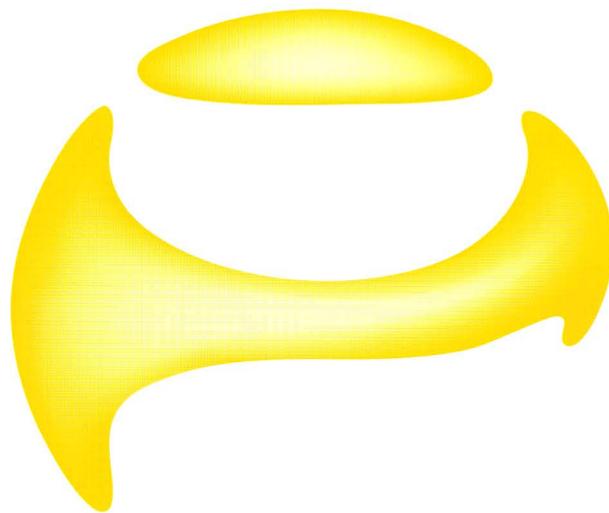


京都大学
エネルギー科学研究科
エネルギー理工学研究所
生存圏研究所

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

2004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16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
2.3 国際(環境調和型)エネルギー情報センター事業計画	9
3. 平成16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	27
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16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
4.2 国際エネルギー科学スクールの開催	52
5. 国際(環境調和型)エネルギー情報センター事業	54
5.1 海外研究拠点の設置	54
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	57
5.4 エネルギー環境調査	57
5.5 産官学連携に関わる事業概要	58
5.6 広報事業	58
資料編	59
A.1 研究・教育拠点形成活動一覧	59
A.2 発表論文リスト	60
A.3 特許出願リスト	75
A.4 市民講座一覧	76

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、3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2004年度版では、平成16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16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・グループと読賣新聞社は、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/>でも見ることができる。

2. 平成16年度COE実施計画

平成16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、材料機能の最適化手法の開発、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16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16年度においては、コンビナトリアルマテリアル創成システムを開発し、ナノ材料を用いた安価で高効率な第3世代太陽電池の開発を進める。特に、セラミックナノチューブを用いた、高効率な有機太陽電池開発を進める。また、コンビナトリアルマテリアル創成システムを開発し、ナノ材料を用いた安価で高効率な第3世代太陽電池の開発を進める。

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、目標位置推定およ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電力伝送技術に応用した「ユビキタス電源」等地上応用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)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)マグネロン3次元シミュレーションを行い、昨年までに行った位相振幅制御マグネ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う。目標位置推定およ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のための自動較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。

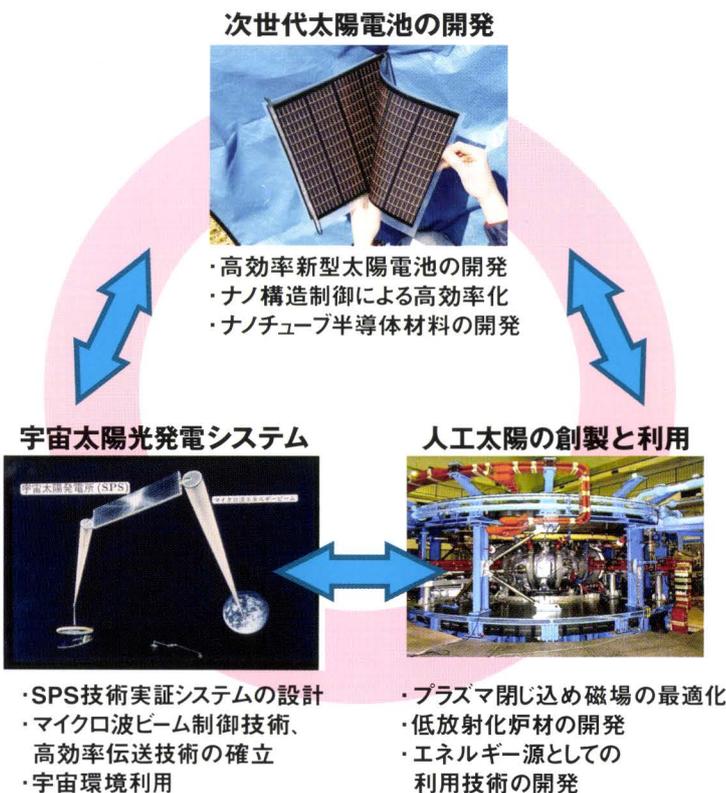


図2.1.1. 主要研究課題とサブグループ間の連携

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進展させ、(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、電力試験衛星の基礎設計と放射線劣化およびデブリ衝突の被害に対するSPSの最適設計が進行中である。スピノフ技術として提唱したユビキタス電源の研究も今年度の実証実験を行い、様々な企業との共同研究へと発展している。

3) 人工太陽の創製と利用

人工太陽ともいえる核融合エネルギーの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) 電気化学的水素エネルギー変換のための高機能固体酸化物電解質材料の開発
- 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) 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
- 6) 廃棄物利用炭酸ガスレス金属鉄併産型水素製造法
- 7) 微小重力環境下の水素エネルギーシステムと電気化学プロセス
- 8) 水素エネルギーシステム機器の疲労損傷評価
- 9) 水素エネルギーシステムを担う材料・構造の健全性評価技術の確立

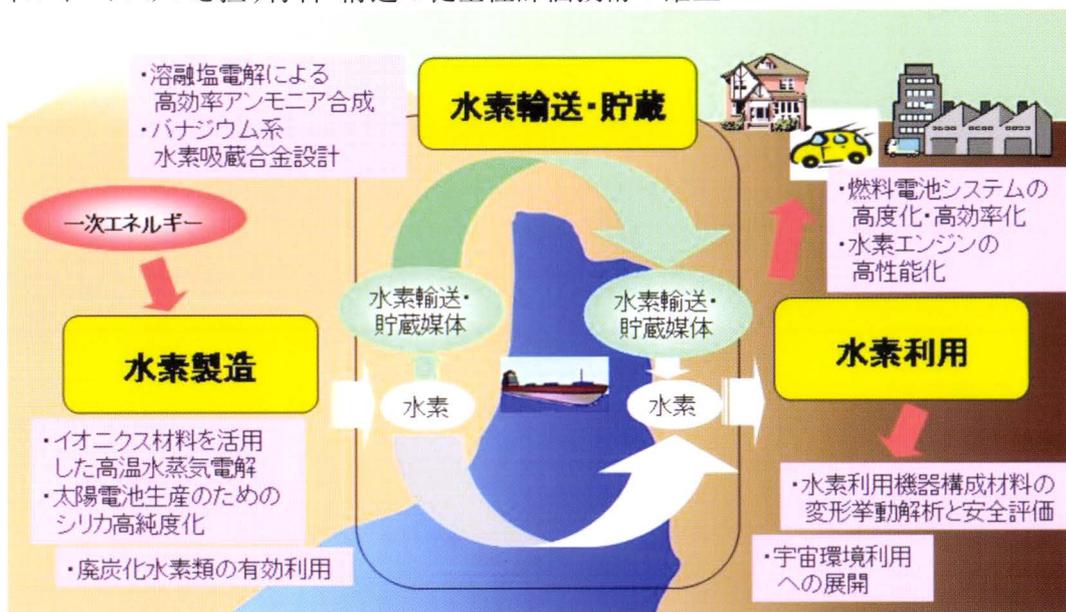


図2.1.2. クリーンエネルギー媒体としての水素の製造、輸送・貯蔵、利用技術

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2003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。

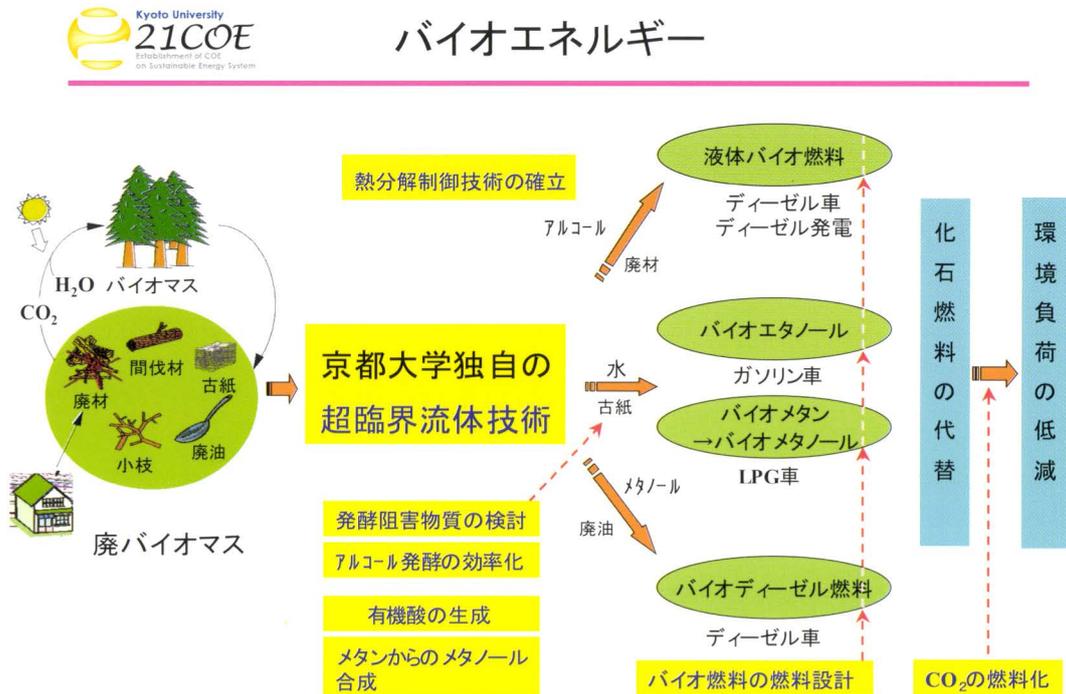


図2.1.3. 環境負荷の小さい超臨界流体によるバイオエネルギーの創製

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ともに、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。

そして、評価作業のもう一つの重要な点は、エネルギー需給システム開発に関わる全ての研究者が評価作業自体に加わることである。このことは、評価作業を有効なものとするためにも本研究拠点の要点の一つとして掲げておきたい。

本年度の具体的な研究課題を以下に示す。

- ① エネルギー・環境データベースの構築
 - (a) 長期にわたって開発可能なエネルギー関連技術データベースの提案
 - (b) 地域特性を考慮した再生可能エネルギーの利用モデル構築(国際エネルギー情報センターのエネルギー環境調査の項を参照)
- 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
- ③ リサイクル社会のモデル化と評価
- ④ 省エネルギーに関わる技術開発とその評価
 - (a) 自動車の軽量化技術
 - (b) 省エネルギーを目的としたメモリデバイスの開発
 - (c) 分散型電源の大規模導入のための電力系統技術開発

- ⑤ 太陽・水素・バイオエネルギーの環境調和性に対する予備的評価。
- (a) エネルギー需給モデルの構築
 - (b) 評価のための拠点形成の概念構築
 - (c) ワーキンググループの作業内容の決定
 - (d) 評価手法の「標準化」の提案

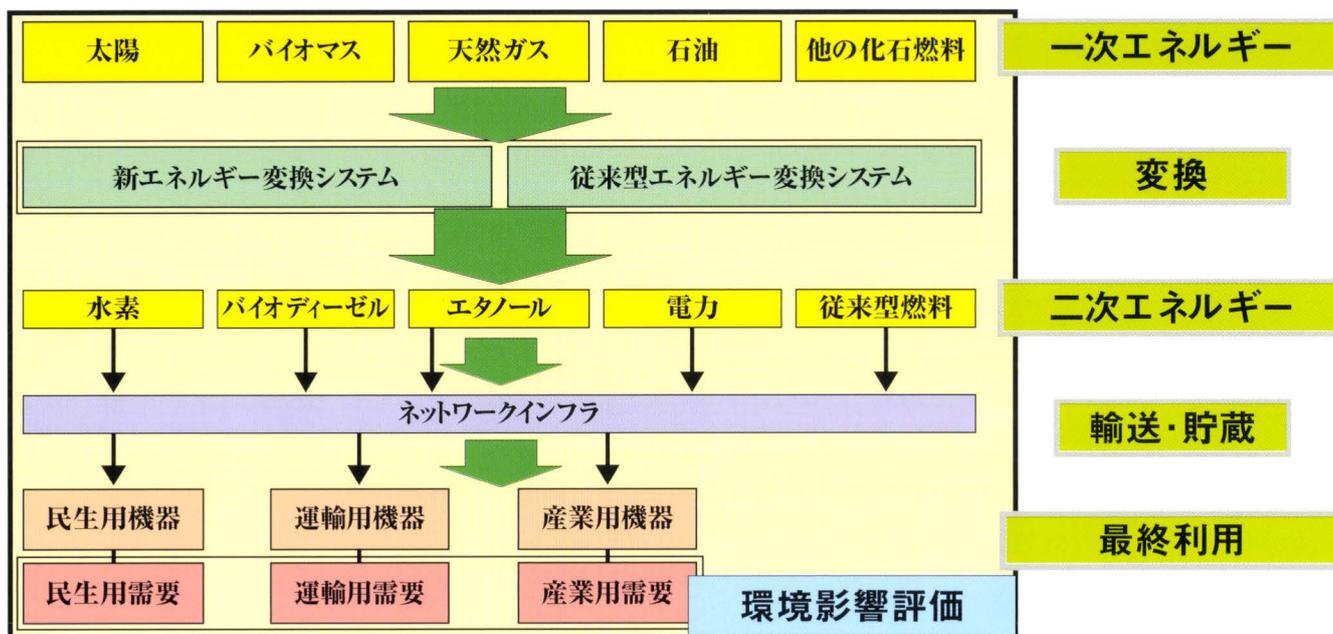


図2.1.4. 評価対象となるエネルギー需給システム

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け入れ、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、国際的視野の持つ若手研究者の育成
- 国際交流の基礎となる英語能力を高めるため、外国人講師による英語研修
- エネルギー科学教育のための体系的なテキスト(日本語、英語)の執筆、発行

図2.2.1. 教育拠点形成のための具体的活動例

2.2.1 公募型研究助成

博士課程学生を対象とし、科学研究費の若手研究計画調書に準じた計画調書を提出させ、拠点リーダーを委員長とする計7名の選定委員会により、計画調書に記載された研究計画・実施方法・研究業績などを審査し、平成14年度は55件の応募中25件を、平成15年度は51件の応募中24件を採択した。平成16年度も同様の件数の助成を行う。助成額は、評価の高いものから順に70万円、50万円、30万円の3段階とし、年度総額を1千万円とする。助成を受けた学生に対しては、最低限本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)。平成16年度も15名程度を厳選して採用する予定である。支給額は月額一人約4万円で、年間の総額は800万円程度とする。TAは、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から若干名採用したい。

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30件、国内15件程度、総額約850万円の補助を予定している。

2.2.4 国際エネルギー科学スクールの開催

第1回として平成15年6月16日から22日まで、博士後期課程学生9名を米国イリノイ工科大学に派遣し、現地の研究者および大学院生とシンポジウムを共催して、研究発表とともに交流の場を設けた。派遣に要した費用は、会議録印刷等も含めて約360万円であった。平成16年度は、本COEの海外拠点となったタイ国において7月開催の予定で、15年度同様の予算を計上している。

2.2.5 英語研修

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

2.2.6 テキストの執筆・発行

エネルギー科学教育のための体系的教科書の作成を進める。平成15年度は、まず和文で「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」を完成させるとともに、英文での発行準備を進めていきたい。

2.2 国際(環境調和型)エネルギー情報センター事業計画

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

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

3.平成16年度の研究拠点形成

3.1 太陽エネルギー

3.1.1 高効率太陽電池の開発

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

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

第二世代の薄膜型太陽電池では、効率はアモルファスシリコン並でも安価で大面積化が可能な太陽電池の開発が期待されている。そのような次世代セルとして、近年、有機太陽電池が注目されている。中でも、色素増感太陽電池は、10%以上の高効率が既に達成されており、最も実現性が高いものとして研究が進められている。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、1次元チタニアナノ構造材料を用いる事により、薄膜で8.1%を越える高効率な電極の開発に成功した。また、近年、導電性高分子を用いた新たな薄膜太陽電池が注目されており、既に、3%の効率を越えるものも得られ始めている。しかし、その機構は十分解明されておらず、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。

さらに、将来、太陽光発電を広範に利用していくためには、導入のための指標となる基準が必要であるが、現在十分に整備されているとはいえず、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できるように、LCAを用いた評価技術の開発を進めている。

(1) 次世代太陽電池の研究

第二世代太陽電池の候補として、これまで色素増感太陽電池を中心に研究開発を進めてきたが、平成16年度は、色素増感太陽電池に加え、さらなる低コスト化やフレキシブル化等の様々な付加価値が期待される有機薄膜太陽電池(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いる。ここでは、これら2種類の次世代太陽電池に加え、次世代太陽電池を構成する要素である酸化物系1次元ナノ材料の研究開発の進展を報告する。

(1-1) 色素増感太陽電池の研究

第二世代の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。

平成16年度では、微量元素ドーピングについて、TiO₂電極に5 mol%のZrO₂をゾルゲル法を用いて固溶させることにより、TiO₂ のみの場合に比べ短絡電流を11%、開放電圧を4%改善することに成功した。全体の最適化はまだ完了していないため、太陽電池素子全体の効率としては5.4%と未だ十分な性能でないものの、これまでの光散乱粒子の導入(すなわち、P25酸化チタンの様な粒子径の大きいものを分散させる)等と組み合わせることにより、さらなる効率化が期待できる。

また、酸化チタン電極の1次元ナノ構造化による特性改善についても検討をすすめた。水熱合成法により調製したナノチューブを電極とすることによって、絶対値としては未だ改善の余地が大きいものの、高比表面積化による一割程度の特性的改善が見られた。これについても、現在最適化を進めているところである。

(1-2) 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た。従来の有機薄膜太陽電池(図3.1.2)は、励起子発生・移動相と電子・正孔の電荷分離・移動相が同一のバルク層内で起こるため、励起子の失活と電荷の再結合が避けられず、効率が低かったが、光合成系に類似した、励起子パスと電子・正孔パスを分離するという新しいコンセプトを有機薄膜太陽電池に導入した新素子構造の構築とその評価を行っている(図3.1.3)。現在のところ、高い効率はまだ得られていないが、最近、発光素子として注目されている有機ELとの技術の互換性が高いため、今後の進展が期待される。

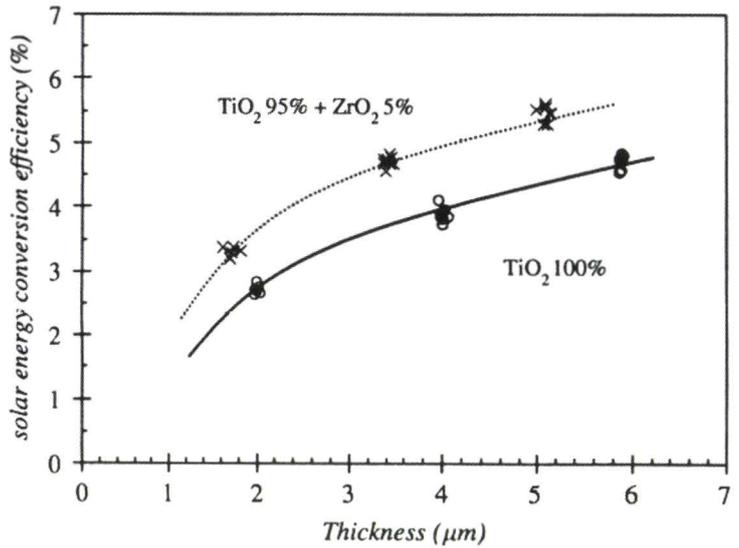


図3.1.1. ZrO₂添加による性能の改善

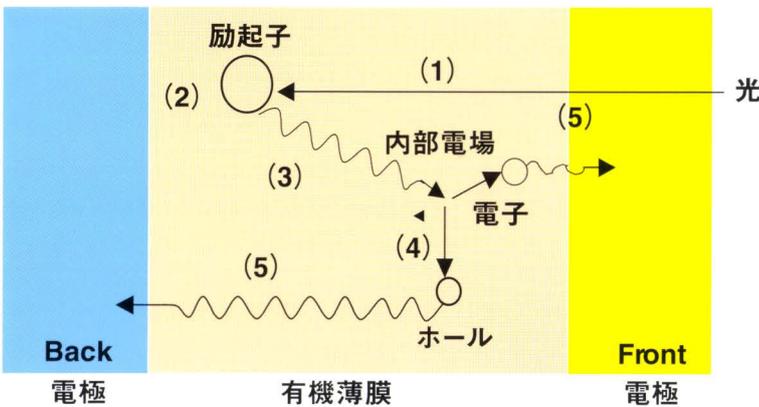
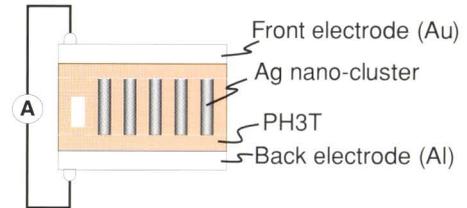
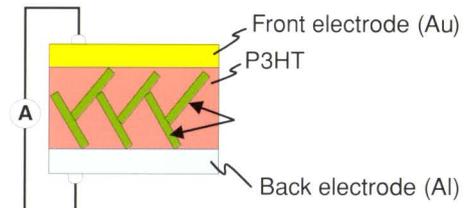


図3.1.2. 有機薄膜太陽電池の動作原理



(a):電荷移動相としてAgナノクラスターを電極平面に垂直方向に導入



(b):励起子発生移動相としてBChl e ナノロッド会合体を導入

図3.1.3. 新しいコンセプトの有機薄膜太陽電池

(1-3) 酸化物系1次元ナノ材料の研究

色素増感太陽電池のところでも少し触れたように、色素増感太陽電池の電極材料や有機薄膜太陽電池の電荷輸送体として、1次元ナノ材料を導入することは非常に有効であると当グループでは考えている。このため、平成16年度では水熱合成法を中心にナノチューブ・ナノロッド等の1D材料の合成を行い、高収率でさまざまな形状の1D材料を得ることが可能となった。酸化チタン・チタン酸系では、熱処理条件等を変化させることにより、ナノチューブからナノロッドまでを自在に作り分ける技術を確立することができた(図3.1.4、ナノチューブの例)。

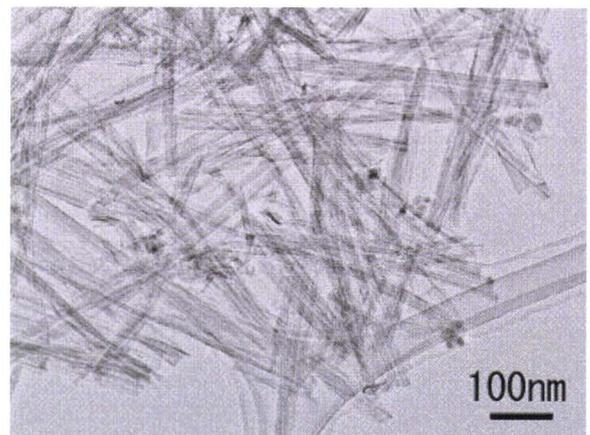
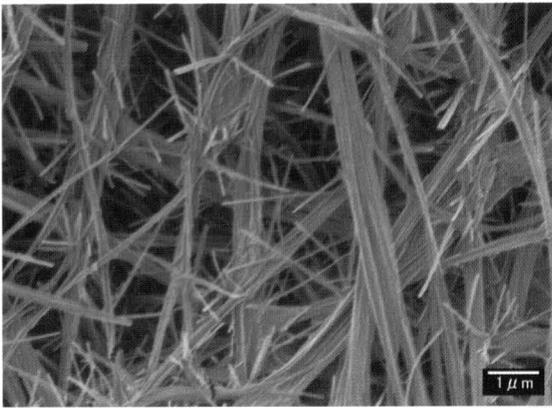


図3.1.4. 酸化物ナノチューブの透過電子顕微鏡写真



さらに、太陽電池のさらなる低コスト化を目指して、天然原料からの酸化チタン系ナノファイバーの高収率合成に成功している(図3.1.5)。この製造プロセスについては、すでに特許も確定し、企業により量産化が検討されている。産学連携の成功例と言えるであろう。

また、微量ドーピングによるゾルゲル多孔体についても ZrO_2 だけでなく、 CeO_2 添加や HfO_2 添加材についての多くの知見が得られ、これらの微量添加による半導体特性向上の可能性が示唆されている。

図3.1.5. 天然ルチルより合成した低コスト酸化チタンナノファイバー

(2) 安価高効率シリコン太陽電池の研究

現在、結晶系太陽電池では高純度シリコンが多量に用いられるため、その供給不足が顕著になっている。また、太陽光発電システムの価格において高純度シリコンを用いるシリコン基板のコストの占める割合が高い。太陽電池システムのさらなる普及を妨げているこれらの要因は、太陽電池用高純度シリコンが、主として半導体用シリコンのスクラップ利用で供給されている事実由来である。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、リンおよびボロンの除去技術に対象を絞り、独自提案の脱ボロンプロセスに関して、数キロ水準の規模での実証を進めた。

本研究において提案したプロセスは、スラグ共存下における熔融金属シリコン中への水蒸気吹き込み攪拌である。平成15年度までの成果は以下のように要約できる。

- ・シリコン中のボロン濃度はこのプロセスによって明確に減少した。
- ・反応速度は1次の反応速度式のみかけの反応速度定数で評価できた。
- ・ボロンはスラグ相ではなく気相へ除去されていた。
- ・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した。

平成16年度においては、上記脱ボロン処理プロセスを発展的に改良するための実験を行った。改良の目的は脱ボロン反応速度、シリコン歩留まりおよび操作性を向上させることである。吹き込むガス組成や酸化物スラグ成分を適正化することにより、期待された成果が得られた。

また、近年半導体は新しい光電素子としての注目を集めている $\beta\text{-FeSi}_2$ に関連したプロジェクトに着手している。このプロジェクトは、これまでいくつかの遷移金属シリサイドの標準生成自由エネルギーおよびエンタルピーの決定手法として適用してきた、シリコン濃淡電池起電力法を鉄-シリコン系に適用して、 $\beta\text{-FeSi}_2$ の熱化学的諸物性値を決定することを目的としている。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1073から1523Kの温度範囲で起きる。実験の第一段階として、ナトリウムおよびリチウムシリケートとの電解質として適用性についてテストを行う。金属間化合物の合成手法について検討した後、2固相領域引き続いて固溶体領域での起電力測定を遂行する。最終的には本研究の実験結果を元に鉄-シリコン系の状態図のアセスメントを計画している。平成16年度は、ナトリウムケイ酸塩電解質のガラス化を回避する合成手法について検討した。

一方、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。本年度は電析操作時においてp型シリコン上への白金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することを試みた。適当なバンド構造を持つp型半導体は水素発生光陰極として働く、また白金は水素発生電極の電極触媒性が高い。白金は暗時においても、光照射時においても電析した。析出形態は両条件により異なり、暗時においては成長した球状粒子が観察され、照射時には分散した微細粒子が生成する。この挙動の違いは両条件下における電荷移動過程が異なるために生じる。暗時では伝導帯に存在する電子がp型シリコンで不足しているために、白金イオンの還元は価電子帯への正孔注入により進行する。一方、光照射条件下においては、伝導帯へ光励起された電子が白金イオンを還元する過程が支配的となる。半導体におけるバンドおよび溶液側の酸化還元反応のエネルギー位置を考えると、暗時では白金析出の過電圧が小さく、照射時には過電圧が大きくなる。過電圧の違いが異なる析出形態をもたらす。この特性を利用することによって、定電位条件下で光強度変調を行うと、シリコン上に析出する白金のサイズと分布制御が可能になることを明らかにした。また、新しい表面処理の方法についての研究も行っている。液相に浸漬させた固体表面のパルスレーザー照射により生成するアブレーションプラズマは液体の存在により強く閉じ込められるといったユニークな性質を示す。このようなプラズマはその等方的な膨張のために、固体の表面修飾に使うことができる。本研究テーマでは、放出原子の発光スペクトルプロファイル、自己吸収を考慮したモデルで解析することにより、プラズマ中のレーザーアブレーション放出原子種の空間分布に関する情報を得た。

(3) 太陽電池高効率化の研究

光電変換系の技術はその歴史も浅く、飛躍的な変換効率の実現のためには、原理的なブレイクスルーが不可欠である。当拠点においても、このような先進技術を確認するために、将来の新しい太陽電池技術になりうる基礎研究を行うことは極めて重要である。このような高効率太陽電池技術のための基盤技術開発に資するため、代替不可能な光エネルギー機能の飛躍的高度化とその制御技術の研究を行うとともに、高強度フェムトレーザーを利用した、原子・分子レベルの新しい材料制御・プロセス技術の基礎研究を進めている。

(3-1) フェムト秒レーザーパルスによる分子の配向制御

高強度なフェムト秒レーザーパルスを照射することにより分子を空間的に配向させることができる。このことは、超短パルスレーザーで分子の自由度を操作することによって物質を制御できることを示唆している。この物質制御手法を実現するには、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要であった。筆者らは、高次高調波発生を利用して、配向の (field-free) 回復現象を高感度に検出できることを実証するとともに、同方法を N_2 、 O_2 、および CO_2 に適用し、個々の分子の配向特性を明らかにした。

実験には、パルス幅40fs、尖頭出力1TWのTi:sapphireレーザーを用いた。直線偏光の出力パルスを2つに分離しポンパルスとプローブパルスを生成する。両パルスに時間遅延Dtを持たせて再び同軸上で再合成し、直径1mmのパルス分子ビーム中にレンズで集光する。この時、先行するポンパルスで分子の回転波束が励起され、時間的に遅延したプローブパルスで配向分子から高次高調波が発生する。発生した高調波パルスは真空紫外分光器で分光され電子増倍管で検出する。

