashi and T. Obiki, "Ray Tracing Calculation of ECRH Power Absorption Profile in Heliotron J", J. Plasma Fusion Res., 81 (2005) 48-56
93. K. Nagasaki, K. Takahashi, T. Mizuuchi, N. Nishino, Y. Nishioka, H. Shidara, K. Hanatani, H. Okada, S. Kobayashi, S. Yamamoto, K. Kondo, Y. Nakamura, H. Kawazome, M. Kaneko, Y. Fukagawa, T. Obiki and F. Sano, "Experimental study of plasma breakdown by second harmonic electron cyclotron waves in Heliotron J", Nucl. Fusion 45 (2005) 13-21
94. H. Kawazome, K. Takahashi, S. Tsuboi, H. Arimoto, T. Mizuuchi, N. Nishino, H. Okada, K. Nagasaki, S. Kobayashi, S. Yamamoto, Y. Suzuki, K. Ohashi, S. Nakazawa, M. Kaneko, H. Shidara, Y. Fukagawa, S. Nishio, M. Yamada, H. Yamazaki, K. Kondo, F. Sano, "Analysis of Da spectral line shape on the carbon limiter insertion experiments in Heliotron J", J. Nucl. Mater. 490-494 (2005) 337-339
95. T. Mizuuchi, V.V. Chechkin, K. Ohashi, E.L. Sorokovoy, A.V. Chechkin, V.Yu. Gonchar, K. Takahashi, S. Kobayashi, K. Nagasaki, H. Okada, S. Yamamoto, F. Sano, K. Kondo, N. Nishino, H. Kawazome, H. Shidara, S. Kaneko, Y. Fukagawa, Y. Morita, S. Nakazawa, S. Nishio, S. Tsuboi and M. Yamada, "Edge fluctuation studies in Heliotron J", Journal of Nuclear Materials 337-339 (2005) 332-336
96. N. Nishino, K. Takahashi, H. Kawazome, Y. Fukagawa, T. Mizuuchi, K. Kondo, F. Sano, K. Nagasaki, H. Okada, S. Kobayashi and S. Yamamoto, "High-speed 2-D image measurement for plasma-wall interaction studies", Journal of Nuclear Materials 337-339 (2005) 1073-1076
97. K. Nagasaki, A. Isayama, N. Hayashi, T. Ozeki, M. Takechi, N. Oyama, S. Ide, S. Yamamoto and the JT-60 Team, "Stabilization of neoclassical tearing mode by ECCD and its evolution simulation on JT-60U tokamak", 45 Nucl. Fusion (2005) 1608-1617
98. F. Sano, T. Mizuuchi, K. Kondo, K. Nagasaki, H. Okada, S. Kobayashi, K. Hanatani, Y. Nakamura, S. Yamamoto, Y. Torii, Y. Suzuki, H. Shidara, M. Kaneko, H. Arimoto, T. Azuma, J. Arakawa, K. Ohashi, M. Kikutake, N. Shimazaki, T. Hamagami, G. Motojima, H. Yamazaki, M. Yamada, H. Kitagawa, T. Tsuji, H. Nakamura, S. Watanabe, S. Murakami, N. Nishino, M. Yokoyama, Y. Ijiri, T. Senju, K. Yaguchi, K. Sakamoto, K. Tohshi and M. Shibano, "H-mode confinement of Heliotron J", 45 Nucl. Fusion (2005) 1557-1570
99. T. Mizuuchi, F. Sano, K. Kondo, K. Nagasaki, H. Okada, S. Kobayashi, S. Yamamoto, Y. Torii, K. Hanatani, Y. Nakamura, Y. Suzuki, M. Kaneko, H. Arimoto, J. Arakawa, T. Azuma, T. Hamagami, M. Kikutake, G. Motojima, K. Ohashi, N. Shimazaki, M. Yamada, H. Yamazaki, H. Kitagawa, H. Nakamura, T. Tsuji, S. Watanabe, Y. Ijiri, T. Senju, K. Yaguchi, K. Sakamoto, K. Toshi, and M. Shibano, "Experimental Conditions for Improved Confinement Modes in Heliotron J", J. Plasma Fusion Res., 81 (2005) 949-959

100. K. Nagasaki, N. Shimazaki, T. Tsuji, T. Mizuuchi, H. Okada, S. Kobayashi, K. Sakamoto, S. Yamamoto, Y. Torii, K. Kondo, M. Kaneko, G. Motojima, H. Shidara and F. Sano, "Measurement of Absorption and Scattering of High Power EC Waves in Heliotron J", 32nd EPS Conference, June 27-July 1, 2005, Tarragona, Spain, P-4.104
101. K. Nagasaki, A. Cappa, Y. Yoshimura, Heliotron J Team, TJ-II Team and CHS Team, "Plasma Breakdown using Second Harmonic ECH in Helical Systems", 6th International Workshop on "Strong Microwaves in Plasmas", Nizhny Novgorod, Russia, July 25-August 1, 2005, H37
102. K. Nagasaki, A. Cappa, Y. Yoshimura, T. Mizuuchi, F. Sano, H. Okada, S. Kobayashi, K. Kondo, K. Takahashi, F. Castejón, F. Tabarés, A. Fernández, E. de la Cal, T. Estrada, V. Tribaldos, D. Tafalla, H. Shidara, Heliotron J Team, TJ-II Team and CHS Team, "Plasma Breakdown using Second Harmonic Electron Cyclotron Waves" (Invited talk), The 5th General Scientific Assembly of Asia Plasma & Fusion Association on Progress of Fusion Science and Technology in Asia, Ramada Plaza Hotel, Jeju, Korea, August 29-31, 2005, MI4
103. Y. Torii, H. Okada, T. Watari, J. Arakawa, H. Kitagawa, M. Yokoyama, Y. Suzuki, F. Sano, S. Yamamoto, T. Mizuuchi, K. Nagasaki, S. Kobayashi, K. Kondo, G. Motojima, R. Kumazawa, K. Saito, "Study of poloidal flow driven by ion Bernstein waves in helical confinement device", 32nd EPS Conference, June 27-July 1, 2005, Tarragona, Spain, P-4.105
104. A. Cappa, F. Castejón, K. Nagasaki, F. Tabarés, A. Fernández, E. de la Cal, and T. Estrada, "Experimental dependence of plasma breakdown on wave polarization in the TJ-II stellarator", 32nd EPS Conference, June 27-July 1, 2005, Tarragona, Spain, P-2.099
105. H. Igami, T. Notake, Y. Yoshimura, T. Shimozuma, S. Kubo, S. Inagaki, K. Nagasaki and LHD Experimental Group, "The First Experimental Result of Electron Bernstein Wave Heating in LHD", 6th International Workshop on "Strong Microwaves in Plasmas", Nizhny Novgorod, Russia, July 25-August 1, 2005, H9
106. M. Kaneko, S. Kobayashi, Y. Suzuki, T. Mizuuchi, K. Nagasaki, H. Okada, Y. Nakamura, K. Hanatani, S. Murakami, K. Kondo, and F. Sano, "Measurements of charge exchange neutral particles in Heliotron J", The 5th General Scientific Assembly of Asia Plasma & Fusion Association on Progress of Fusion Science and Technology in Asia, Ramada Plaza Hotel, Jeju, Korea, August 29-31, 2005, TP30
107. H. Arimoto, N. Nishino, T. Mizuuchi, H. Okada, K. Nagasaki, S. Kobayashi, S. Yamamoto, Y. Torii, M. Kaneko, M. Yamada, S. Watanabe, T. Azuma, J. Arakawa, K. Ohashi, M. Kikutake, N. Shimazaki, T. Hamagami, G. Motojima, H. Yamazaki, M. Uno, H. Kitagawa, T. Tsuji, H. Nakamura, S. Fujikawa, "Spectroscopic Measurement of emission from neutral particle, carbon ion, and CH molecule in Heliotron J carbon test limiter experiment", The 5th General Scientific Assembly of Asia Plasma & Fusion Association on Progress of Fusion Science and Technology in Asia, Ramada Plaza Hotel, Jeju, Korea, August 29-31, 2005, TP29
108. G. Motojima, H. Okada, Y. Nakamura, K. Y. Watanabe, F. Sano, K. Nagasaki, T. Mizuuchi, S. Kobayashi, K. Kondo, S. Yamamoto, Y. Suzuki, K. Hanatani, Y. Torii, M. Kaneko, H. Arimoto, H. Yamazaki, T. Tsuji, H. Nakamura, S. Watanabe, H. Kitagawa, H. Yabutani, S. Fujikawa, M. Uno, "Toroidal Current Analysis for Configuration Dependence in Heliotron J", The 5th General Scientific Assembly of Asia Plasma & Fusion Association on Progress of Fusion Science and Technology in Asia, Ramada Plaza Hotel, Jeju, Korea, August 29-31, 2005, TP6
109. Y. Yoshimura, T. Akiyama, M. Isobe, A. Shimizu, C. Suzuki, C. Takahashi, K. Nagaoka, S. Nishimura, H. Matsushita, T. Minami, K. Matsuoka, S. Okamura, CHS group, S. Kubo, T. Shimozuma, H. Igami, T. Notake, K. Ohkubo, K. Nagasaki, S. Kobayashi, Heliotron-J group, "Characteristics of second harmonic ECCD on CHS", The 5th General Scientific Assembly of Asia Plasma & Fusion Association on Progress of Fusion Science and Technology in Asia, Ramada Plaza Hotel, Jeju, Korea, August 29-31, 2005, TP37
110. A. Cappa, F. Castejón, K. Nagasaki, F. Tabarés, A. Fernández, D. Tafalla, E. de la Cal, T. Estrada, "Experimental dependence of ECR plasma breakdown on wave polarization in the TJ-II stellarator", 15th International Stellarator Workshop, Madrid, 3-7 October 2005, P3-06
111. T. Mizuuchi, F. Sano, K. Kondo, K. Nagasaki, H. Okada, S. Kobayashi, S. Yamamoto, Y. Torii, K. Hanatani, Y. Nakamura, Y. Suzuki, M. Kaneko, H. Arimoto, J. Arakawa, T. Azuma, T. Hamagami, M. Kikutake, G. Motojima, K. Ohashi, N. Shimazaki, M. Yamada, H. Yamazaki, H. Kitagawa, H. Nakamura, T. Tsuji, S. Watanabe, Y. Ijiri, T. Senju, K. Yaguchi, K. Sakamoto, K. Toshi, M. Shibano, "Configuration control for the confinement improvement in Heliotron J", 15th International Stellarator Workshop, Madrid, 3-7 October 2005, IT-09
112. H. Okada, Y. Torii, S. Kobayashi, M. Kaneko, J. Arakawa, H. Kitagawa, T. Mizuuchi, K. Nagasaki, Y. Suzuki, Y. Nakamura, T. Takemoto, S. Yamamoto, H. Arimoto, K. Hanatani, K. Kondo and F. Sano, "Formation and Confinement of High Energy Ions in Heliotron J", 15th International Stellarator Workshop, Madrid, 3-7 October 2005, P2-26
113. M. Kaneko, S. Kobayashi, Y. Suzuki, T. Mizuuchi, K. Nagasaki, H. Okada, Y. Nakamura, K. Hanatani, S. Murakami, K. Kondo, and F. Sano, "Fast ion dynamics of NBI plasmas in Heliotron J", 15th International Stellarator Workshop, Madrid, 3-7 October 2005, P2-23
114. G. Motojima, H. Okada, Y. Nakamura, K. Y. Watanabe, F. Sano, K. Nagasaki, S. Yamamoto, T. Mizuuchi, S. Kobayashi, K. Kondo, Y. Suzuki, K. Hanatani, Y. Torii, M. Kaneko, H. Arimoto, H. Yamazaki, T. Tsuji, H. Nakamura, S. Watanabe, H. Kitagawa, H. Yabutani, S. Fujikawa, M. Uno, "Dependence of Toroidal Current on Magnetic Field Configuration in Heliotron J", 15th International Stellarator Workshop, Madrid, 3-7 October 2005, P2-24
115. S. Yamamoto, K. Nagasaki, Y. Suzuki, T. Mizuuchi, H. Okada, S. Kobayashi, B. Blackwell, T. Fukuda, K. Kondo, G. Motojima, N. Nakajima, Y. Nakamura, C. Nührenberg, Y. Torii and F. Sano "Studies of MHD Stability in Heliotron J Plasmas", 15th International Stellarator Workshop, Madrid, 3-7 October 2005, P2-27
116. 出原敏孝、斎藤輝雄、鎌田啓一、南龍太郎、長崎百伸、伊神弘惠、佐治他三郎、立川敏明、「第6回プラズマ中の強力マイクロ波に関する国際研究集会(6th International Workshop "Strong microwaves in plasmas")報告」、プラズマ・核融合学会誌 Vol. 81, No.10 (2005) 827-830