図3.1.6は、 N_2 分子について、 Δt の関数として観測した第19次高調波信号の例である。信号は、ポンパルスによって励起されたか回転波束の典型的な回復構造を示している。 $\Delta t \sim 0$ でポンパルスは分子にトルクを与え、レーザーの偏光方向に、分子軸を配向させようとする。同時に、ラマン遷移によって多くの回転準位が励起され、 N_2 分子の基底準位の回転波束が形成される。 $\Delta t \sim 0$ ではパルスが重なってイオン化が起こり、高調波信号は低下する。 $\Delta t \sim 0.2$ psにおいて見られる最初のピークが、回転波束の配向開始時刻を示している。配向の完全な回復は、 $\Delta t \sim 8.4$ psで生じる。この時刻は、 N_2 分子の回転定数 $B=2.0 \text{ cm}^{-1}$ を用いて計算される回復時刻 $T=1/(2Bc)$ に一致する。同時刻に信号が急速に変化するのは、約0.2 psの時間内に、回転波束がレーザーの偏光方向とそれに垂直の方向に向きを変えるためである。信号のピークは、 $\Delta t \sim T/2$ においても見られるが、信号の位相は $\Delta t \sim T$ におけるそれと180度異なっている。

観測した高調波信号のフーリエ解析を行い、高調波信号の特性が、ラマン遷移でコヒーレントに励起された回転準位の間ビートによって支配されていることを明らかにした。この分子配向は、高強度な超短パルスレーザーによって、原子・分子レベルで物質を制御するための新しい可能性を開くものと期待している。

(3-2) 硬質薄膜のナノ構造形成と表面改質

高強度フェムト秒レーザーパルスによって超短時間の間に高密度なエネルギーを物質中に注入できるため、熱影響を抑制した物質プロセスが可能になる。特に、フェムト秒レーザーアブレーションは物質の微細加工や改質への有望なアプローチとして期待でき、DLCやTiN等の硬質薄膜を対象として、新しい微細加工および表面改質技術の研究を進めている。これらの硬質薄膜はその優れた物理的・化学的特性のため様々な応用の可能性を備えているが、機械的、化学的な加工難しいため新しい加工方法の開発が望まれている。

DLCやTiN薄膜の表面に、フェムト秒Ti:sapphireレーザーパルスをアブレーションしきい値近傍のフルーエンスで照射すると、標的薄膜表面にナノメートルレベルの周期構造が形成されることを観測した。この構造のサイズは、レーザー波長(800 nm、267 nm)の1/10~1/5でレーザー波長にほぼ比例して減少する。さらに、DLC膜の場合には、照射部分がガラス状炭素(GC)に改質されることを見出している。このDLCからGCへの表面改質を誘起するレーザー照射条件は、ナノ構造形成のためのそれとほぼ一致する。GCは、DLCよりも電気伝導度が大きく熱特性にも優れた興味深い材料であるが、これまで薄膜技術は開発されていない。フェムト秒レーザーによる表面改質現象は、GCの新しい薄膜技術への有望なアプローチとなるものと期待できる。

上記のナノ構造形成と表面改質は、硬質薄膜と関連材料に関する先端のプロセス技術開発のためにフェムト秒レーザーが全く新しいポテンシャルを備えていることを示している。このフェムト秒レーザープロセス技術の開発には、薄膜表面での超高速相互作用現象をモニターするための簡単に信頼性の高い実験手法の開発が必須である。そのため、標的表面での励起パルスの反射率変化に着目し、ナノ構造形成、および表面改質との相関を調べた。DLCについて測定した結果の一例を図3.1.7に示す。フルーエンスの増加とともにゆっくりと表面反射率が変化するが、反射率の減少が始まるフルーエンス近傍でDLC表面にナノ構造が形成されていることが解る。DLCからGCへの表面改質もほぼ同条件で生じる。この結果は、相互作用を実時間検出するための方法として反射率を利用できることを示している。

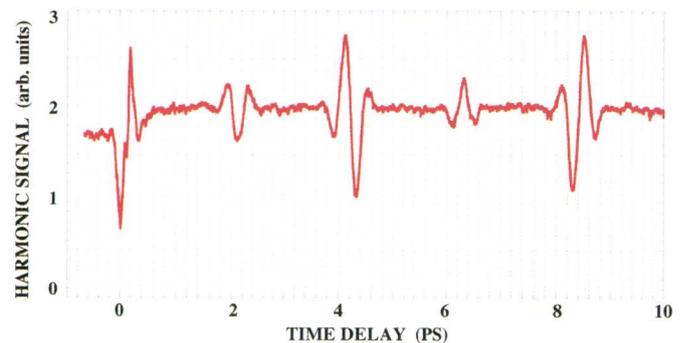


図3.1.6. フェムト秒レーザーパルスで過渡的に配向させた N_2 分子からの第19次高調波の時間変化。
ポンプおよびプローブレーザー強度：
0.8、および $1.7 \times 10^{14} \text{ W/cm}^2$

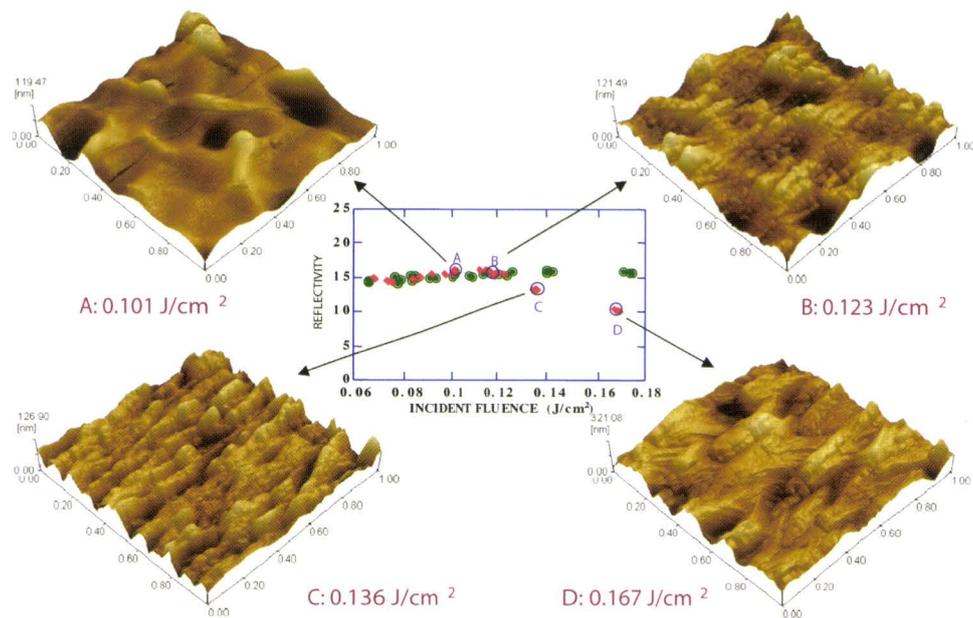


図3.1.7. DLC表面の反射率とプローブ顕微鏡で観測した表面構造のフルーエンス依存性

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16年度では、波長可変遠赤外自由電子レーザー用の直線加速装置からの電子ビーム加速に成功した。また、利用スペースを含む総合実験棟の整備を行い、装置の移設を行った。また、太陽電池用新材料の開発も重要な課題であるが、スピン偏極した電子やイオンは、新材料の磁性特性を調べるのに有力な道具となる。この目的で、我々はスピン偏極源の開発を進めているが、78%の偏極度および2桁の偏極電子/イオン生成効率の向上に成功した。

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およ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15年度の研究成果としては、(1) 世界初の位相振幅制御マグネトロンの開発研究に成功、(2) マグネトロンの雑音の原因を解明し、マイクロ波発振モードに関する理論的裏づけを実証、(3) マイクロ波送電技術による小電力情報機器給電に関する研究により小型マイクロ波送電システムの実現にめど、(4) 不等間隔アレイによるサイドローブ抑制の理論研究により新しいアンテナ配置アルゴリズムを提案し、これまでにない効果が得られる不等間隔アレイを実現、(5) 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を行い、高精度かつ簡便なシステムを実現、(6) 太陽エネルギー無線輸送システムの宇宙プラズマ影響に関する計算機実験を行い、宇宙用アンテナの挙動の理解深化、等となっている。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) 電力試験衛星の基礎設計

今年度は、本COEの目標である電力試験衛星の設計のための予備調査を行った。今年度はこれまで本COEで研究を行ってきた位相振幅制御マグネトロンを始めとするマイクロ波送電システム、目標自動追尾やビームフォーミングに関する研究、マイクロ波伝播経路に当たるプラズマ波動に関する研究、およびマイクロ波受電用レクテナの研究を中心とし、他の既存技術の調査を加えて10年以内に電力試験衛星を実現するための基礎設計を行った。その結果、電力試験衛星のミッションとしては(1) 対地上送電によるビーム制御精度実験とマイクロ波送電実証実験、(2) 対衛星送電による高効率マイクロ波送電実験とプラズマ物理実験を行うこととした。図3.1.8は現実的な誤差を含めた地上でのビームパターンであるが、方向誤差は約 10^{-3} 度レベルであり、約 10^2 度の半値幅に比べ十分小さいために精度に

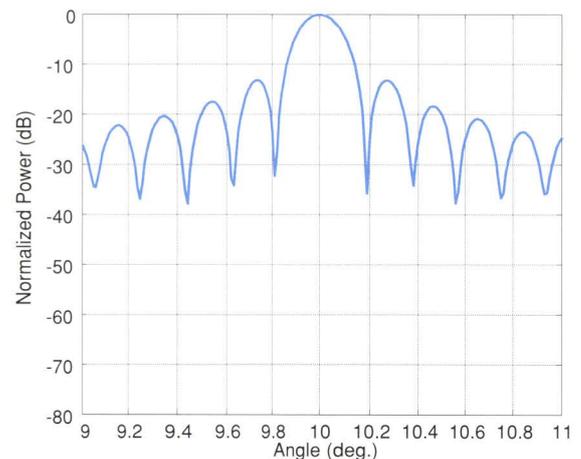


図3.1.8. 電力試験衛星で現実的な誤差(トータル位相誤差20度+構造誤差5度)を考慮した場合での地上でのビームパターン(周波数5.8Ghz、アンテナ径16m、送電目標10度方向)

関する実験/議論が可能であることが分かった。また、対地上と対子衛星の送電アンテナを共通化させるとプラズマ物理実験のためにはマイクロ波強度が弱く、現象が確認しにくいことも分かり、対子衛星用にはより小さな専用アンテナから高密度のマイクロ波を放射したほうがよい結果が得られることも判明し、今後の衛星設計指針に生かしていく予定である。

(2) 放射線劣化およびデブリ衝突の被害に対するSPSの最適設計

SPSを効率よく設計し、30年もの長寿命で安定運用するためには、SPSに想定される被害要因を調査することが必要である。特に、スペースデブリ(宇宙ゴミ)の衝突リスクや太陽電池の放射線劣化は深刻な問題である。我々は宇宙放射線分布およびスペースデブリ分布を調査し、最適なSPS用太陽電池の組合せ、最適なSPS建設高度、および最適なSPS輸送期間を求めるための線形計画法あるいは非線形計画法を用いた数値解析を行った。

その結果、太陽電池に関しては単結晶SiとアモルファスSiの組合せが最もよく、また輸送に関しては太陽電池を高推進軌道間輸送機(HOTV: High-propulsion Orbital Transfer Vehicle)を、その他の部品は電気推進軌道間輸送機(EOTV: Electronic OTV)をそれぞれ用いるべきであることを示した。

(3) 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

経済面を考慮したSPS実現のためには、巨大フェーズドアレー、超高精度なビーム制御(角度分解能0.0001度以下)、高い総合効率、軽量という特徴をもったマイクロ波エネルギー伝送システムが必要不可欠である。これらの要求を満たすべく、図3.1.9に示す導波管スロット給電型アクティブ集積アンテナ(AIA: Active Integrated Antenna)が提案されている。導波管スロット給電型AIAは、電力分配器として用いる導波管スロット、能動素子部として用いる低損失移相器と高効率増幅器をもったAIAから成る。

導波管スロット給電型AIAにおいて、挿入損失を低減するための重要な要素の一つが、マイクロストリップ線路と導波管スロットとの電磁結合部の結合係数である。我々は導波管寸法と電磁結合構造を調整することにより、2素子モデルにおいて90%以上の結合係数を達成した。また、5.8GHzで最適となるように設計したときの-27dB挿入損失はであった。これらの結果は、導波管スロット給電型AIAのSPSへの適応性を十分に示している。

また、2次元で小型・薄型のAIAを実現するためには、AIA部の設計段階における回路寸法の縮小化が重要である。そこでAIAの原型モデルとして、高電子移動度トランジスタ(HEMT: High Electron Mobility Transistor)を用いた小型増幅器を設計・製作した。この増幅器では効率改善のためにAB級での動作点を選択し、1mW入力で47%の電力付加効率(PAE: Power Added Efficiency)が得られた。続いて駆動段の増幅器の設計・製作を行い、十分小型な増幅器が実現し、動作確認された。

(4) マグネトロン3次元シミュレーション

マグネトロンは、宇宙太陽発電における無線電力伝送時のマイクロ波発生装置としての利用において、低雑音性、高効率性が求められている。一方、マグネトロンの内部動作において電子と電磁界間の非線形相互作用が重要な役割を果たしており、理論的解析が困難である。そこで我々は計算機上に対象となるマグネトロンを再現して計算機実験により、その動作解析を行い、その特性について解析を行うとともに、マグネトロンの低雑音化および高効率化を目指した設計の基礎となる情報の収集を行う。また、マグネトロンに関する物理実験の結果として電子の軸方向への運動が雑音の一因ではないかという見解が得られており、このことを証明するためにも計算機実験において、マグネトロンの3次元構造を計算機上にモデル化しその内部動作を3次元的に解析する必要がある。そこで、これまでの研究で用いられてきた2次元コードをもとにマグネトロン解析用の3次元電磁粒子コードの開発を行った。この3次元コードを用いてマグネトロンの導体構造を計算機

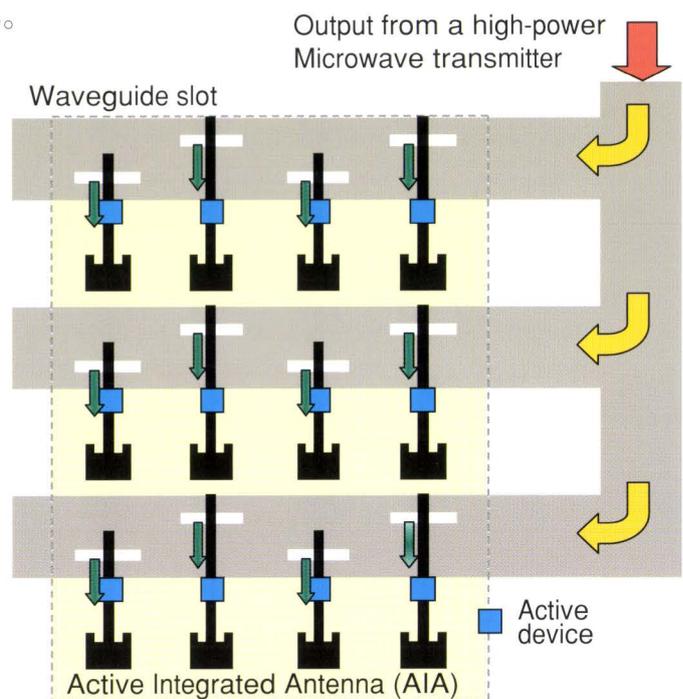


図3.1.9. 導波管スロット給電型アクティブ集積アンテナの概略図

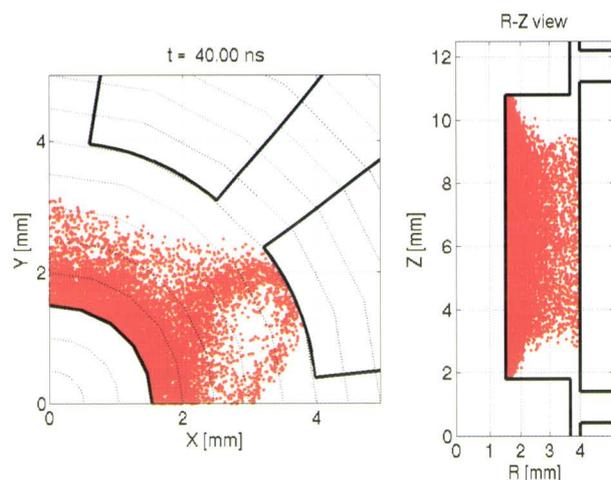


図3.1.10. マグネトロン内の電子分布 (左: 軸に垂直な平面における分布, 右: 軸を含む平面における分布)

上に3次元で再現するとともに、電極間の印加電界および軸方向の印加磁界についても実際のマグネロンに近い3次元的な分布を再現し、その中で電子と電磁界の相互作用についての解析を行なった。図3.1.10はマグネロン内部における電子分布を示したものであり、マグネロン内部の電子極や電磁界の構造を3次元的に観測することが可能となった。今後、より詳細なパラメータの設定を行えるようにし、実際のマグネロン設計および改良の指針となる情報を提供していく予定である。

(5) 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

SSPSにおいては、受電点からパイロット信号を送信し、その到来方向に送電するレトロディレクティブ方式がとられる。一方、SSPSのような大型システムでは、多数のユニットから成り立つ。その場合、ユニット毎ではビームを向けるように動作するが、ユニット間も基準の位相がそろそろ保証はなく、最悪打ち消しあうこともあり得る。そのために、ユニット間の位相同期をとることができるシステムを提案した。地上から送信されたマイクロ波を動力源とする成層圏無線中継用飛行機に用いられたSHARP (Stationary High Altitude Relay Platform) システムの自己ビーム制御方式を改良し、位相同期に応用した。

基準位相を合わせることができないような、大規模なフェイズドアレイシステムの位相制御について、新しい方法 (IQ法) を開発し、ユニット型SPSに応用した結果をシミュレーションにより評価した。図3.1.11は10素子のアンテナからなり、緑線で示すように、ユニット毎ではある方向のビームを形成するように位相が揃っていた10のユニットが、本方式適用後は青線で示されたように、システム全体で位相が揃えられる。しかし、一つ一つのユニットの位相を更新していくので、位相が統一されるまで非常に時間がかかるという短所があるため、更新操作を一部重畳させた先取り法による高速化も示した。

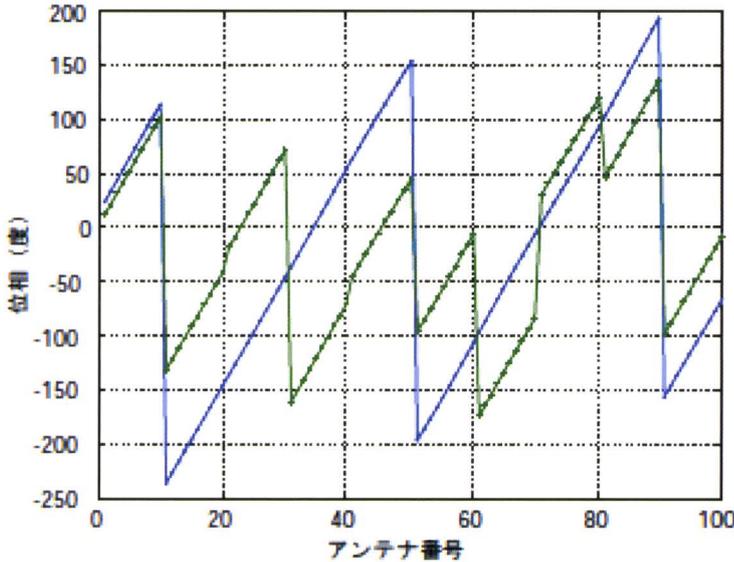


図3.1.11. ユニット型SPSにおけるIQ法適用前(緑)後(青)での基準信号の位相

(6) SPSのための自動較正機能を有する到来方向推定法

SPSのビーム制御として提案されている、ソフトウェアレトロディレクティブシステムに適用するための到来方向推定法、特にSPSに搭載されるパイロット信号受信機の特性に影響されない自動較正機能を有する到来方向推定法に関する研究を行った。

MUSIC法を例に挙げて到来方向推定法の動作がパイロット受信機の特性の誤差により、測定精度が低下することを示した。リニアアレイ型パイロット信号受信機に対応した自動較正機能を有する到来方向推定法、PCLE法に関して検討した。シミュレーションにより、PCLE法が受信機の特性のばらつきの絶対的な大きさの影響を受けないこと、アレイ受信機の持つ特性の相対通過位相差の和が存在しており、かなりの素子数を用いて受信したデータを処理するのであれば高い精度が得られることをシミュレーションで示した。新たに受信機の特性の相対通過位相差の和が0でなくても正確にできる自動較正機能を有する到来方向推定法、PCLE-WS法を開発し、検討を行った。シミュレーションにより、PCLE法で問題となった条件である、素子数が少なく、受信機間の相対通過位相差の和が大きい場合でも精度のよい到来方向推定が行えることを示した。加えて、PCLE-WS法の制約条件である、2種類の方向の信号の到来方向角度差が既知である条件から、現在の衛星測位精度程度外れたとしても、特に問題なく方向推定ができることも示した。

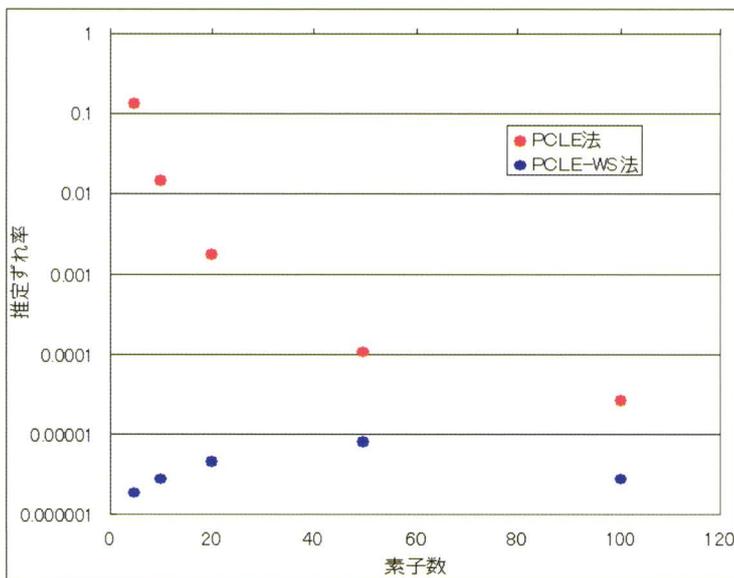


図3.1.12. 二つの方式の推定ずれ率の素子数依存性の比較

実際にSPSへ自動校正機能を有する到来方向推定法を導入するにあたって、その手法の位置付けとして校正機能の部分を利用することを提案し、数多く存在する自動校正機能のない到来方向推定法を利用することも視野に入れることで、様々な特徴を持つ手法にまで選択肢の幅が拡大することを示した。

(7) 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

宇宙太陽発電所 (SPS) は非常に大規模なものであるため、実現するにあたって各要素技術において高効率化、低コスト化が求められている。その一つである「送電ビーム形成」においては、低コスト化に加えて、受電領域以外への不要な放射の抑制および熱問題への対策などの理由から均一振幅励振およびソフトウェアレトロディレクティブシステムが提案されている。本研究はこのシステムにおける送電ビームの放射パターン形成に関するものである。本研究の目的は、高い電力収集効率と受電領域以外への不要な放射の抑制を実現するための送電放射パターンの最適化である。SPSにおける送電ビーム形成の小規模な実証実験として、本研究室の所持する実験設備であるSPORTS 5.8を用いた送電ビームの最適化を行った。また、最適化における各アンテナに接続される移相器のビット数の影響を調査した。まずSPORTS 5.8における放射パターンを理論的に計算し、計算値と測定値とが十分一致する結果を得た。この結果を踏まえてメインビームへの電力の集中および最大サイドローブレベル (MSLL: Maximum Side Lobe Level) の抑制をはかった最適化を行った。その結果、全て同相で励振した場合に比べMSLL を約6.6dB抑制した放射パターンが得られた。そのパターンとメインビームの方向を変えて最適化したパターンを実際に試し、図3.1.13に示すように計算結果と十分一致する結果が得られた。方形パッチアンテナを用いたアレイアンテナでは、素子間隔が 0.6λ のときは相互結合の影響はほとんどないことが明らかになった。次に、最適化において各アンテナに接続される移相器のビット数の影響を調査した。一次元80素子のアレイアンテナにおいてエレメントファクタを $\sin\theta$ と仮定し、移相器のビット数を変化させながら受電領域への電力集中およびMSLLの抑制を図った最適化を行った。その結果、20ビットで最適化を行った結果を実際に使用される低いビット数に丸めた場合よりも、始めから低いビット数で最適化を行う方が良い結果を得られることを明らかにした。

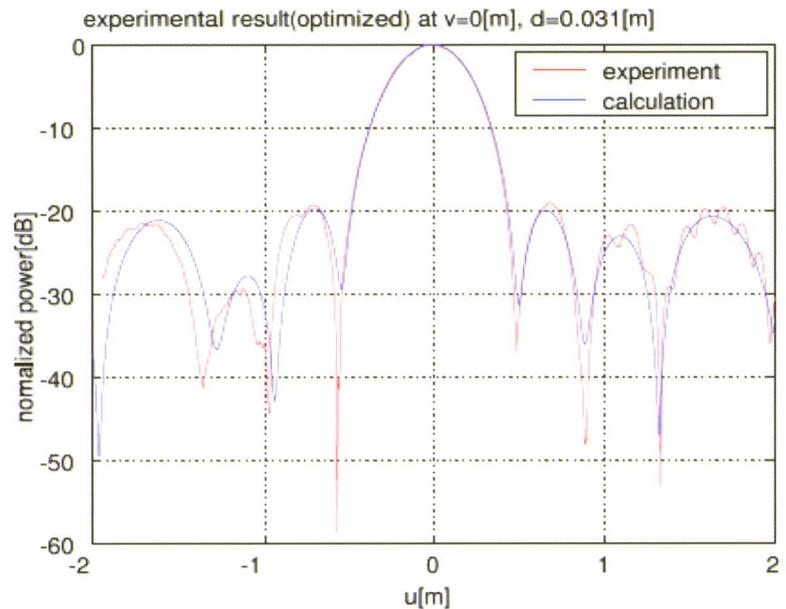


図3.1.13. 低サイドローブに最適化した場合の計算値と実験値の比較

(8) マイクロ波ビーム強度の空間勾配による電子密度擾乱

マイクロ波ビームと電離層プラズマの相互作用の一つに、ビーム強度の空間勾配により発生するプラズマ密度擾乱が挙げられる。この現象はポンデロモーティブ力と呼ばれる非線形力で説明でき、SPSのマイクロ波送電においてその発生の可能性が示唆されている。本研究では計算機実験によりポンデロモーティブ力によるプラズマ密度擾乱現象の基礎現象過程の定量的解析を行った。

まず、1次元計算機実験により、単一粒子に作用するポンデロモーティブ力を解析し、理論と一致する結果を確認した。さらに2次元計算機実験では、プラズマモデルを用い、ポンデロモーティブ力が電子に与える影響を解析した。その実験結果の1例として電子密度の変動の様子を図3.1.14に示す。図中、内円内は電磁波強度が一定であり、内円と外円の間で強度勾配を置いた。ビーム中心の電子がより電界強度の弱い領域に変位することにより、ビーム中心およびその周りでは電子密度が減少し、逆にビームの周りで密度が増加する。詳細に見ると、まず強度の空間勾配のある領域中の電子がポンデロモーティブ力により強度のより弱い方へ変位する。それに伴い中心では正電荷が、外円であるビーム端では負電荷が豊富となり電荷の分極が起こり径方向外向きの電界が強度空間勾配領域に発生する。この励起電界による電子に働く力と、電子に働くポンデロモーティブ力が釣り合った状態で定常的な状態となる。解析により、この密度変動現象には以下のような特性があることが分かった。

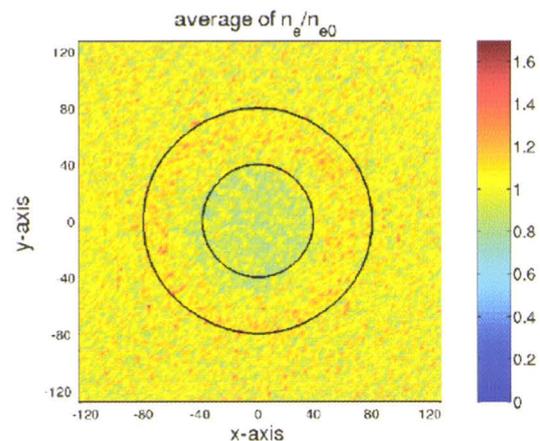


図3.1.14. ポンデロモーティブ力による天竺空間密度変化の定常状態の計算機実験結果

- 1.周波数が増加すると、密度変動は起こりにくくなる。これはポンデロモーティブ力の理論から予測される性質であり、実験によりそれを確認した。
 - 2.密度変動はビーム強度の大きさではなく、強度の空間勾配の大きさに依存する。つまりビーム強度が大きいても強度の空間勾配が小さければ密度変動が起こりにくくなるのが分かった。
- 今後、外部磁場やイオンを含めた解析を行い、より現実的モデルでの密度擾乱について理解を深める。

(9) 弱電用レクテナの開発

実用SPSの前に実施を傾倒している実証実験衛星は日本のH-IIAロケット1機で打ち上げ可能な大きさであり、5.8GHz、100-400kWのマイクロ波を直径10-20mの送電フェイズドアレイアンテナで低軌道LEOから地上へ送電実験をする計画である。その時、地上のレクテナ（受電整流システム）では1mW以下の非常に弱いマイクロ波を受電することになる。しかし、これまでに開発されたレクテナのほとんどは100mW以上のマイクロ波入力で最高のRF-DC変換効率を持ったものであり、1mW以下のマイクロ波入力に対してはほとんど20%以下の効率しかなかった。