117. T. Maekawa, Y. Terumichi, H. Tanaka, M. Uchida, T. Yoshinaga, S. Yamaguchi, H. Igami, M. Konno, K. Katsuura, K. Hayashi, Y. Abe, J. Yamada, S. Maehara, and T. Imai, "Formation of spherical tokamak equilibria by ECH in the LATE Device", *Nuclear Fusion* Vol. 45 (2005) pp.1439-1445.
118. T. Yoshinaga, M. Uchida, H. Tanaka and T. Maekawa, "Spontaneous Formation of Low-Aspect-Ratio Torus Equilibria by ECH under Steady Vertical Field", *J. Plasma Fusion Res.*, Vol. 81, No. 5, (2005) pp.333 - 334.
119. H. Tanaka, Y. Abe, K. Hayashi, J. Yamada, T. Matsumoto, T. Yoshinaga, M. Uchida, S. Yamaguchi, T. Maekawa, S. Maehara and T. Imai, "Spontaneous Formation of Spherical Tokamak by ECH on LATE", *IEEEJ Trans. FM*, Vol 125, No.11 (2005) pp.919-924.
120. M. Uchida, T. Yoshinaga, J. Yamada, Y. Abe, K. Hayashi, S. Yamaguchi, H. Tanaka and T. Maekawa, "Slow Formation of Spherical Tokamak by ECH on LATE", *IEEEJ Trans. FM*, Vol 125, No.11 (2005) pp.914-918.
121. Yasuhiro Suzuki, Hiroshi Yamada, Noriyoshi Nakajima, Kiyomasa Watanabe, Yuji Nakamura and Takaya Hayashi, "Theoretical Considerations of doublet-like configuration in LHD", *Nuclear Fusion*, Vol.46 (2006) 123-132.
122. N. Nakajima, S.R. Hudson, C.C. Hegna and Y. Nakamura, "Boundary modulation effects on MHD instabilities in heliotrons", *Nuclear Fusion*, Vol.46 (2006) 177-199.
123. Y. Nakamura, "Effects of Toroidal Field Ripples on the Bootstrap Current in Tokamaks", *Plasma Fusion Research*, to be published.
124. Y. Nakamura, N. Nakajima, K. Y. Watanabe, M. Yokoyama, "Effects of bumpy field component on the bootstrap current in L=1 helical plasmas", *Fusion Science and Technology*, to be published.
125. K. Yoshikawa, K. Masuda, Y. Yamamoto, T. Takamatsu, H. Toku, K. Nagasaki, E. Hotta, K. Yamauchi, M. Ohnishi, H. Osawa, "Research and Development of a Compact Fusion Neutron Source for Humanitarian Landmine Detection", *Proc. of 20th IAEA Fusion Energy Conference*, Vilamoura, Portugal, November 1-6, 2004, IC/P6-54 (2005) IC/P6-54, on CD-ROM.
126. T. Takamatsu, K. Masuda, K. Yoshikawa, H. Toku, K. Nagasaki, T. Kyunai, "Magnetron-Discharge-Based Ion Source for Improvement of an Inertial Electrostatic Confinement Fusion Device", *Fusion Science and Technology* 47-4 (2005) 1290-1294
127. K. Yoshikawa, K. Masuda, H. Toku, K. Nagasaki, T. Mizutani, T. Takamatsu, M. Imoto, Y. Yamamoto, M. Onishi, H. Osawa, E. Hotta, T. Khono, A. Okino, M. Watanabe, K. Yamauchi, M. Yuura, S. Shiroya, T. Misawa, and T. Mori, "Research and Development of Landmine Detection System by a Compact Fusion Neutron Source", *Fusion Science and Technology* 47-4 (2005) 1224-1228
128. H. Osawa, M. Ohnishi, and K. Yoshikawa, "Optimal Position of Ion Source for High Performance of IEC", *Fusion Science and Technology* 47-4 (2005) 1265-1269
129. A. Kimura, "Special issue on fusion blanket structural materials R&D in Japan" *Materials Transactions* 46 (2005) 383.
130. A. Kimura, "Current status of reduced-activation ferritic/martensitic steels R&D for fusion energy" *Materials Transactions* 46 (2005) 394-404.
131. A. Kimura, R. Sugano, Y. Matsushita, S. Ukai, "Thermal helium desorption behavior in advanced ferritic steels" *Journal of Physics and Chemistry of Solids* 66 (2005) 504-508.
132. A. Kimura, H.S. Cho, N. Toda, R. Kasada, H. Kishimoto, N. Iwata, S. Ukai, M. Fujiwara, "Fuel Cladding Materials R&D for High Burn-up Operation of Advanced Water-cooling Nuclear Energy Systems", *Proc. of the 2005 International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP '05)*, p. 5338, Seoul, Korea (2005).
133. R. Kasada, N. Toda, H.S. Cho, A. Kimura, "Tensile Deformation Behavior of Oxide-Dispersion Strengthened Ferritic Steels", *Proc. of the 2005 International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP '05)*, p. 5328, Seoul, Korea (2005).
134. H. Kishimoto, K. Yutani, R. Kasada, A. Kimura, "Microstructural Evolution by Heavy Damage Accumulation on High Chromium Oxide Dispersion Strengthening (ODS) Ferritic Steels", *Proc. of the 2005 International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP '05)*, p. 5465, Seoul, Korea (2005).
135. H. Kishimoto, K. Yutani, R. Kasada, A. Kimura, "Helium Cavity Formation Research on Oxide Dispersed Strengthening (ODS) ferritic steels utilizing Dual-ion Irradiation Facility", *Fusion Engineering and Design* (in press).
136. N. Y. Iwata, A. Kimura, S. Ukai, M. Fujiwara, N. Kawashima, "Characterization of Raw-powders for High-Cr Oxide Dispersion Strengthening Steels", *Proc. of the 2005 International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP '05)*, p. 5528, Seoul, Korea (2005).
137. H. S. Cho, H. Ohkubo, N.Y. Iwata, A. Kimura, S. Ukai, M. Fujiwara, "Evaluation of Susceptibility to Stress Corrosion Cracking of Oxide Dispersion Strengthening Steels in Hot Pressurized Water", *Proc. of the 2005 International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP '05)*, p. 5457, Seoul, Korea (2005).
138. H.S. Cho, A. Kimura, S. Ukai and M. Fujiwara, "Development of Fuel Clad Materials for High Burn-up Operation of LWR", 22nd Symposium on the Effects of Radiation on Materials, ASTM STP (in press).
139. S.A. Maloy, M.R. James, T.J. Romero, M.B. Toloczko, R.J. Kurtz, A. Kimura, "Tensile properties of the NLF reduced activation ferritic/martensitic steels after irradiation in a fast reactor spectrum to a maximum dose of 67 dpa", *J. Nucl. Mater.* 341 (2005) 141-147.
140. A. Kohyama, K. Abe, A. Kimura, T. Muroga, S. Jitsukawa, "Recent accomplishments and future prospects of materials R & D in Japan", *Fusion Science and Technology* 47 (2005) 836-843.
141. M. Enoeda, M. Akiba, S. Tanaka, A. Shimizu, A. Hasegawa, S. Konishi, A. Kimura, A. Kohyama, A. Sagara, T. Muroga, "Plan and strategy for ITER blanket testing in Japan", *Fusion Science and Technology* 47 (2005) 1023-1030.

142. S. Yamashita, T. Yoshitake, N. Akasaka, S. Ukai, A. Kimura, "Mechanical behavior of oxide dispersion strengthened steels irradiated in JOYO", *Materials Transactions* 46 (2005) 493-497.
143. M. Ohya, S. Shigemasa, Y. Shirai, M. Shiotsu and S. Imagawa, "Stability of superconducting wire with various surface conditions in pressurized He II (1) -Experimental results-", *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, vol.15, pp.1703-1706, 2005.
144. S. Shigemasa, M. Ohya, Y. Shirai, M. Shiotsu and S. Imagawa, "Stability of superconducting wire with various surface conditions in pressurized He II (2) -Numerical analysis-", *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, vol.15, pp.1707-1710, 2005.
145. M. Ohya, Y. Shirai, M. Shiotsu and S. Imagawa, "Effect of surface oxidation on stability of LHD conductor immersed in pressurized He II", to be published in *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*.
146. M. Ohya, Y. Shirai, M. Shiotsu and S. Imagawa, "Numerical analysis of transient transverse Hall current in LHD conductor", *Proceeding of International Conference on Electric Engineering 2005*, PS3-62, pp.1-6, 2005.
147. M. Shiotsu, T. Okamura, K. Hata, K. Hama and Y. Shirai, "Forced convection heat transfer of He I and He II at pressures up to supercritical", to be published in *Advances in Cryogenic Engineering*, vol.51.
148. J. Nishida, T. Okamura, M. Saeki, K. Hata, K. Hama, Y. Shirai and M. Shiotsu, "Transient heat transfer from a flat plate in forced flow of pressurized He II", to be published in *Advances in Cryogenic Engineering*, vol.51.
149. M. Ohya, Y. Shirai, M. Shiotsu and S. Imagawa, "Numerical analysis of dynamic one-side propagation of normal zone observed in LHD conductor", to be published in *Advances in Cryogenic Engineering*, vol.51.
150. M. Ohya, Y. Shirai, M. Shiotsu and S. Imagawa, "Numerical analysis of effect of Kapitza conductance on stability of LHD conductor cooled by He II", to be published in *Journal of Physics: Conference Series (7th European Conference on Applied Superconductivity)*.
151. M. Ohya, Y. Shirai, M. Shiotsu and S. Imagawa, "Numerical analysis of Hall current effect on stability of LHD conductor cooled by He II", to be published in *Proceeding of 15th International Toki Conference -Fusion & Advanced Technology-*.
152. Sha, J.J., Park, J.S., Hinoki, T., Kohyama, A., Yu, J., "Tensile properties and creep behavior of SiC-based fibers under various oxygen partial pressures," *Materials Science Forum*, Volume 475-479, Issue II,1333-1336, 2005
153. Yang, W., Araki, H., Thaveethavorn, S., Kohyama, A., Yu, J., Suzuki, H., Noda, T., "Advanced CVI-SiC/SiC composite with in-situ growth of SiC nanowires in the matrix as additional reinforcements," *Materials Science Forum*, Volume 475-479, Issue II, 1009-1012, 2005
154. Yang, W., Araki, H., Kohyama, A., Suzuki, H., Noda, T., "Effects of SiC sub-layer on mechanical properties of Tyranno-SA/SiC composites with multiple interlayers," *Ceramics International*, Volume 31, Issue 4, 525-531, 2005
155. Yang, W., Araki, H., Kohyama, A., Suzuki, H., Noda, T., "ETS-synthesized Hi-nicalon fiber-SiC matrix composite," *Ceramics International*, Volume 31, Issue 1, 47-52, 2005
156. Igawa, N., Taguchi, T., Nozawa, T., Snead, L.L., Hinoki, T., McLaughlin, J.C., Katoh, Y., Jitsukawa, S., Kohyama, A., "Fabrication of SiC fiber reinforced SiC composite by chemical vapor infiltration for excellent mechanical properties," *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, Volume 66, Issue 2-4, 551-554, FEB-APR 2005
157. Katoh, Y., Snead, L.L., Nozawa, T., Hinoki, T., Kohyama, A., Igawa, N., Taguchi, T., "Mechanical properties of chemically vapor-infiltrated silicon carbide structural composites with thin carbon interphases for fusion and advanced fission applications," *Materials Transactions*, Volume 46, Issue 3, 527-535, Mar 2005
158. Kohyama, A. "Current status of fusion reactor structural materials R&D," *Materials Transactions*, Volume 46, Issue 3, 384-393, Mar-2005
159. Nozawa, T., Katoh, Y., Kohyama, A. "Evaluation of tensile properties of SiC/SiC composites with miniaturized specimens," *Materials Transactions*, Volume 46, Issue 3, 543-551, Mar 2005
160. Hino, T., Hayashishita, E., Yamauchi, Y., Hashiba, M., Hirohata, Y., Kohyama, A. "Helium gas permeability of SiC/SiC composite used for in-vessel components of nuclear fusion reactor," *Fusion Engineering and Design*, Volume 73, Issue 1, 51-56, April 2005
161. Enoeda, M., Akiba, M., Tanaka, S., Shimizu, A., Hasegawa, A., Konishi, S., Kimura, A., Kohyama, A., Sagara, A., Muroga, T. "Plan and strategy for ITER blanket testing in Japan," *Fusion Science and Technology*, Volume 47, Issue 4, 1023-1030 May 2005
162. Kohyama, A., Abe, K., Kimura, A., Muroga, T., Jitsukawa, S., "Recent accomplishments and future prospects of materials R & D in Japan," *Fusion Science and Technology*, Volume 47, Issue 4, 836-843, May 2005
163. Ogiwara, H., Kohyama, A., Hinoki, T., "Synergistic effects of displacement damage and helium on microstructural evolution and radiation-induced hardening of reduced activation ferritic/martensitic steel," *Fusion Science and Technology*, Volume 47, Issue 4, 866-870, May 2005
164. Ozawa, K., Kondo, S., Hinoki, T., Jimbo, K., Kohyama, A. "Cavity swelling behavior in SiC/SiC under charged particle irradiation," *Fusion Science and Technology*, Volume 47, Issue 4, 871-875, May 2005
165. Sha, J., Park, J.-S., Hinoki, T., Kohyama, A., "Hot corrosion, oxidation and their effects on the tensile strength of SiC fiber in alkaline melts," *Materials Transactions*, Volume 46, Issue 5, 1032-1035, May 2005
166. Kondo, S., Hinoki, T., Kohyama, A. "Synergistic effects of heavy ion and helium irradiation on microstructural and dimensional change in β -SiC," *Materials Transactions*, Volume 46, Issue 6, 1388-1392, Jun 2005
167. Yang, W., Araki, H., Tang, C., Thaveethavorn, S., Kohyama, A., Suzuki, H., Noda, T. "Single-crystal SiC nanowires with a thin carbon coating for stronger and tougher ceramic composites," *Advanced Materials*, Volume 17, Issue 12, 1519-1523, Jun 2005
168. Dong, S.-M., Ding, Y.-S., Jiang, D.-L., Kohyama, A. "Effects of preparation conditions on the microstructure and properties of hot pressed SiC/SiC composites," *Wuji Cailiao Xuebao/Journal of Inorganic Materials*, Volume 20, Issue 4, 883-888, July 2005

169. Kishimoto, H., Ozawa, K., Kondo, S., Kohyama, A. "Effects of dual-ion irradiation on the swelling of SiC/SiC composites," *Materials Transactions*, Volume 46, Issue 8, 1923-1927, Aug 2005
170. Seki, S., Tsukuda, S., Maeda, K., Tagawa, S., Shibata, H., Sugimoto, M., Jimbo, K., Hashitomi, I., Kohyama, A., "Effects of backbone configuration of polysilanes on nanoscale structures formed by single-particle nanofabrication technique," *Macromolecules*, Volume 38, Issue 24, 29, 10164-10170, Nov 2005
171. Park KH, Hinoki T, Kohyama A. "Indentation induced deformation and crack behavior of P-SiC irradiated at high temperature," *ADVANCED SI-BASED CERAMICS AND COMPOSITES KEY ENGINEERING MATERIALS* 287, 489-494, 2005
172. Khan ZS, Hinoki T, Kohyama A "Microstructure of environmental barrier mullite and erbium silicate coatings on SiC-fiber bonded composites," *ADVANCED SI-BASED CERAMICS AND COMPOSITES KEY ENGINEERING MATERIALS* 287, 471-476, 2005
173. Katoh A, Nozawa T, Kotani M, Ozawa K, Kohyama A, "Microstructures and flexural properties of high temperature-pyrolyzed PIP-SiC/SiC composites," *ADVANCED SI-BASED CERAMICS AND COMPOSITES KEY ENGINEERING MATERIALS*, 287, 346-351, 2005
174. Park YH, Kim DH, Yoon HK, Kohyama A, "Fabrication and strength properties of LPS-SiC ceramics," *ADVANCED SI-BASED CERAMICS AND COMPOSITES KEY ENGINEERING MATERIALS* 287,183-188,2005
175. Kohyama A, "Advanced SiC/SiC composite materials for fourth generation gas cooled fast reactors," *ADVANCED SI-BASED CERAMICS AND COMPOSITES KEY ENGINEERING MATERIALS* 287, 16-21, 2005
176. Shibata C, Funayama Y, Fukushima K, Takahashi K, Nagao M, Haneda S, Watanabe K, Kudoh K, Kohyama A, Sasaki I "A randomized controlled trial on the anti-diarrheic effect of polycarbophil calcium after ileal J-pouch anal anastomosis for ulcerative colitis," *GASTROENTEROLOGY* 128 (4): A800-A800 Suppl. 2, Apr-2005
177. Nagao M, Shibata C, Funayama Y, Fukushima K, Takahashi K, Saijo F, Haneda S, Watanabe K, Kudoh K, Kohyama A, Sasaki I, "Does total colectomy alter motor inhibitory effect of ideal brake," *GASTROENTEROLOGY*, 128 (4): A793-A793 Suppl. 2, Apr 2005
178. Yoon HK, Park YH, Park JS, Kohyama A, "Effect of sintering additives on fabrication properties of liquid phase sintered SiC," *ADVANCES IN FRACTURE AND STRENGTH, PTS 1- 4 KEY ENGINEERING MATERIALS* 297-300: Part 1-4, 2539-2544, 2005
179. Yoon HK, Kim DH, Park WJ, Kohyama A, "Influence of specimen configuration and TIG welding on fracture toughness of RAFs (JLF-1)," *ADVANCES IN FRACTURE AND STRENGTH, PTS 1- 4 KEY ENGINEERING MATERIALS* 297-300, Part 1-4, 788-793, 2005
180. Hinoki, T., Kohyama, "Current status of SiC/SiC composites for nuclear applications," *Annales de Chimie: Science des Materiaux*, Volume 30, Issue 6,659-671, Nov 2005
181. Hun Chae Jung, Han Ki Yoon, Bu Ahn Kim, Joon Soo Park, Akira Kohyama, "Fracture Toughness of Liquid Phase Sintered SiC by Using Indentation Fracture Method," *Advances in Fracture and Strength KEM - Key Engineering Materials*, Volume 297-300, 137-143, 2005
182. Tatsuya Hinoki, Lance L. Snead and Craig A. Blue, "Development of refractory armored silicon carbide by infrared transient liquid phase processing," *Journal of Nuclear Materials*, Volume 347, Issue 3, Laser Fusion Materials 207-216, 15-Dec-2005
183. S. Konishi, "Potential Fusion Market for Hydrogen Production Under Environmental Constraints", *Fusion Science and Technology*, 47(2005), pp.1205-1209.
184. K. Noborio, Y. Yamamoto, S. Konishi, "One Dimensional Simulation of an Inertial Electrostatic Confinement Fusion Device at Low Gas Pressure Operation", *Fusion Science and Technology*, 47(2005), pp.1280-1284.
185. Y. Yamamoto, K. Noborio, S. Konishi, "Influence of the Electrode Spacing on the Performance Characteristics of Inertial Electrostatic Confinement Fusion in Low Pressure Operation", *Fusion Science and Technology*, 47(2005), pp.1285-1289.
186. Y.Ueo, T. Tomizawa, Y. Yamamoto, "Measurement of Ion Energy Distribution in a Cylindrical Inertial Electrostatic Confinement Fusion (C-IECF) Device", *Fusion Science and Technology*, 47(2005), pp.1295-1298.
187. K. Isobe, H. Nakamura, A. Kaminaga, S. Higashijima, M. Nishi, S. Konishi, M. Nishikawa, T. Tanabe, "Tritium release behavior from JT-60U vacuum vessel during air exposure phase and wall conditioning phase", *Fusion Science and Technology*, 48(2005), pp.302-305.
188. R. Hiwatari, K. Okano, Y. Asaoka, K. Tokimatsu, S. Konishi, Y. Ogawa, "Forthcoming Break-Even Conditions of Tokamak Plasma Performance for Fusion Energy Development", *Journal of Plasma and Fusion Research*, 81(2005), pp.903-916.
189. S. Konishi, K. Okano, Y. Ogawa, S. Nagumo, K. Tokimatsu and K. Tobita, "Evaluation of fusion study from socio-economic aspects", *Fusion Engineering and Design*, 75-79(2005),1151-1155.
190. 小西哲之、榎枝幹男、「エネルギー変換を行い、燃料を生産するブランケット」、連載講座「よくわかる核融合炉のしくみ」第6回、日本原子力学会誌、47(2005)、pp.488-494.
191. 飛田健次、小西哲之、時松宏治、西尾 敏、日渡良爾、「魅力ある実用化を目指した先進的技術課題」、小特集「2005年にトカマク型実用核融合炉を稼動させるために-ITERの役割とその後の課題-」、プラズマ・核融合学会誌、81(2005)、pp.875-891.

A.2.2 水素エネルギー

【著書】

1. R. Hagiwara, K. Matsumoto, Room temperature molten salts as new electrolytes, in "Fluorinated Materials for Energy Conversion," T. Nakajima and H. Groult Eds., Elsevier Science, Chapter 16, pp.349-368 (2005).

2. R. Hagiwara, K. Matsumoto, "Novel Fluoride Anion Salts," in "Electrochemical Aspects of Ionic Liquids," H. Ohno ed., John Wiley & Sons, Inc., Chapter 18, pp. 227-236 (2005).
3. 星出敏彦、他、改訂 材料強度学、日本材料学会編 (2005).
4. 琵琶志朗(分担執筆)、機械工学便覧、基礎編 α 3: 材料力学、日本機械学会編、丸善、平成17年4月(分担: 1章9節「弾性問題」、pp.9-10).

【論文】

5. K. Yasuda, T. Nohira and Y. Ito, Effect of Electrolysis Potential on Reduction of Solid Silicon Dioxide in Molten CaCl_2 , *J. Phys. Chem. Solids*, Vol. 66, pp. 443-447 (2005).
6. R. Hagiwara, T. Nohira, K. Matsumoto and Y. Tamba, A Fluorohydrogenate Ionic Liquid Fuel Cell Operating Without Humidification, *Electrochem. Solid-State Lett.*, Vol. 8, No. 4, pp. A231-A233 (2005).
7. H. Matsushima, T. Nohira, T. Kitabata and Y. Ito, A novel deuterium separation system by the combination of water electrolysis and fuel cell, *Energy*, Vol. 30, pp.2413-2423 (2005).
8. K. Yasuda, T. Nohira, K. Amezawa, Y. H. Ogata and Y. Ito, Mechanism of Direct Electrolytic Reduction of Solid SiO_2 to Si in Molten CaCl_2 , *J. Electrochem. Soc.*, Vol. 152, No. 4, pp. D69-D74 (2005).
9. T. Nohira, H. Kambara, K. Amezawa and Y. Ito, Electrochemical Formation and Phase Control of Pr-Ni Alloys in a Molten LiCl-KCl-PrCl_3 System, *J. Electrochem. Soc.*, Vol. 152, No. 4, pp. C183-C189 (2005).
10. T. Murakami, T. Nohira, Y. H. Ogata and Y. Ito, Electrolytic Ammonia Synthesis in Molten Salts under Atmospheric Pressure Using Methane as a Hydrogen Source, *Electrochem. Solid-State Lett.*, Vol. 8, No. 4, pp. D12-D14 (2005).
11. T. Murakami, T. Nishikiori, T. Nohira and Y. Ito, Investigation on The Anodic Reaction of The Electrolytic Ammonia Synthesis in Molten Salts under Atmospheric Pressure, *J. Electrochem. Soc.*, Vol. 152, No. 5, D75-D78 (2005).
12. H. Nakajima, T. Nohira and Y. Ito, Electrochemical Impedance Spectroscopy Study of Hydrogen Electrode Reaction at a Zn Electrode in a Molten LiCl-KCl-LiH System, *J. Phys. Chem. B*, Vol. 109, pp. 9645-9650 (2005).
13. H. Nakajima, T. Nohira and R. Hagiwara, Electrodeposition of Metallic Tungsten in $\text{ZnCl}_2\text{-NaCl-KCl-WCl}_4$ Melt at 250 °C, *Electrochem. Solid-State Lett.*, Vol. 8, No. 7, pp. C91-C94 (2005).
14. T. Murakami, T. Nohira, Y. H. Ogata and Y. Ito, Electrochemical Synthesis of Ammonia and Coproduction of Metal Sulfides from Hydrogen Sulfide and Nitrogen under Atmospheric Pressure, *J. Electrochem. Soc.*, Vol. 152, No. 6, D109-D112 (2005).
15. T. Murakami, T. Nishikiori, T. Nohira and Y. Ito, Electrolytic Ammonia Synthesis from Hydrogen Chloride and Nitrogen Gases with Simultaneous Recovery of Chlorine under Atmospheric Pressure, *Electrochem. Solid-State Lett.*, Vol. 8, No. 8, pp. D19-D21 (2005).
16. T. Nohira, D. Miura and Y. Ito, Novel electrochemical method of SiH_4 synthesis in molten LiCl-KCl systems, Part I: Reaction mechanism and an approach to a continuous SiH_4 evolution, *Electrochemistry*, Vol.73, No. 8, pp. 692-699 (2005).
17. T. Nohira, D. Miura and Y. Ito, Novel electrochemical method of SiH_4 synthesis in molten LiCl-KCl systems, Part II: Advantages of Si-Cu alloy anode, *Electrochemistry*, Vol.73, No. 8, pp. 700-705 (2005).
18. H. Nakajima, T. Nohira and Y. Ito, Dissolution of Hydrogen in Molten LiCl-KCl , *Electrochemistry*, Vol.73, No. 8, pp. 733-735 (2005).
19. T. Tsuda, C. L. Hussey, T. Nohira, Y. Ikoma, K. Yamauchi, R. Hagiwara and Y. Ito, Anodic Hydrogen Electrode Reaction in Aluminum Chloride-1-Ethyl-3-methylimidazolium Chloride Ionic Liquids, *Electrochemistry*, Vol.73, No. 8, pp. 644-650 (2005).
20. K. Yasuda, T. Nohira, Y. H. Ogata and Y. Ito, Electrochemical window of molten LiCl-KCl-CaCl_2 and the Ag^+/Ag reference electrode, *Electrochimica Acta*, Vol. 51, pp. 561-565 (2005).
21. K. Yasuda, T. Nohira, Y. H. Ogata and Y. Ito, Direct Electrolytic Reduction of Solid Silicon Dioxide in Molten LiCl-KCl-CaCl_2 at 773 K, *J. Electrochem. Soc.*, Vol. 152, No. 11, pp. D208-D212 (2005).
22. K. Yasuda, T. Nohira, K. Takahashi, R. Hagiwara and Y. H. Ogata, Electrolytic Reduction of a Powder-Molded SiO_2 Pellet in Molten CaCl_2 and Acceleration of Reduction by Si Addition to the Pellet, *J. Electrochem. Soc.*, Vol. 152, No. 12, pp. D232-D237 (2005).
23. H. Nakajima, T. Nohira, R. Hagiwara, K. Nitta, S. Inazawa and K. Okada, Electrodeposition of Metallic Molybdenum Films in $\text{ZnCl}_2\text{-NaCl-KCl-MoCl}_5$ Systems at 250°C, *J. Rare Earths*, Vol. 23, Spec. Issue, pp.16-20 (2005).
24. T. Murakami, T. Nohira, T. Goto, Y. H. Ogata and Y. Ito, Electrolytic ammonia synthesis from water and nitrogen gas in molten salt under atmospheric pressure, *Electrochimica Acta*, 50, pp. 5423-5426 (2005).
25. K. Kobayashi, H. Nakajima, T. Goto and Y. Ito, Thermodynamic investigations of nitrogen electrode in a LiCl-KCl-CsCl melt, *Journal of The Electrochemical Society*, 152, pp. E207-E211 (2005).
26. K. Kobayashi; H. Nakajima; T. Goto, and Y. Ito, "Thermodynamics of the N_2/N_3^- Redox Couple in a LiBr-KBr-CsBr Melt", *Journal of Physical Chemistry B*, 109, pp. 23972-23975 (2005).
27. T. Goto, T. Iwaki and Y. Ito, Electrochemical formation of AlN in molten $\text{LiCl-KCl-Li}_3\text{N}$ systems, *Electrochimica Acta*, 50, pp 1283-1288 (2005).
28. T. Goto and Y. Ito, Electrochemical nitriding of Sn in $\text{LiCl-KCl-Li}_3\text{N}$ systems, *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 66, pp. 418-421 (2005).
29. K. Toyoura, H. Tsujimura, T. Goto, K. Hachiya, R. Hagiwara and Y. Ito, Optical properties of zinc nitride formed by molten salt electrochemical process, *Thin Solid Films*, 492, pp 88-92 (2005).
30. K. Toyoura, T. Goto, K. Hachiya and R. Hagiwara, Structural and optical properties of magnesium nitride formed by a novel electrochemical process, *Electrochimica Acta*, 51, pp. 56-60 (2005)
31. Y. Ito and T. Goto, Electrochemistry of nitrogen and nitrides in molten salts, *Journal of Nuclear Materials*, 344, pp. 128-135 (2005).