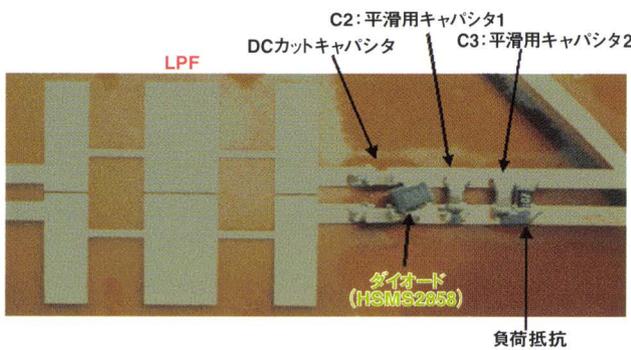


図3.1.15. 開発した弱電用レクテナの整流回路

そこで本研究ではmW級のマイクロ波入力で高効率を持つレクテナの開発を行った。レクテナパラメータを詳細に検討しながら最適化を行い、1mW入力での効率向上を図った。その結果、1mWマイクロ波入力ではほぼ50%の効率を持つレクテナの開発に成功した。このレクテナはプリントダイポールと低域通過フィルター、整流回路で構成され、それぞれ200Ωのコプレーナ線路を用いている。この新しいレクテナは以下に述べるユビキタス電源や現在世界中で研究が進んでいるRF-IDにも応用することができる。

その結果、1mWマイクロ波入力ではほぼ50%の効率を持つレクテナの開発に成功した。このレクテナはプリントダイポールと低域通過フィルター、整流回路で構成され、それぞれ200Ωのコプレーナ線路を用いている。この新しいレクテナは以下に述べるユビキタス電源や現在世界中で研究が進んでいるRF-IDにも応用することができる。

(9) レクテナ整流回路のパラメータ最適化

レクテナはアンテナと整流回路で構成される素子であるが、SPSの実現や無線電力空間への応用のためには、高いRF-DC変換効率を有するレクテナ開発が重要な課題である。そこで、我々はダイオードパラメータ、ダイオード出力キャパシタ間の電気長、およびマイクロ波基板パラメータの最適化を行った。

まず、ダイオードパラメータとRF-DC変換効率との関係について調査した結果、入力電力の最適値はダイオードの接合キャパシタに依存することが判明した。

次に、回路設計調査によるダイオード出力キャパシタ間の最適電気長を調査した。その結果、ダイオードに並列接続されるキャパシタ成分が電気長の最適化の際に最も敏感であることがわかった。また、このキャパシタ成分と電気長との関係に対する理論的解析を行った。さらに、上述の検討結果に基づく整流回路の試作を行い、RF-DC変換効率を測定した結果、30mWの、マイクロ波入力に対して52%もの変換効率を得ることができた。

最後に、マイクロ波基板パラメータ（比誘電率、誘電損失、基板厚、導体膜厚）とRF-DC変換効率との関係を解析し、高効率整流回路のための最適なマイクロ波基板パラメータを導出した。

(10) マイクロ波送電の地上応用 —ユビキタス電源—

ユビキタス情報社会はいつでもどこでも情報と接続される未来システムであるが、その問題は電源にある。PCや携帯電話、PDA等の情報機器は必ずバッテリーや他の電源を必要とする。電源がユビキタス情報社会の足かせになっているのである。

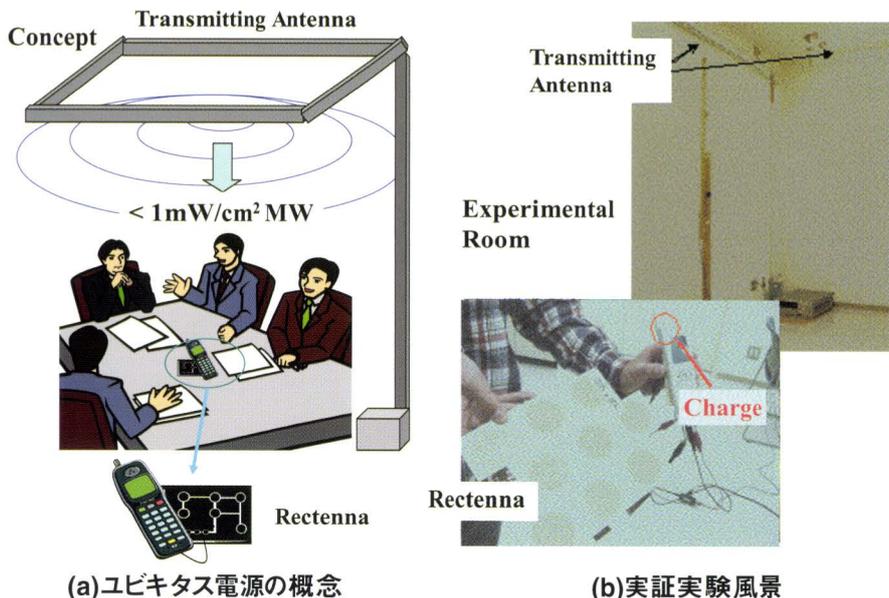


図3.1.16.

我々はマイクロ波送電を応用した「ユビキタス電源」を提唱している。これまでに培ってきた位相振幅制御マグネトロン等のマイクロ波送電技術を応用したものである。ユビキタス電源は人体への影響がないように設計されなければならない。マイクロ波の人体への防護指針は全身連続暴露で $1\text{mW}/\text{cm}^2$ 以下である。しかし、人体の防護指針は守りながらマイクロ波密度は上げたい。そもでまずFDTD法を用いて計算機シミュレーションを行った。シミュレーションサイズは $5.8 \times 4.3\text{m}$ のシールドルームを模擬した。その結果、 150W 以下のマイクロ波を放射すればほぼすべての空間で $1\text{mW}/\text{cm}^2$ を満たし、ほぼ均一な電力空間を実現できることが分かった。

次に設計したユビキタス電源システムで実証実験を行った。経済性からマグネトロンと導波管スロットアンテナを選択し、 $1\text{mW}/\text{cm}^2$ 以下で高効率となる新しいレクテナを開発した。その結果、実験部屋の中すべての場所において携帯電話の充電に成功した。

このような部屋=閉鎖空間を「無線電力空間」と呼んでいる。最初は現在の無線LANのように限られた空間を無線電力空間として利用し、次段階では無線電力空間をユビキタス電源へと展開するプランを持っている。

(11) SPS周辺環境モニター装置用観測チップ開発

SPSのような巨大な宇宙建造物は、周辺に存在する宇宙プラズマと相互作用を起こし、その電磁環境に変化を引き起こす可能性がある。また、SPSが地球上へエネルギーを送る際に用いるマイクロ波ビームも、電離層プラズマを加熱する可能性についても想定されている。このようなSPS周辺での宇宙環境変化をモニターするための装置としては、従来、衛星観測用に開発されてきたプラズマ波動観測器が適している。ただし、頻繁に、多点で、安価にモニターするためには、科学計測を目的としたプラズマ波動観測器そのものではなく、もっと、簡単化、軽量化し、大量生産にみあうようなものでなければならない。そこで、本研究では、従来からあるプラズマ波動観測器のアナログ部をひとつのアナログチップ(アナログASIC)の中に実現し、小型の電磁環境モニターを開発する(図3.1.17)。本年度は、アナログ部初段の差動アンプとフィルタ部の設計およびレイアウト設計を行った。

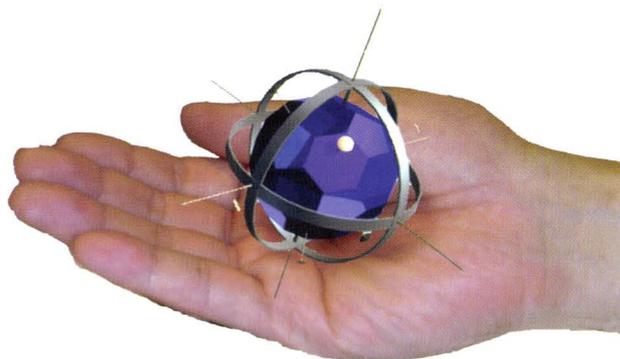


図3.1.17. 小型電磁環境モニター(想像図)

(12) 宇宙環境探査

SPSを配置する宇宙空間をしめる宇宙プラズマ環境が太陽や地球の磁気圏活動とともにどのように変化しているかを、予め知っておくことは重要である。本研究では、科学衛星GEOTAILのデータを用い、そこに搭載されたプラズマ波動観測器によって、自然に存在するプラズマ波動を観測することによって、そこで発生している自然環境と太陽・地球の活動との関係を明らかにしようとしている。本年度は、低緯度地方で、太陽風プラズマと相互作用している遷移領域を重点的に解析し、そこで発生しているホイッスラーモード波などの波動の性質と発生原因についての研究を行った。

以上のような研究成果を発展させ、さらに高効率・高精度の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。

3.1.3 人工太陽(プラズマ)

21世紀COEの太陽エネルギーの分野で、環境調和型エネルギーとしての人工太陽(プラズマ核融合)の研究開発を進めている。トータルエネルギー評価タスクグループの検討により、未来のエネルギーシステムにおける一次エネルギー技術は、以下のような特性を備えていなければならないことが明らかになってきた。1) 資源制約を持たず、技術開発によってエネルギーを生み出すもので、研究開発の進展と社会への普及によりコスト低減と利便性が向上する、2) 立地制約が少なく、自然条件、地理的地政学的条件によらず、必要な場所、時間に必要量を供給できる、3) 地球環境に総合的に貢献し、単に温暖化ガスを排出しないだけでなく、化石燃料にかわる水素エネルギーシステムへの転換を推進する、4) 未来の一次エネルギー供給で有意な貢献が期待でき、特に途上国の経済開発に適合する。これらの観点で核融合は、太陽エネルギーのもつ資源および環境上の利点を持ちながら、さらに受動的な太陽光利用技術にない特徴を持つことが明らかになった。一方、このためには従来の核融合研究の方向性に修正を加える必要性、あるいは新たな課題も見出され、本COE研究ではそのような観点での長期的な問題に取り組んでいる。

太陽光発電等の受動的太陽エネルギーには、資源量、分散電源への適合性などの大きな潜在的可能性にもかかわらず、エネルギー密度が希薄であり集中的にエネルギーが必要な場所に投入できない、本質的に電源であり、熱利用が制約される、生産量を自由に制御できない、という点で将来のエネルギー市場への適合に制限がある。核融合はこれらの市場性の制約を補うことが原理的に可能であるが、そのための研究開発が必要とされる。1) 高温熱源として、高効率発電技術や、工業利用、特に水素製造などの大量の熱需要にこたえるプラント規模でのエネルギー発生。これは従来の原子力にみられる 300 度程度の低い温度ではなく、高温を発生し、利用する材料および技術の開発を必要とする。2) 電源としては、電力グリッドの要求する大規模、安定な発電能力に加え、小型高効率化、負荷追従性、制御性が必要とされる。このほかに 3) 高速中性子、水素イオン、高エネルギー粒子、などの他のエネルギー技術ではできない利用技術も市場性の上で重要である。

これらの要求に応え、従来のプラズマ核融合と異なるエネルギー研究として、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

将来のエネルギー市場の要求の中心は、10万-100万kW級の発電所または熱源であり、日負荷変動に対応した供給制御である。従来のトカマク型核融合装置規模は100万kW以上級に限定されており、これを市場の要求に対応させるためには、CSを除去した小型高効率化と、比較的長時定数のプラズマ立ち上げ・制御が必要となる。LATEにおける小型球状トカマクはこの方向の研究である。

○高効率核融合装置は、大きな表面熱流束をもつ。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。

○核融合は、軽水炉と同様の発電に用い、競合したのでは温暖化ガスの低減に貢献することはできない。現在化石資源によっている燃料供給、熱供給に対応するためには、熱エネルギー利用の中心である500度帯、化学的な水素製造プロセスの可能となるそれ以上の温度で取り出さなければならない。このために、従来の鉄鋼系材料を超える高温材料として低放射化フェライト・マルテンサイト材料、ODSフェライト鋼、SiC/SiCセラミック複合材料分野研究を進めている。

○高エネルギー粒子、中性子源としての小型核融合装置は、人道的地雷探査や医療用RIの製造等近い将来の利用法が検討されており、さらにプラズマエネルギーの新たな利用市場を開く研究である。

○磁気と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っている。

○さらに、評価グループの活動により密接に対応した核融合エネルギーの利用システムの概念設計、特にそのキーとなるエネルギー転換装置-ブランケットの検討や電力システムの解析が今年度より開始された。

○プラズマ核融合の実現に向けた基本的な重要問題は依然として高温プラズマとその先進閉じ込めの物理であり、この理解が将来のエネルギーとしてのブレイクスルーにつながる。プラズマ理論シミュレーション研究はこのような位置づけで行われている。

(1) ヘリオトロンJによる閉じ込め研究

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

(エネルギー基礎科学専攻 近藤克己、中村祐司)

「プラズマエネルギー」の最適閉じ込めを目指し、それに適した磁場配位を探るため、ヘリカル軸ヘリオトロン磁場配位と呼ぶ京都大学独自で開発してきた磁場配位を持つ実験装置ヘリオトロンJ装置(図3.1.18)を用いて、プラズマの生成、加熱を始めとする研究を推進している。

これまでの研究によりヘリオトロンJプラズマにおいてもその存在が確認されている(図3.1.19)Hモードと呼ばれるプラズマ閉じ込め状態は、その良好な閉じ込め特性から、将来の核融合炉にとって魅力的な閉じ込め状態の一つである。ヘリオトロンJにおけるHモードプラズマの磁場配位依存性を明らかにするため、閉じ込め磁場の回転変換を配位の指標とし、そのプラズマ挙動を調べた。その結果、① 閉じ込めモードの遷移は広い回転変換範囲で観測される、② 回転変換が、その共鳴条件($n/m=4/8, 4/7$ and $12/22$)より少し低い場合に、特に閉じ込め状態が良く、従来の閉じ込め経験則からの改善率 H_{ISS95} -factor ($\tau_E^{exp}/\tau_E^{ISS95}$)が大きな値($1.3 < H_{ISS95} < 1.8$)を取ること(図3.1.20)等が判明した。これらの研究を通じ、ヘリオトロンJ装置の各種磁場配位、各種プラズマ加熱手法において観測されるHモードプラズマ挙動の基本特性を明らかにすることができた。

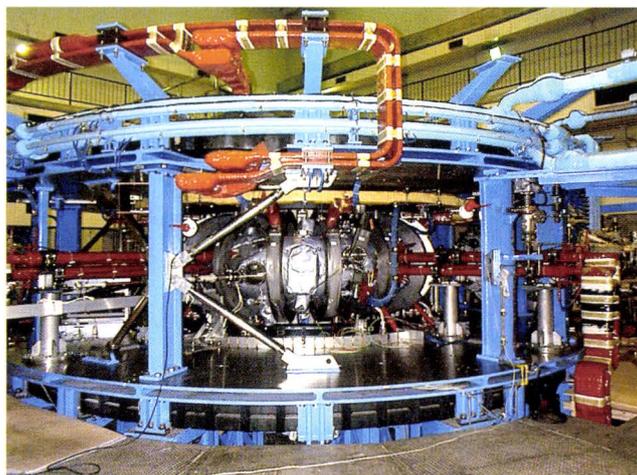


図3.1.18. Heliotron J装置

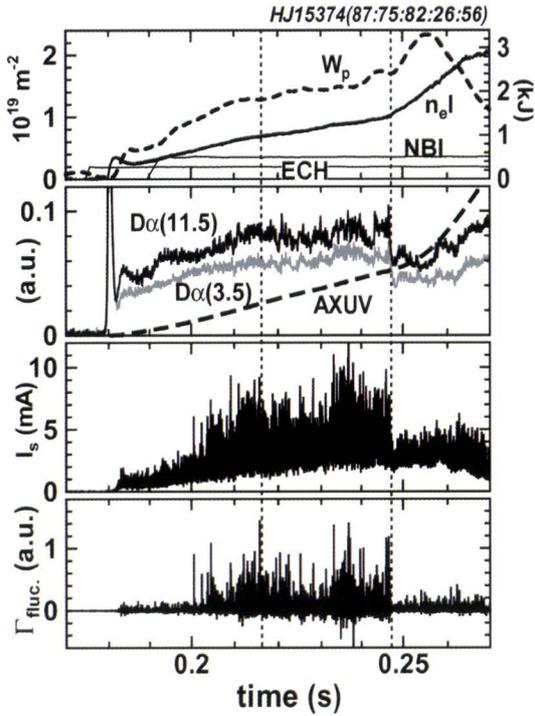


図3.1.19. Hモード放電例

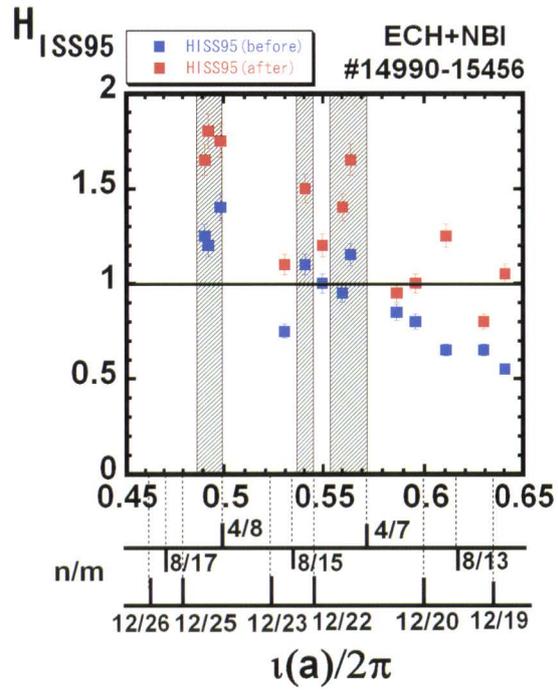


図3.1.20. 閉じ込め改善率の回転変換依存症

(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。本年度はマイクロ波の長時間入射を試み、図3.1.21と図3.1.22に示すようにプラズマ電流を7.2kAまで立ち上げることに成功し、球状トカマク平衡配位の初期段階に到達できた。初期プラズマは入射マイクロ波による電子サイクロロン共鳴加熱で発生・加熱され、初期プラズマ平衡を確保するための弱い外部垂直磁場 B_v のもとでプラズマ電流も発生した。さらに、マイクロ波入射電力とともに B_v をゆっくりと増大させることによりプラズマ7.2kA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。

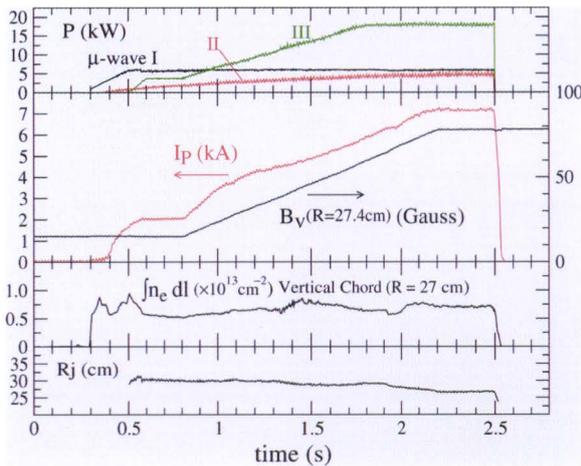


図3.1.21. 放電波形

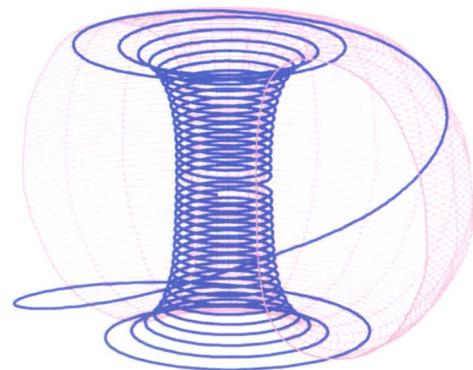


図3.1.22. プラズマ電流 $I_p=7.2\text{kA}$ に達した放電の最終段階での磁力線 (青線)。球状トカマク配位の形成を示している。

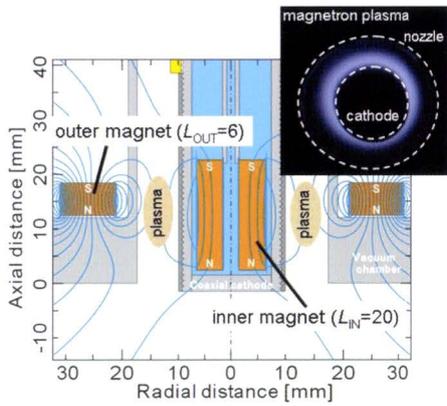


図3.1.27. 直流マグネロン方式付加イオン源の断面模式図と放電の様子

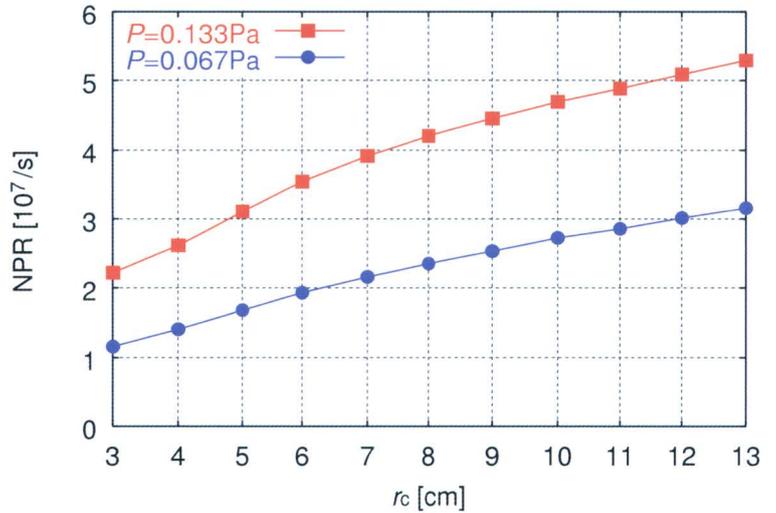


図3.1.28. 数値シミュレーション:
中心メッシュ状陰極半径を変化させたときの
中性子発生率の変化
(陽極半径17.5 cm, 陰極電圧-90 kV, 打ち込みイオン電流50 mA)

(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性能化、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酸化物分散強化鋼 (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、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った。また、ODS鋼は核融合炉材料としての期待も高く、日米核融合炉材料研究 (文科省・DOE/US) や日本原子力研究所や国内の大学連合からなるフェライト鋼ワーキンググループ活動においても中心的な役割を果たしながらフェライト鋼やODS鋼の実環境性能評価研究を展開した。

図3.1.29は、超臨界圧水中における耐食性能を評価した結果を示す。比較のため、ステンレス鋼 (SUS316L) の結果も示しており、京都大学が開発したODS鋼の耐食性能は既存のステンレス鋼よりも優れていることが判明した。さらに、図3.2.30に示すように、当該鋼において課題となっている高温環境下における経年劣化の抑制に関しても十分な見通しが得られつつある。

すでに報告しているように、ナノサイズの酸化物を分散させたODS鋼は中性子照射環境下において優れた耐性を示すことから、革新的な原子力材料としての期待が大きく、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。

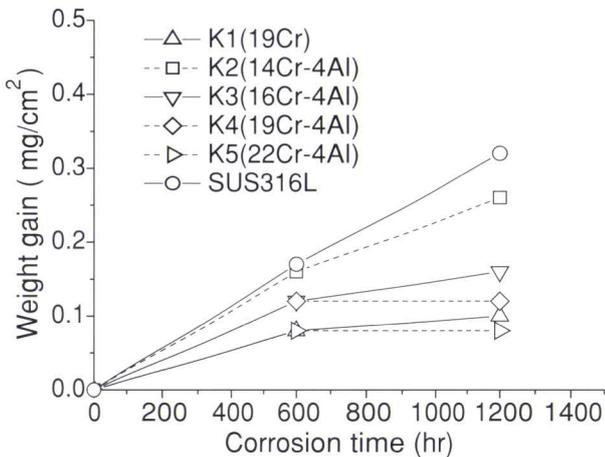


図3.1.29. ODS鋼とSUS316Lの超臨界圧水中 (783K, 25MPa) における耐食性能

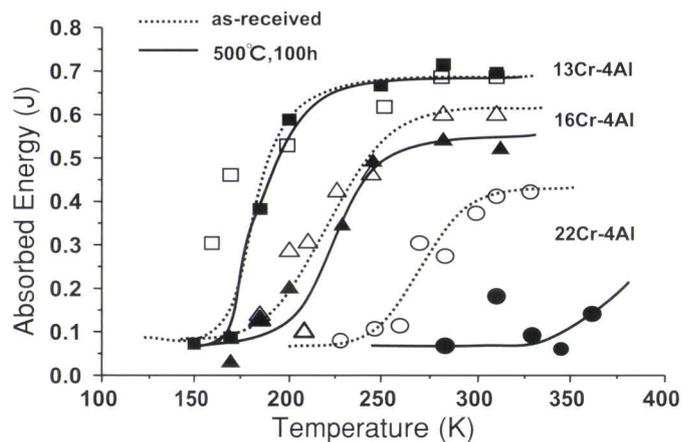


図3.1.30. 高CrのODS鋼の高温環境下 (773K, 100hr) における経年劣化

(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、岡村崇弘、大屋正義)

エネルギーの高いプラズマの高精度制御には、強い磁場の超電導マグネットが必要であり、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) で冷却して高磁場化、小型化を計ることを目標とし、次のような研究を行っている。

1) 設計に重要なHe IIの冷却特性解明

〈浸漬冷却特性〉超電導コイル巻線間のような縮小・拡大を伴う複雑な流路に充たされた超流動ヘリウム中の3次元熱流動特性を、熱が定常的に加わる場合と電磁力によるコイル巻線のスリップで生ずる摩擦熱のようなステップ状熱入力に対する過渡特性に分けて実験的に解明した。また、並列化を行った3次元数値解析コードを開発し、上述の実験結果と比較検討して有効性を確かめた。この数値解析によって渦の発生等の3次元熱流動機構を初めて明らかにした。図 3.1.31に数値解析結果の一例を示す。

〈強制対流冷却特性〉ほとんどデータの無かった超臨界圧域を含む広い圧力下での強制対流冷却特性を実験によって明らかにするとともに、実験結果を記述する表示式を提示した。また、強制対流熱流動機構を解明するため、2流体モデルに基づく強制対流数値解析コードの開発を行っている。

図3.1.32は、超臨界圧強制対流He II熱伝達の代表例 (液温1.8K) で、圧力2.8atmにおける熱流束 q と発熱体表面温度の液温からの上昇分の関係について流速をパラメータとして示す。非沸騰域は、Kapitza Conductanceによって支配されるため流速の影響を全く受けない。図示するように、超臨界圧域でも、臨界以下の圧力と同様、臨界熱流束以上に膜沸騰と良く似た熱伝達の悪い領域が存在し、その勾配は圧力上昇とともに急になっている。流速が高いほど臨界熱流束は大きい。

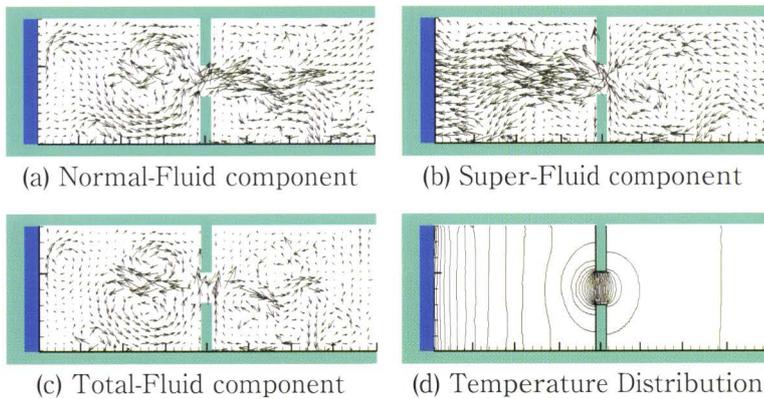


図3.1.31. オリフィスを持つチャンネル中のHe II 各成分の速度ベクトルと温度分布の数値解析結果

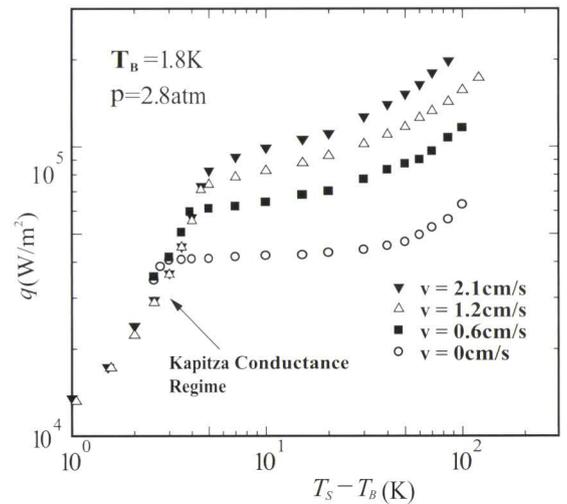


図3.1.32. 超臨界圧強制対流He II 熱伝達の代表例

2) He II冷却超電導コイルの安定性

超電導マグネット巻き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冷却超電導コイルの安定性をHe I冷却と対比して明らかにするため、直径1mm程度の超電導細線を用いた基礎的研究と、プラズマ制御に用いる30kA級大型導体を用いた安定性評価試験を行っている。図3.1.33は、大型導体試験コイルを、図3.1.34は、安定限界電流と磁束密度の関係を、冷却温度をパラメータとして示す。He I冷却 (4.2K, 2.2 K) からHe II冷却に移行すると安定限界電流がはるかに大きくなり、安定性が向上することを示している。しかしながら、図の斜線領域では、局所的な熱擾乱によって発生した常電導部が熱擾乱地点から離れてコイル片側のみに伝播するこの導体特有の現象が見られ、これがプラズマ安定性に影響を与える様であれば問題となる。片側伝播について詳細な実験を行った結果、(a) 片側伝播の方向は、試験コイル電流の向きには依存せず、外部磁界の向きに依存する；(b) 片側伝播の開始電流や両側伝播に移行する限界電流は、外部磁界や試験コイル電流の向きには依存せず、伝搬速度は図3.1.35に示すように試験コイル電流が大きいほど大きい；(c) 両側伝搬の伝搬速度は、限界電流以下で片側伝搬が生じていた側が、反対側よりはるかに大きいこと等を明らかにした。片側伝播現象には、外部磁場とそれに直交するアルミニウム安定化材への拡散電流の相互作用 (ホール効果) が関わっていると考えられる。現象を記述する数値解析コードを開発中である。