32. R. Fujita, H. Nakamura, K. Mizuguchi, M. Sato, T. Shibano, Y. Ito, T. Goto, T. Terai and S. Ogawa, Zirconium recovery process for spent zircaloy components from light water reactor (LWR) by electrorefining in molten salts, *Electrochemistry*, 73, pp. 751-753 (2005).
33. K. Matsumoto, R. Hagiwara, Z. Mazej, E. Goreschnik, B. Z...emva, Anomalous large formula unit volume and its effect on the thermal behavior of LiBF_4 , *J. Phys. Chem. (B)*, 110, No. 5, 2138-2141 (2006).
34. H. Yoshino, K. Matsumoto, R. Hagiwara, Y. Ito, K. Oshima, S. Matsubara, Fluorination with ionic liquid EMIMF (HF) 2.3 as mild HF source, *J. Fluor. Chem.*, 127, No. 1, 29-35 (2006).
35. K. Matsumoto, R. Hagiwara, A new room temperature ionic liquid of oxyfluorometallate anion:1-ethyl-3-methylimidazolium oxypentafluorotungstate (EMImWOF_5), *J. Fluor. Chem.*, 126, No. 7, 1095-1100 (2005).
36. S. Shiraishi, N. Nishina, A. Oya, R. Hagiwara, Electric double layer capacitance of activated carbon fibers in ionic liquid: EMIMBF₄, *Electrochemistry*, 73(8), 593-596 (2005).
37. K. Matsumoto, R. Hagiwara, Physical and electrochemical properties of a room temperature molten salt: 1-ethyl-2,3-dimethylimidazolium fluorohydrogenate, *Electrochemistry*, 73(8), 730-732, (2005).
38. T. Kobayashi, H. Watanabe, M. Hibino, T. Yao, Electrical conductivity of $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{Sc}_{1-y}\text{Zr}_y\text{O}_{3-\delta}$ with defective perovskite structure, *Solid State Ionics*, 176(31-34), 2439-2443, 2005.
39. S. Asahara, D. Michiba, M. Hibino, T. Yao, Single Chamber Solid Oxide Fuel Cell using $\text{BaLaIn}_2\text{O}_{5.5}$ Solid Electrolyte, *Electrochem. Solid State Lett.*, 8(9), A449-A451, 2005.
40. M. Hibino, N. Ozawa, T. Murakami, M. Nakamura, T. Yao, Lithium Insertion and Extraction of Cobalt Vanadium Oxide CoV_3O_8 , *Electrochem. Solid State Lett.*, 8(10), A500-A503, 2005
41. M. Hibino, H. S. Zhou, I. Honma, Electrode properties of manganese oxide synthesized by sonochemical method in non-aqueous system, *J. Power Sources*, 146(1-2), 304-309, 2005.
42. S. Zhu, H.S. Zhou, M. Hibino, I. Honma, M. Ichihara, Synthesis of MnO_2 nanoparticles confined in ordered mesoporous carbon using a sonochemical method, *Advanced Functional Materials*, 15(3), 381-386, 2005.
43. H. Kawaoka, M. Hibino, H.S. Zhou, I. Honma, Optimization of Sonochemical Synthesis Condition of Manganese Oxide /Acetylene Black Nanocomposite for High Power Lithium Ion Batteries, *J. Electrochem. Soc.*, 152(6), A1217-A1220, 2005.
44. H. Kawaoka, M. Hibino, H.S. Zhou, I. Honma, Enhancement of specific capacity of manganese oxide/carbon composite synthesized by sonochemical method, *Electrochem. Solid State Lett.*, 8 (5): A253-A255 2005.
45. H. S. Zhou, D. L. Li, M. Hibino, I. Honma, A Self-Ordered, Crystalline-Glass, Mesoporous Nanocomposite for Use as a Lithium-Based Storage Device with Both High Power and High Energy Densities, *Angew. Chem. Int.*, 44, 797-802, 2005.
46. H. Kawaoka, M. Hibino, H. Zhou, I. Honma, Nanostructure and high-rate discharge/charge property of manganese oxide/acetylene black nanocomposite synthesized by sonochemical method, *Solid State Ionics*, 176(5-6), 621-627, 2005
47. R. O. Suzuki, M. Baba and K. Yamamoto, "Broccoli-like Powder of Ta and Nb by Ca Reduction of Their Oxides", *Proc. 7th Int. Symp. on Molten Salts Chem. & Techn.*, (29Aug-02Sept. 2005, Toulouse, France), vol.2, pp.1063-66.
48. R. O. Suzuki and H. Kitagawa, "Direct Synthesis of TiCr_2 Powder by Calciothermic Co-reduction of their Oxides in Molten CaCl_2 ", *Electrochemistry*, 73 [8] (2005) pp.724-729.
49. M. Baba and R. O. Suzuki, "Dielectric Properties of Tantalum Powder with Broccoli-like Morphology", *J. Alloys and Comp.*, 392[1-2](2005) pp.225-230.
50. S-I.Toda, R. O. Suzuki, K.Kondo, S.Nakai, S.Yoshikawa and K.Tamayama, "Power Generation with Fe_2VAl modules using Sodium Heat Source", *Proc. 23rd Intern. Conf. on Thermoelectrics*, (25-29 August 2004, Adelaide, Australia) The Inst. Elect. Eng. (IEEE) (2004) #042, pp.1-4.
51. R. O. Suzuki, D. Tanaka and S-I.Toda, "Simulation of Thermoelectric Power Generation with Cylindrical Multi-Tubes", *Proc. 23rd Intern. Conf. on Thermoelectrics*, (25-29 August 2004, Adelaide, Australia) The Inst. Elect. Eng. (IEEE) (2004) #006, pp.1-4.
52. R. O. Suzuki, M. Baba, Y. Ono and K. Yamamoto, "Formation of Broccoli-like Morphology of Tantalum Powder", *J. Alloys and Comp.*, 389[1-2](2005) pp.310-316.
53. Saguchi, K. Asabe, T. Fukuda, W. Takahashi, R. O. Suzuki, "Recycling of Rare Earth Magnet Scraps; Carbon and Oxygen Removal from Nd Magnet Scraps", *J. Alloys and Comp.*, pp.1377-1381.
54. K. Tatemoto, Y. Ono and R. O. Suzuki, "Silicide Coating on Refractory Metals in Molten Salt", *J. Phys. Chem. Solids*, Vol.66[2-4] (2004) pp.526-529.
55. M. Baba, Y. Ono and R. O. Suzuki, "Tantalum and Niobium Powder Preparation from Their Oxides by Calciothermic Reduction in the Molten CaCl_2 ", *J. Phys. Chem. Solids*, 66[2-4] (2004) pp.466-470.
56. R. O. Suzuki, "Calciothermic Reduction of TiO_2 and in-situ Electrolysis of CaO in the Molten CaCl_2 ", *J. Phys. Chem. Solids*, 66[2-4] (2004) pp.461-465.
57. R. O. Suzuki, "OS Process - Thermochemical Approach to Reduce Titanium Oxide in the molten CaCl_2 ", *Proc. Yazawa Intern. Symp. on Metallurgical and Materials Processing: Principles and Technologies*, (2-6 March 2003, San Diego CA, USA) "Aqueous and Electrochemical Processing", Vol.3, ed. by F. Kongoli, K. Itagaki, C.Yamauchi and H.Y.Sohn, The Minerals, Metals & Materials Society, Warrendale, PA, USA (2003) pp.187-199.
58. M. Hakamada, Y. Yamada, T. Nomura, H. Kusuda, Y. Chen and M. Mabuchi, Effect of sintering temperature on compressive properties of porous aluminum produced by spark plasma sintering, *Mater. Trans.* 46(2), pp. 186-188, 2005.
59. M. Hakamada, T. Nomura, Y. Yamada, Y. Chino, Y. Chen, H. Kusuda and M. Mabuchi, Compressive deformation behavior at elevated temperatures in a closed-cell aluminum foam, *Mater. Trans.* 46(7), pp. 1677-1680, 2005.
60. M. Hakamada, T. Nomura, Y. Yamada, Y. Chino, H. Hosokawa, T. Nakajima, Y. Chen, H. Kusuda and M. Mabuchi, Compressive properties at elevated temperatures of porous aluminum processed by the spacer method, *J. Mater. Res.* 20(12), pp. 3385-3390, 2005.

61. M. Hakamada, Y. Yamada, T. Nomura, Y. Chen, H. Kusuda and M. Mabuchi, Fabrication of porous aluminum by spacer method consisting of spark plasma sintering and sodium chloride dissolution, *Mater. Trans.* 46 (12), pp. 2624-2628, 2005.
62. T. Kishimoto, M. Hasegawa K. Ohnuki T. Sawai and M. Iwase, The Activities of Fe_xO in $[CaO-SiO_2-Al_2O_3-MgO-Fe_xO]$ slags at 1723 K, *Steel Research International*, 2005, no.5, vol.76, pp.341/347.
63. M. Iwase, A. McLean, K. Katogi, Y. Kikuchi and K. Wakimoto, Evaluation and Control of Iron and Steelmaking Slags Through Electrochemical FeO Sensor, *Steel Research International*, 2005, vol. 76, no.4, pp.305.
64. Y. Kaida, M. Hasegawa Y. Kikuchi, K. Wakimoto and M. Iwase, A New Experimental Technique For Determinations of The Activities of P_2O_5 and Fe_xO - the system $CaO-P_2O_5-Fe_xO$. *Metallurgical and Materials Transactions B*, 2005, pp.43/51.
65. Iso-bayashi, M. Hasegawa, M. Naito and M. Iwase, Activities of Fe_xO within Four-Phase Assemblages of the System $CaO-SiO_2-MgO-Fe_xO$, *ISIJ International*, 2004, vol.44, no.12, pp.2093/2099.
66. M. Iwase, K. Katogi, K. Wakimoto and A. McLean, A Thermodynamic study toward minimizing steelmaking slag volume with FeO sensor, *Proceedings of the 10-th Japan-China Symposium on Science and Technology of Iron and Steel*, held at Makuhari, Chiba, Japan, 2004, November 18-19, pp.154/161.
67. H. Hayakawa, M. Hasegawa, K. Oh-nuki, T. Sawai and M. Iwase, Sulfide Capacities of $CaO-SiO_2-Al_2O_3-MgO$ slags, *Steel Research International*, 2006, vol.77, no.1, pp.14/20.
68. H. Amini, M. P. Brungs, O. Ostrovski and M. Iwase, Developments of CaF_2 -free steelmaking fluxes. *Proceedings of Australia-Japan Iron and Steelmaking Symposium*, held at Sydney, July 22-23, 2004, no.13, pp. 1-112.
69. H. Toyota, M. Hasegawa, S. Oh-yama, K. Wakimoto, T. Ariyama, M. Asanuma, and M. Iwase, Reaction between $CaO-SiO_2-Al_2O_3$ slags and $H_2 + HCl + H_2O$ gas mixtures, *Steel Research International*, 2006 in press.
70. T. Matsuda, A. Ike-mura, M. Hasegawa, Y. Tanaka, K. Wakimoto, T. Ariyama and M. Iwase, Innovative Utilization of Waste Wood, Plastic and Paper in Ironmaking, *Proceedings of John Floyd Symposium on Sustainable Development ion Metals Processing*, July, 3-5, 2005, Melbourne, Australia, Edited by M. Nilmani and W. J. Rankin, pp.143/150.
71. 川那辺洋, 塩路昌宏, 炭化水素燃料の燃焼特性に及ぼす水素混合の作用, *日本機械学会論文集(B編)*, 71巻, 704号(2005-4) 1177-1182.
72. Y. Nakai, A. Mohammadi, M. Shioji, and W. Ishikura, Experimental Study on Performance and Combustion of a Direct-Injection SI Hydrogen Engine, *13th International Pacific Conference on Automotive Engineering*, (2005-8), 1-4.
73. Mohammadi, S.-S. Kee, T. Kakuta, T. Matsumoto, T. Ishiyama and M. Shioji, Utilization of Ethanol Blend Fuels in Diesel and PCCI Combustion, *18th International Combustion Engine Symposium (International)*, CD-ROM (2005-12), 1-6.
74. M. Shioji, A. Mohammadi, Y. Nakai, W. Ishikura and E. Tabo, Performance and Combustion Characteristics of a Direct Injection SI Hydrogen Engine, *18th International Combustion Engine Symposium (International)*, CD-ROM (2005-12), 1-6.
75. 塩路昌宏, 松井祐樹, 梶原林太郎, モハンマディ アリ, 水素および天然ガス非定常噴流の点火・燃焼特性に関する研究, *自動車技術会論文集*, Vol.37, No.1 (2006-1), 13-18.
76. H. Matsushima, Y. Fukunaka, H. Yasuda and S. Kikuchi, Phenomenological Discussion of Fe and Co Film Electrodeposited in a Magnetic Field, *ISIJ INTERNATIONAL* 45 (7), 1001-1004 (2005).
77. K. Nishikawa: Y. Fukunaka; T. Sakka; Y. H. Ogata; J R Selman, Ionic Mass Transfer during Electrochemical Dissolution of Li Metal in PC Electrolyte Solution, *J. Electroanalytical Chemistry*, 584, 63-69(2005).
78. M. Motoyama, Y. Fukunaka, and S. Kikuchi, Bi Electrodeposition under Magnetic Field, *Electrochim. Acta*, 51, 897-905 (2005).
79. M. Motoyama, Y. Fukunaka, T. Sakka, Y. H. Ogata, S. Kikuchi, Electrochemical Processing of Cu and Ni Nanowire Arrays, *J. Electroanalytical Chemistry*, 584, 84-91 (2005).
80. Krzysztof Golos, Bogdan Wasiluk and Toshihiko Hoshide, "The crack Propagation Model for Elastic-Plastic Materials", *Machine Dynamics Problems*, Vol. 29, No. 1, pp. 25-30 (2005).
81. Shoji Imatani, Kojiro Hatada and Gérard A. Maugin, Finite Element Analysis of Crack Problems for Strain Gradient Material Model, *Philosophical Magazine*, Vol. 85, No.33-35 (2005) pp.4245-4256.
82. 橋村知, 松本英治, 高分子圧電フィルムを用いた亀裂及び背面欠陥の検出, *日本AEM学会誌*, Vol. 13, No. 1, pp.50-55 (2005)..
83. Takaaki Suzuki and Eiji Matsumoto, Comparison of Jiles-Atherton and Preisach models extended to stress dependence in magnetoelastic behaviors of a ferromagnetic material, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol.161, 141-145, 2005
84. T. Suzuki and E. Matsumoto, Accurate Model of Ferromagnetic Materials for Optimal Design of Giant Magnetostrictive Actuator, *JSAEM Studies in Applied Electromagnetic and Mechanics*, Vol.15, 151-158 (2005).
85. S. Biwa, A. Suzuki and N. Ohno, Evaluation of interface wave velocity, reflection coefficients and interfacial stiffnesses of contacting surfaces, *Ultrasonics*, Vol.43, No.6 (2005), pp.495-502.

【解説・総説】

86. 山口誠, 山口雅憲, 鈴木亮輔, 新製錬の最新動向2005秋, *チタン*, 54 [I] (2006) pp.78-82.
87. 塩路昌宏, エンジン解析: 乱流混合と着火・燃焼のモデリング, *自動車技術*, Vol.59, No.4, (2005), pp.27-30.
88. 塩路昌宏, 水素燃焼エンジン, 最新の水素技術Ⅲ (日本工業出版), 74号(2005) pp.120-122.
89. 塩路昌宏, 水素エネルギー社会へのロードマップ, *エンジンテクノロジー*, Vol.7, No.6, (2005-12), pp.9 -13.
90. 塩路昌宏, 天然ガス自動車をはじめとするクリーンエネルギー自動車の役割と展望, *NGV Forum会報*, Vol.48(2005) pp.6-10.

【基調講演・招待講演】

91. R. Hagiwara, K. Matsumoto, T. Nohira, Y. Tamba, T. Shimada, Electrochemical applications of room temperature molten fluorohydrogenates, *The Japan-France Joint Seminar on Fluorine Chemistry*, July 21-22, Kyoto, pp.13-14.