図3.1.33. 大型導体試験コイル

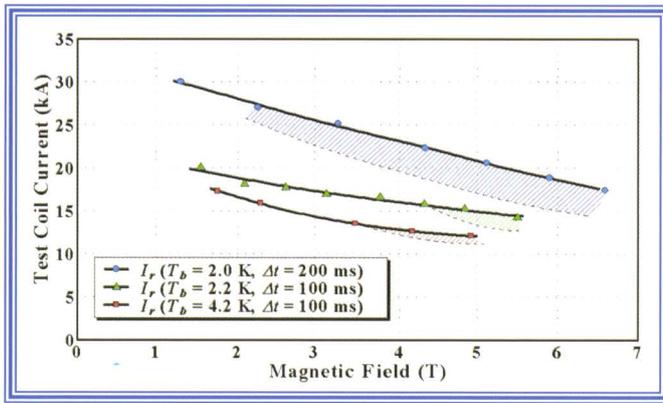


図3.1.34. He I および He II 冷却における安定限界電流と磁束密度の関係

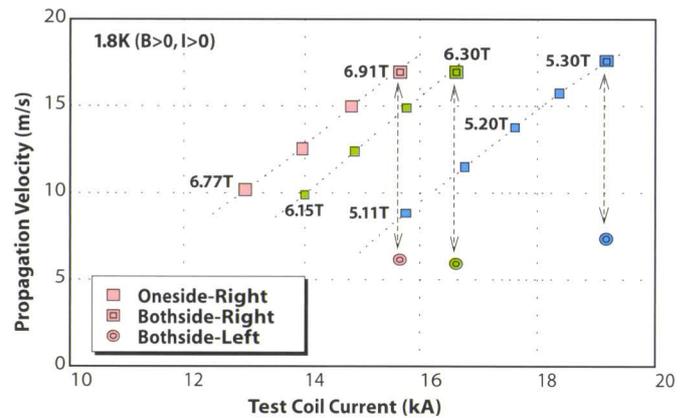


図3.1.35. 伝播速度と試験コイル電流の関係

(7) 先進エネルギー材料の開発

(エネルギー理工学研究所 香山 晃、檜木達也)

核融合炉や高温ガス冷却炉などの将来のエネルギーシステムを実現するために、超高温、高エネルギー粒子・量子場などの苛酷環境下での耐性に優れた材料の研究開発を行っている。フェライト鋼研究においては、従来材を凌駕する高温強度特性の飛躍的向上(世界最高)を達成した低放射化フェライト鋼を開発し、国際エネルギー機関(IEA)認定の国際サーベイランス材料を提供した。一方で、革新的セラミックス基複合材料(SiC/SiC)製造プロセスの開発に成功し、宇部興産(株)および三菱重工業(株)と共同して事業化へと展開中である。このSiC/SiC複合材料(図3.1.36)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3.1.37)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。

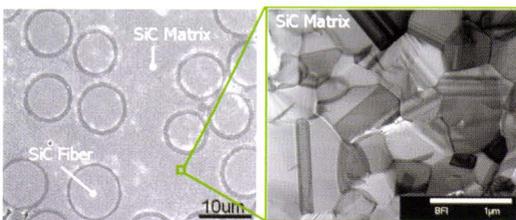
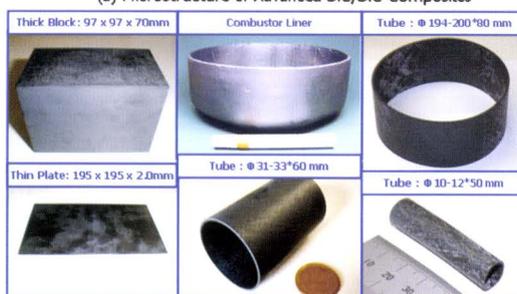


図3.1.36. SiC/SiC複合材料の微細組織およびその実用部材としての試作品



(b) Pilot grade products with various sizes and shapes

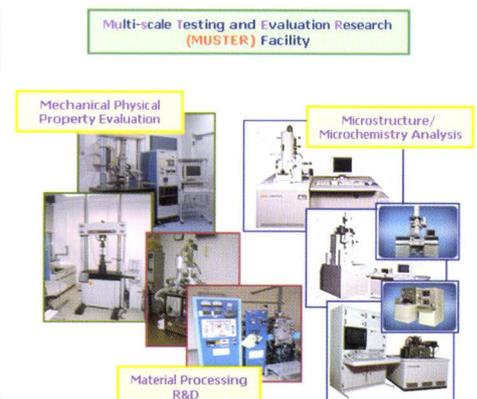
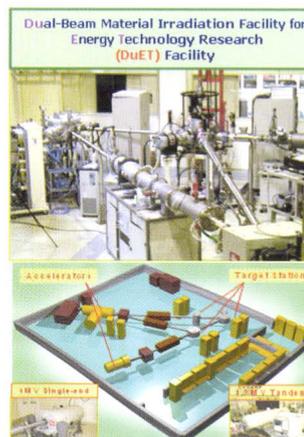


図3.1.37. 京大エネルギー理工学研究所におけるデュアルイオンビーム照射施設(DuET)およびマルチスケール評価開発基盤群(MUSTER)

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) 室温溶融塩1-エチル-3-メチルイミダゾリウムフルオロロハイドロジェネートを用いることにより、無加湿で作動する新しい燃料電池の開発に成功した。
- 2) 固体酸化物形燃料電池の電解質材料として、 $Ba_2Sc_2O_5$ におけるBaをLa、Ca、Srに、ScをZr、Ti、Y、Geにそれぞれ部分置換することによって、高いイオン伝導特性を持つペロブスカイト酸化物の単相を得ることに成功した。
- 3) 安価な水素吸蔵合金の製造を目指し、酸化チタンより還元しやすい酸化バナジウム、酸化クロムとCaを混合・作用させることにより、二元系VTi合金、 $TiCr_2$ 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。
- 4) 水素吸蔵タンク内の熱交換性向上のため、ポリウレタンフォームを原型とする鋳型法、低加圧下の放電プラズマ焼結、粉末冶金を応用したスパーサー法、等の創製プロセスを開発・適用し、高い気孔率と熱交換能を有するポーラスAlおよびポーラスCuの作製に成功した。
- 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することにより、正味平均有効圧力1.0MPaと正味熱効率38%の高出力・高効率運転を実現できた。
- 6) 木材とヘマタイトおよびポリエチレンとヘマタ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) 落下塔微小重力環境下の水電解実験によって、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を測定・評価した。
- 8) 疲労き裂発生の解析手法を構築し、この手法を用いたシミュレーションにより、水素エネルギーシステム機器の実働状態で予想される多軸応力下での疲労き裂発生の方位分布状態を定量的に評価した。
- 9) 強力永久磁石を用いた電磁超音波探触子EMATを製作し、その特性を実験的に評価するとともに、内部欠陥の画像化に適用した。

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)

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を目指し、アノードアンモニア合成反応の律速過程が溶融塩中への水素溶解もしくは水素拡散であることを明らかにした。アノードの電極構造を改良することにより、アンモニア合成速度を大きく向上させた。150℃の溶融 $KOH-H_2O$ を用いたダイレクトアンモニア燃料電池のアノード触媒能が、 $Ru > Rh > Ir > Pt > Ni, Ag, Au$ であることを明らかにした。ルテニウム触媒付アノードにアンモニアを、白金触媒付カソードに空気を流した場合、150℃において1.07 Vの起電力が得られることを確認した。

さらに、水素輸送がフルオロロハイドロジェネートイオン、 $(HF)_nF^-$ を介して行われる、室温溶融塩1-エチル-3-メチルイミダゾリウムフルオロロハイドロジェネートを用いた新しい室温溶融塩燃料電池の開発に成功した。これは無加湿で作動する特徴を持ち、白金黒電極を用いた電池は水素および酸素圧1気圧、298Kで1.1Vの開路電圧を示した。水素極、酸素極いずれも30wt% KOH 水溶液を電解質とする燃料電池と比較して遜色のない分極特性を示した。

また、クロム窒化物被覆処理は、基板表面の機能を向上させる魅力的な方法であり、種々の方法(イオンプレATING、溶射法等)が開発されている。しかしながら、複雑な形状の基板表面への被覆が困難である等の問題がある。そこで、筆者らは、電気化学プロセスによる新規機能性窒化クロム被覆法を提案した。この方法では、塩化アンモニウムと塩化クロムを含む溶融塩化リチウム-塩化カリウム混合塩を電解質に用い、この浴中でニッケル電極を陰分極することにより、電極表面に窒化クロム膜が均一に形成すること被覆することが可能となる。また、印加電位により得られる窒化膜の組成を制御できることも見出した。

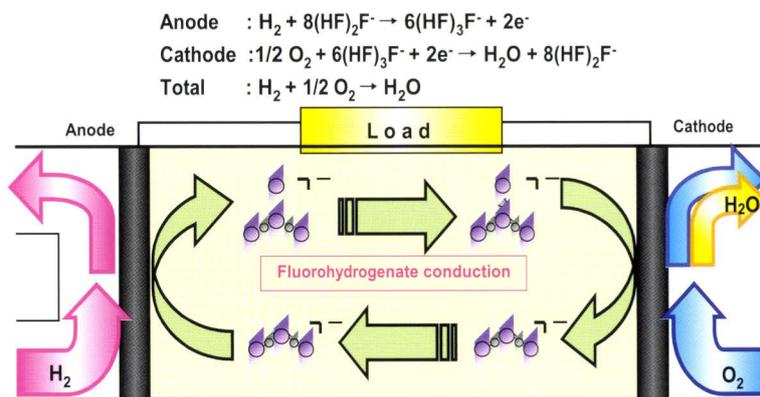


図3.2.1. フルオロロハイドロジェネート室温溶融塩燃料電池の原理図

3.2.2 電気化学的水素エネルギー変換のための高機能固体酸化物電解質材料の開発

(エネルギー基礎科学専攻 八尾 健、日比野光宏)

燃料電池は現在もっとも将来性のあるエネルギーデバイスの一つとして認識されている。その中で電極、電解質がセラミックス材料からなる固体酸化物形燃料電池(SOFC)は、高いエネルギー変換効率、高価な貴金属触媒の不使用、燃料の多様化などの点からも大きな期待が寄せられている。SOFCではしばしばイットリア安定化ジルコニア(YSZ)が電解質として使用されるが、これら電解質の伝導性によって作動温度は1000℃程が必要となっている。この作動温度を下げることは、金属部品の使用が可能になるなどコストや耐久性の点から望ましい。さらに500℃以下で作動可能となれば電気自動車などの移動体への適用も期待できる。したがって、これらの温度領域で高イオン伝導率を有する固体電解質の開発が広く取り組まれている。バリウムインジウム酸化物($\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$)は約930℃付近の秩序-無秩序転移点以上では酸素空孔が無秩序配列する立方晶ペロブスカイト構造をとり、イットリア安定化ジルコニア(YSZ)よりも高い酸化物イオン伝導性をもつ化合物であることが知られている。しかし転移点以下では酸素空孔が秩序配列する斜方晶ブラウンレライト構造をとり、低導電率となる。これまでにもSOFC電解質として $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$ を利用するための研究が行なわれており、異種元素ドーピングによって低温においても高温相が維持され高導電率が得られることが明らかとなっている。しかし、燃料極側で曝されるような強い還元性雰囲気のもとでは、Inの原子価が不安定であるため、電解質としての利用には問題がある。我々は本研究においてInの代わりに還元性雰囲気でも原子価が安定なScを用いることで還元雰囲気にも強いかつ高いイオン伝導性を有する酸化物の合成を行った。 $\text{Ba}_2\text{Sc}_2\text{O}_5$ は1000℃以下では BaO 、 Sc_2O_3 の生成により単相では得られないため、La、Ca、SrによりBaを、Zr、Ti、Y、GeによりScをそれぞれ部分置換することによってペロブスカイト酸化物の単相を得るとともに、その導電特性を明らかにし、高いイオン伝導特性を示すことを明らかにした。図は $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{Sc}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_{2.75}$ ($x=0, 0.1$)の電気伝導特性である。温度変化による導電率の急激な変化は見られず、結晶構造の相転移がないことが示されており、しかも低温でも高い伝導率を保持していることがわかる。また還元雰囲気でも原子価変化に起因する大きな重量変化が見られず、安定であることが確認されている。

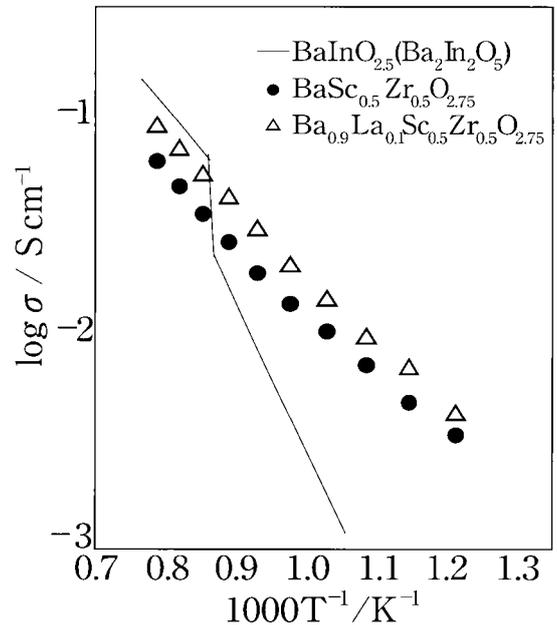


図 3.2.2. $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{Sc}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_{2.75}$ ($x=0, 0.1$)の電気伝導特性

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多いTi-V-Cr系合金粉末を例にとり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500ppm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が容易な、酸化バナジウム、酸化クロムと混合しCaを作用させたところ、それぞれ、目標物である二元系VTi合金、 TiCr_2 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 CaCl_2 に溶解させることが必須で、この工夫により残留Ca分の少ない、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 V_2O_5 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。 V_2O_5 をあらかじめ水素ガスで VO_2 もしくは V_2O_3 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。

図3.2.4は得られた TiCr_2 粉末の水素吸蔵特性を、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と比較して示す。本法で得られる粉末は、数mmの微粒子であり広い表面積を持った珊瑚状であり、適当な活性化処理を付与すれば従来法による水素吸蔵合金と同等の性能を持つ水素吸蔵特性を示した。現在副生するCaOを溶融した CaCl_2 から還元剤であるCaの形でリサイクル回収するプロセスも開発中であり、プロセス全体としてはCaを不要とする製造方法を確立中である。本法は新しい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。

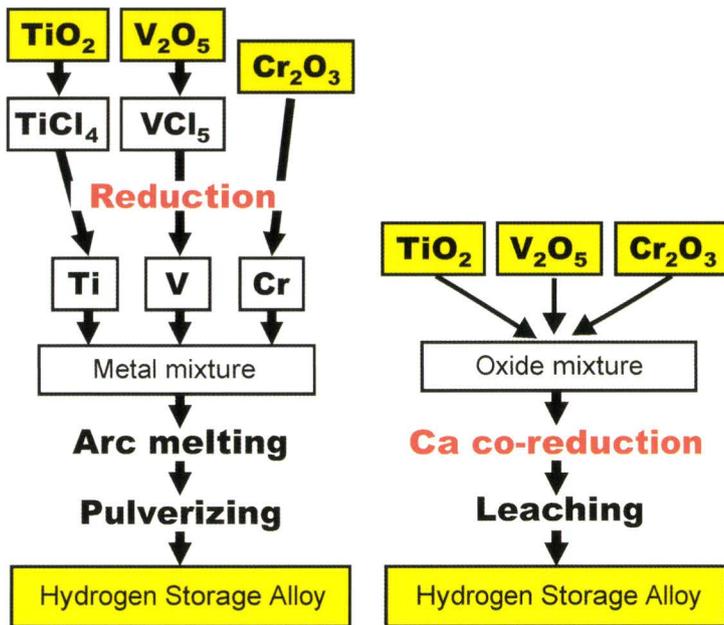


図. 3.2.3. 従来の水素吸蔵合金粉末製造法と本研究で提案する共還元法

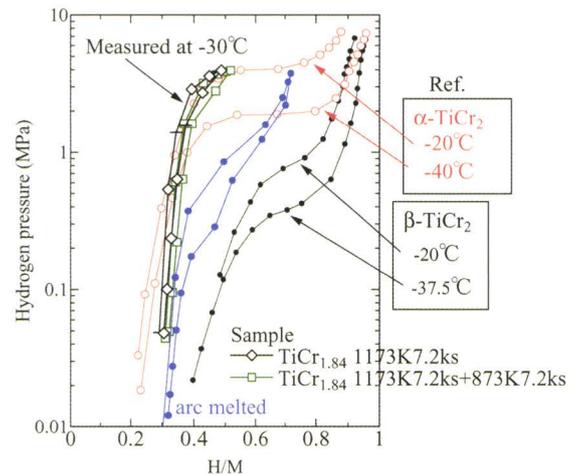


図. 3.2.4. 従来の方法で作成されたTiCr₂粉末と本法による粉末の水素吸蔵特性の比較

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。

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。特に、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、3つの創製プロセスについて検討した。

まず、ポリウレタンフォームを原型としてポラス金属を作製した。すなわち、ポリウレタンフォームに石膏を流し込んだ後、加熱しポリウレタンフォームを除去して多孔質な石膏鑄型を作製した。この鑄型に溶湯Alを鑄込み、凝固後水スプレー等で石膏を除去することにより、ポリウレタンフォームと同様な開放孔を有するポラスAlを作製した(図(a))。本法の場合、気孔率や孔径は制御できず、孔径はミリメートルオーダーと粗大であったが、95%の高気孔率を有するポラスAlの作製が可能であった。

次に、金属短繊維からポラス金属を作製した。市販の短繊維Cu(平均径30 μ m、平均長1mm)を黒鉛型に充填し、低加圧下、放電プラズマ焼結を行った。顕微鏡観察の結果、短繊維Cu同士が焼結により結合していることが確認された(図(b))。この場合も、気孔率あるいは孔径を制御することはできないものの、開放孔を有する、気孔率68%のポラスCuを作製できた。

さらに、粉末冶金を応用したスパーサー法により、ポラスAlを作製した。Al粉末と整粒されたNaCl粒子を混合し、放電プラズマ焼結を行ったのち、水に浸すことでスパーサーであるNaCl粒子を除去し、ポラスAlを得た(図(c))。この手法では、気孔率(70~90%)や孔径(200~3000 μ m)を自在に制御することが可能であることから、熱交換能も幅広く制御できる可能性を有すると考えられる。

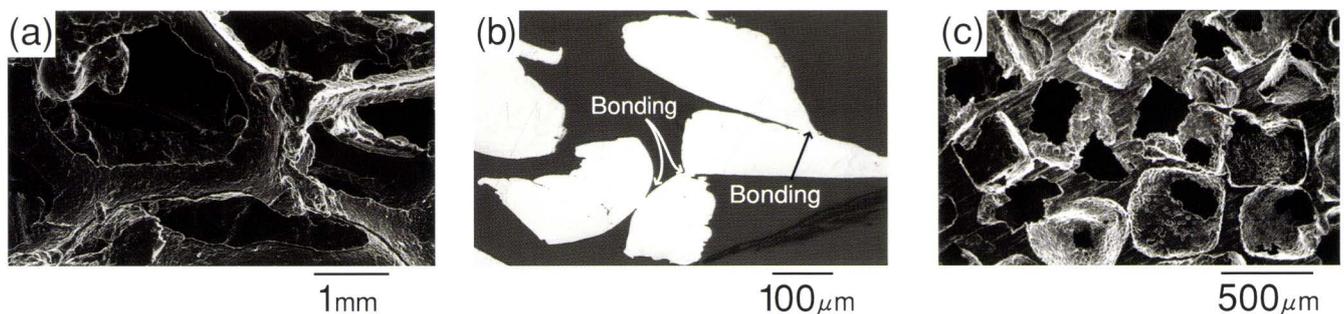


図. 3.2.4. 種々の手法で作製されたポラス金属

3.2.5 廃棄物利用 炭酸ガスを金属鉄併産型 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、巨大なマスの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を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。

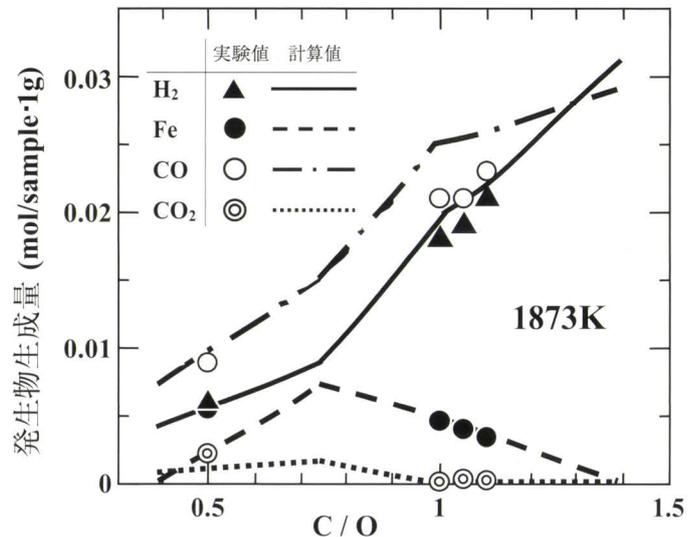


図. 3.2.6. 1873Kでの木材+ヘマタイト混合物のガス化・還元における発生物生成量と混合物中のC/Oとの関係

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)

本研究課題では、水素の効率的利用の観点から、小規模分散型高性能クリーン動力変換システムとしての水素エンジン技術の要件と方法を示す。とくに本年度は、水素特有の燃焼特性の活用によりエンジンを高効率化・高出力化することを目的として、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た。実験には、図左の単シリンダ試験機関を用い、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した。高圧水素をシリンダ内に直接噴射する場合、従来の予混合方式に比べて吸入空気量が増加するため高出力化が期待できる。さらに、噴射を圧縮行程で行うことにより逆火を回避できるうえ、噴射により混合気形成を制御すれば、高負荷での急激な燃焼を抑制できる。図右に、噴射時期(a) $\theta_j = 300^\circ \text{BTDC}$ および(b) 130°BTDC での種々の当量比 ϕ における点火時期 θ_i による機関性能の変化を示す。いずれの ϕ についても、正味熱効率 η_e および正味平均有効

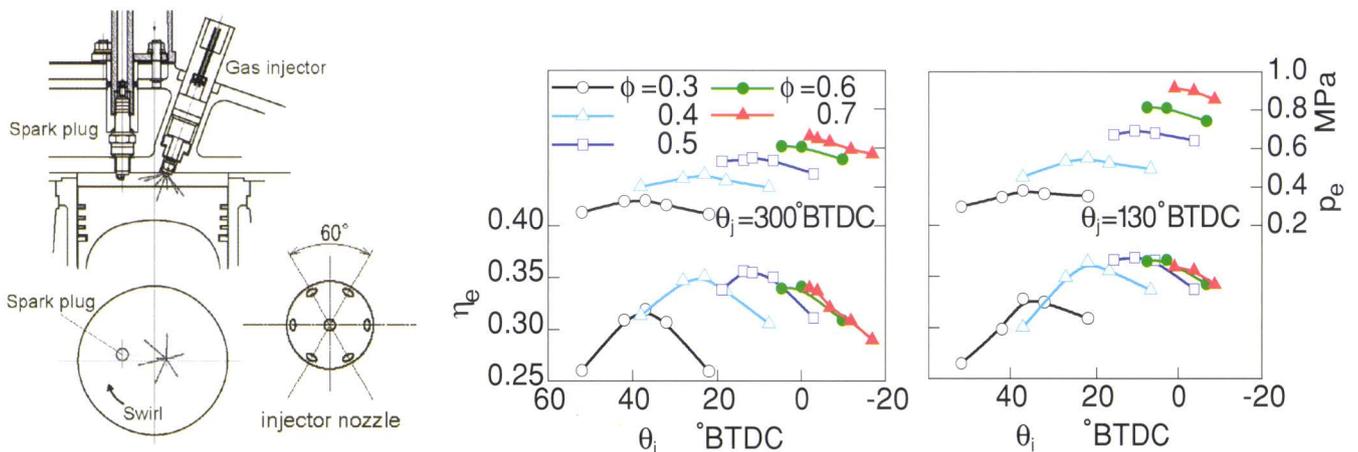


図. 3.2.7. 燃焼室形状(左)および水素DISIエンジンの性能(右)

圧力 p_c が極大となる点火時期(MBT)は θ_j によりさほど変化しないものの、圧縮開始直後(吸気弁閉時期 140° BTDC)から噴射を開始する(b)の条件の方が、予混合吸気に近い吸入行程での噴射(a)に比べて p_c および η_c が大幅に増加する。さらに $\phi=0.7$ においては、(a)では激しいノックにより運転が制限されTDC前の点火は困難になるのに対し、(b)ではノックは発生せずTDCを超えて p_{max} の限界まで進角することができる。種々の噴射時期 θ_j についての実験結果より、 $\theta_j=100^\circ$ BTDC、 $\phi=0.6$ の条件においては38%を超える η_c が達成できた。今後、噴孔や燃焼室形状の最適条件について検討していく予定である。

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ス

(エネルギー応用科学専攻 石井隆次、福中康博、日下英史)

宇宙資源エネルギー学分野として、COEプログラムでは宇宙空間におけるエネルギー変換貯蔵技術の一環として、太陽光発電-水電解-燃料電池から構成される太陽光-水素エネルギーシステムにおける電気化学プロセスの研究を遂行している。とくにこれらの電極界面-電解液-気泡の3相界面現象に焦点を絞っている。

工業水電解技術課題は過電圧の低い電極材料の開発に尽きるが、電極表面での気泡/電解液/電極から成る3相界面現象の定量的検討は十分ではない。発生気泡に起因する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成功する可能性がある。

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 H_2 、 O_2 ガスの表面被覆率、ボイド率、過飽和度を推定することを試みつつある。 H_2 、 SO_4 や KOH 水溶液を満たした光学セル中に浸漬した2枚のPt電極表面に発生する H_2 や O_2 ガス発生挙動がCCDカメラで観察されるとともに、電流や電位の経時変化と対応づけることが試みられた。 KOH 水溶液の場合には陰極表面で気泡が離脱せず、いわゆるフロス層が形成されて、重力場現象と大きな差異が生じる。また、8秒間の電解時間では、物質移動抵抗の上昇により、電流が流れなくなる現象は認められなかった。気泡が会合する際に電解液が混合攪拌されていると考えられる。陽極で発生する酸素ガスは陰極で発生する水素ガスに比較して見かけの接触角が大きいことが認められた。 H_2 、 SO_4 水溶液系の場合、 H_2 気泡発生数は少なく、地上実験の場合でも、気泡径が1mm以上に成長しても、陰極面から離脱することはほとんど認められなかった。3相界面の濡れ性が電極反応に関して極めて重要である。そこで種々のpHの電解液中で気泡の電位の測定に着手している。

電気化学プロセス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。

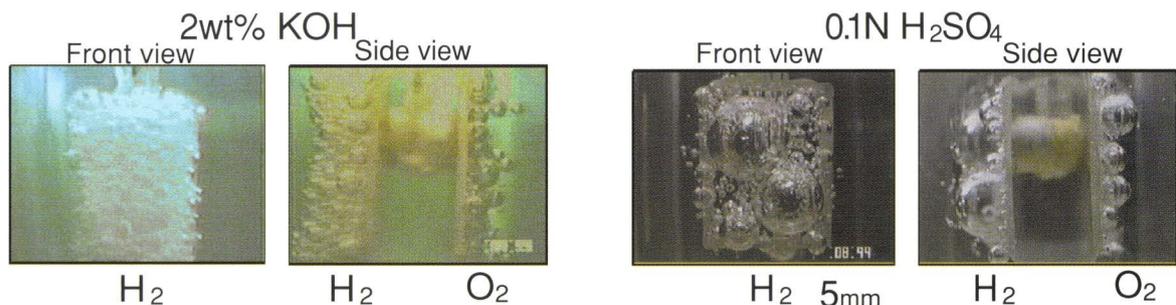


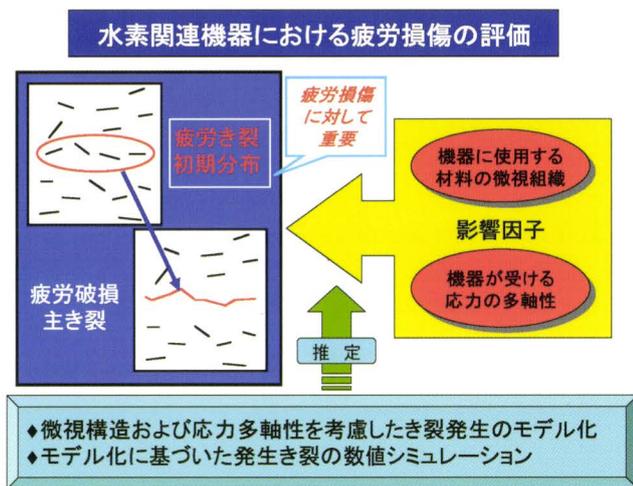
図. 3.2.8. 小重力環境下の KOH および H_2 SO_4 水溶液におけるガス発生挙動 ($t=8s$ $E-E_{eq}=-0.8$ V)

3.2.8 水素エネルギーシステム機器の疲労損傷評価

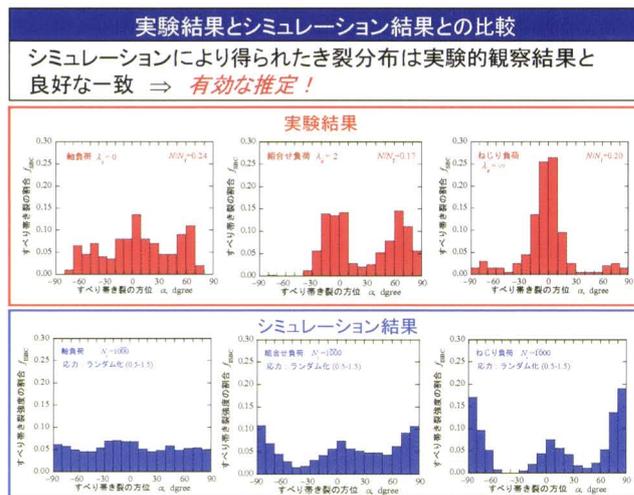
(エネルギー変換科学専攻 星出敏彦、今谷勝次)