92. R.Hagiwara, K. Matsumoto, T. Nohira, Y. Tamba, Z. Mazej, B.Zemva, Room temperature ionic liquid fluoride, 17th International Symposium on Fluorine Chemistry, July 24-29, Shanghai, pp.65.
93. T. Nohira, T. Shimada, R. Hagiwara, A fluorohydrogenate fuel cell: a new type of fuel cell operable at intermediate temperature without humidification, Japanese-French Seminar on Fluorine in Inorganic Chemistry and Electrochemistry 2006, March 15-17, Kyoto
94. R. Hagiwara, K. Matsumoto, Studies on some fluorocomplex salts for electrochemical applications, ACS 231st spring national meeting, March 26-30, Atlanta, USA.
95. R. Hagiwara, T. Nohira, K. Matsumoto, T. Shimada, T. Fujinaga, J. Otsuki, R. Ueno, Chemical and electrochemical applications of ionic liquid fluorohydrogenates, ACS 231st spring national meeting, March 26-30, Atlanta, USA.
96. R. O. Suzuki, "OS Process - Thermochemical Approach to Reduce Titanium Oxide in the molten CaCl₂", Proc. Yazawa Intern. Symp. on Metallurgical and Materials Processing: Principles and Technologies, (2-6 March 2003, San Diego CA, USA)
97. R. O. Suzuki, D. Tanaka and S-I.Toda, "Simulation of Thermoelectric Power Generation with Cylindrical Multi-Tubes", Proc. 23rd Intern. Conf. on Thermoelectrics, (25-29 August 2004, Adelaide, Australia).
98. R. O. Suzuki, "OS process: Calciothermic reduction of metal oxides in molten CaCl₂", Kyoto International Forum for Energy and Environment (KIFEE), 2nd International Workshop on Environment, Energy and Materials, 5-7 Oct. 2005, Neesima-Kaikan, Doshisha University, Kyoto Japan.
99. 鈴木亮輔, "溶融塩化カルシウム中でのカルシウム還元", 溶融塩委員会, 2006年2月3日 電気化学会(東京).
100. 鈴木亮輔, "溶融塩化カルシウムを用いたチタン製錬", 西山記念賞受賞講演, 日本鉄鋼協会2006年第151回春季講演大会 2006年3月21日, 早稲田大学(東京).
101. 塩路昌宏, 水素社会へのロードマップ(基調講演), 日本機械学会関西支部第80期定期総会講演会, 講演論文集No.054-1, (2004-9) pp. 51-52.
102. 塩路昌宏, 京都議定書発効とNGV, 天然ガス自動車フォーラム, (2005).
103. M. Shioji, Production and Utilization of Sustainable Energy, Comprehensive Seminar on Social and Research State-of-the-Art and Future Issues of Environmental Science, Engineering & Ethics Groups/ JSPS-VCC Core University Program "Environmental Science" (2005-11).

A.2.3 バイオエネルギー

【原著論文】

1. Katsunobu Ehara, Shiro Saka (2005) Decomposition behavior of cellulose in supercritical water, subcritical water, and their combined treatments, *J. Wood Sci.* 51 (2), pp.148-153.
2. Kei Yoshida, Junko Kusaki, Katsunobu Ehara, Shiro Saka (2005) Characterization of low molecular weight organic acids from beech wood treated in supercritical water, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, Executive Editor: Ashok Mulchandani, Humana Press, Vol.123, pp.795-806.
3. Hisashi Miyafuji, Toshiki Nakata, Katsunobu Ehara, Shiro Saka (2005) Fermentability of water-soluble portion to ethanol obtained by supercritical water treatment of lignocellulosics, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, Executive Editor: Ashok Mulchandani, Humana Press, Vol.124, pp.963-971.
4. Katsunobu Ehara, Daishi Takada, Shiro Saka (2005) GC-MS and IR spectroscopic analyses of the lignin-derived products from softwood and hardwood treated in supercritical water, *J. Wood Sci.* 51 (3), pp.256-261.
5. Eiji Minami, Shiro Saka (2005) Decomposition behavior of woody biomass in water-added supercritical methanol, *J. Wood Sci.* 51 (4), pp.395-400.
6. Shinya Saito, Wataru Hatanaka, Haruo Kawamoto and Shiro Saka (2006) Catalytic pyrolysis of cellulose in sulfolane with some acidic catalysts, *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, in press.
7. Haruo Kawamoto and Shiro Saka (2006) Heterogeneity in cellulose pyrolysis indicated from the pyrolysis in sulfolane, *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, in press.
8. Eiji Minami, Shiro Saka (2005) Biomass resources present in Japan —annual quantities grown, unused and wasted, *Biomass and Bioenergy* 29 (5), pp.310-320.
9. S. Watanabe, T. Kodaki, and K. Makino (2005) Complete reversal of coenzyme specificity of xylitol dehydrogenase and increase of thermostability by the introduction of structural zinc. *J. Biol. Chem.*, 280, pp10340-10349.
10. S. Watanabe, T. Kodaki, and K. Makino (2006) Cloning, Expression and Characterization of Bacterial L-Arabinose 1-Dehydrogenase Involved in an Alternative Pathway of L-Arabinose Metabolism. *J Biol. Chem.* 281, 2612-2623.
11. T. Konno, T. Morii, A. Hirata, S. Sato, H. Naiki, S. Oiki, and K. Ikura (2005) Covalent blocking of amyloid formation and protein aggregation by transglutaminase-catalyzed intra-molecular cross-linking. *Biochemistry*, 44, pp.2072-2079.
12. A. Hirata, M. Ueno, Y. Aizawa, K. Ohkubo, T. Morii, S. Yoshikawa (2005) Dual DNA recognition codes of a short peptide derived from the basic leucine zipper protein EmBP1. *Bioorg. Med. Chem.*, 13, pp.3107-3116.
13. T.Konno, T. Morii, H. Shimidzu, S. Oiki, K. Ikura (2005) Paradoxical inhibition of protein aggregation and precipitation by transglutaminase-catalyzed intermolecular cross-linking. *J. Biol. Chem.*, 28, pp.17520-17525.
14. T. Hasegawa, S. Yoshikawa, T. Morii (2005) Ribonucleopeptides recognize the phosphotyrosine residue. *Nucleic Acids Res. Symp. Ser.*, 49, pp.79-80.
15. M. Fukuda, Y. Tanabe, T. Morii (2005) Stepwise functionalization of ribonucleopeptide complexes to receptors and sensors. *Nucleic Acids Res. Symp. Ser.*, 49, pp.355-356.
16. H. Ihara, M. Takafuji, T. Sakurai, H. Tsukamoto, A. Shundo, T. Sagawa, S. Nagaoka (2004) Facile Enantiomer Analysis by Combination of N-Dansyl Amino Acid as Diastereomerizer and Molecular-Shape Recognitive RP-HPLC Using Comb-Shaped Polymer-Immobilized Silica. *J. Liq. Chromatogr. & Rel. Technol.*, 27, pp.2561-2572.

17. T. Yamada, M. Derakhshan, H. R. Ansarian, M. Takafuji, H. Hachisako, T. Sagawa, H. Ihara (2005) Self-assembly-based thermo-responsive luminescent organogels of chromophoric L-glutamide-derived lipids. *J. Mater. Res.*, 2, pp.2486-2490.
18. Ali MOHAMMADI, 石山拓二, 奇 成燮, 堀部直人, 角田貴章, (2005), エタノール混合燃料を活用したディーゼル機関の排気改善, 日本機械学会論文集B編, 71巻, 706号, pp.1715-1722.

【総説・解説】

19. 坂 志朗 (2005) 木質バイオマスからのバイオエネルギー (Bioenergy from Woody Biomass), 木材学会誌51 (1), pp.58-59.
20. 坂 志朗 (2005) バイオマス利用技術の新展開: 現状と課題、展望<第4回環境技術学会年次大会基調講演録(概要)>, 環境技術 34(2), pp.63-70.
21. 坂 志朗 (2005) 超臨界メタノール法によるバイオディーゼル燃料 (Biodiesel Fuel Production by Supercritical Methanol Technology), *Journal of the Japan Institute of Energy* 日本エネルギー学会誌84 (5), pp.413-419.
22. 坂 志朗, 江原 克信, 南 英治 (2005) 超臨界流体技術による木質バイオマスの利活用 (Efficient Utilization of Woody Biomass with Supercritical Fluid Technologies), 木材学会誌51 (4), pp.207-217.
23. 坂 志朗 (2005) 高品位バイオディーゼル燃料製造のための超臨界メタノール法の開発 (Development of Supercritical Methanol Process for High-Quality Biodiesel Production), 化学工業56 (12), pp.1-5.
24. 江原 克信, 坂 志朗 (2005) 超臨界水技術によるリグノセルロースからのエタノール生産プロセス, *Readout Horiba Technical Reports No.31*, pp.98-105.
25. 坂 志朗 (2006) リグノセルロース系未利用バイオマスからのバイオ燃料製造, 環境時代 2006新年号 21 (1), pp.8-9.
26. 坂 志朗 (2006) バイオマスと水, 水48 (1), pp.53-58.
27. 坂 志朗 (2005.1) 第2章 細胞壁分子複合系の新展開 2 無機質複合化による機能開発, “木質系有機資源の新展開”, 船岡 正光 監修, シーエムシー出版, 東京, pp.17-27.
28. 坂 志朗 (2005.1) 第3章 植物細胞壁の精密リファインング 3 超臨界流体による細胞壁成分の分離技術, “木質系有機資源の新展開”, 船岡 正光 監修, シーエムシー出版, 東京, pp.55-67.
29. Shiro Saka, Hisashi Miyafuji (2005) Application of Sol-Gel Processing to Wood-Inorganic Composites, *Handbook of Sol-Gel Science and Technology, -Processing, Characterization and Applications- Volume III Applications of Sol-Gel Technology*, ed. by Sumio Sakka, Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London, pp.577-595.
30. 坂 志朗 (2005) 超臨界水で木からガソリン?, “木のびっくり話100”, 日本木材学会 編, 講談社, 東京, pp.78-79.
31. 坂 志朗 (2005) 超臨界メタノール法によるバイオディーゼル燃料の創製, “エコバイオエネルギーの最前線 -ゼロエミッション型社会を目指して- (Frontier of Eco-Bioenergy -Construction of Sustainable Society Systems Oriented Zero Emission-)", 植田 充美, 近藤 昭彦 監修, シーエムシー出版, 東京, pp.285-293.
32. 坂 志朗 (2006) “バイオマス用語辞典”, 社団法人 日本エネルギー学会 バイオマス部会 編, オーム社, 東京.
33. 坂 志朗, 今原裕章 (2006) “第1章 1-1 油脂資源”, “バイオディーゼルのすべて”, 坂 志朗 編著, アイピーシー, 東京, pp.1-34.
34. 坂 志朗 (2006), “第2章 2-1 アルカリ触媒法”, “バイオディーゼルのすべて”, 坂 志朗 編著, アイピーシー, 東京, pp.87-92.
35. 坂 志朗 (2006) “第2章 2-2 酸触媒法”, “バイオディーゼルのすべて”, 坂 志朗 編著, アイピーシー, 東京, pp.93-94.
36. 坂 志朗, 南 英治 (2006) “第2章 2-4 超臨界メタノール法”, “バイオディーゼルのすべて”, 坂 志朗 編著, アイピーシー, 東京, pp.111-133.
37. 坂 志朗 (2006) “第2章 2-5 バイオディーゼル燃料製造法の比較”, “バイオディーゼルのすべて”, 坂 志朗 編著, アイピーシー, 東京, pp.134.
38. 坂 志朗 (2006) “第2章 2-6 種々アルコール類によるバイオディーゼル燃料”, “バイオディーゼルのすべて”, 坂 志朗 編著, アイピーシー, 東京, pp.135-138.
39. 坂 志朗 (2006) “第2章 2-7 油脂からのバイオ燃料”, “バイオディーゼルのすべて”, 坂 志朗 編著, アイピーシー, 東京, pp.139.
40. 坂 志朗, 南 英治 (2006) “第3章 3-1 バイオディーゼル燃料特性”, “バイオディーゼルのすべて”, 坂 志朗 編著, アイピーシー, 東京, pp.183-197.
41. 坂 志朗, 南 英治 (2006) “第3章 3-3 低温特性”, “バイオディーゼルのすべて”, 坂 志朗 編著, アイピーシー, 東京, pp.202-217.
42. 坂 志朗, 南 英治 (2006) “第3章 3-5 バイオディーゼル燃料品質向上剤”, “バイオディーゼルのすべて”, 坂 志朗 編著, アイピーシー, 東京, pp.227-235.
43. 坂 志朗, 南 英治 (2006) “第5章 バイオディーゼル燃料の品質規格”, “バイオディーゼルのすべて”, 坂 志朗 編著, アイピーシー, 東京, pp.299-334.
44. 坂 志朗, 南 英治 (2006) “第7章 バイオディーゼル燃料の製造および分析方法”, “バイオディーゼルのすべて”, 坂 志朗 編著, アイピーシー, 東京, pp.385-432.
45. 河本晴雄 (2005) バイオマス発電システムの設計, 月刊エコインダストリー, 10 (8), 5-13.
46. 牧野圭祐, 金原秀行 (2005) DNAマイクロアレイ「生物薬科学実験講座 第2巻 核酸 [I]核酸の合成と分析, 杉浦幸雄編集, 廣川書店) pp185-205.
47. S.P. Pack, T. Suzuki, H. Ide, T. Kodaki, and K. Makino (2005) Reaction of NO with Nucleic Acid Bases and its Biological Implication *Frontiers in Organic Chemistry*, Vol. 1, pp.343-355.
48. 牧野圭祐 (2005) DNAマイクロアレイの構造と開発技術 MATERIAL STAGE, vol.4 (11) PP93-100.
49. 森井 孝 (2006) “油脂類からのバイオディーゼル燃料 バイオメタノールの製造”, “バイオディーゼルのすべて”, 坂 志朗 編著, アイピーシー, 東京, pp.169-175.
50. H. Ihara, M. Takafuji, T. Sakurai, T. Sagawa, S. Nagaoka (2005) Self-assembled Organic Phase for RP-HPLC, *Encyclopedia of Chromatography*, Marcell Dekker Inc., pp.1528-1535.
51. T. Sagawa, M. Takafuji, H. Ihara (2006) Chirally self-assembled nanofibrils and their applications. *Bottom-up Nanofabrication: Supramolecules, Self-assemblies, and Organic Films.*, American Scientific Publishers, (in press).
52. T. Sagawa, S. Chowdhury, M. Takafuji, H. Ihara (2006) Self-assembled nanofibrillar aggregates with amphiphilic and lipophilic molecules. *Macromolecular Symposia*, (in press).

【学術講演会(国際学会プロシーディング)】

53. Shiro Saka, Eiji Minami and Dadan Kusdiana (2005) NEDO "High-efficiency Bioenergy Conversion Project" - R & D for Biodiesel Fuel (BDF) by Two-step Supercritical Methanol Method -, Biomass-Asia Workshop 2005, Tokyo and Tsukuba, Japan. January 19-21, 2005.
54. Shiro Saka (2005) Recent Progress and Prospects in Supercritical Fluid Technologies for Bio-based Fuels(超臨界流体法によるバイオ燃料の現状と未来), RITE International Symposium International Workshop on Biorefinery, Kyoto, Japan, February 9-10, 2005. pp.9-10.
55. Shiro Saka (2005) Development of Bio-fuel in Japan - Recent Progress and Prospects in Supercritical Fluid Technologies for Biofuels -, World Renewable Energy, Regional Congress and Exhibition 2005, Jakarta, Indonesia, April 17-21, 2005.
56. Kei Yoshida, Katsunobu Ehara, Shiro Saka (2005) Effect of pressure on organic acid production from Japanese beech treated in supercritical water, The 27th Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals, Denver, Colorado, USA, May 1-4, 2005, p.102.
57. Eiji Minami, Shiro Saka (2005) Kinetics in hydrolysis of oils/fats and subsequent methyl esterification in two-step supercritical methanol method for biodiesel production, 14th European Biomass Conference and Exhibition, Paris, France, October 17-21, 2005.
58. Katsunobu Ehara, Daishi Takada, Shiro Saka (2005) Comparative Study on Lignin-Derived Products from Softwood and Hardwood as Treated in Supercritical Water, 14th European Biomass Conference and Exhibition, Paris, France, October 17-21, 2005.
59. Shiro Saka, Eiji Minami (2005) A novel non-catalytic biodiesel production process by supercritical methanol as NEDO "High Efficiency Bioenergy Conversion Project", 14th European Biomass Conference and Exhibition, Paris, France, October 17-21, 2005.
60. Shiro Saka (2005) Recent Progress and Prospects in Supercritical Fluid Technologies for Biofuels, IAWPS2005 - International Symposium on Wood Science and Technologies, 54th Anniversary of the Japan Wood Research Society, Yokohama, Japan, November 27-30, 2005, pp.-.
61. Katsunobu Ehara, Daishi Takada, Shiro Saka (2005) Comparative study on lignin-derived products from softwood and hardwood as treated in supercritical water, IAWPS2005 -International Symposium on Wood Science and Technologies, 54th Anniversary of the Japan Wood Research Society, Yokohama, Japan, November 27-30, 2005, pp.-.
62. Junko Kusaki, Katsunobu Ehara, Shiro Saka (2005) Production of fermentable saccharides from lignocellulosics by hot-compressed water treatment, IAWPS2005 -International Symposium on Wood Science and Technologies, 54th Anniversary of the Japan Wood Research Society, Yokohama, Japan, November 27-30, 2005, pp.-.
63. Seiya Sakaguchi, Shiro Saka (2005) Production of formic acid from biomass as treated by hot-compressed water, IAWPS2005 -International Symposium on Wood Science and Technologies, 54th Anniversary of the Japan Wood Research Society, Yokohama, Japan, November 27-30, 2005, pp.-.
64. Kei Yoshida, Shiro Saka (2005) Behavior of organic acid production from Japanese beech by hydrothermal conversion, IAWPS2005 -International Symposium on Wood Science and Technologies, 54th Anniversary of the Japan Wood Research Society, Yokohama, Japan, November 27-30, 2005, pp.-.
65. Shiro Saka (2005) Clean and green supercritical fluid technology for biomass to fuels and chemicals, The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2005), Honolulu, Hawaii, USA, December 15-20, 2005, pp.-.
66. Kudrat Sunandar, Eiji Minami, Shiro Saka (2005) Potential of kisamir (*Hura crepitans L*) and bintaro (*Cerbera manghas L*) oils for biodiesel fuel production in Indonesia, Regional Congress and Exhibition 2005, Jakarta, Indonesia, April 17-21, 2005.
67. Shiro Saka (2005) Present Situation and Prospects on Bioethanol in Asian Countries, The 27th Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals, Denver, Colorado, USA, May 1-4, 2005, p.31.
68. Shiro Saka (2005) Bioethanol and its Market in Asia, Frontier Science for Sustainable Innovation, Kyoto, Japan, October 7, 2005, pp.31-40.
69. Shiro Saka (2005) Novel Process of Biodiesel Production from Oils and Fats by Non-Catalytic Supercritical Methanol Technologies, Frontier Science for Sustainable Innovation, Kyoto, Japan, October 7, 2005, pp.41-50.
70. Toshiki Nakata, Hisashi Miyafuji, Shiro Saka (2005) Bioethanol from cellulose with supercritical water treatment followed by enzymatic hydrolysis, The 27th Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals, Denver, Colorado, USA, May 1-4, 2005, p.101.
71. S. Saka, E. Minami, K. Yamashita, H. Wada, N. Okada, Y. Toide, H. Miyauchi, Y. Nagasato, S. Okamura, M. Hattori, H. Murakami, N. Matsui (2005) NEDO "High Efficiency Bioenergy Conversion Project" - R & D for biodiesel fuel production by two-step supercritical methanol method -, 14th European Biomass Conference and Exhibition, Paris, France, October 17-21, 2005.
72. Takashi Hosoya, Haruo Kawamoto, Shiro Saka (2005) Primary pyrolysis in wood gasification, 14th European Biomass Conference and Exhibition, Paris, France, October 17-21, 2005.
73. Hiroaki Imahara, Eiji Minami, M. Hattori, H. Murakami, N. Matsui, Shiro Saka (2005) Survey on Waste Oil/Fat Feedstocks for Biodiesel Production, 14th European Biomass Conference and Exhibition, Paris, France, October 17-21, 2005.
74. Seiya Sakaguchi, Shiro Saka (2005) Production of formic acid from woody biomass in hot-compressed water, 14th European Biomass Conference and Exhibition, Paris, France, October 17-21, 2005.
75. Hiroaki Imahara, Eiji Minami, Shusaku Hari, Shiro Saka (2005) Thermal stability of biodiesel fuel as prepared by supercritical methanol process, 14th European Biomass Conference and Exhibition, Paris, France, October 17-21, 2005.
76. Eiji Minami, Jun Yamazaki, Takuji Ishiyama, Sung-Sub Kee, Yoshimitsu Harada and Shiro Saka (2005), Liquefaction of woody biomass in supercritical alcohols for liquid biofuel production, IAWPS2005 -International Symposium on Wood Science and Technologies, 54th Anniversary of the Japan Wood Research Society, Yokohama, Japan, November 27-30, 2005.

77. Eiji Minami, Hiroaki Imahara, Kudrat Sunandar, Kamaruddin Abdullah, Shiro Saka (2005) Biodiesel production from wood oils/fats, IAWPS2005 -International Symposium on Wood Science and Technologies, 54th Anniversary of the Japan Wood Research Society, Yokohama, Japan, November 27-30, 2005.
78. Toshiki Nakata, Hisashi Miyafuji and Shiro Saka (2005) Inhibitory effect by the contaminants derived from cellulose on the bioethanol production from cellulose, IAWPS2005 -International Symposium on Wood Science and Technologies, 54th Anniversary of the Japan Wood Research Society, Yokohama, Japan, November 27-30, 2005.
79. Shiro Saka (2005) NEDO biodiesel production process by supercritical methanol technologies, The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2005), Honolulu, Hawaii, USA, December 15-20, 2005.
80. Shiro Saka (2005) Thermal stability of fatty acid methyl esters in supercritical methanol, The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2005), Honolulu, Hawaii, USA, December 15-20, 2005.
81. Shiro Saka (2005) Kinetics in transesterification and hydrolysis/esterification of oils/fats for biodiesel production, The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2005), Honolulu, Hawaii, USA, December 15-20, 2005.
82. Haruo Kawamoto, Takeshi Nakamura, Wataru Hatanaka, Takashi Hosoya, Sunao Horigoshi, Masaru Murayama, Shiro Saka (2005) Pyrolysis reactions in thermochemical conversion of woody biomass to fuels, IAWPS2005 -International Symposium on Wood Science and Technologies, 54th Anniversary of the Japan Wood Research Society, Yokohama, Japan, November 27-30, 2005.
83. Haruo Kawamoto, Takeshi Nakamura, Shiro Saka (2005) Pyrolysis mechanism of lignin related to the woody biomass conversion, IAWPS2005 -International Symposium on Wood Science and Technologies, 54th Anniversary of the Japan Wood Research Society, Yokohama, Japan, November 27-30, 2005.
84. Shinya Saito, Haruo Kawamoto, Shiro Saka (2005) Production of levoglucosenone and furfural through controlled pyrolysis of cellulosic biomass, IAWPS2005 -International Symposium on Wood Science and Technologies, 54th Anniversary of the Japan Wood Research Society, Yokohama, Japan, November 27-30, 2005.
85. Haruo Kawamoto, Shinya Saito, Wataru Hatanaka, Takeshi Nakamura and Shiro Saka (2005) Potential of the controlled pyrolysis for useful chemical production from cellulosic biomass. The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2005), Honolulu, Hawaii, USA, December 15-20, 2005.
86. Shiro Saka (2005) Survey on waste oil/fat feedstocks for biodiesel production, The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2005), Honolulu, Hawaii, USA, December 15-20, 2005.
87. Hisashi Miyafuji, Toshiki Nakata, Shiro Saka (2005) Utilization of wood charcoal for the bioethanol production from woody biomass, IAWPS2005 -International Symposium on Wood Science and Technologies, 54th Anniversary of the Japan Wood Research Society, Yokohama, Japan, November 27-30, 2005.
88. Hongmei Hou, Hisashi Miyafuji, Haruo Kawamoto, Shiro Saka (2005) Supercritically-treated TiO₂-activated carbon composites for cleaning ammonia, IAWPS2005 -International Symposium on Wood Science and Technologies, 54th Anniversary of the Japan Wood Research Society, Yokohama, Japan, November 27-30, 2005.
89. S.P. Pack, M. Nonogawa, N.K. Kamisetty, T. Kodaki, and K. Makino (2005) Biophysical and biochemical properties of oxanine-containing oligodeoxynucleotide. Nucleic Acids Symp. Ser., 49, pp95-96 3rd Int. Symposium on Nucleic Acids Chemistry, 2005.9.20-22 Fukuoka Japan.
90. N.K. Kamisetty, S.P. Pack, M. Nonogawa, T. Kodaki, and K. Makino (2005) Fabrication of efficient DNA microarray by additional surface modification and functional probe design. Nucleic Acids Symp. Ser., 49, pp225-226 3rd Int. Symposium on Nucleic Acids Chemistry, 2005.9.20-22 Fukuoka Japan.
91. S. Watanabe, T. Kodaki, and K. Makino (2005) L-Arabinose 1-dehydrogenase: a novel enzyme involving in bacterial L-arabinose metabolism. Nucleic Acids Symp. Ser., 49, pp309-310 3rd Int. Symposium on Nucleic Acids Chemistry, 2005.9.20-22 Fukuoka Japan.
92. M. Nonogawa, T. Arai, N. Endo, S.P. Pack, T. Kodaki, and K. Makino (2005) Hydrogen bond removal of pterin derivative whose structure is similar to nucleic acid bases. Nucleic Acids Symp. Ser., 49, pp311-312 3rd Int. Symposium on Nucleic Acids Chemistry, 2005.9.20-22 Fukuoka Japan.
93. M. Nonogawa, T. Arai, S.P. Pack, P. Sommani, N. Endo, T. Kodaki, and K. Makino (2005) Synthesis and physiological activities of novel 6-formylpterin derivatives. Proceeding of Pacificchem 2005, 2005.12.15-20 Hawaii USA pp132.
94. S. Watanabe, T. Kodaki, and K. Makino (2005) L-Arabinose 1-dehydrogenase: Insight of a novel bacterial L-arabinose pathway. Proceeding of Pacificchem 2005, 2005.12.15-20 Hawaii USA pp281.
95. S.P. Pack, T. Nakano, M. Nonogawa, N.K. Kamisetty, H. Ide, T. Kodaki, and K. Makino (2005) Chemical synthesis and repair response of oligodeoxynucleotide containing oxanine base: A novel NO-induced DNA damage. Proceeding of Pacificchem 2005, 2005.12.15-20 Hawaii USA pp368.
96. N.K. Kamisetty, S.P. Pack, M. Nonogawa, T. Kodaki and K. Makino (2005) Enhancement of stability and reproducibility of DNA microarray by using novel surface modification and probe modification. Proceeding of Pacificchem 2005, 2005.12.15-20 Hawaii USA pp486.
97. T. Kodaki, S. Watanabe, and K. Makino (2005) Protein engineering of xylose metabolizing enzymes: Complete reversal of coenzyme specificity of xylitol dehydrogenase and xylose reductase. Proceeding of Pacificchem 2005, 2005.12.15-20 Hawaii USA pp641.
98. T. Hasegawa and T. Morii (2005) Ribonucleopeptide Receptors for phosphotyrosine. Gordon Research Conference Bioorganic Chemistry, Jun. 12-17, 2005, Proctor Academy, USA.
99. M. Fukuda and T. Morii (2005) Stepwise molding of functional ribonucleopeptide complexes. Gordon Research Conference Bioorganic Chemistry, Jun. 12-17, 2005, Proctor Academy, U.S.A.
100. T. Hasegawa, S. Yoshikawa, and T. Morii (2005) Ribonucleopeptides recognize the phosphotyrosine residue. *The fourth international symposium of nucleic acids chemistry*, Sep. 20-22, 2005, Fukuoka, Japan, pp.79-80.

101. M. Fukuda, Y. Tanabe, and T. Morii (2005) Stepwise functionalization of ribonucleopeptide complexes to receptors and sensors. *The fourth international symposium of nucleic acids chemistry*, Sep. 20-22, 2005, Fukuoka, Japan, pp.355-356.
102. T. Hasegawa, S. Yoshikawa, and T. Morii (2005) Sensing of phosphotyrosine residue using the ribonucleopeptide. 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, Dec. 15-20, 2005, Honolulu, Hawaii, U.S.A.
103. M. Fukuda and T. Morii (2005) Ribonucleopeptide receptor recognizing partial structure by each subunit. 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, Dec. 15-20, 2005, Honolulu, Hawaii, U.S.A.
104. R. Sakaguchi, S. Kiyonaka, Y. Mori, and T. Morii (2005) Construction of optical biosensors to quantitatively assess inositol phosphates. 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, Dec. 15-20, 2005, Honolulu, Hawaii, U.S.A.
105. M. Hagihara, Y. Tanabe, and T. Morii (2005) Fluorescent ribonucleopeptide sensors. 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, Dec. 15-20, 2005, Honolulu, Hawaii, U.S.A.
106. T. Sagawa, T. Higashimura, T. Nakashima, T. Yomo, I. Urabe, K. Ohkubo, H. Ihara (2005) Surface modification of spherical silica with target molecule for biopanning. The 8th SPSJ International Polymer Conference (IPC 2005), Jul. 26-29, Fukuoka, Japan.
107. N. Hashimoto, M. Takafuji, T. Sagawa, R. Oda, H. Ihara (2005) Preparation and characterization of helical microfibrillar superstructures from L-glutamide derived-lipid with phosphate head group. 8th International Symposium, Polymers for Advanced Technologies, Sep. 13-16, 2005, Budapest, Hungary.
108. A.Mohammadi, T.Ishiyama, T.Kakuta and S-S.Kee, (2005), Fuel Injection Strategy for Clean Diesel Engine Using Ethanol Blended Diesel Fuel, SAE2005 World Congress, SAE Paper No.2005-01-1725, pp.1-9.
109. A.Mohammadi, S-S.Kee, T.Ishiyama, T.Kakuta, T.Matsumoto, (2005), Implementation of Ethanol Diesel Blend Fuels in PCCI Combustion, SAE Powertrain & Fluid Systems Conference & Exhibition, San Antonio, TX, USA, SAE Paper No. 2005-01-3712, pp.1-9.
110. A.Mohammadi, S-S.Kee, T.Kakuta, T.Matsumoto, T.Ishiyama, M.Shioji, (2005), Utilization of Ethanol Blend in Diesel and PCCI Combustion, 18th Internal Combustion Engine Symposium (International), Jeju, Korea, JSAE Paper No.20056084, pp.1-6, (CD-ROM).