水素エネルギーシステム機器の実働条件下では繰返し負荷を受け、それに伴う疲労損傷が生じる。そのため、健全性評価、とりわけ耐疲労設計を行うにあたっては、疲労損傷の実態である疲労き裂の発生を評価する必要があり、疲労き裂発生メカニズムの解析手法を構築した(図3.2.9(a))参照)。この手法を用いたシミュレーションにより、実働状態で予想される多軸応力下での疲労き裂発生方位分布状態を定量的に評価した。本研究では、二軸応力状態におけるき裂発生を、多結晶材料を構成する個々の結晶粒内におけるすべり帯形成としてモデル化した。モデル化した結晶において、すべり面の法線方位およびそのすべり面上でのすべり方位をそれぞれ独立にランダムに与え、各結晶に負荷される応力状態も制約条件を設けてランダムに加えた。個々のすべり帯からき裂となるき裂発生寿命は転位蓄積モデルに基づいて計算した。提案したモデルによるシミュレーションでは、き裂方位角度とき裂発生に至る応力の繰返し数との関係が得られる。混合モード下で発生したき裂の方位のシミュレーション結果については、ほぼ均質な微視構造を有する純銅の二軸疲労において得られた実験結果と比較、検討を行った。図3.2.9(b)は実験結果とシミュレーション結果を比較したものを示す。図より、全体的傾向として両者の間により対応関係が認められ、本解析モデルの有用性が明らかとなった。

併せて、高温下の多結晶材料について、結晶塑性モデルを取り入れた有限要素法により微視的解析を行った。数値解析の結果、個々の結晶粒の力学的特性よりは、すべり系の形態や粒界などの幾何学的条件が微視的な異方性に大きく影響を及ぼすことが判明した。今後のき裂発生解析において有用な知見が得られた。



(a) 解析アプローチ



(b) き裂方位分布の実験と解析の結果の比較

図. 3.2.9. 疲労損傷の解析アプローチと解析結果

3.2.9 水素エネルギーシステムを担う材料・構造の健全性評価技術の確立

(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、新しい機能材料システムの設計・評価と、材料・構造の健全性評価技術の確立を目指している。今年度は、高温など極限環境下に置かれた材料・構造の内部に存在する欠陥を非接触・非破壊的に検出するための電磁超音波探触子 (Electromagnetic-acoustic transducer, EMAT) の開発と性能評価を中心に研究を行った。EMATによる超音波発生原理は、図左に示すように導電性被検体の表面上においてコイルに高周波電流を流すことにより被検体表面直下に渦電流を発生させ、これと静的磁場の相互作用によって生じるローレンツ力により被検体を加振させるものである。本課題では、強力永久磁石を用いたEMATを製作するとともに、その特性 (指向性、送受信効率など) を実験的に評価し、得られた知見をEMAT受信波形データの処理による内部欠陥の画像化に適用した。図右は板材の肉厚変化部をEMATにより裏面から測定し画像化した結果を示す。そのほか、本課題では電磁気-力学相互作用に基づく材料のひずみ・欠陥の評価法や、複合材料構造における超音波伝播特性の評価に関する検討も行った。

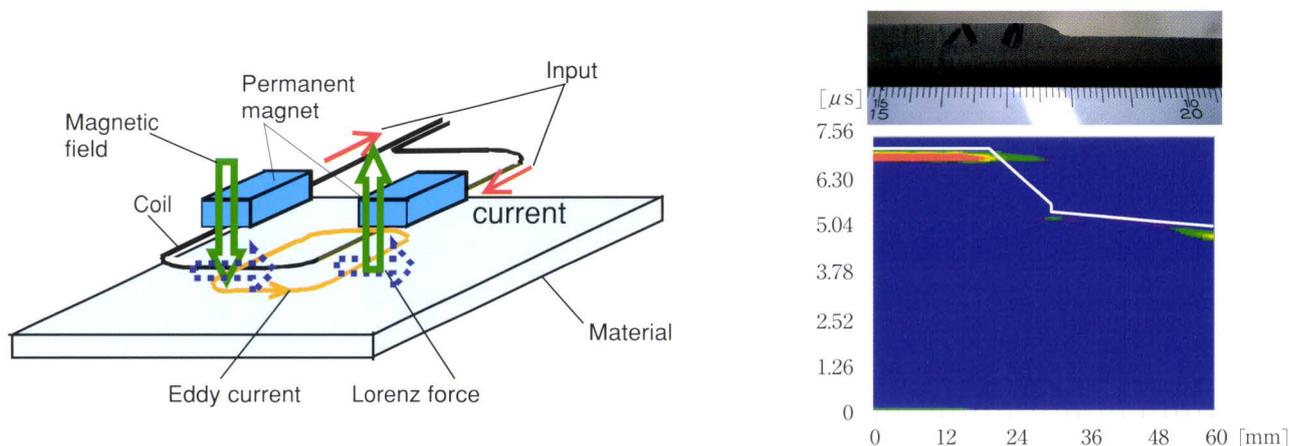


図. 3.2.10. EMATによる超音波発生原理と板材厚さ変化部の画像化

3.3 バイオエネルギー

エネルギー問題、地球環境問題が深刻になるに伴い、再生可能、カーボンニュートラルで莫大な賦存量を有するバイオマスが、環境調和型のエネルギー源として期待されている。我々の近年の調査では、我が国で年間約3億7,000万トンのバイオマス資源が発生し、うち約7,700万トンが有効利用されずに廃棄されている。後者は二酸化炭素重量に換算すると約1億2,700万トンで、これは1990年における我が国の二酸化炭素排出量の約11%に相当している。したがって、これらバイオマス資源のエネルギー源や有用ケミカルズとしての利用は、本年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2003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)、このメタンを液体燃料に変えるメタノール生産(3.3.3, b)、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, c)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の策定を試みている。

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

- 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)バイオメタンからのバイオメタノール変換(大久保・森井・佐川)
 - c)バイオマス由来のCO₂からのメタノール生産(大久保・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)

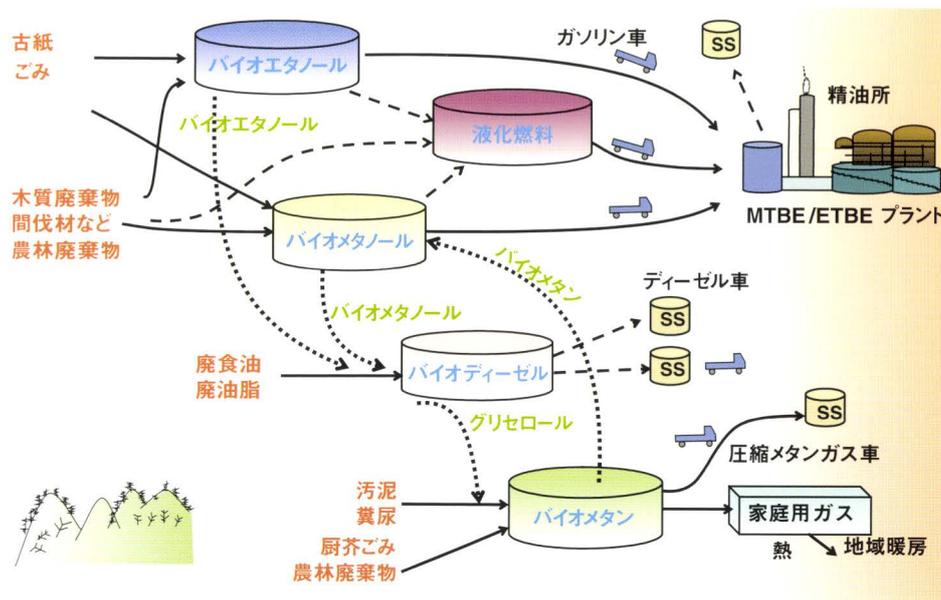


図3.3.1. CO₂ゼロエミッション型バイオ燃料製造・利用システム

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

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

そこで本研究では、超臨界アルコール処理により木質系バイオマスをアルコールに可溶化することで新規な液体バイオ燃料の創製を検討している。メタノール、エタノール、ブタノールおよびオクタノール等のアルコールはバイオマスから製造が可能であり、これらのバイオアルコールにバイオマスを可溶化することで、100%バイオマス起源の液体燃料の創製が期待される。

これまでに、各種超臨界アルコール処理 (メタノール、エタノール、1-プロパノールおよび1-ブタノール) による木質系バイオマスの液化を検討し、350℃の反応温度ではいずれのアルコールでも90%以上の木材を可溶化し得ることを見出した (図3.3.2)。本年度には、さらに1-オクタノールおよび1-デカノールを検討した。また、各種超臨界アルコール中での木材の分解挙動および機構を解明するため、不溶残渣およびアルコール可溶部の分析等を行った。

(2) 具体的な成果

アルコール炭素鎖数の増加に伴い、木材の可溶化が促進されることが明らかとなった。例えば、メタノールでは95%のブナ木粉を可溶化するために約30分を要するが、1-オクタノールでは約3分であった。このような短時間の可溶化では、分子量が数万程度の物質を液状で得ることが可能であった。さらに、この分子量分布はアルコールの種類や反応条件を変えることで制御可能であった。

これらの結果は、より高いエネルギー効率での液体バイオ燃料の創製を可能とする他、各種アルコール可溶部の高分子フラクションからの生分解性かつ高機能性材料への変換の可能性を示唆するものである。

(3) 今後の研究課題

今後、得られたアルコール可溶部 (特に1-オクタノール可溶部) の着火試験や各種燃料特性の評価 (流動点および動粘度など) を行い、その液体バイオ燃料としての特徴および可能性を検討する。



図3.3.2. 各種アルコール可溶部の写真
(左からメタノール、エタノール、1-プロパノール、1-ブタノールおよび1-オクタノール可溶部)

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、リグノセルロースの超臨界水 (>374℃、>22.1MPa) による化学変換を利用し、リグノセルロースの構成成分であるセルロースやヘミセルロースからはバイオエタノールを、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およびヘミセルロース由来の糖(多糖、オリゴ糖および単糖)を得る条件を最適化する必要がある。したがって本年度は、超臨界水だけでなく亜臨界水を含む加圧熱水処理でのリグノセルロースの分解挙動について検討した。また、超臨界水と亜臨界水を組み合わせた処理によってバイオエタノール生産の原料となる糖類の収率向上を試みた。

(2) 材料および方法

木質系バイオマス資源としてブナ(広葉樹)およびスギ(針葉樹)を用いた。これらを流通型装置によって所定の条件(200~380℃)で処理した。処理された試料は、水可溶部、沈殿物、メタノール可溶部およびメタノール不溶残渣に分離された。各画分の収率を測定後、沈殿物および不溶残渣はX線回折法により結晶構造を解析した。さらに、水可溶部および沈殿物は3.5wt%の硫酸で加水分解(114℃、1時間)し、その構成糖(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)を明らかにするためHPLCで定量した。なお、収率は絶乾木材ベースで示した。

(3) 研究の具体的成果

いずれの処理温度においても、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。310℃以上では沈殿物が得られ、これらを乾燥させた後にX線回折図を得たところ、再生セルロースが示すセルロースⅡ型の結晶構造を示した。したがって、沈殿物は加圧熱水中で溶解しているものの、常温・常圧の水には不溶な多糖であると考えられた。

水可溶部および沈殿物を加水分解すると、セルロース由来と考えられるグルコースおよびフルクトースの合計収率は、200~320℃において10%以下であったが、330~380℃の処理において19から37%であった。一方、ヘミセルロース由来と考えられるその他の糖の合計収率は、すべての温度で3から26%であった。したがって、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%以上に達した。以上の結果から、330℃以上の処理では、ブナ中のセルロースの結晶構造に緩みが生じ、結晶構造を有するセルロースも非晶のヘミセルロースと同時に加水分解されると推察される。したがって、330℃以上では、セルロース・ヘミセルロース由来の糖が、320℃以下の処理よりも高収率で得られることが考えられた。

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脱水や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た。したがって、ごく短時間の超臨界水処理(400℃)の後に亜臨界水処理(280℃)を後続させるという複合処理を試みた。その結果、複合処理では、超臨界水もしくは亜臨界水処理単独の場合よりも断片化反応が抑制されており、その結果、糖類の収率が向上できることが明らかとなった。

(4) 今後の研究課題

リグノセルロースの超臨界水処理を最適化するためには、さらに処理圧力の影響を引き続き検討する必要がある。また、リグノセルロースの総体利用を実現するためには、リグニン由来物質の利用・用途開発も行う必要がある。そのためには、メタノール可溶部中に含まれる単量体の情報をもとに2量体から数量体程度の構造解析を行う必要がある。

b) バイオエタノール発酵における阻害物質

(エネルギー社会・環境科学専攻 宮藤久士、坂 志朗)

(1) 背景および目的

超臨界水法を用いたリグノセルロースの加水分解により得られる水可溶部には、種々の糖類が含まれることが明らかとなってきている。これら糖類は微生物を用いた発酵により代替燃料として有望なバイオエタノールへと変換しうる。しかしながら、得られる水可溶部には、糖類以外にも、糖の過分解物であるフルフラールや5-ヒドロキシメチルフルフラールなどのフラン化合物、また、グアヤコールやバニリンなどのベンゼン環を有するリグニン由来のフェノール性化合物など、様々な化合物が含まれている。これらの化合物は、得られる水可溶部中では僅かしか存在しないが、エタノール発酵のプロセスにおいては、微生物に対して発酵阻害物質として働き、得られた水可溶部の発酵性が低くなり発酵が進まないことがある。そこで本研究では、リグノセルロースを代表する原料としての木材をバイオエタノール生産に有効利用していくため、超臨界水法を用いた加水分解により得られた水可溶部について、木質炭化物を用いての発酵阻害物質の吸着・除去による発酵性の改善・向上を試みた。

(2) 材料および方法

木材の超臨界水処理により得られた水可溶部に、様々な温度(400~900℃)で調製した木質炭化物を加え、水可溶部中に含まれるフラン化合物、リグニン由来のフェノール性化合物等の発酵阻害物質の吸着・除去を行った。処理後の水可溶部について高速液体クロマトグラフ(HPLC)により糖類や発酵阻害物質の分析を行い、木質炭化物の発酵阻害物質除去能について評価した。また、木質炭化物処理後の水可溶部について、*Saccharomyces cerevisiae*を用いたエタノール発酵により、処理による発酵性改善の効果について検討を行った。また、キシロース発酵酵母である *Candida shehatae* および *Pachysolen tannophilus* も用いて同様のエタノール発酵を行った。

(3) 研究の具体的な成果

木質炭化物は吸着性に優れており、水可溶部中に含まれているフラン化合物やリグニン由来物質等の発酵阻害物質を吸着・除去しうることが明らかとなった。特に700℃以上で調製した炭化物を用いた場合、優れた吸着・除去能を示した。一方、含まれる糖類は木質炭化物に吸着されなかった。エタノール発酵を行った結果、いずれの酵母を用いた場合でも無処理の水可溶部では発酵が進まなかったのに対し、700℃以上で調製した炭化物を用いて処

理した水可溶部ではエタノール発酵が進み、バイオエタノールが生成され得るようになった。*Saccharomyces cerevisiae*を用いた場合キシロースは資化されないが、6時間程度の発酵時間により高収率でエタノールが生産された。しかしながら、*Candida shehatae*および*Pachysolen tannophilus*を用いた場合、キシロースも資化されたが、発酵には100時間程度を要し、また、*Saccharomyces cerevisiae*を用いた発酵で見られたような高収率なエタノール生産は見られなかった。

(4) 今後の研究課題

他のキシロース発酵酵母による水可溶部からのエタノール生産、キシロース発酵酵母と*Saccharomyces cerevisiae*との併用系でのエタノール発酵について検討を行う。

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分子論的観点より研究を進めるとともに、超臨界水処理技術で得られる糖類(多糖、オリゴ糖、単糖)のバイオエタノールへの高効率発酵プロセスの開発を目指す。

(2) 材料および方法

バイオマスからバイオ燃料(特にバイオエタノール)を高効率に生産するためには、多くのプロセスにおける高効率化が必要であるが、本研究では、まずバイオマス由来の糖のエタノール変換において鍵を握る2つの酵素に焦点を絞った。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(6炭糖)とともに、キシロース等のペントース(5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、昨年度よりまず、XDHをターゲットとして新規NADP⁺依存型変異体を作成することを試みている。また、本年度は引き続きXDHの変異体創出を行うとともに、XRについても、同様の補酵素依存性変異酵素の創出を試みた。

(3) 研究の具体的成果

XDHについては、補酵素結合部位のアミノ酸を幾つか置換することにより、完全にNADP⁺依存性となった変異XDHの創出に成功した。また、XDHにさらに変異を導入して亜鉛イオンを導入することにより酵素の熱安定性を高めることにも成功した。また、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。

(4) 今後の研究課題

今後は、これらの補酵素依存性変換酵素を酵母*S. cerevisiae*に導入し、ペントースを高効率にエタノールに変換できるかどうかを検証する。さらに、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、さらなる高効率のエタノール発酵酵母システムの開発を目指す。

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

(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。これら糖類は酵母によってエタノールへと変換できるため、当研究室では超臨界水技術を用いたリグノセルロースからのエタノール生産プロセスを提案している。一方、この処理では糖類の他に糖類が過分解した物質も生成し、これらの中で有機酸は有用物質として利用できるだけでなく、嫌気性メタン発酵の良基質となりうる。そこで本研究では、リグノセルロースの超臨界水処理による有機酸の生成挙動を明らかにするために広葉樹のブナ(*Fagus crenata*)およびその構成成分であるセルロース、キシラン、摩砕リグニン(MWL)、さらに、モデル化合物として、グルコース、キシロース、コニフェリアルコール、シナピルアルコール、グアイアコールを実験に用い、これらの試料をバッチ型装置により超臨界水処理(380°C, 19~100MPa)した。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た。その後、得られた水可溶部はキャピラリー電気泳動(CE)で分析し、各成分の生成挙動を検討した。

(2) 研究の具体的成果

ブナの5秒処理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。これらはセルロースとキシランからも得られたが、MWLからは酢酸がわずかに得られるのみであった。さらに、モデル化合物を用いた実験

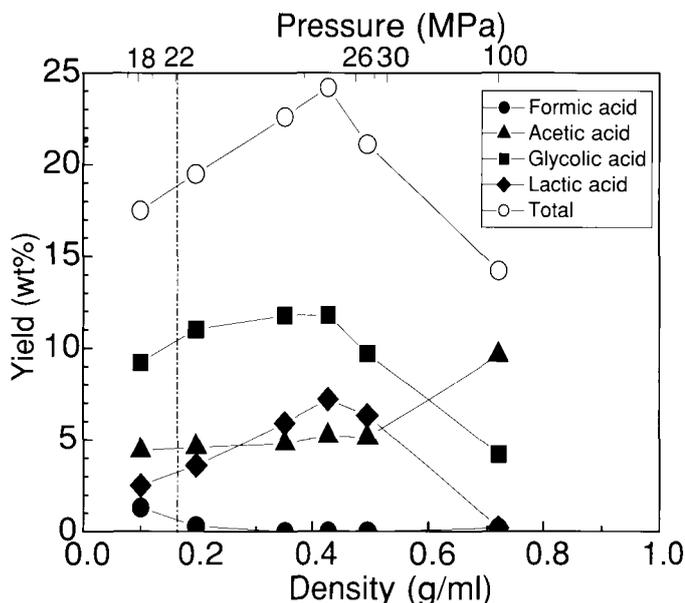


図3.3.3. バッチ型反応管内の水の密度(圧力)および有機酸収率の関係(380°C, 4分)

においても、リグニンのモデル化合物からは5秒の処理時間ではほとんど有機酸が得られなかった。しかし、処理時間を1分以上延長したところ、リグニン中のプロピル側鎖の開裂から有機酸が生成することが示唆された。したがって、5秒程度の処理では有機酸は、主にセルロース、ヘミセルロースに由来していると考えられる。

さらに、図3.3.3に示すように超臨界水処理中の圧力(密度)を19~100MPaの間で変化させたところ、酢酸は高压であるほど、高収率であったが、ギ酸は低压であるほど高収率であった。また、グリコール酸および乳酸はおよそ25MPa(0.43g/ml)のとき、最高収率であった。この結果から、超臨界水処理の圧力を変化させることで、有機酸の生成挙動を制御できることが示唆された。

(3) 今後の研究課題

リグノセルロースの超臨界水処理を最適化するには、処理温度、圧力および時間などの影響を引き続き検討する必要がある。さらに、その結果から、木材成分の分解経路を明らかにすることを目指す。

b) バイオメタンからのバイオメタノール変換

(エネルギー基礎科学専攻 大久保捷敏、森井 孝、佐川 尚)

(1) 背景および目的

バイオマスをもとにした燃料としてはバイオエタノールとともに、バイオメタンがあげられる。バイオメタンは燃料として使用可能であるが、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できる。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)を用いた方法は注目に値する。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う。本COE研究では、活性型MMOHを大量人工発現させることを目的としてきた。また、本年度からは、MMOH α サブユニットのみをもとにした人工MMOHおよびNADH(還元型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド)の酸化ならびにそれに伴う電子の運搬を可能とする人工MMORの開発を開始した。

(2) 材料および方法

Methylosinus trichosporium OB3b、*Methylocystis* sp. MのゲノムDNAからsMMO遺伝子クラスター全体あるいはその一部をクローニングし、pETシステムを用いて作製した発現用ベクターを大腸菌BL21(DE3)へエレクトロポレーションにより形質転換した。

(3) 研究の具体的成果

MMOHの再構築 昨年度の研究によって、MMOH α 、 β 、 γ 各サブユニットのDNAを別々の3つのベクターに組み込み大腸菌によりタンパク質を発現させると、 α 、 β サブユニットは難溶性であり、 γ サブユニットは可溶性であることが明らかになった。 α 、 β 、 γ サブユニットを無細胞タンパク質発現システムを用いてMMOHの再構築を試みたがMMOHの再構築は困難であった。 α サブユニットの溶解性を向上させるため、Nus-タグを融合した α サブユニットを設計・発現させたところ、可溶性タンパク質として精製することが可能であった。

人工MMORリダクターゼの設計 効率的な酸化還元システムを構築するために、当研究室で開発したリボヌクレオチド法を用いて、目的分子NAD⁺に対する結合領域を作製し、3次元構造を基にした分子設計を行うため、MMOの活性中心近傍にNAD⁺結合領域を導入する、という分子設計を行った。in vitro selection法を用いてNAD⁺結合能を有するRNA-ペプチド複合体が得られた。

(4) 今後の研究課題

Nus-タグを融合した α サブユニットを用いたMMOHの再構築を検討するとともに、触媒活性部位を含む α サブユニットタンパク質単体をもとにした人工MMOHと人工MMORの開発を行う。

c) 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 大久保捷敏、森井 孝、佐川 尚)

(1) 背景および目的

鉄系触媒は、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反応等に広く利用されており、バイオマス由来のCO₂からメタノールやメタン、カーボン等の有用物質をつくる際にも効果的に作用し得ることが期待される。しかしながら、これまでに報告されている鉄系触媒を用いたCO₂の転化では、高価な金やロジウムを共存

させた高圧条件であるものや、それ自体がエネルギー源である水素を恒久的に供給しなければならないもの等の実用性に欠けるものがほとんどであった。また、一般的に鉄は高温で焼結し易く、かつ反応中に何通りもの酸化状態をとり得るために、副反応が併発し易くなって選択性が低いという欠点もある。前回の報告では、このような鉄系触媒の欠点を克服して熱安定性と触媒活性を高めることを目的に、シリカ、アルミナ、チタニア、あるいはジルコニア等の種々のマイクロ担体上にナノサイズの鉄微粒子を担持させた複合触媒を作製し、中でもとりわけアルミナに担持した場合が500–700°Cの高温領域においても大きな比表面積とナノサイズの結晶子系を効果的に保持したままであり、その結果として触媒活性も保持することを確認した。今回は、再生可能なバイオマスあるいはその廃棄物に由来するCO₂の還元用の鉄系複合触媒として、Al, Ca, Co, Cr, Cu, Mg, Mn, Ni, Ti あるいは Znをプロモーターとして添加し、それらの触媒活性を調査した。

(2) 材料および方法

鉄系触媒はコア析出法により作製した。プロモーターの添加には、相当する硝酸塩や塩化物を用いた。得られた水酸化鉄を空気中700°C、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°C、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するとともに、いずれも191–314 nmの結晶子径であることがわかった。CO₂の還元には固定床反応管(直径8mm、石英ガラス製)を用いた。

(3) 研究の具体的成果

本反応の主要な転化経路は、(1) CO₂のCOへの還元、(2) 還元鉄による水からの水素発生と酸化鉄の生成、(3) 合成ガスからのメタノール生成(フィッシャートロプシュ反応)、および(4) CO₂と水素との水性ガスシフト反応から成る。CO₂のCOへの改質を乾燥した条件で行っても、水蒸気共存下で行っても、CO収量(および水からの水素発生量)に大差はなく、また、反応温度が500°C以上になると合成ガス発生量が飽和することがわかった。上述した各種プロモーターを添加した触媒の中で、とりわけCuを加えた触媒が、耐熱性と触媒反応活性のいずれも高いことがわかり、これはCuが触媒表面での炭素析出を効果的に抑制しているためであるものと推測される。

(4) 今後の研究課題

いったん酸化した鉄を再生(還元)するために、反応で生じたバイオマス由来のCOを比較的低温で利用することを予定している。さらに種々の2次プロモーターを組合せて、触媒再生プロセスにおける(1)焼結抑制効果、(2)炭素析削減効果、および(3)還元促進効果等も併せて検討する。

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(TG)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(FFA)はアルカリセッケンとなり、水分は触媒機能を低下させるため、未精製油脂や廃油脂類などの有効利用が困難であった。また、処理後には触媒やアルカリセッケンの除去を必要とするため、環境への負荷が避けられず、複雑な精製プロセスを要するなどの問題があった。

これらの問題を解決するため、昨年度までに超臨界メタノールを用いた無触媒でのバイオディーゼル燃料製造技術(一段階法(Saka法)および二段階法(Saka-Dadan法;図3.3.4))を開発した。これらの方法ではFFAもメチルエステルに変換されるため、アルカリ触媒法よりもエステル収率が向上した。さらに、原料に水が含まれても高いエステル収率が得られ、本手法が廃油脂類の利用に有効であることが示された。また、二段階法では一段階法よりも大幅に反応条件が緩和されることが判明し、その実用化が大いに期待された。

本年度には、二段階法における反応挙動・機構の解明のため、サファイア可視窓付き反応器による直接観察および反応速度論的解析を行った。また、得られたバイオディーゼル燃料の評価を実施した。

(2) 具体的な成果

可視窓付き反応器を用い、エステル交換反応(TG+MeOH)、加水分解反応(TG+水)およびエステル化反応(FFA+MeOH)の直接観察を行った。その結果、エステル交換反応では均一反応を実現するために350°C以上の温度を要したのに対し、エステル化反応では200°C以下でも均一反応であった。この現象は、二段階法において反応条件が緩和されたことの一つの理由と考えられる。なお、加水分解反応は常に不均一反応であったが、亜臨界水は高いイオン積を有するため、不均一反応であるにも係らず反応性が高いものと思われる。

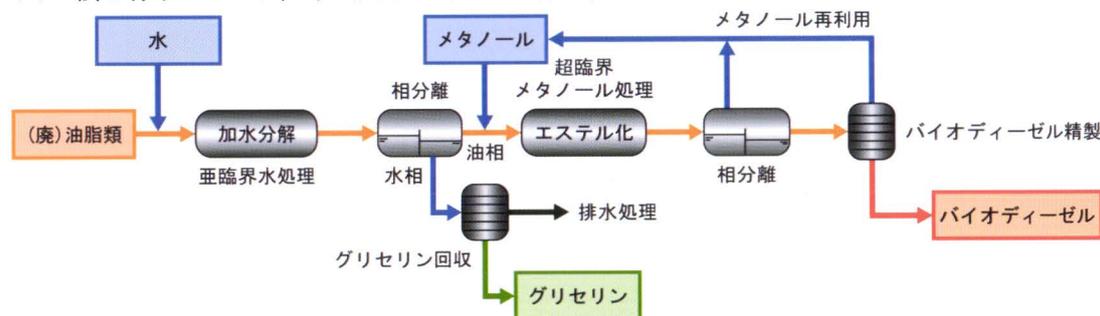


図3.3.4. 二段階超臨界メタノール法(Saka-Dadan法)のプロセス図

一方、二段階法により得られたバイオディーゼル燃料について、主要な燃料特性（動粘度、曇り点、流動点、目詰まり点、引火点、残留炭素分）を評価し、京都市、EUおよび米国での燃料規格と比較した。その結果、二段階法では上記の規格をクリアする高品位の燃料製造が可能であることが判明した。

(3) 今後の研究課題

菜種油の他、様々な油脂原料からバイオディーゼル燃料を製造し、油脂類の脂肪酸組成が各種燃料特性に及ぼす影響を明らかにする。これにより、種々の（廃）油脂資源のポテンシャルを明らかにする。

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

木質バイオマスの熱化学変換プロセスは、加熱のみで効率的な変換が可能である一方、生成物（気、液、固体）の選択性が低いことが欠点としてある。本研究では、分子レベルでの熱分解機構研究（特に、気、液、固体の生成機構）を基盤に、生成物を制御する技術を提案することで、木質バイオマスからの効率的な液体バイオ燃料の創製を目指す。具体的には、①直接液化と②間接液化についての検討を進めており、本年度は、特に後者に重点を置いて研究を進めた。間接液化は、ガス化とそれに続く触媒を用いた液体燃料への変換よりなる技術であり、クリーンな（タールを含まない）ガス化プロセスの構築が、その実用化に向けての最重要課題である。

(2) 研究の具体的な成果

木質バイオマスのガス化（一般に700～1000℃の温度域で行われる）は、一次熱分解物（一次タール＋一次チャー）の生成とこれらのガス化剤（酸素や水蒸気）との反応よりなる2段階プロセスである（図3.3.5）。本研究では、木質バイオマスに特徴的な前者の一次熱分解反応（150～400℃の温度域で進行）を制御することでガス化生成物を制御することを目指し、まず、構成成分の一次熱分解に重点をおいた分子レベルでのガス化機構の解明研究から開始している。今年度は、スギ木材からのガス化温度における一次熱分解挙動を明らかにした。また、一次タールの組成について詳細に検討した結果、多糖（セルロース、ヘミセルロース）とリグニンでその組成は大きく異なることがわかった。すなわち、前者は無水糖、C2,C3カルボニル類、フラン類、糖の化学構造をある程度保持した生成物を、また、後者はスギリグニンのベンゼン環骨格を保持した1-2量体の芳香族化合物を主要生成物として与えることがわかった。さらに、木質バイオマスに微量に存在する無機成分および成分間（特に多糖-リグニン間）での相互作用が、個々の成分単独での一次熱分解物組成を定量的に大きく変化させることも明らかになった。

(3) 今後の研究課題

a) 各構成成分からの一次タールおよび一次チャーのガス化剤との反応性について検討を行い、木質バイオマスのガス化機構を分子レベルで明らかにすることで、どの構成成分のどの一次熱分解物が最終的なタール生成において重要であるかを明確にする。b) a)で絞られた構成成分について、当研究グループで既に得られている熱分解機構研究の成果を基に一次熱分解物の制御法について検討する。c) b)の熱分解制御法を実際のガス化プロセスに応用することで、タール抑制効果について検討する。

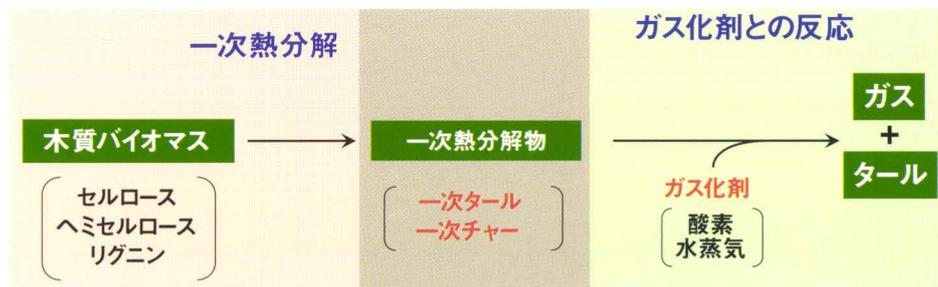


図3.3.5. ガス化プロセスにおける一次熱分解の役割

3.3.6 バイオ燃料の特性評価と高度化

a) 各種バイオ燃料の燃焼技術の高度化と燃料設計指針の策定

（エネルギー変換科学専攻 石山 拓二、川那辺 洋、Ali Mohammadi）

(1) 背景および目的

バイオマス起源の燃料基材であるエタノールは火花点火機関に用いられている例があるが、弱いすす生成傾向を有効に利用すれば、CO₂排出削減に寄与するだけでなく、大きな問題となっているディーゼル機関の排気を改善できる可能性がある。本研究では、最も実用的な方法として、エタノールを軽油に混合して利用する技術について検討している。ここで重視するのは、通常の軽油を用いても、粒子状物質（PM）および窒素酸化物（NO_x）濃度が低く抑えられた最新の燃焼技術のもとでエタノール混合の利点とその限界を明らかにすることである。

(2) 研究方法

通常の軽油に体積比約25%までのエタノールを混合した燃料を試験に供した。行程容積860ccの単気筒直噴ディーゼル機関に、電子制御高圧燃料噴射装置ならびに排気再循環（EGR）システムを追加装備した試験機関を用いて、燃料噴射圧力、EGR率、パイロット噴射時期・量等を変化させて、熱効率、排出物質濃度、筒内圧力経過などを計測した。

(3) 研究成果

エタノールの混合は、噴射システム内でのボイド発生の問題により、25%までに制限された。エタノールの混合比を20%まで変化させ、パイロット噴射とEGRを組み合わせると、高出力域でNO_x・PMトレードオフ関係の大きな改善が得られた。ただし、エタノール混合比を増すに従って、圧力上昇が急激となり、実用上20%程度が限界と思われる。また、近年開発が進められている二段噴射部分予混合圧縮着火燃焼の最適条件を実験的に割り出した上で、エタノール混合の影響を評価した結果、図3.3.6に示すように、通常のパイロット噴射よりもさらにNO_x・PMトレードオフを改善できる可能性が示された。

(4) 今後の課題

エタノール混合燃料を用いる部分予混合圧縮着火燃焼方式に関しては、実用面から、燃料による潤滑油の希釈や、さらに広い負荷範囲における燃焼の最適化の問題が残っている。今後はこれらの点について試験機関ならびに模擬燃焼装置による検討を行うとともに、各種バイオマス燃料の着火・燃焼特性の評価も実施する予定である。

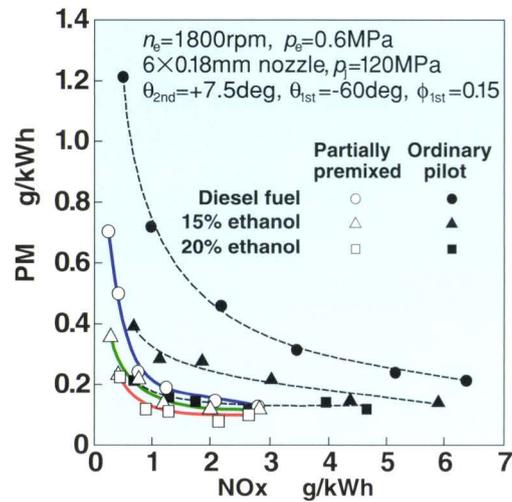


図3.3.6. 二段噴射燃焼におけるNO_x—PMトレードオフ関係に対するエタノール混合の効果

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

— 不揮発性誘電体メモリ (FeRAM) とその省エネルギー効果 —

野沢博、前田佳均

* 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

笠原三紀夫 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

〈トータルエネルギーシステム評価ワーキンググループ〉

* 藤原弘康 (太陽電池), 小西哲之 (核融合), 篠原直毅 (SSPS), 萩原理加 (水素), 宮藤久士 (バイオエネルギー), 東野達, 白井康之, 下田宏, 醍醐市朗, 手塚哲央, 前田章 (評価)

各研究グループの成果を以下に順に示す。

〈持続可能なITおよび電子デバイスの研究〉

当グループでは、低消費電力、高機能性、低環境負荷の視点から持続可能なITおよび電子デバイスの研究を行っている。図3.4.1にこれまでの成果をまとめた。

1. 再符号化アルゴリズムの研究

情報デバイスの省電力化にはさまざまな手段があるが、当グループでは多値化された記録情報の書き換えに際しての消費電力の差に着目し、それをトータルに極小化できる圧縮データの再コード化を考案した。この方法はデータのラン長に着目したコード化であるのでランレングス符号変調と命名した。さらにTCAD (Technology CAD) によって実際に近い4値フラッシュメモリを想定した各種圧縮データの買い替え時のエネルギー消費についてシミュレーションを行った。その結果、ランレングス符号変調によって全体の符号量は増加するものの、書き換えのエネルギー消費の大幅な低減が可能であることを実証した。

2. 機能メモリの提案

多値記憶強誘電体メモリ (多値記憶FeRAM) の出現を想定したシステムデバイスの1つとして機能メモリの構成を提案した。これはCPUとメモリー間のボトルネックを解消する有用なデバイスへとその歩みが期待されている。

3. 環境低負荷強誘電体メモリ材料の研究

電子機器では、環境への負荷が大きな元素や化合物が多用されてきたが、最近ではそれらをなるべく排除した材料開発 (エコ材料) が盛んになっている。強誘電体では、鉛を含有するものからピスマス層状ペロブスカイト (例: SrBi₂Ta₂O₉: SBT) のような新規材料が主流になりつつある。この材料は異方性が大き

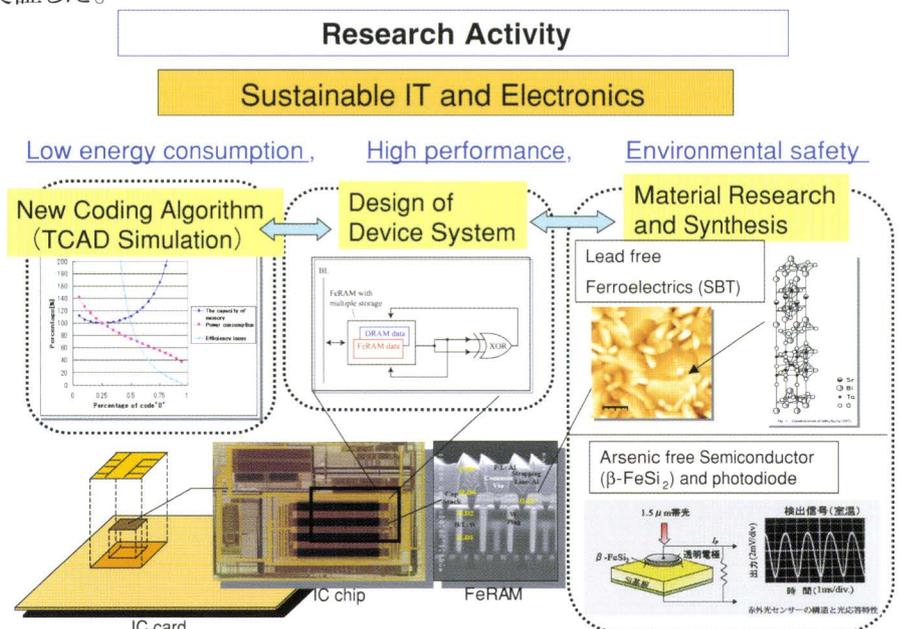


図3.4.1. これまでの研究の概要と成果

な結晶であるため、低エネルギーでメモリ機能を十分に引き出す結晶粒の配向制御が重要である。本研究では、特定の真空アニール処理でビスマス層状ペロブスカイト特有の配向や結晶粒の選択的除去が可能であることを見出した。また、金属と強誘電体界面のバンド構造の変化を研究し、メモリ機能の信頼性を支配する物理モデルの構築を目指している。

4. シリサイド環境光半導体の研究

光通信機器に用いられている光半導体においても、環境負荷が大きく、これまで多用されてきたヒ素をなるべく廃した新規材料の研究が盛んになっている。鉄シリサイド(β -FeSi₂)は光通信波長1.55 μ m帯域での発光と受光デバイスをシリコン基板上にモノリシック形成できる注目の材料である。前田グループは、シリコンへのイオン注入技術によって高品質な β -FeSi₂結晶の成長とシリコン上でのAlドープによるヘテロエピタキシャル成長に成功した。また、室温で高感度なフォトダイオードをシリコン基板上にモノリシックに形成する技術を開発した。

〈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〉

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。

1. 高張力鋼板の成形限界予測法の確立

自動車の軽量化は、アルミニウム合金やマグネシウム合金などの低密度材料の使用だけではなく、高張力鋼板のような高強度材料を使用して薄肉化を計り、材料体積を低減することによっても達成される。しかし、材料の高強度化は一般に低延性化をもたらし、成形限界の予測法の確立が重要となってくる。

本研究グループでは最近の研究で、板材の成形限界予測に延性破壊条件式を適用することを提案してきた。すなわち、板材成形の有限要素シミュレーションから計算される応力・ひずみ履歴を延性破壊条件式に代入し、破壊発生を予測する方法である。本年度はこの手法の高張力鋼板への適用の可能性を調べるとともに、初めて3次元有限要素シミュレーションによる成形限界予測を試みた。

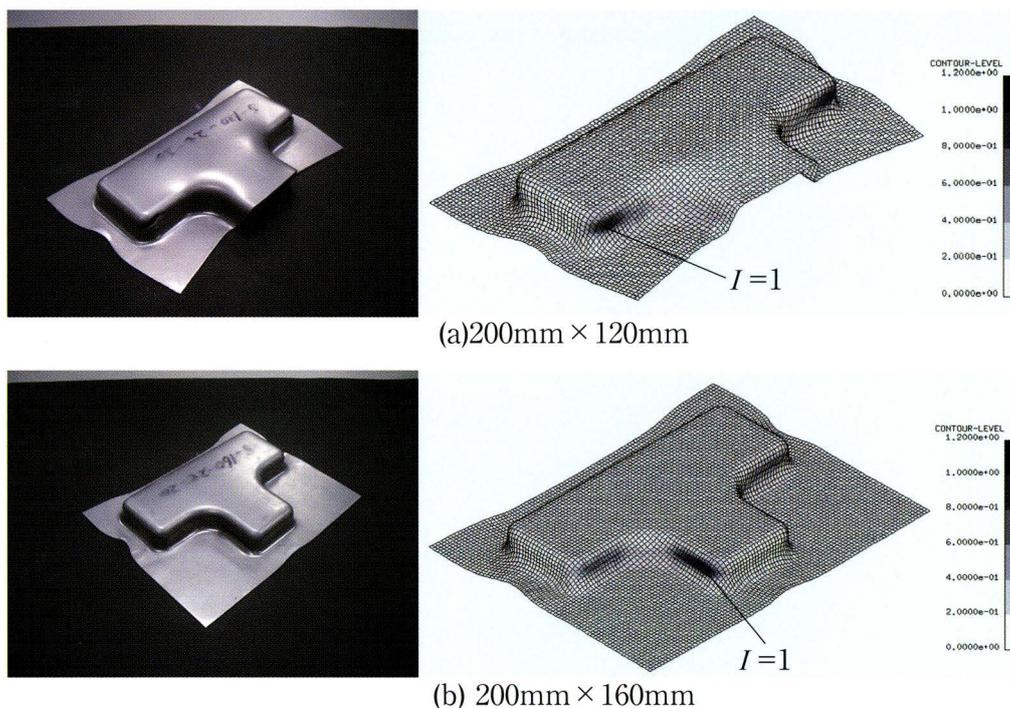


図3.4.2. 高張力鋼板のT字成形の実験および計算結果

まず、簡易式で提案されているいくつかの代表的な延性破壊条件式について、それらから導き出される限界ひずみと、Marciniak法を用いた二軸張出し試験から得られる種々のひずみ比での限界ひずみの実測値を比較し、高張力鋼板に最適な条件式として、Cockcroftの式を選び、材料定数を決定した。つぎに、高張力鋼板の角筒絞りおよびT字成形の3次元有限要素シミュレーションを汎用ソフトLS-DYNAを用いて行い、延性破壊条件式による成形限界予測結果を実験結果と比較、検証した。

次式の積分値Iは、Cockcroftの延性破壊条件式から定義したものである。

$$I = \frac{1}{C_1} \int_0^{\bar{\epsilon}} \sigma_{\max} d\bar{\epsilon}$$

ここに、 σ_{\max} は最大垂直応力、 C_1 は材料定数である。有限要素シミュレーションで求まる応力・ひずみ分布から各要素の積分値 I が計算される。積分値 I が1に達した要素は破壊の条件を満足したことになる。

図3.4.2は590MPa級の高張力鋼板のT字成形試験結果を示すもので、材料寸法の違いによって破壊箇所が異なり、図(a)ではポンチ肩部で、図(b)では縦壁で破壊が生じている。また、それぞれの破壊発生時の限界ポンチストロークは17.8mmおよび13.8mmであった。

これらの実験結果に対応するシミュレーション結果が右図に示されている。図(a)ではポンチストローク17.9mmでポンチ肩部の積分値 I が1に達し、図(b)では15.9mmで縦壁部の積分値 I が1に達する計算結果が示されており、それぞれの場所での破壊発生が、その広がりも含めてよく予測されている。

以上のように、高張力鋼板の成形限界予測法が確立されたことにより、軽量化設計が容易となった。

2. 対向液圧成形用有限要素解析ソフトウェアの開発

対向液圧成形はプレス加工において雌型の代わりに液圧を負荷させることにより成形する加工法であり、慣用的なプレス加工法よりも成形性を向上させることができる手法として注目を集めている。最近では自動車用大物部品にも適用されるようになってきている。しかし対向液圧成形法の特長を生かすには上型の押し込み量に対するしわ押さえ力や液圧の精密な制御を必要とする一方で、その最適化には困難を要するという大きな問題がある。そのため、現場での試行錯誤により成形条件を決定するには長時間を要し、また多大なエネルギー、コストの消費につながっているのが現状である。このような観点から、成形条件の決定には数値解析の援用が不可欠となっている。しかし現状では対向液圧成形の適切な解析を行うことのできるソフトウェアは存在しない。

そこで本研究では、本研究グループでこれまでに開発してきたチューブハイドロフォーミング用の静的陽解法有限要素解析ソフトウェアをベースにすることにより、高精度な対向液圧成形用有限要素解析ソフトウェアを開発することを目的とする。本年度は、対向液圧成形で特有な液圧の取り扱いについて新たに定式化およびプログラム化することにより、最も主要な機能の開発を行った。

長円筒の負荷絞り成形について実験および解析を行い、その両者の結果を比較することで本解析ソフトウェアの有効性を検討した。はじめに、成形品長手方向に沿った板厚ひずみ分布を比較した。実験結果では、パンチ肩部および縦壁部上部の二カ所で大きな板厚減少が発生していることが確認された。一方解析結果においても、実験結果と比べて定量的な一致を得るには至らなかったものの、このような特徴的な分布を良好に再現することができた。続いて最終成形品形状の比較を行った。実験結果では最大の肉厚減少が確認された縦壁部上部において割れが発生する場合があったのに対して、解析結果ではこれと同じ部位において最大の肉厚減少が発生していることが確認できた。以上の結果より、板厚ひずみ分布および割れ発生部位に実験と解析で良い一致が見られたことから、本解析ソフトウェアの高い有効性を示すことができた。

〈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〉

太陽光、水素、バイオなどの再生可能な新エネルギー源の、トータルシステムとしての電力系統への導入形態について、例えば多数台連系時の影響、単独運転、短絡容量増加、発電出力変動、電力貯蔵・制御機器との協調運転など、検討すべき問題点の調査・抽出を行った。さらに、電力系統シミュレータを用いて、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型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た。

(i) SMESを用いた負荷系統の自立運転への移行

分散型電源を含む負荷系統において、何らかの事故により、負荷系統が主系統から切り離された場合、負荷系統は単独運転とよばれる電圧・周波数が不安定な状態で運転を続け、系統内の電気機器に影響を与えるなど、これまでにない問題が発生する可能性がある。現行のガイドラインでは単独運転は禁止されており、検知後すみやかに発電機は系統から切り離され、負荷系統内への電力供給は停止される。しかし何らかの方法によって、電圧・周波数が制御され、系統復帰時に非同期投入を確実に防止できるという条件下のもと、運転を継続することは認められている(自立運転)。本研究では、系統が単独運転になった際に、SMESを用いて電力を補償することにより系統が復旧するまでの間、周波数と電圧を安定な状態で維持し、負荷系統を自立運転に移行させる。また再投入を行う際、同期投入の調整を行うことを提案し検討を行った。

SMESはエネルギーの貯蔵・放出を高速に行うことができ、また交流側への入出力として有効電力と無効電力を独立に制御することができることから、的確に制御を行うことにより小さな系統の周波数、電圧を調整することが可能である。

検討はアナログシミュレータとシミュレータ用SMESモデルを用いて行った。概要を図3.4.3に示す。実験手法は主系統からの初期潮流をさまざま(順潮流、逆潮流)に設定した後、主系統と負荷系統を切り離すことによって事故を模擬する。またその際には周波数変動、電圧変動を抑えるようにSMESを制御し、非常用の電源が立ち上がる

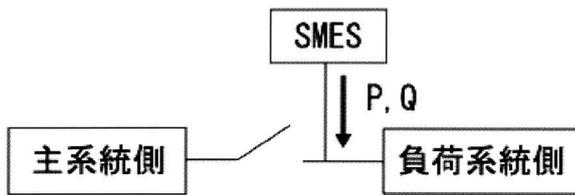


図3.4.3. 概念図

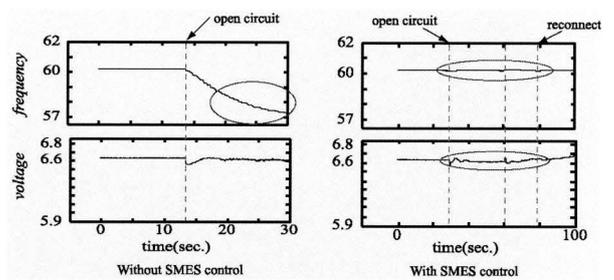


図3.4.4. 負荷系統の周波数・電圧

まで、もしくは発電機の出力が調整されるまでの電力の過不足をSMESが補償する。再投入時にも有効電力で周波数を、無効電力で電圧を調整することにより、主系統との同期投入を行う。結果を図3.4.4に示す。SMESで運転制御を行わなかった場合には、負荷系統内の発電機の出力と負荷の消費電力がバランスしないために周波数、電圧ともに基準となる数値から大きくはずれた後、発電機が脱調し運転は継続することができなかった。しかしSMESを用いて電圧、周波数の制御を行った場合には事故発生時の擾乱の影響を、ほぼ抑えることができていた。またSMESが負荷系統内の電力を補償しているため、電圧周波数ともに安定な状態を保ち、自立運転へスムーズに移行することが可能であった。また再投入時においても、電圧や周波数、の調整が行われているため、投入時の擾乱を抑えることができ同期投入が行われている。

今回のようにSMESを電力補償機器として用いる場合、どれだけの時間SMESで電力を補償するのか、また事故時の擾乱をどの程度抑えるのかということによってSMESの容量を検討する必要がある。

(ii) 電力系統における超電導故障電流限流器の動作特性

超電導故障電流限流器は遮断器の負荷低減による系統信頼性の向上のほか、過渡安定度の向上も期待されるため、各方面で様々な研究・開発が進められている。我々は三相交流用の変圧器型超電導故障電流限流器を作成し、同期発電機と模擬送電線による一機無限大母線模擬システムを用いて、その特性について検証を進めている。

発電機を備えた需要家への引き込み口に設置した故障電流限流器の事故に対する効果を確かめるため、変圧器型超電導故障電流限流器を図3.4.5に示す模擬電力系統内に設置し、故障電流限流器の事故電流抑制効果、および発電機保護効果について、実験的に検証を行った。

Sw1を閉じることにより三線地絡事故を模擬し、故障電流限流器が事故に対してどのような限流特性を示すのかを、界磁電流 I_f 、発電機端子電圧 V_g 、発電機電機子電流 I_g 、負荷端電圧 V_{load} 、故障電流 I_{fault} を測定することにより検証した。

発電機出力3.0kW、負荷容量1.5kWとした場合の実験結果の一例を図3.4.6に示す。故障電流限流器の設置により、 I_f および I_g の事故中の振動は、故障電流限流器を設置しなかった場合に比べ大幅に抑制された。また、故障電流限流器の設置により、 V_g は事故中も通常時の50%以上に維持され、 V_{load} も事故中にも通常時の40%以上の電圧が維持された。さらに、 I_{fault} は故障電流限流器の設置により半分程度に抑制された。つまり、限流器の設置により、発電機への事故の影響は軽減され、事故中にも負荷へ電力が供給され、故障電流は大幅に抑制された。

以上の結果より、需要家への引き込み口に設置した限流器の、分散電源負荷の保護効果および短絡容量抑制効果が確認された。

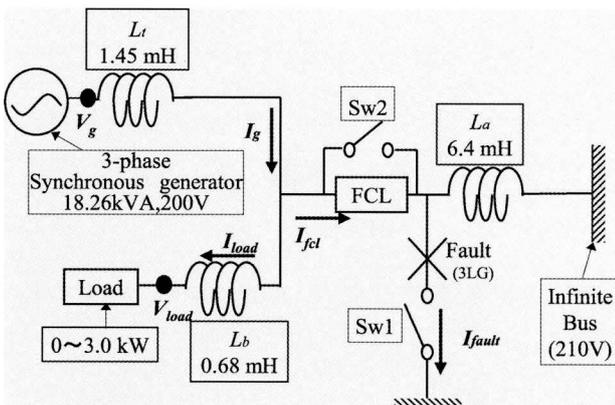


図3.4.5. 実験に用いた模擬電力系統

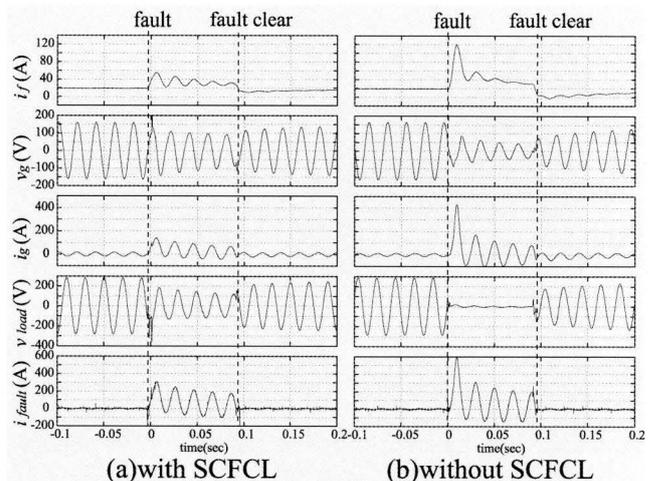


図3.4.6. 実験結果。
(左: 限流器あり, 右: 限流器なし)

〈エネルギー・環境の総合評価分析〉

本研究グループでは、平成16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

◇自動車広告が消費者に与える影響に関する研究

自動車購入時において、新聞における自動車広告が消費者に与える影響を分析し、その結果を基に消費者が自ら環境配慮型自動車を購入するように導けるような政策提言を目的として研究を進めた。その結果、消費者の自動車購入時における意志決定と広告内容には関係が認められ、自動車広告により多くの環境情報を記載するような政策を提言することが、消費者が自主的に環境配慮型自動車を購入することにつながるということが分かった。

◇航空機部門におけるLCA評価

エネルギー消費の高い航空産業において省エネルギー化を図ることを目的とし、産業連関表を用いて航空各部門におけるエネルギー消費量を求めた。その結果、製造部門で消費の割合が輸送部門の次に高いことがわかった。今後は、製造部門における内訳を明らかにしていくとともに、省エネルギー化と運航における信頼性の確保の両立に向けての提案を図ることを目指す。

◆産業部門の評価

◇鉄鋼業の環境技術

マルコフ連鎖モデルに基づいた、鉄元素の社会での循環を解析する手法を構築した。そして構築した手法に基づき、鉄元素の社会での平均滞留時間とライフサイクルにおける鋼材としての平均使用回数を求めた。ある年における鋼材の生産、消費、回収状況から、鉄元素の状態推移確率行列を作成し、その年における鋼材の利用状況を評価する指標を簡便に導出できるのが、本手法の大きな長特である。

その結果、2000年における日本国内で生産された転炉粗鋼は、7割以上が最終的には輸出されていることがわかった。国外での鋼材の使用状況が日本と同じと仮定した場合に、日本国内で生産された転炉粗鋼が完全に廃棄されるまでの平均使用回数および平均社会滞留時間を求めた結果、以下のことが分かった。2000年の鉄鋼材の消費構造における平均使用回数および平均社会滞留時間は、それぞれ2.67回、62.9年である。1990年から2000年までの10年間で、平均利用回数は0.5回、平均社会滞留時間は10年増加した。建設用鋼材の回収率が、鋼材の循環利用には大きな影響度をもつ。土木建設用鋼材の回収率を50%から60%まで引き上げると、平均使用回数が3.17回、平均社会滞留時間が75.8年となる。鋼材1回使用あたりの環境負荷誘発量は1.03t-CO₂/t・回である。

◇ベトナムにおけるエネルギー生産性

産業連関表の部門間における製品、サービスの交換を追跡していく方法を拡張し、製品やサービスに内在するエネルギーの流れを計算した。さらに、この流れの変化についても解析を行い、両者を合わせることで、エネルギーの利用状況とその変化を産業部門ごとに定量的に解析した。これにより、例えば肥料部門から農耕部門を経て食品加工部門に至る隠れたエネルギーの流れを明らかにし、肥料部門の省エネルギー化、農耕部門の適切な施肥の実施がこれらの部門全体のエネルギー生産性の向上に最も重要であることが解明された。

ベトナムに導入されたドイモイ(刷新)政策は国のエネルギー生産性を向上させることに大きく寄与したが、それと同時に最終需要が大きく伸び、結果として国全体のエネルギー需要が大きく増加したことを明らかにした。

◆エネルギー部門の評価

◇CO₂貯留技術について

低コストで効果的な二酸化炭素固定を目標として、本研究グループにおいて提案した鉄酸化物と太陽エネルギーによる二酸化炭素固定システムが実現可能であることを実験的に示した。また、従来の二酸化炭素回収・固定・貯留技術についても調査し、比較検討を行った。今後は、本研究で提案したシステムをLCC、LCA的に評価する予定である。

◇燃料電池車の将来価格と普及に関する研究

現在、導入が開始されはじめている燃料電池自動車について、その将来価格を推計し、その予想価格を基に燃料電池自動車の普及シナリオを検討することを目的として研究を進めた。価格推定には学習曲線を用いた。その結果、推計したFCV価格の現在価格(累積生産量50台)は1300~3300万円であり、累積生産量50000台時には302万円まで低下し、普及期の二酸化炭素排出削減費用はt-CO₂あたり17~22万円となることが分かった。

◆民生部門の評価

◇エネルギー・環境教育の実践と評価

エネルギー・環境教育がどのように人々のエネルギー・環境問題解決行動に影響を与えるかについて調べることを目的として研究を進めた。エネルギー・資源問題に関するエネルギー・環境教育カリキュラムを作成し、中学校で総合的な学習の時間に授業を行い、授業前後で、エネルギー・環境問題解決行動の実行頻度と行動理由に関するアンケートを実施した。アンケート結果は共分散構造解析手法を用いて解析し、エネルギー・環境問題解決行動を実行する促進因果関係と阻害因果関係を明らかにした。