【基調講演・招待講演】

111. Shiro Saka (2005) invited lecture, "Current progress in supercritical fluid technologies for biomass to biofuels and chemicals", (January 20, 2005, Karlsruhe, Germany)
112. 坂 志朗, 招待講演、「21世紀を切り拓くバイオエネルギー」新・エネルギーセミナー〈パースペクティブ・エネルギーチェーン2 —いよいよ発効する京都議定書にむけて—〉(2005.2.9 名古屋市)
113. 坂 志朗, 南 英治 (代理)「超臨界メタノールによる木質廃棄物の燃料化及び有用ケミカス化技術の開発」農林水産バイオリサイクル研究プロジェクト林産チーム推進会議, (独)森林総合研究所 (2005.2.9 つくば市)
114. Shiro Saka, invited, "How raw materials influence the quality of cellulose diacetate", 229th ACS National Meeting, (March 14, 2005, San Diego, California, USA)
115. 坂 志朗, 招待講演、「京都議定書とバイオエネルギー」日本機械学会 関西支部 第80期定期総会講演会 (2005.3.19 京都市) 講演論文集pp.116.
116. 坂 志朗, 招待講演、「バイオエネルギー活用の新展開: 現状と課題、展望」日本農芸化学会 2005年度大会シンポジウム (2005.3.30 札幌市)
117. Shiro Saka, invited, "The Asian ethanol market", 2005 International Ethanol Conference, (May 9-10, 2005, Brisbane, Australia)
118. 坂 志朗, 「アジアを中心とするバイオエタノール生産の動向と将来展望」第33回「バイオマス利用研究会」(2005.7.29 京都市)
119. 坂 志朗, 基調講演、「バイオマスによるエネルギー利用の可能性」新エネルギー合同施設研修会 (2005.10.6 京都市)
120. 坂 志朗, 「油脂類のバイオディーゼル化」日本エネルギー学会三部会 (リサイクル・バイオマス・ガス化) 合同シンポジウム「廃棄物、バイオマス、石炭等利用技術の最新動向」(2005.11.11 東京)
121. Shiro Saka, invited, "Present Situations and Prospects on Bioethanol and Biodiesel in Relation to Kyoto Protocol", III Workshop International Brazil-Japan, (November 23-24, 2005, Campinas, Brazil) p.67.
122. Shiro Saka, invited, "Clean and green supercritical fluid technology for biomass to fuels and chemicals", The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2005), (December 15-20, 2005, Honolulu, Hawaii, USA)
123. 坂 志朗, 招待講演、「バイオマスによるゼロエミッション型エネルギー生産・利用システムの構築」、産学連携プライベートセミナー「バイオパワーによる環境問題解決」(2006.2.25 京都)
124. 河本晴雄 (2006) エネルギーおよびケミカル源としてのセルロース系バイオマスの可能性、セルロース学会マイクロシンポジウム、2006年1月26日、関西大学。
125. 河本晴雄 (2005) バイオマスの熱分解ガス化とタール生成機構及びその対策 in 「バイオマスの熱分解ガス化と生成タールの除去・分解処理技術」、技術情報センター、2005年10月26日、東京。
126. 河本晴雄 (2005) バイオマス発電システムの設計法、技術情報センター、2005年2月8日、東京。
127. K. Makino (2005) Capturing specific repair enzymes by deoxyoxanosine-containing DNA duplexes, Asia-Pacific Biochemical Engineering Conference, Jeju Island, Korea, 2005 May 15-19.
128. T. Morii, "Toward the design of artificial enzymes for sustainable energy system: artificial methane monooxygenase assembly" Core University Program between Seoul National University and Kyoto University on Energy Science & Engineering, Korea-Japan Joint Mini Symposium (2005/7/25, Kyoto).
129. T. Sagawa, "Photo-bio-reactor: Fabrication and application to photochemical and enzymatic reactions" Core University Program between Seoul National University and Kyoto University on Energy Science & Engineering, Korea-Japan Joint Mini Symposium (2005/7/25, Kyoto).

130. 森井 孝,招待講演,「機能性ミニチュアタンパク質によるケミカルバイオロジーへのアプローチ」平成17年度中部化学関係学協会支部連合秋季大会(2005年9月24日 静岡市)
131. 森井 孝,招待講演,「分子の認識から機能の設計へ」第7回脳分子機能研究会(2005年11月5日 京都市)
132. 森井 孝,招待講演,「リボヌクレオペプチドの機能化」第4回SORST ジョイントシンポジウム(2005年11月29日 千里市)
133. 森井 孝,招待講演,「思い通りに測れる蛍光バイオセンサー」京都バイオ産業技術フォーラム第6回研究会(2005年12月25日 京都市)
134. 森井 孝,招待講演,「機能性ミニチュアタンパク質をツールとするケミカルバイオロジー」21世紀COE「京都大学化学連携研究教育拠点」ケミカルバイオロジー・ミニシンポジウム 一味違う化学と生命現象の接点を目指して(2006年3月15-16日 宇治市)

A.2.4 環境調和型トータルエネルギー評価

1. Y. Maeda, Y. Terai, and M. Itakura: "Enhancement of photovoltaic properties of β -FeSi₂/Si heterojunctions by Al-doping", *Optical Materials* 27/5 (2005) 920-924.
2. Y. Terai and Y. Maeda: "Photoluminescence enhancement in impurity doped β -FeSi₂", *Optical Materials* 27/5 (2005) 925-928.
3. N. Tatsumi, Y. Maeda, and S. Tamai: "Difference in structural stability between SrBi₂Ta₂O₉ and Bi_{3.75}La_{0.25}Ti₃O₁₂ under vacuum and high temperature annealing stress", *J. Korean Phys. Soc.*, 46 (2005) 171-175.
4. Y. Maeda, Y. Terai, and M. Itakura: "Epitaxial growth of Al-doped β -FeSi₂ on Si by ion beam synthesis", *Jpn. J. Appl. Phys.* 44, No.4B (2005), 2502-2505.
5. S. Tamai, Y. Maeda, H. Kobayashi: "Polarization and leakage degradation of Pt/SrBi₂Ta₂O₉/Pt capacitors and their recovery" *Jpn. J. Appl. Phys.* 44, No. 9B (2005) 6943-6946.
6. 前田佳均,寺井慶和:「環境に優しい光半導体: β -FeSi₂」*まてりあ(日本金属学会会報)*, 44,(2005)471-476.
7. 前田佳均:「総説:鉄シリサイド半導体の基礎と応用」,*機能材料*25巻/第10号,(2005)5-14.
8. 寺井慶和,前田佳均:「鉄シリサイド薄膜の発光と光電特性」*機能材料* 25巻/第10号,(2005)47-53.
9. 安藤裕一郎,今井章文,前田佳均:「 β -FeSi₂の発光増強」*電子情報通信学会SDM信学技報* 12月(2005)17-21.
10. 上野山 覚,伊藤健介,前田佳均:「2ゲートフラッシュ多値メモリの解析」*電子情報通信学会SDM信学技報*12月(2005)25-29.
11. H. Takuda, T. Morishita, T. Kinoshita and N. Shirakawa, Modelling of formula for flow stress of a magnesium alloy AZ31 sheet at elevated temperatures, *Journal of Materials Processing Technology*, 164-165 (2005), 1258-1262.
12. 宅田裕彦,蟹江智文,磯貝栄志,吉田亨,延性破壊条件式を用いた高張力鋼板の成形限界予測、鉄と鋼、91 (2005), 553-559.
13. H. Takuda, T. Kanie, E. Isogai and T. Yoshida, 3-D FEM analysis of forming limit of high-strength steel sheets combined with ductile fracture criterion, *Advances in Fracture and Damage Mechanics IV*, (2005), 281-286.
14. Hirohiko Takuda, Hitoshi Fujimoto, Takayuki Hama and Toshinori Maruyama, Prediction of Forming Limit of High-Strength Steel Sheets, *Proceedings of 1st International Conference on Super-High Strength Steels, Rome*, 2-4 November (2005), CD-ROM.
15. 宅田裕彦,森下貴申,木下俊行,白川信彦,AZ31マグネシウム合金板の温間深絞り加工の有限要素解析、塑性と加工、47 (2006),
16. Hitoshi Fujimoto, Takuya Nagatani, and Hirohiko Takuda, Performance characteristics of a gas-liquid-solid airlift pump, *International Journal of Multiphase Flow*, 31 (2005), 1116-1133.
17. H. Fujimoto, Y. Shiotani, A. Y. Tong and H. Takuda, Numerical and Experimental Study on Oblique Collision of Water Droplet with a Solid Substrate, *Proceedings of IMECE'05, ASME International Mechanical Congress and Exposition, Orlando, FL, November (2005), IMECE2005-80338.*
18. Banu, M., Takamura, M., Hama, T., Naidim, O., Teodosiu, C. and Makinouchi, A.: Simulation of springback and wrinkling in stamping of a dual-phase steel rail-shaped part, *Journal of Materials Processing Technology*, (in press).
19. Hama, T., Asakawa, M., Takamura, M., Makinouchi, A., Teodosiu, C.: Effect of Force Correction Algorithm arising from Change of Tool Normal on Sheet Metal Forming Simulation, *JSME International Journal Series A*, 48-4(2005), 329-334.
20. 浜孝之,高村正人,牧野内昭武,Cristian TEODOSIU, 宅田裕彦:工具モデルの曲面補間を用いた板成形解析における接触問題の定式化、*日本機械学会論文集A編*、(印刷中)。
21. 柳橋卓,浜孝之,小野田雄介,浅川基男:2ロール矯正における曲げの塑性率と繰り返し回数が真直性に与える影響 — 棒線における矯正と残留応力の研究 第3報 —、*塑性と加工*, 46-537(2005-10), 50-54.
22. Utsugi, H., Hama, T., Asakawa, M., Hatakeyama, T., Makinouchi, A., Amino, H. and Lu, Y.: Numerical investigation on formability of ellipse deep drawing by sheet hydroforming, *The 6th International Conference and Workshop on Numerical Simulation of 3D Sheet Forming Processes (NUMISHEET 2005)*, Detroit, USA, August, 2005, 549-554.
23. Hama, T., Takamura, M., Teodosiu, C., Makinouchi, A. and Takuda, H.: Finite element simulation of sheet metal forming process using local interpolation for tool surfaces, *The 6th International Conference and Workshop on Numerical Simulation of 3D Sheet Forming Processes (NUMISHEET 2005)*, Detroit, USA, August, 2005, 185-190.
24. Hama, T., Asakawa, M., Hatakeyama, T., Utsugi, H., Makinouchi, A., Amino, H. and Lu, Y.: Development of sheet hydroforming simulation program by static finite element method, *2nd JSME/ASME International Conference on Materials and Processing 2005 (M&P2005)*, Seattle, U.S.A, June, 2005, (PLF-15)-1-(PLF-15)-6.
25. Takamura, M., Hama, T., Banu, M., Naidim, O., Kase, K., Teodosiu, C. and Makinouchi, A.: A new algorithm of stamping simulation of a dual-phase steel rail using voxel approach, *The 8th ESAFORM conference on Material Forming, Cluj-Napoca, Romania, April, 2005, 113-116.*
26. Y. Shirai, A.Mochida, T. Morimoto, M. Shiotsu, T.Oide, M. Chiba and T. Nitta, "Repetitive Operation of Three-Phase Superconducting Fault Current Limiter in a Model Power System", *IEEE Transaction on Applied Superconductivity*, Vol.15, No. 2, pp. 2110-2113, June 2005.
27. Yasuyuki Shirai, et al., "Experimental Study on Voltage Drop Control by Use of Superconducting Fault Current Limiter in a Model System", *International Conference on Electrical Engineering, ICEE- F0659, PS1-10, July 2005.*