◇環境教育の持続効果に関する研究

既報モデルと上記のエネルギー・環境教育の実践と評価を基に、エネルギー・環境問題解決行動へとつながる効果的なエネルギー・環境教育のための心理プロセスモデルを構築することを目的として研究を進め、知識習得過程からエネルギー・環境問題解決行動に至るまでの心理段階を、エネルギー・環境教育の効果持続性およびそれらを取りまく影響や関係を体系化させたモデル(図3.4.7参照)として提案した。

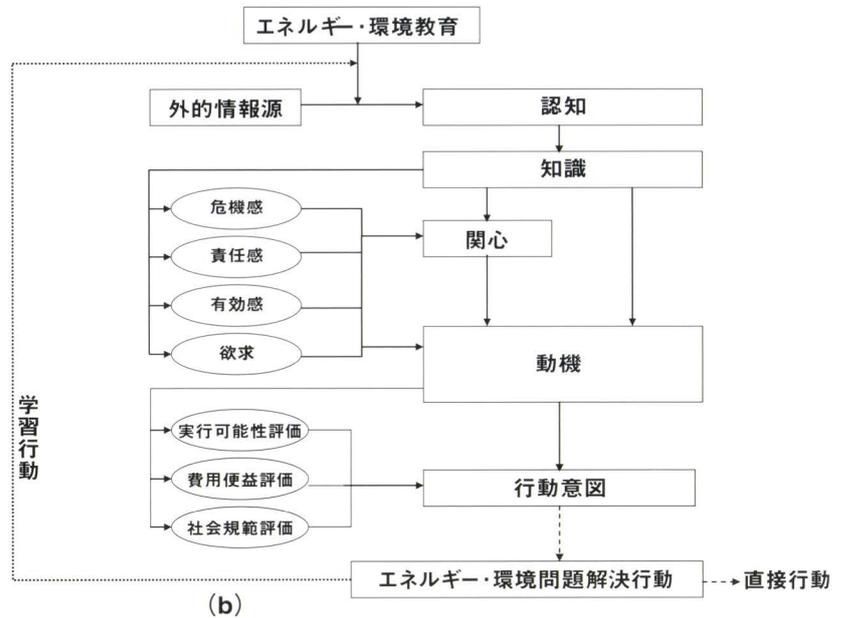


図3.4.7. 環境教育の効果持続モデル

〈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〉

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16年度はとくに以下の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・社会啓蒙用インターネットシステム

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ている。なお、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。

本年度の研究では、先ず、持続可能なエネルギー・環境システムの総合評価を支援するための情報システムの構成法を、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して、図3.4.8のように構成することを新たに提起した。



図3.4.8. エネルギー・環境システムの評価のための統合設計・シミュレーション環境

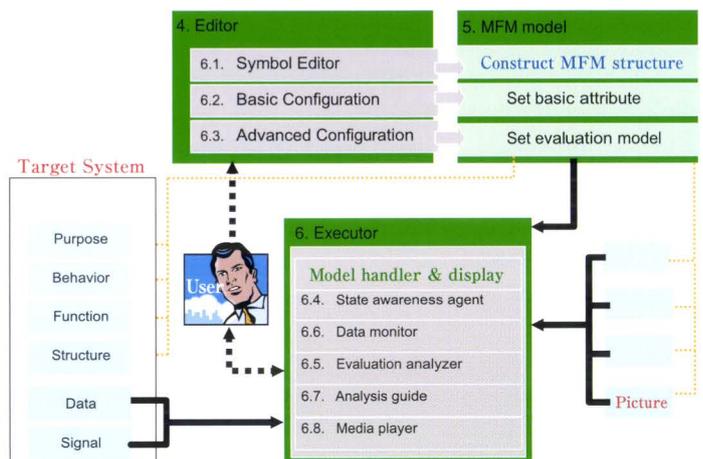


図3.4.9. マルチレベルフロースタディオ

上記の全体構想に従ってそのプロトタイプとして図3.4.9に示すマルチレベルフロースタディオ (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形原子力発電所の早期故障診断システムの開発、我が国の天然ガス需給インフラの発展トレンドの分析を行うとともに、原子燃料サイクルの各種政策課題の評価分析への適用のための準備を進めた。

(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、デバ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バートを行うのを支援する計算機化デバート支援システムを開発した。開発したシステムには課題を出す教員が学生のデバート記録を参照して多様な観点から学生のデバート能力を評価する評価支援機能を付与してある。

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」の一環としてメデイアルームで適用した。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バートした結果を、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、総合能力向上に一定の効果があることを検証した。現状の開発したシステムは教室での集合教育への適用を考えた同期形システムであったが、今後広く社会啓蒙に適用できるようにインタ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。

〈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〉

(1) 多波長人工衛星データによる森林地域上空のエアロゾル取得

大気エアロゾルはその特性・存在量が空間的かつ時間的に変化するが、この様子は人工衛星などのプラットフォームから放射計などの多波長観測により見積もることが可能である。しかしながら対流圏エアロゾルの特性の取得に最適な衛星より下方を望む観測においては、海洋など比較的反射率が均一でかつモデル化が容易な表面を除き、特に陸地を背景とした場合その反射特性が複雑かつ高反射率ゆえに、エアロゾル特性の定量的な取得が困難である。本研究では陸地上空でのエアロゾルの特性取得にむけて、反射率が可視光域で小さくかつ空間的に均一である地表面が森林により覆われている地域を対象として、現地における地表面反射率およびエアロゾルの測定を行い、これと衛星観測により得られるエアロゾルの特性値を比較し検証する。

地上観測は黄砂が観測された3月31日～4月2日(期間1)および黄砂のない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行われた。樹冠上部にパーティクルカウンター、エアロゾルの化学成分分析のためアンダーセンサンプラーおよび2段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。さらに、タワーの塔頂(25 m)より分光放射計により地表反射率を測定した。その結果、森林の地表面反射率は550nmにおいて0.04、0.7 μ m以上の近赤外領域で期間1および2に対してそれぞれ0.2および0.7であった。

期間1における実測の反射率を用いて放射伝達シミュレーションにより推定した結果が図3.4.10である。推定されたエアロゾル特性値による波長依存輝度値が人工衛星(MODIS-Terra)の多波長輝度データをよく再現していることがわかる。図3.4.11はエアロゾルによる放射強制力を異なるエアロゾルモデルについてそれぞれ算出したものである。これにより正確な放射強制力の算出にはこれら人工衛星などの多波長観測などにより取得された適切なエアロゾルモデルが不可欠であることがわかった。

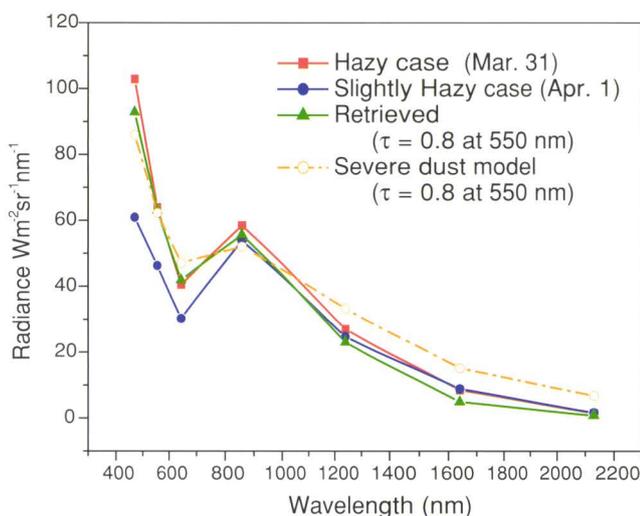


図3.4.10. MODISによる分光波長輝度および計算値の比較

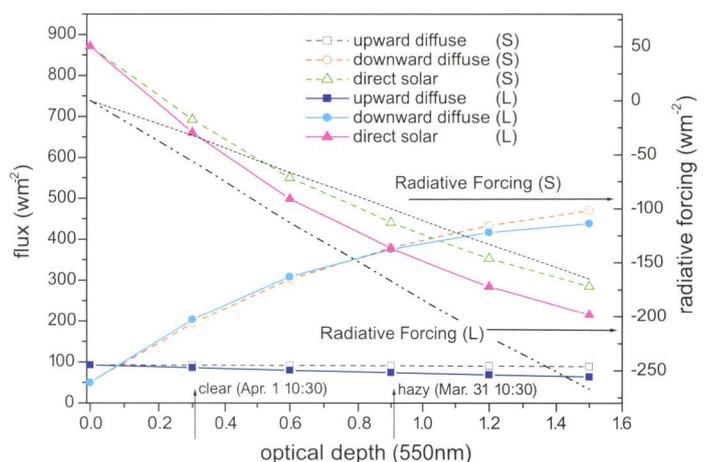


図3.4.11. 異なるエアロゾルモデルによる放射強制力の光学的厚さに対する変化。
S: 微小粒子卓越モデル, L: 粗大粒子卓越モデル

(2) ビジネスホテルにおけるエネルギー消費の実態計測と分析

民生部門におけるエネルギー消費量・CO₂排出量は堅調な増加傾向を示しており、エネルギー・環境負荷削減のためには、ライフスタイルの見直しも含めた分析が必要である。本研究では特にホテルに着目し、ビジネスホテルを対象として客室全体と各電気機器における時間帯別の消費の現状を明らかにし、利用客のエネルギー消費における行動様式を定量的に把握することを目的に、自動計測システムを用いてホテル客室内の各電気機器を対象に計測を行っている。これらは、エネルギー需要の発生抑制のための省エネルギー策の提案や、コジェネレーションシステムなどエネルギー供給システム導入のための基礎データとなる。

本調査は、関西地域のあるビジネスホテルを対象とし、A号室とB号室のシングルルーム2室について電気機器(テレビ、エアコン、冷蔵庫、照明スタンド、電気ポット)および室内全消費量の時間帯別電力消費量の実測を、2002年12月から自動計測システムにより開始し、屋外と室内の温湿度も計測している。測定項目は、30分ごとの電気機器(テレビ、エアコン、冷蔵庫、照明スタンド、電気ポットおよび客室内全体)の消費電力と10分おきの屋外と室内の温湿度である。ここでは、2002年12月20日から2004年9月30日(651日間)までの結果について示す。このうち欠測データを除いた実際の調査日数は、A号室の稼働日数554室、空き日数91日、B号室の稼働日数573室、空き日数72日である。

図3.4.12に22ヶ月間にわたる測定結果の稼働日における1部屋1日あたりの消費電力量と平均外気温を示す。1部屋1日あたりの消費電力量は、春期(4月~6月)3,135Wh、夏期(7月~9月)5,343Wh、秋期(10月、11月)2,851Wh、冬期(12月~3月)4,879Whである。エアコンの日消費電力量に占める割合は、10月が12%、8月が52%であった。一方、空き日における1部屋1日あたりの消費電力量は、1月が1,058Whと最も低く、8月が2,068Whと最大でほとんどが冷蔵庫によるものである。図3.4.4は夏期における1部屋1日あたりの消費電力の曲線であり、22時と翌朝の7時にピークを有する二山型を示した。これは典型的なビジネスホテルのカーブであり、宿泊客の行動様式と関係したエアコンの消費電力の寄与が極めて大きいことが明らかになった。

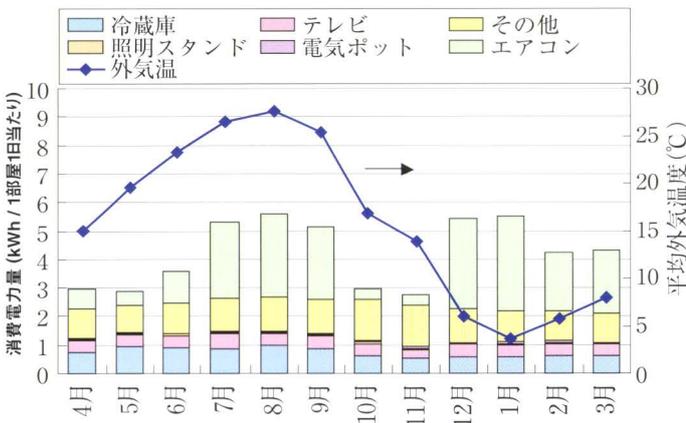


図3.4.12. 月別の消費電力量(稼働日1部屋1日当たり)

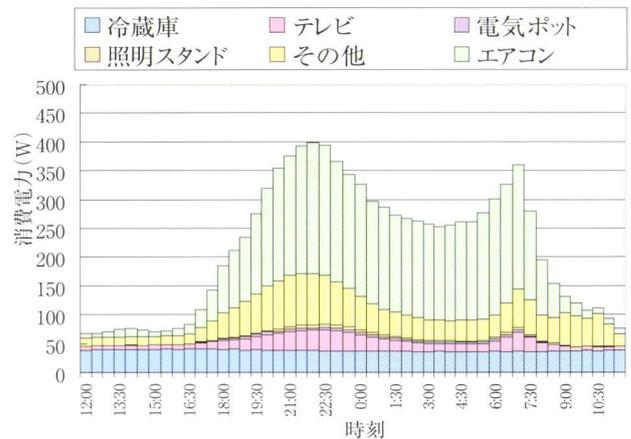


図3.4.13. 夏期の日負荷曲線(7月~9月の稼働日)

〈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〉

エネルギー環境システムの評価を実施するためには、広範な専門分野を対象とした専門家グループによる評価作業が必要となる。ここでは、そこで必要となる機能を集約した組織をエネルギー環境評価支援センターと名づけ、その要件について検討した。

(1) エネルギー・環境システムに係わる情報交換

まず、異なる研究分野の専門家や学生の間での意見交換が問題となる。初歩的な質問に答えることは面倒ではあるが、一方で、それは各専門分野の参考書を探して勉強することができる。しかし、それ以上に、エネルギーシステム評価に関わる委員会などの議論でよく見受けられることであるが、いい加減な根拠に基づいた議論がなされることが多い。これは、その根拠を調査することが難しい事項が多いためであり、多岐に渡る専門家が集まる会合の特徴の一つともいえる。そこで、エネルギーシステム評価に関わる問題について、誰でもが相互に気楽に質問出来る場を創設することが望まれる。

たとえば、

- ◇ 燃料別の発電単価はどのように決められているのか?
- ◇ 日本の各種燃料の発熱量、CO₂原単位はどのように決められているのか?
- ◇ 日本の統計における冷房需要はどのように推定しているのか?
- ◇ 長期エネルギー需給見通しの根拠は何か?
- ◇ 日本のエネルギーの供給安定性を評価するための指標は何か?

などの素朴な疑問に対してその根拠となる1次情報源(あるいはそれに近いデータ、資料)となる文献あるいはそのコピーを一か所に集め、いつでも研究者や学生が参照、記載内容の根拠の確認ができるようにする。これにより、年月を経ても利用価値の低下しない知識ベースとなると期待される。この知識ベースのプロトタイプをWEB上に作成した。

(2) エネルギー環境システム評価手法の標準化

システム評価の方法論は、

- ◇ エネルギーシステム分析
- ◇ 地域分析
- ◇ ライフサイクル分析
- ◇ 環境影響評価分析
- ◇ 経済評価、外部費用評価
- ◇ 多属性評価
- ◇ グループ意思決定
- ◇ 不確実性下の分析
- ◇ マクロ経済、ミクロ経済評価
- ◇ 分散意思決定
- ◇ 評価技術の習得

などと多様である。そして、システム評価の際に重要なことは、エネルギーシステムの評価結果の提示だけではなく、その評価プロセスと評価結果の任意の研究者間での共有である。それは、方法論の理解だけではなく、評価の前提条件、境界条件、そして技術特性データを他者に対して透明にすることである。そして、より望ましいことは、異なった研究者が別々に評価作業を行った結果同士を比較できるようにすることである。これを、ここでは「評価手法の標準化」と呼ぶ。現在、具体的な問題を設定して、昨年度以来構築作業を進めているエネルギー需給最適化モデルに基づいた、標準化可能な範囲の特定作業を進めている。

(3) 各種データベースの共同開発

上記の評価作業において重要なことの一つに客観的評価のためのデータベースの構築がある。評価結果を説得力あるものにしようとする、評価者(評価グループ)自身が、そして、その評価結果を利用する研究者にとっても、評価に利用されているデータに対する理解を深めることが重要である。そのような目的で利用されるデータベースとしては、以下の条件を満たすことが必要と考える。

- ◆ **データベース利用の容易さ**: 数多くの分野の研究者が容易に利用することができ、また、その内容を理解することができる。
 - ◆ **データ出典(含ページ番号)の明記**: データの根拠や精度について、必要に応じて種々の原典にあたることにより理解し、場合によってはデータの内容を更新することができる。
 - ◆ **データの出典入手の容易さ(コピーやPDFファイルの確保)**: データの出所である文献をを容易に調べることができる。そのためには、すべてのデータの原典(ハードコピー、PDFやワードなどのコンピュータ用ファイルなど)をしかるべき場所に保管、管理する必要がある。
 - ◆ **データベースの随時更新**: 数多くの専門家の意見を反映して、データを随時更新することができる。
- このようなデータベースは常に更新され続ける性質のものである。現在作成中の画面例を図3.4.14に示す。

(4) 評価結果の理解促進

上記のようなプロセスに基づいて評価作業を進めたとしても、担当者以外には、その評価結果の真に意味するところは理解しにくいものである。その結果、よく評価結果が一人歩きを始めることとなる。報告書の記載などで、評価担当者以外の人々が、その本質を把握できるような表現の仕方は決して容易なものではない。そのためには、認知科学までも含めた表現のための方法論の開発とその結果を身につけるためのトレーニングが必要である。これも

重要であるが、現状では未解決の課題であり、本レポートではその指摘にとどめる。

(5) トータルエネルギーシステム評価ワーキンググループ(WG)

このWGは、他の5研究タスクより評価作業グループに参加してもらうことにより構成されたものである。現在、評価対象となるべき技術シナリオの検討とその評価作業を進めている。具体的には、太陽電池(種々の太陽電池の比較)、核融合(統合型地域エネルギー供給ステーションの設計)、SPSS(離島や発展途上国など、従来型システムでの送電が困難な地域へのエネルギー供給の可能性)、水素(普及シナリオの想定)、バイオエネルギー(廃油ディーゼル油などの新規なエネルギー変換技術導入シナリオと従来型システムとの比較)である。

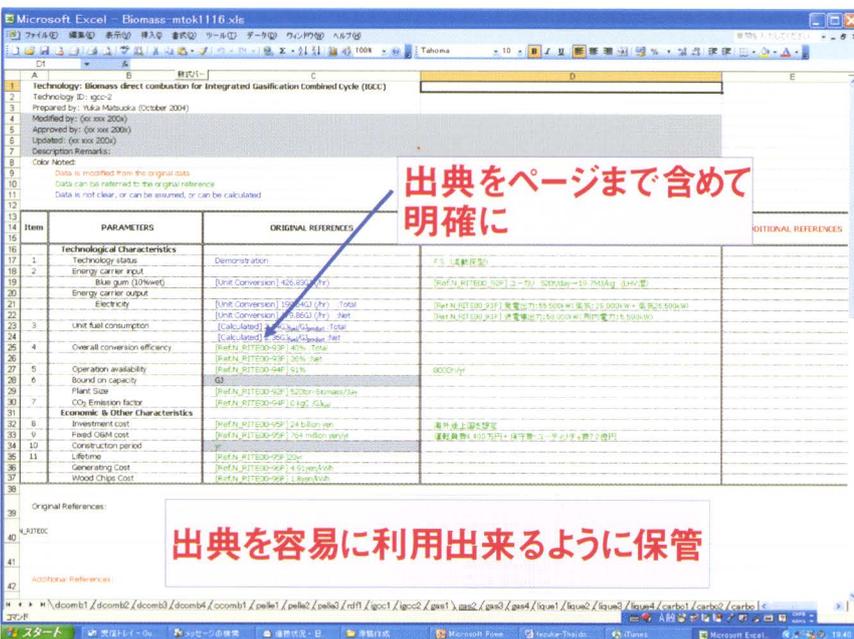


図3.4.14. エネルギー変換技術データベースの画面例

4.平成16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16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	D1	地球環境を改善するためのレインアウト機構に関する実験的・理論的研究	500
2	黒澤 美幸	社環	D3	琵琶湖集水域での水質保全のためのポイント・ノンポイントソース排出量取引制度	300
3	野々川 満	社環	D1	定量性を持ったDNAマイクロアレイの開発	500
4	山本 芳弘	社環	D3	二酸化炭素排出削減可能な電力自由化政策に関する研究	300
5	吉田 敬	社環	D1	超臨界水技術によるバイオマス資源からの有用物質の創製	500
6	周 楊平	社環	D2	MFMS多層フロー・モデル用のグラフィカル・インターフェース・ツール	500
7	中川 敬三	基礎	D2	界面活性剤補助機構によるナノ構造酸化物の作製と応用 及びシンクロトン放射光を用いたナノ秩序構造形成過程の解明	300
8	西川 慶	基礎	D1	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
9	長谷川哲也	基礎	D3	RNA-ペプチド複合体に基づくナノバイオ素子の創製	700
10	平田 晃義	基礎	D3	遺伝子情報を読み取るナノバイオ素子のコンビナトリアル創製	500
11	本山 宗主	基礎	D1	強磁場中におけるニッケルナノワイヤーの電気化学プロセッシング	500
12	安田 幸司	基礎	D2	高純度SiO ₂ の直接電解還元による低コスト太陽電池級Siの新規製造法	700
13	裴 麗華	基礎	D2	貴金属超微粒子の融合による貴金属ナノワイヤーの創製とナノ導電膜の製造	700
14	曹 恒植	変換	D2	先進エネルギーシステム用革新的構造材料の研究開発	500
15	大屋 正義	応用	D2	LHDヘリカルコイル導体における片側伝播現象の解明と安定性の改善	500
16	岡村 崇弘	応用	D3	超臨界圧に到る種々の圧力下におけるHeI及びHeIIの強制対流熱伝達	700
17	近藤 創介	応用	D2	高品位エネルギー実現のためのSiC照射損傷に関する研究	500
18	袴田 昌高	応用	D1	超軽量マイクロポーラス金属材料の創製	300
19	金 思雄	応用	D1	低放射化鉄鋼材料の耐照射特性の評価	500
20	李 在光	応用	D3	炭化珪素繊維強化炭化珪素複合材料の作製と接合にする研究	300

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

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48件のうち、以上の20件を採択した。

4.1.2 RA、TAへの採用

博士後期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16年度採用のRAについては、採用時に能力審査で14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31件、国内15件の研究発表に対して助成を行った。

4.1.4 英語研修

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

4.1.6 テキストの執筆・発行

エネルギー科学教育のための体系的な教科書の執筆、発行を進めており、平成16年度は、「エネルギー基礎科学通論II」を完成させた。今後もカリキュラムの改善とともにテキストシリーズを充実化し、また英文での発行も進めていきたい。

4.2 国際エネルギー科学スクールの開催

京都大学21世紀COEプログラムの博士課程学生の教育プログラムの一環として第2回国際エネルギー科学スクールが2004年7月20日から22日までタイのパトゥムタニ市にあるRajamangala Institute of Technology (RIT)において開催された。これは、2003年にイリノイ工科大学で行われた第1回に引き続いて行われたもので、学生が世界のエネルギーおよび環境に関する様々な問題および現状に触れ、研究の位置づけを明確にすることに加えて、英語で発表し議論する経験をする機会を持つことを目的としている。

講演会

Student Presentation on Energy and Environment for Sustainable Developmentという名のもと、京都大学21世紀COE「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」、RITおよびThe Joint Graduate School of Energy and Environment (JGSEE) King Mongkut's University of Technology Thonburiの3者により共同で開催された。RITのNamyoot教授より本講演会の説明および案内があった後、京大の吉川教授から“Introduction of Japanese Policies and R&D Projects for Sustainable Energy Development” また、JGSEEのNaksitt教授からは“Formation of Thailand's Energy Strategies for Sustainable Development: Basic Facts and Issues” というキーノートスピーチが行われた。京大からは講演内容の摘要により選抜した13名の博士後期課程学生が参加し、RITは3名およびJGSEEから15名の発表があった。これらの講演は2日間、“Solar and Wind Energy”、“Waste Minimization and Utilization”、“Air Pollution and Atmospheric Modeling”、“Climate Change”、“Fuels and Combustion”、“Energy and Environmental Policy”、“Materials Technology”の計7つのセッションに分けて一会場で行われ、約150名の参加者があった。詳細は当日発行したアブストラクト、近日発行予定の報告書を参照されたい。なお、初日には本セッションと併せてSession of Student-meet the press というセッションが開催された。新聞・雑誌およびテレビ等の一般メディアの記者に対して学生が講演および研究紹介を行ったもので、京大からも2名が選ばれてタイ語通訳による講演を行った。後日、現地で新聞報道やテレビ放映があった。NSTDAおよびRITアユタヤ校見学会

第3日はThailand Science Park内にあるNational Science Technology Development Agency (NSTDA)を訪問した。これはちょうど日本の筑波に相当する研究都市であり、大学や大学病院といくつかの国立研究所より成り立っている。マイクロメカニクス研究センター、金属・材料研究センターおよび太陽電池研究センター等の見学を京大の松重副学長とともに行った。設備がよく整えられており、タイが特定の分野において国を挙げて研究を推進しようとしている意図が強く感じられた。その後、RITのアユタヤ校を訪れた。農業関連の技術養成を主体としており、タイの豊かな自然を背景に農業工学、食品工学、農芸および畜産等の専門知識および技術を身につけさせる学習の場であった。

本スクールを通じて、エネルギー・環境問題を議論の対象とする場合には、各国に特有の問題と、全世界的に共通して認識されている問題の二種類があり、相互に交流することの重要性を一同が再認識した。



図4.1. 京大側参加者一同 (スクール会場のRIT図書館前に準備されたスクールの看板の前で)



図4.2. 発表会プログラムすべて終了後の全発表者

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そのものの研究開発とともに、アジア地域などに向けたエネルギーシステムの提案・提言を行い政策立案にも協力していくこととしている。

今年度はタイに調査専門員をおき、JGSEEやRITなどの関連する大学との連携事業を実施した。まず、昨年度11月に開設したバンコクオフィスを拠点に、タイにおけるCOEの国際事業の準備を行い共催した。7月には国際スクールをラジャマンガラ工科大学(RIT)のパツタニキャンパスで実施した。京大からの参加者は20人弱であったが、JGSEE(エネルギー環境合同大学院大学)とRITから計120名の参加を得て盛会であった。12月にはHuaHinで、JGSEEとの共催によるSEE Meeting(持続可能性エネルギーと環境国際シンポジウム)を開催し、タイのエネルギー大臣参加の下、18カ国320名が集い成功であった。発表はオーラル、ポスター合わせて200件をこえた。

また、RIT内に設けた、共同研究ラボを整備し、バイオマス資源量の調査や太陽エネルギー利用などの共同研究をスタートさせた。また、その一環として環境適合型材料開発に向けラボ拠点長のソンマイ工学部副学部長を招聘し、エネルギー材料研究における共同研究を開始している。4月の6日からはRITとの共同による第3回環境エネルギーと材料科学技術のための国際会議をタイ・チェンマイで開催するために準備を行った。

さらに、一昨年11月に海外拠点を開いて以来、情報収集、研究交流と展開してきたが、そのような活動の中から、いくつかの行事を企画した。7月には、国際エネルギースクールを開催し、12月にはSEE 国際会議を開催することができた。後者については5.2.2項で詳細を紹介する。

5.1.2 米国での海外拠点の設立

国際エネルギー情報センターでは、海外拠点設置準備サブグループを設けて、アメリカ合衆国での海外拠点設置に向けて、シリコンバレー地域の中心であるスタンフォード大学の調査を行ってきた。しかし、残念ながら海外拠点をスタンフォードに設置しても、本COEの目的に対して十分な貢献ができないという結論に達し、設置を見送ることとした。

当初、シリコンバレー地域での拠点形成は、産学連携の起爆剤、特にスタンフォード大学に出入りしている日本企業との連携などを視野にいれたものを考えていた。そのために必要な活動は、マネージメント能力のある常駐者、スタンフォード大学とのコンタクト(スタンフォード日本センターの協力)、シリコンバレー企業とのコンタクトなどが考えられ、調査の対象としてきた。しかし、調査の結果、双方向的な関心を持続させるための連携メリットが先方のシリコンバレー企業にあるのか、日本企業を対象とするのならスタンフォードに出かける必要はあるのか、マネージメント能力のある常駐者の雇用が可能か、計画が壮大すぎてとも教員の片手間ではできないのではないかと、といった問題に対する回答が必ずしも拠点形成を支持するものでないことが明らかになってきた。

海外拠点形成は今後も重要な課題であると思われるが、研究活動だけでなく教育活動を支援するための海外拠点形成といった視点も考慮する必要性は認識される。

5.2 国際エネルギーシンポジウムの開催

5.2.1 環境調和型エネルギーに関する第2回国際シンポジウムの開催 (The 2nd International Symposium on Sustainable Energy System)

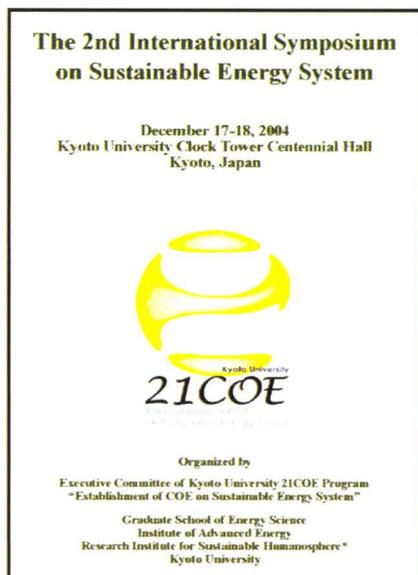
平成16年12月17、18日の2日間にわたり、“The 2nd International Symposium on Sustainable Energy System”を京都大学時計台記念館において開催した。これは、平成15年3月13、14日に開催した第1回国際エネルギーシンポジウムに続く21世紀COEプログラム「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」主催の第2回国際シンポジウムである。USA、オランダ、フィンランド、カナダ、タイ、韓国など世界各国からの参加者55名を含む357名の参加者があり、太陽エネルギー(太陽光発電、宇宙太陽光発電、プラズマ)、水素エネルギー、バイオエネルギー、エネルギー評価に関する幅広い視点からの活発な討論、意見交換がなされた。また、1日目夕刻に時計台記念館で開催されたバンケットには、145名の参加者があった。