28. T.Ishida, Y.Shirai, et al., "Stabilizing Control and On-line Monitoring of Power System Conditions by use of SMES", Proceedings of International Conference on Electrical Engineering, ICEE-F0375, PSI-04, July 2005, .
29. 古芝, 白井他 "ZnO素子と抵抗を並列した変圧器型超電導限流器の動作実験" 電気学会全国大会, M601-C2, 5-041, 2005
30. 古芝, 白井他 "ZnO素子と抵抗を並列した変圧器型超電導限流器の特性解析" 電気学会電力・エネルギー部門大会, 383, 2005
31. 古芝, 白井他 "ZnO素子と抵抗を並列した変圧器型超電導限流器の動作特性に関する検討", 低温工学・超電導学会講演論文集, 1B-a01, 2005
32. 古芝, 白井他 "ZnO素子と抵抗を並列した変圧器型超電導限流器の系統特性解析" 電気学会関西支部連合大会, G4-3, 2005
33. 石田, 白井他 "SMESを用いた電力系統のオンラインでの固有周波数の追従" 電気学会全国大会, M601-C2, 5-041, 2005
34. 石田, 白井他 "SMESを用いたシステム同定法による系統安定度把握模擬実験" 電気学会電力・エネルギー部門大会, 383, 2005
35. 石田, 森田, 白井他 "システム同定を用いたSMESによる系統の制動係数の評価" 電気学会関西支部連合大会, G4-3, 2005
36. 醍醐市朗, 若松貴史, 山末英嗣, 石原慶一, 「仮想摩擦係数を用いた旅客輸送における統合的エネルギー効率の評価」, 日本エネルギー学会, Vol.84, No.2 (2005), pp.119-125
37. 醍醐市朗, 石原慶一, 松野泰也, 足立芳寛「マルコフ連鎖モデルを適用した鉄エレメントのライフサイクルにおける平均使用回数ならびに社会での平均滞留時間の解析手法の構築」, 鉄と鋼, vol.91, No.1, (2005), pp.159-166
38. グェン・アン・テュエット, 石原慶一, 「1989, 1996, 2000年のベトナム産業における部門別エネルギー消費」, 開発技術, vol.11, (2005), pp.81-96
39. 周 楊平, 吉川榮和, Wu Wei, 楊 明, 石井裕剛: マルチレベルフローモデルによるマイクロガスタービンシステムの目標と機能のモデリング, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 第6巻第1号, 59-68頁, 2004. (英文)
40. 欧陽 軍, 楊 明, 吉川榮和, 周 楊平: マルチレベルフローモデルによるPWRプラントのモデリングと故障診断への応用, 日本原子力学会英文誌, 第42巻第8号, 695-705頁, 2005 (英文)
41. 周 楊平, 吉川 榮和, 欧陽 軍, 劉 井泉, Wu Wei: MFMS: マルチレベルフローモデルのためのグラフィックエディターツール, ヒューマンマシンシステムのシステム, 解析, 設計および評価に関する第9回IFAC/IFIP/IFORS/IEAシンポジウム議事録, 2004年9月7-9日, 米国, アトランタ (英文)
42. 劉 井泉, 周 楊平, 楊 明, 吉川 榮和: マルチレベルフロースタジオ (MFMS) を用いた各種のリサイクルシステムの意味論的解析とシミュレーションの可視化法の研究, 自然資源とエネルギー環境に関するセミナー議事録, 36頁, 環境科学, 工学, 倫理に関するJSPS-VCC事業(グループIX), 2004年9月7-8日, 京都 (英文)
43. 楊 明, 吉川榮和, 周 楊平: ヒューマンマシンシステムの設計と評価のための構造化したシミュレーション枠組みの研究, 原子炉熱流動, 運転, 安全に関する第6回トピカルミーティング議事録, 2004年10月4-8日, 奈良 (英文)
44. 周 楊平, 吉武 惇二, 吉川榮和: マルチレベルフローによる日本の天然ガス自由化市場の導入効果の傾向分析, 都市環境に関するJSPS-MOE拠点大学事業第8回セミナー議事録, 241頁, 2004年10月18-19日, 中国 上海 (英文)
45. 劉 井泉, 吉川 榮和, 周 楊平, 楊 明: 核燃料サイクルの複雑なプロセスの記述へのマルチレベルフローモデルの応用, プロセス制御の認知プロセス工学 (CSEPC2004) 議事録, 112頁, 2004年11月4-5日, 仙台 (英文)
46. 欧陽 軍, 楊 明, 吉川榮和, 周 楊平, 劉 井泉: PWRプラントの警報解析と監視制御プラン, 核燃料サイクルの複雑なプロセスの記述へのマルチレベルフローモデルの応用, プロセス制御の認知プロセス工学 (CSEPC2004) 議事録, 60頁, 2004年11月4-5日, 仙台 (英文)
47. 吉川 榮和, 周 楊平, 楊 明, 劉 井泉: 持続可能なエネルギー・環境システムの様々な評価問題のための意味論解析とソフトコンピューティングによる統合設計シミュレーション環境, 持続可能なエネルギーシステムに関する第2回国際シンポジウム議事録, 104頁, 京都大学21世紀COEプログラム, 2004年12月17-18日, 京都, (英文)
48. 吉武 惇二, 周 楊平, 吉川榮和: マルチレベルフローによる日本の天然ガス自由化市場の導入効果の傾向分析, 持続可能なエネルギーシステムに関する第2回国際シンポジウム議事録, 107頁, 京都大学21世紀COEプログラム, 2004年12月17-18日, 京都, (英文)
49. 欧陽 軍, 楊 明, 周 楊平, 吉川榮和: マルチレベルフローモデルとエコロジカルインタフェース設計を用いた原子力発電所の理解しやすい故障診断システム, 持続可能なエネルギーシステムに関する第2回国際シンポジウム議事録, 231頁, 京都大学21世紀COEプログラム, 2004年12月17-18日, 京都, (英文)
50. 劉 井泉, 吉川 榮和, 周 楊平: マルチレベルフローモデルに基づく可視化した計画・解析法とその核燃料サイクルシステムへの応用に関する研究, 持続可能なエネルギーシステムに関する第2回国際シンポジウム議事録, 232頁, 京都大学21世紀COEプログラム, 2004年12月17-18日, 京都, (英文)
51. 周 楊平, 吉川 榮和: マルチレベルフロースタジオ (MFMS) の開発とそのマイクロガスタービンシステムの運転支援への応用, 持続可能なエネルギーシステムに関する第2回国際シンポジウム議事録, 233頁, 京都大学21世紀COEプログラム, 2004年12月17-18日, 京都, (英文)
52. 伊藤京子, 富田大輔, 今木智隆, 本郷泰司朗, 吉川榮和: 省エネ行動を支援するためのアフェクティブインタフェースの開発と評価, 自然資源とエネルギー環境に関するセミナー議事録, 43頁, 環境科学, 工学, 倫理に関するJSPS-VCC事業(グループIX), 2004年9月7-8日, 京都 (英文)
53. 吉川 榮和, 下田宏, 今木智隆, 本郷泰司朗, 伊藤京子: コンピュータ化したダイアログ支援システムの開発と持続可能なエネルギー・環境への学生の批判的思考力を育成するための実際の講義への適用, 都市環境に関するJSPS-MOE拠点大学事業第8回セミナー議事録, 255頁, 2004年10月18-19日, 中国 上海 (英文)
54. 伊藤京子, 富田大輔, 今木智隆, 本郷泰司朗, 吉川榮和: 省エネ行動を支援するためのアフェクティブインタフェースの開発と評価, プロセス制御の認知プロセス工学 (CSEPC2004) 議事録, 86頁, 2004年11月4-5日, 仙台 (英文)
55. 吉川 榮和, 下田宏, 今木智隆, 本郷泰司朗, 伊藤京子: コンピュータ化したダイアログ支援システムの開発と持続可能なエネルギー・環境への学生の批判的思考力を育成するための実際のエネルギー科学の講義への適用, 持続可能なエネルギーと環境 JGSEE及び京都大学合同国際会議議事録, 第2巻, 967頁, 2004年12月1-3日, ファヒン, タイ, (英文)
56. 下田宏, 吉川 榮和, 今木智隆, 本郷泰司朗, 伊藤京子: コンピュータ化したダイアログ支援システムの開発と持続可能なエネルギー・環境への学生の批判的思考力を育成するための実際の講義への適用, 持続可能なエネルギーシステムに関する第2回国際シンポジウム議事録, 111頁, 京都大学21世紀COEプログラム, 2004年12月17-18日, 京都, (英文)

57. 吉川榮和、下田宏、河内美佐、富田和宏、服部瑤子、伊藤京子、大林史明、寺野正明：オフィス環境のエネルギー条件の変化によるワーカのパフォーマンスと心理生理指標の変動の計測に関する基礎実験研究、持続可能なエネルギーシステムに関する第2回国際シンポジウム議事録、230頁、京都大学21世紀COEプログラム、2004年12月17-18日、京都、(英文)
58. 欧陽 軍、楊 明、丹羽 雄二、吉川 榮和：マルチレベルモデルによるWebベースの原子力発電所事故の説明システム-リスクコミュニケーションと原子力の安全文化のために、国際会議GLOBAL2005、No.213、2005 (英文)
59. C.-J. Ma, S. Tohno and M. Kasahara (2005) A case study of the size-resolved particles collected at a ground-based site on the west coast of Japan during an Asian dust storm event. *Atmos. Environ.* Vol.39, No.4, pp.739-747.
60. 岩渕善実、村上裕子、東野 達、笠原三紀夫 (2005) ビジネスホテルにおけるエネルギー・環境負荷低減：第2報-春・夏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.97, pp.23-30.
61. 隠岐嘉重、馬 昌珍、東野 達、笠原三紀夫 (2005) エアロゾルの光学特性の湿度依存性に関するクロージャー研究. *環境衛生工学研究*, Vol.19, No.2, pp.15-21.
62. C.-J. Ma, S. Tohno and M. Kasahara (2005) Experimental and Model Studies on the Size-Resolved Raindrops Collected in the Epsidically Yellow Rainfall Event, *エアロゾル研究*, Vol.20, No.4, pp.324-332.
63. C.-J. Ma, M. Kasahara, S. Tohno and G.-U. Kang (2005) Characteristics and Temporal Distribution of Airborne Pollen in an Urban Area of Japan, *J. Korean Soc. Atmos. Environ.*, Vol.21, No.E3, pp.107-113.
64. S.Tohno, C.-J., Ma, S. Hayakawa, S. Yamasaki and M. Kasahara: Single Particle Analysis for Chemical Characterization of Atmospheric Aerosols: Application of X-ray microprobe system and double thin film method, *Environmental Monitoring and Assessment*, in press.
65. 山本芳弘、手塚哲央：卸電力市場における大規模発電事業者の入札行動 —需要の多寡と入札価格の関係—、*電力経済研究*, No.53, pp.1-10, (2005)
66. Walter Reinisch and Tetsuo Tezuka: Simulating the Influence of Wind Power Generation on the Electricity Market Price, *The Institute of Electrical Engineering of Japan*, Vol.125-C, No.10, pp.1537-1543 (2005)
67. 山本芳弘、手塚哲央：オークション方式と大規模発電事業者の供給入札行動、*電気学会論文誌C部門*, Vol.125-C, No.10, pp.1565-1572 (2005)
68. 黒澤美幸、手塚哲央：地域環境の改善を目的とした環境保全型農業への取り組み農家の意識分析—滋賀県の環境こだわり農業を対象として—、*農村計画論文集第7集*, pp.61-66 (2005)
69. 米谷龍幸、手塚哲央：自由化電力市場における原油価格の上昇の影響分析-シミュレーション・モデルを用いたアプローチ-、*電気学会論文誌C部門*, Vol.126-C, No.1, pp.116-122 (2006)
70. Walter Reinisch and Tetsuo Tezuka: Market Power and Trading Strategies on the Electricity Market: a Market Design View, (submitted)
71. 手塚哲央：「持続可能なエネルギーと環境」国際会議、*エネルギー・資源*, Vol.26, No.3, pp.74-75 (2005)
72. 手塚哲央：巻頭言 システム工学とエネルギー・環境問題、*電気学会論文誌C部門*, Vol.125, No.10, p.1507 (2005)
73. Tetsuo Tezuka: Standard Evaluation Framework for Energy Supply-demand System, *The 3rd Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (EMSES)* (2005)
74. Surin Ngaemngam and Tetsuo Tezuka: Economic Evaluation of Rice-Husk Utilization in Thailand, *The 3rd Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (EMSES)* (2005)
75. Akira Maeda and Tetsuo Tezuka: Analysis of Impacts of Crude Oil Prices on the Macroeconomy, *Proceedings of 28th Annual IAEE International Conference in Taipei*, The International Association for Energy Economics. June (2005)

A.3 特許申請リスト

A.3.1 太陽エネルギー

1. 鈴木義和、吉川 暹、特願2005-061771（早期審査の結果、特許第3747260号として平成17年12月9日に成立済み）
2. 作花哲夫、「液体中固体表面の元素分析法」特願2005-257784（出願日：2005年9月6日）
3. 安丸尚樹、宮崎健創、木内淳介：「摺動材及びその製造方法」：特願2005-357064.
4. 松本 紘、篠原 真毅、山本 敦士、桶川 弘勝、水野 友宏、池松 寛、「平衡二線線路式レクテナおよびそれを使用したレクテナ装置」、特願2005-307097号、2005.10.21、出願中
5. 木村 友久、森 健、篠原 真毅、松本 紘、三谷 友彦、七日市 一嘉、「導波管スロット結合を用いた電力分配器」、特願2005-325130号、2005.11.9、出願中
6. 他一件、出願準備中

A.3.2 水素エネルギー

1. 大井 亮、山内 昇、萩原理加、野平俊之、松本一彦、燃料電池用電解質および燃料電池、特許公開2005-251466
2. 新田耕司、稲沢信二、岡田一範、野平俊之、溶融塩浴、析出物および金属析出物の製造方法、特願2005-339516
3. 福中康博、野平俊之、安田幸司、萩原理加、シリコンの製造方法、特願2005-147139
4. 野平俊之、福中康博、萩原理加、懸濁電解による金属の製造方法、特願2005-200809
5. 小川弘志、竹川寿弘、萩原理加、野平俊之、嶋田隆、膜電極接合体、および、これを用いた燃料電池、特願2005-252632
6. 野平俊之、萩原理加、嶋野 純、金属の電析方法、特願2005-259827
7. 萩原理加、後藤琢也、荒木保博、溶融塩中における酸素発生装置および酸素発生方法、特願2005-276762
8. 萩原理加、後藤琢也、荒木保博、酸素および酸化物イオンセンサとその利用、特願2005-276789
9. 萩原理加、松本一彦、玉木健一郎、野平俊之、後藤琢也、溶融塩組成物及びその利用、特願2005-084801
10. 鈴木亮輔、吉井一倫、吉川信治、熱発電装置、熱交換機、特願2005-112806

A.3.3 バイオエネルギー

1. 坂 志朗、坂口誓也、「有機酸及びその製造方法」、特願2005-224764（2005/8/2）
2. 坂 志朗、南 英治、「脂肪酸アルキルエステルの製造方法」、特願2005-190005（2005/6/29）
3. 坂 志朗、「脂肪酸アルキルエステルの製造方法」、特願2005-298162（2005/10/12）
4. 坂 志朗、「脂肪酸アルキルエステルの製造方法」、特願2005-327942（2005/11/11）
5. 坂 志朗、福園敏彦、「脂肪酸エステル組成物の製造方法」、特願2005-506797、国際出願番号PCT/JP2004/007835（2005/12/1）
6. 坂 志朗「脂肪酸アルキルエステルの製造方法」、特願2005-365631（2005/12/19）
7. 牧野圭祐 他3名、「L-アラビノースを α -ケトグルタル酸に変換する方法、この方法に使用する酵素、該酵素をコードする遺伝子、該遺伝子を含む組換え微生物」、特願2005-303253（2005/10/18）

A.3.4 環境調和型トータルエネルギー評価

1. 電力系統の固有周波数の監視システム及び監視方法、特願2005-114618、（2005/4/12）
2. 故障電流限流器及びそれを用いた電力システム、特願2005-108877、（2005/4/5）

**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18年3月31日発行

発行代表者

京都大学エネルギー理工学研究所 吉川 暹

〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄
<http://energy.coe21.kyoto-u.ac.jp/>
<http://www.energy.kyoto-u.ac.jp/>
<http://www.iae.kyoto-u.ac.jp/>
<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/>