1日目は、辻副学長、笠原拠点リーダーの挨拶に始まり、太陽エネルギー、水素エネルギー、バイオエネルギー、エネルギー評価の各タスクリーダーより、各研究タスクの研究の進捗状況についての講演がなされた。午後には、各研究タスクに関連する6名の招聘外国人学者による基調講演があり、参加者にとっては、持続可能なエネルギーシステムについての情報を得るのみならず、自分の研究分野についてより広い視点から考えるよい機会となった。また、ポスター発表(150件)では、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)の研究室に所属する学部生および修士、博士課程の学生が多数参加し、参加した学生にとっては、英語で発表、討論するいい機会となった。

2日目には、21世紀COEプログラムの各研究タスクに分かれた分科会が5会場で開催された。ここでは、各研究タスクの個々の研究成果の発表を含め、より専門的な立場からの議論、意見交換がなされた。



図5.1. 環境調和型エネルギーに関する第2回国際シンポジウムの参加者



- Program -	
December 17, 2004 (Friday)	
9:00 - 9:30	Registration
9:30 - 9:40	Opening Bunzo Tuji (Vice President, Kyoto University) Mikio Kasahara [Program Leader, Kyoto University 21COE Program-(E3)]
9:40 - 11:00	Progress in the Research of the 21COE Program <ul style="list-style-type: none"> • <i>Solar Energy</i> Susumu Yoshikawa (Institute of Advanced Energy, Kyoto University) • <i>Hydrogen Energy</i> Masahiro Shioji (Graduate School of Energy Science, Kyoto University) • <i>Bioenergy</i> Shiro Saka (Graduate School of Energy Science, Kyoto University) • <i>Evaluation of Sustainable Energy System</i> Tetsuo Tezuka (Graduate School of Energy Science, Kyoto University)
Plenary Lectures on Sustainable Energy System	
Solar Energy	
11:15 - 11:50	• <i>Fuels and Fuel Technologies in Thailand: A Status Review</i> Bundit Fungtammasan (The Joint Graduate School of Energy & Environment, Thailand)
11:50 - 12:25	• <i>21st Century Energy Systems: Solar Power from Space as a Tool for Sustainability and Independence</i> Leopold Summerer (European Space Agency, Netherlands)
13:50 - 14:25	• <i>Current Status and Future Plan of Structural Materials R&D for Advanced Power Plant in Korea</i> Jun-Hwa Hong (Korea Atomic Energy Research Institute, Korea)
Hydrogen Energy	
14:25 - 15:00	• <i>Sustainable Energy Research in the European Union</i> Joop Schoonman (Delft University of Technology, Netherlands)
Bioenergy	
15:20 - 15:55	• <i>Development of Bioethanol Production Technologies in Europe</i> Liisa Viikari (VTT, Finland)
Evaluation of Sustainable Energy System	
15:55 - 16:30	• <i>Energy and the Environmental Concerns in the USA</i> S. Kent Hoekman (Desert Research Institute, USA)
16:30 - 18:30	Poster Presentations
18:30 - 20:00	Banquet
December 18, 2004 (Saturday)	
Parallel Sessions (9:30 - 18:00)	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Solar Energy I (Solar Cell, Space Solar Power Station)</i> • <i>Solar Energy II (Fusion Oriented Plasmas)</i> • <i>Hydrogen Energy</i> • <i>Bioenergy</i> • <i>Evaluation of Sustainable Energy System</i> 	

図5.2. 環境調和型エネルギーに関する第2回国際シンポジウムのプログラム

5.2.2 タイ国エネルギー環境合同大学院大学 (JGSEE) および京都大学エネルギーCOE共催による「持続可能なエネルギーと環境」国際会議 (SEE Meeting) 開催

2004年12月1日から3日にかけて、タイ南部のホアヒン (Hua Hin) にてJGSEEと京大エネルギーCOE共催のSEE Meetingが開催された。SEEとは、Sustainable Energy and Environment (持続可能なエネルギーと環境)の略であるが、「皆が一堂に会して」という「見る、出会う」の意味が込められていることはいうまでもない。この会議の目的は、東南アジアを中心にエネルギーと環境分野に従事する、科学者、研究者、技術者、政策立案者が集うことによって、「持続可能なエネルギーと環境」についての研究交流を深めるとともに、アジアにおける国際連携を進める事にある。

共同開催のパートナーであるJGSEE(タイ国エネルギー環境合同大学院大学)は、1998年にこの国のエネルギー・環境問題に答えるために、5大学の合同大学院大学として発足したユニークな組織である。2004年2月には京大エネルギーCOEとの間で協力協定が締結されている。本合同国際会議は、この協定に基づき、2つの組織が協力して、持続可能エネルギーとその関連科学技術の現時点での進歩を発表し、科学技術によるアジア太平洋地域のエネルギー環境への寄与を検討することを目的としてアジア各国に呼びかけ実現した。

会議は、320人を越える参加者の下、18カ国から200件を越える発表が行われ、太陽エネルギー、風力エネルギー、水素、地熱エネルギー、新エネルギー、バイオエネルギー、廃棄物利用エネルギー、廃棄物管理、従来の燃料のクリーンユースを含め、省エネルギー、エネルギー管理、大気汚染排出とそのモデル、天候変化、温室効果排、天候モデル、生態系、大気汚染の緩和的選択と温室効果ガスの影響、エネルギーと環境政策など幅広い分野での発表が行われた。

辻文三京都大学副学長が開会の挨拶を行った後、プロミン・タイ国エネルギー大臣、茅陽一(財)地球環境産業技術研究機構長、笠原21COEリーダーによるプレナリーレクチャーが行われ、日タイ両国での環境・エネルギーに関する取り組みが紹介された。京大からは30件の発表が行われ、最終日には、西川禎一大工大学長によるプレナリーレクチャーが行われた後、ベストポスター賞が発表された。ベストポスター賞は、一般参加者の投票による厳正な審査の結果選ばれたものだが、タイからの留学生で京大博士課程1年のパワスプリー・ソラボン君がその栄誉に輝いていた。彼らのような若い世代が今後の日タイ両国のみならず、アジア全域のエネルギー環境問題を解決していくうえで重要な鍵を握っているといえるだろう。

今回の会議では、今後の共同研究のためのミーティング等も行われ、アジア全域にわたる国際連携を模索していくこととなった。



図5.3. SEE Meetingの様相

写真左: 辻副学長(左から4人目)、プロミンエネルギー大臣(左から5人目)をはじめとする会議主要メンバー、
写真右上: 参加者で満員となった会場、
写真右下: ベストポスター賞を受賞した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所属)博士課程1年のソラボン君

5.2.3 第2回21COEプラズマ理論ワークショップ (The 2nd 21COE Plasma Theory Workshop)

平成17年1月25～27日の3日間にわたり、“Progress of Theoretical Analyses in Three Dimensional Configurations”に関する第2回21COEプラズマ理論ワークショップを日米科学技術協定に基づく日米JIFTワークショップとの共催で京都大学時計台記念館において開催した。これは、平成15年12月15～17日に開催した第1回21COEプラズマ理論ワークショップに続く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」人工太陽(プラズマ)グループ主催のワークショップである。USA、フランス、ロシア、中国、オーストラリアなど世界各国からの参加者10名を含む40名の参加者があり、複雑な磁場構造を持つ先進ヘリカル系プラズマの理論・数値シミュレーション研究に関する最新の研究成果に関して報告が行われた。参加者には磁気座標の研究などでも著名なA.ブーザー教授らが含まれ、非常に高度で質の高い討論が行われた。今後の国際共同研究に関して具体的な検討が行われ、少人数によるワークショップならではの深い議論がなされた。詳細なプログラムおよびプレゼンテーションは、以下に示す。

<http://www.center.iae.kyoto-u.ac.jp/kondok/meetings/jift2005.html>

5.3 国内シンポジウムの開催

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」は持続可能な社会を実現するために環境調和型エネルギーシステムの実現と、未来にわたってエネルギーの安定供給を確保することが緊要であるとの主旨の基に活発な研究教育活動を繰り広げてきた。採択後、3年間にわたり2回の国内シンポジウム(東京および京都)と全科展シンポジウム(大阪)が開催され、それぞれに大きな成果を上げることができた。国内シンポジウムは従来、国際シンポジウムと隔年に開催されてきた経緯がある。平成16年度は国際シンポジウムが12月に京大時計台記念館で開催されたため、国内シンポジウム独自の活動については特に記述すべき点は無い。しかしながら、全国のエネルギー関連のCOEプログラムが連携すべきであるとの拠点リーダーの指導方針が示されているので、今後の国内シンポジウムの運営形態にも注目する必要もあろう。

当COEプログラムには機械系、材料系、化学系、資源系、電気系、農学系を始め、経済など文科系分野が参加している。これらの多様な背景を持つ学生諸君にとって、特に国内シンポジウムにおけるポスターセッションでの発表と学内外参加者との充実した議論内容から大いに得るところが大きかった筈である。国内シンポジウムを通じて将来の太陽電池発電システム、核融合技術、水素エネルギーシステム、バイオエネルギー、電気自動車の概念や、化石燃料起源のCO₂ガスの分離貯蔵、リサイクル設計や安価な水素製造技術の重要性が大学院生にも共有されたのではなかろうか。さらには、これらの国内シンポジウム会場での議論を通して、学外研究者はもとより、日頃は専攻間の枠のために疎遠であった異専攻間の大学院生同志の交流が始まり、自主的な研究活動の展開が見られ始めるなど、教育分野での波及効果は極めて大きいと考えられる。

世界に対するエネルギー科学研究の情報発信機能をリードすることは勿論、招待講演の諸先生のご講演を通じて、とりわけ、若い大学院生諸君に大きなインパクトを与えていただいたこと、さらにこれらの学生諸君が大学院生時代に学んだことを糧に将来、他分野との融合をはかり、エネルギー環境問題に挑戦できるようなバックグラウンドを提供してゆけるように、国内シンポジウム実行委員会としても今後大いなる努力を続けたい。

5.4 エネルギー環境調査

エネルギー・環境問題の対応策は、その国、歴史、地理、文化などの特徴によって大きく異なる。そのため、検討の対象とする地域の特徴を考慮した問題の分析が重要となる。

本年度は、タイ国バンコク市に開設された21COE拠点事務所を中心として、以下の調査を実施した。これらの調査・分析結果についてはWEB上での公開を計画している。

◆タイ国におけるバイオマス(特に籾殻)の利用状況の調査

JGSEE (Joint Graduate School of Energy and Environment) の協力を得て、バンコク近郊の籾殻発電所2箇所を見学し、その発電所の運転特性、そして籾殻流通の実態についてインタビュー調査を行った。また、籾摺場(Rice-Mill Plant)5箇所を訪問し、籾殻の販売経路の調査を行った。

◆タイ国全域における再生可能エネルギー評価のためのデータ調査

地域特性を考慮した分析と並行して、タイ国国土での再生可能エネルギーの分布データの調査、利用可能性評価を目的として、リモートセンシングデータの活用を検討を開始した。具体的には、宇宙航空研究開発機構(JAXA, Japan Aerospace Exploration Agency)の協力を得て、タイのGISTDA (Geo-informatics and Space Technology Development Agency)などを訪問するとともに、関連する利用可能データの調査とその利用可能性の検討を行っているところである。

◆トータルエネルギー評価のためのエネルギー利用技術調査データベースの開発

エネルギーシステム評価モデルにおける利用を目的として、昨年度よりエネルギー変換などに関わる新技術の特性データベースの構築作業を進めている。多くの研究者による更新可能な永続的データベースとするために、オリジナルに近い情報源を確保することを前提としている。現状では著作権の問題があるため、情報源そのものの公開は現在のところ予定していないが、データベースについては、COEグループ内での公開を予定している。

5.5 産官学連携に関わる事業概要

平成16年11月24日に21COE産学連携シンポジウムを開催した。大学から23件のシーズを出展した。企業等から70名を越す参加者を得、活発な情報交換が行われた。昨年度の産学連携シンポジウムに出展したシーズより、企業との共同研究が生まれている。平成17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。

5.6 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、種々のシンポジウムや市民講座等でも配布し、21世紀COE「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」事業の情報公開に努めてきた。併せて、京都大学大学院エネルギー科学研究科、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発信した。なお、速報性に配慮したニュースレターも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) 2ICOE Workshop on OSE&OEL, 京大宇治キャンパス 木質ホール, 平成16年10月30日
- 2) Sustainable Energy and Environment(SEE), The Joint Graduate School of Energy and Environment (JBSEE) and Kyoto University, December 3, 2004.
- 3) Joint Meeting of 2nd 2ICOE Plasma Theory Workshop and US-Japan JIFT Workshop on “Progress of Theoretical Analyses in Three Dimensional Configurations”, 平成17年2月25日－2月27日 昨年度の第一回ワークショップに引き続き、第二回ワークショップをJIFTワークショップとの共催で京都大学100周年時計台記念館において開催、アメリカ合衆国、フランス、ロシア、中国、オーストラリアからを含め参加者40名
- 4) The 10th International Spherical Torus Workshop, 平成16年9月29日－10月1日、京都大学本部構内で開催、アメリカ合衆国、中国、連合王国などからを含め参加者45名
- 5) International Working Group meeting on “ODS R&D”, Organizer, June 11, 2004, Boston, USA
- 6) IEA-Ferritic steels Working Group meeting, Japanese Coordinator, September 20, 2004, Venice, Italy
- 7) US/Japan collaborative research on Fusion Materials, Japanese task leader of “Post-irradiation Experiments”, Steering Committee Meeting, February 7-8, 2005, UCLA, USA
- 8) US/Japan workshop on Materials-Fusion Blankets System Integration, Japanese Coordinator, February 9-10, 2005, UCLA, USA

A.1.2 水素エネルギー 〈国際セミナーの開催〉

回	日付	講師および講演題目
1	6/26 (土)	U. S. Department of Energy R & D Program on Fuel Cells and Batteries for Transportation Applications Frank McLarnon (Lawrence Berkeley National Laboratory) Electrochemical Pathways towards Sustainable Development D. R. Sadoway (Dept. of Materials Sci. & Eng., MIT)
2	7/2(金)	Use of Fluorine in Nuclear Plants -Synthesis and Perspectives- Dr. Henri Groult (Universit Pierre & Marie Curie, France)
3	7/8(木)	Trends of Ionic Liquids Studies -Applications to Hydrogen Chemistry- Dr. Tetsuya Tsuda (University of Mississippi, USA)
4	7/28(水)	“Progressive Damage Modeling with Element-Failure Method” and “A Novel Biodegradable Nano-Scaffold for Tendon/Ligament Tissue Engineering” Dr. Tong-Earn TAY (National University of Singapore) On Selection of Repeated Unit Cell Model (RUC) and Application of Unified Periodic Boundary Conditions for Composites Dr. Zihui XIA (University of Alberta, Canada) Prediction of Long-Term Strength of CFRP Laminates by Accelerating Testing Methodology (ATM) and Strain Invariant Failure Theory (SIFT) Dr. Hongneng CAI (Xi'an Jiaotong University, P.R.China)
5	7/29(木)	The Use of Simplified Model and Complex Engineering Experiments for Understanding Fuel Injection and Air-Fuel Mixing in IC Engines Dr. Graham Wigley (Loughborough University, UK)
6	8/19(木)	Thermal Buckling and Postbuckling of Laminated Plates Prof. H.-S. SHEN (Shanghai Jiao Tong University, P.R.China)
7	11/12(金)	Study on the Preparation of Porous Titanium by Direct Electro-deoxidation Ms. R. Lilia Centeno-Sánchez (University of Cambridge, UK)
8	12/7 (火)	Energy views and crisis (would hydrogen solve it?) Prof. Dr. Jaroslav Sestak (Institute of Physics, Academy of Sciences in Prague, Czech Republic)
9	12/16(木)	Nanostructured Functional Materials Prof. Joop Schoonman (Delft University of Technology, Netherlands) The Energy Challenge and Research at Georgia Tech Prof. Tom Fuller (Georgia Institute of Technology, USA)

10	2/18 (金)	Contributions of Internal Hydrogen and Room-Temperature Creep to the Abnormal Fatigue Cracking of Ti6246 at High K_{max} Dr. Véronique DOQUET (Centre National de la Recherche Scientifique, France)
----	----------	---

〈未来エネルギー研究協会との協力によるイベント開催〉

- 1) 第19回水素エネルギーに関する検討会：燃料電池の開発状況、高圧水素容器の安全試験に関する講演および水素関連施設の見学、2004年9月28日、(財)日本自動車研究所
- 2) 第20回水素エネルギーに関する検討会：水素吸蔵合金の新合成プロセス提案、鈴木亮輔、2005年1月24日、京大会館
- 3) 第20回水素エネルギーに関する検討会：高効率熱交換用ポーラス金属の開発、馬淵 守、2005年1月24日、京大会館

A.1.3 バイオエネルギー

- 1) IEA Task 39 Workshop, 21COE Presymposium, December 13-15, 2004, Kyoto, Japan.

A.1.4 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) トータルエネルギー評価ワーキンググループ会合(9回、個別ミーティングを含む)
- 3) タイ国におけるバイオマス調査(3回)
- 4) Joint Graduate School of Energy and Environmentにおける研究交流(2回)

A.2 発表論文リスト

A.2.1 太陽エネルギー

(a) 太陽発電

- 1) Y. Suzuki and S. Yoshikawa, "Synthesis and Thermal Analyses of TiO₂-Derived Nanotubes Prepared by the Hydrothermal Method," J. Mater. Res., 19, (2004) pp. 982-985.
- 2) H. Hayashi, S. Wada, T. Funayama I. Narumi, Y. Kobayashi, H. Watanabe, M. Furuta, K. Uehara, "Evaluation of the Resistance of Euglena gracilis to Ion Beam Radiation," J. Eukaryot. Microbiol., 51, (2004) pp. 321-324.
- 3) S. Ngamsinlapasathian, S. Sakulkaemaruethai, S. Pavasupree, A. Kitiyanan, T. Sreethawong, Y. Suzuki and S. Yoshikawa, "Highly efficient dye-sensitized solar cell using nanocrystalline titania containing nanotube structure", J.Photochem. Photobiol. A. Chem., 164, (2004) pp. 145-151.
- 4) S. Sakamoto, A. Ito, K. Kudo and S. Yoshikawa, "De Novo Design, Synthesis and Function of Semiartificial Myoglobin Conjugated with Coiled-Coil Two alpha-Herix Peptides," Chem. A Euro J., 10 [15] (2004) pp. 3717-3726.
- 5) S. Sakulkaemaruethai, Y. Suzuki and S. Yoshikawa, "Surfactant-Assisted Preparation and Characterization of Mesoporous Titania Nanocrystals," J. Ceram. Soc. Jpn., 112, (2004), pp.457-552.
- 6) H. Hayashi, I. Narumi, S. Wada, M. Kikuchi, M. Furuta, K. Uehara and H. Watanabe, "Light-dependency of resistance to ionizing radiation in Euglena gracilis" J. Plant Physiol., 161, (2004) pp. 1101-1106.
- 7) S. Sakulkaemaruethai, Y. Suzuki and S. Yoshikawa, "Effect of ZrO₂-Addition on Structure of Sol-Gel Derived TiO₂ Nanopowder," J. Jpn. Soc. Powd. Metall., 51, (2004), pp. 789-794.
- 8) S. Pavasupree, Y. Suzuki, S. Pivsa-Art and S. Yoshikawa, "Preparation and Characterization of Mesoporous TiO₂-CeO₂ Nanopowders Respond to Visible Wavelength," 178 [1] (2005) pp. 128-134.
- 9) T. Sreethawong, Y. Suzuki and S. Yoshikawa, "Synthesis, Characterization, and Photocatalytic Activity for Hydrogen Evolution of Nanocrystalline Mesoporous Titania Prepared by Surfactant-Assisted Templating Sol-Gel Process," J. Solid State Chem., 178 [1] (2005), pp. 329-338.
- 10) T. Sreethawong, Y. Suzuki and S. Yoshikawa, "Photocatalytic Evolution of Hydrogen over Nanocrystalline Mesoporous Titania Prepared by Surfactant-Assisted Templating Sol-Gel Process," Catal. Comm., 6 [2] 119-124 (2005).
- 11) S. Ngamsinlapasathian, T. Sreethawong, Y. Suzuki and S. Yoshikawa, "Single- and Double-Layered Mesoporous TiO₂ /P25 TiO₂ Electrode for Dye-Sensitized Solar Cell," Solar Energy Mater. Solar Cells, 86, (2005) pp. 269-282. (to be published in May 2005)
- 12) S. Pavasupree, Y. Suzuki, S. Pivsa-Art and S. Yoshikawa, "Preparation and Characterization of Mesoporous MO₂ (M=Ti, Ce, Zr, and Hf) Nanopowders by a Modified Sol-Gel Method," Ceram. Inter., in press.
- 13) T. Sreethawong, Y. Suzuki and S. Yoshikawa, "Photocatalytic Evolution of Hydrogen over Mesoporous TiO₂ Supported NiO photocatalyst Prepared by Single-step Sol-Gel Process with Surfactant Template," Int. J. Hydrogen Energy, in press.
- 14) 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., in press.
- 15) A. Kitiyanan, S. Ngamsinlapasathian, S. Pavasupree and S. Yoshikawa, "The Preparation and Characterization of Nanostructured TiO₂-ZrO₂ Mixed Oxide Electrode for Efficient Dye-Sensitized Solar Cells" J. Solid State Chem., in press.
- 16) Y. Suzuki, S. Pavasupree, S. Yoshikawa and R. Kawahata, "Natural Rutile-Derived Titanate Nanofibers Prepared by Direct Hydrothermal Processing," J. Mater. Res., in press.
- 17) 鈴木義和, "タイ研究拠点設立体験記—COE海外拠点開設への道", マテリアルインテグレーション, 17 [4] (2004) pp. 66-73

- 18) 上原 赫, "有機色素と導電性高分子を用いた太陽電池", 未来材料, 5 [1] (2005) pp. 14-19.
 - 19) 鈴木義和, 関野 徹, "酸化物ナノチューブの研究開発動向", マテリアルインテグレーション, 18 [1] (2005) pp.3-10.
 - 20) 上原 赫 (分担執筆), "新しい有機太陽電池のオールプラスチック化への課題と対応策", 技術情報協会, pp.187-188, 205-207, 211-223, 237-239 (2004年6月29日発行)
 - 21) 鈴木義和, 「MOT (技術経営) で読むフラインセラムックス技術戦略」, 日刊工業新聞社, ISBN4-526-05317-1
 - 22) 鈴木義和 (分担執筆), "5. 4 多孔性セラミックスの応用", pp241-249, 北川 暹監修, 「新時代の多孔性材料とその応用 — ナノサイエンスが作る新材料 —」, シーエムシー出版, 2004年11月30日発行, ISBN 4-88231-478-9.
 - 23) 上原 赫 (分担執筆) "薄膜太陽電池開発最前線", エヌ・ティー・エス, in press
- 1) A. Kitiyanan, S. Ngamsinlapasathian, S. Pavasupree, S. Sakulkhaemaruthai, Y. Suzuki and S. Yoshikawa, "Dye-sensitized solar cell using nanostructured mixed metal oxides", Technical Digest of PVSEC-14, 1, 91-92 (2004).
 - 2) Y. Suzuki, R. Yoshida, T. Sekino and S. Yoshikawa, "In Situ Observations of Morphological Change during Heating for TiO₂-Derived Nanotubes Prepared by Hydrothermal Method", Proc. 8th Asia-Pacific Conf. Electron Microscopy (8APEM), Japanese Society of Microscopy, June 7-11, (2004) pp. 386-387.
 - 3) Y. Suzuki, S. Sakulkhaemaruthai, R. Yoshida and S. Yoshikawa, "Heat Treatment Effect on the Structure of TiO₂-Derived Nanotubes Prepared by Hydrothermal Method", (Proc. 106th ACerS Annual Meeting, 2004) Ceram. Trans., 159, (2005) pp. 386-387.
 - 4) J. Sasano, P. Schmuki, T. Sakka and Y.H. Ogata, "Laser-Assisted Maskless Cu Patterning on Porous Silicon", Electrochem. Solid-State Lett., 7 (5), G98-G101 (2004).
 - 5) D. Hamm, T. Sakka and Y.H. Ogata, "Immersion Plating of Copper onto Porous Silicon with Different Thickness", Electrochim. Acta, 49 (27), 4949-4955 (2004).
 - 6) H. Furusawa, T. Sakka and Y. H. Ogata, "Characterization of ablated species in laser-induced plasma plume", J. Appl. Phys., 96, 975-982 (2004).
 - 7) H. Furusawa, T. Sakka and Y. H. Ogata, "Characterization of laser-induced plasma plume: comparison between Al and Al₂O₃ Targets", Appl. Phys. A79, 1291-1294 (2004).
 - 8) T. Sakka, K. Saito and Y. H. Ogata, "Confinement effect of laser ablation plume in liquids probed by self-absorption of C₂ Swan band emission", J. Appl. Phys. 97, 014902 (2005).
 - 9) 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.
 - 10) 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. N. Yasumaru, K. Miyazaki, and J. Kiuchi, "Fluence dependence on femtosecond-laser-induced nanostructure formed on TiN and CrN", Appl. Phys. A: Materials Science & Processing, Vol.80 (2005), in press.
 - 11) 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 & Processing, Vol.80, 17-21 (2005).
 - 12) N. Yasumaru, K. Miyazaki, J. Kiuchi, and H. Magara, "Nanoscale modification of DLC film surfaces with femtosecond laser pulses", Proceedings of SPIE, Vol.5662, 755-759 (2004).
 - 13) N. Maekawa, W. Kobayashi, M. Kaku and K. Miyazaki, "Femtosecond-laser-induced structural change of diamond-like carbon film", Proceedings of The Fourth Asian Pacific Laser Symposium 2004 (Korea, 2004) THP06/1-4.
 - 14) M. Kaku, K. Masuda and K. Miyazaki, "High-order harmonic generation from molecules spatially aligned by femtosecond laser pulses", Proceedings of The Fourth Asian Pacific Laser Symposium 2004 (Korea, 2004) THF-B7/1-4.
 - 15) K. Miyazaki, M. Kaku, and K. Masuda, "High-order harmonic generation from femtosecond laser-aligned molecules", 14th International Conference on Ultrafast Phenomena, Technical Digest (OSA, 2004) ME30/1-3.
 - 16) N. Yasumaru, K. Miyazaki, and J. Kiuchi, "Glassy carbon layer formed in diamond-like carbon films with femtosecond laser pulses", Appl. Phys. A, Materials Science & Processing, Vol.78, 425-427 (2004).
 - 17) M. Kaku, K. Masuda, and K. Miyazaki, "Observation of revival structure in femtosecond-laser-induced alignment of N₂ with high-order harmonic generation", Jpn J. Appl. Phys., Vol.43-4B, L591-L593 (2004).
 - 18) K. Miyazaki, T. Shimizu, and D. Normand, "Femtosecond-laser-induced alignment in Coulomb explosion of N₂", J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. Vol.37, 753-761 (2004).
 - 19) T. Nakajima, "Control of the spin-polarization of photoelectrons/photoions using short laser pulses", Appl. Phys. Lett. 84, 3786-3788 (2004).
 - 20) H. Ohgaki, S. Hayashi, A. Miyasako, T. Takamatsu, T. Kii, K. Masuda, K. Yoshikawa, T. Yamazaki, "Measurements of the beam quality on KU-FEL linac", NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH, A528, 366-370 (2004).
 - 21) T. Kii, A. Miyasako, S. Hayashi, K. Masuda, H. Ohgaki, T. Yamazaki, K. Yoshikawa, "Improvement of beam macropulse properties using slim thermionic cathode in IAE RF gun", NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH, A528, 408-411 (2004).
 - 22) H. Ohgaki, H. Toyokawa, K. Yamada, S. Hayashi, T. Kii, T. Yamazaki, "ENHANCEMENT OF LASER COMPTON GAMMA-RAY BEAM WITH F-P CAVITY IN STORAGE RING TERAS", NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH, A528, II-7-8 (2004).
 - 23) S. Murakami, H. Zen, K. Hayakawa, T. Kii, K. Masuda, H. Ohgaki, K. Yoshikawa, T. Yamazaki, "Measurement of the electron beam for IR-FEL at Kyoto University", Proceedings of the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, 5P57 pp599-601 (2004).
 - 24) K. Hayakawa, S. Murakami, H. Zen, T. Kii, K. Masuda, H. Ohgaki, T. Yamazaki, K. Yoshikawa, "Improvement of the performance of thermionic RF gun by controlling RF power", Proceedings of the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, 4P64 pp374 (2004)

- 25) H. Ohgaki, K. Hayakawa, S. Murakami, H. Zen, T. Kii, K. Masuda, K. Yoshikawa, T. Yamazaki, "UPGRADE DESIGN OF KU-FEL DRIVER LINAC USING PHOTO-CATHODE RF-GUN", Proceedings of the 26th International Free Electron Laser Conference, TUPOS24(2004).
- 26) K. Masuda, K. Hayakawa, T. Kii, S. Murakami, H. Ohgaki, T. Yamazaki, K. Yoshikawa, H. Zen, "BEAM PROPERTY MEASUREMENTS ON THE KU-FEL LINAC", Proceedings of the 26th International Free Electron Laser Conference, TUPOS23(2004).
- 27) T. Kii, K. Hayakawa, K. Masuda, S. Murakami, H. Ohgaki, T. Yamazaki, K. Yoshikawa, H. Zen, "REDUCING BACK-BOMBARDMENT EFFECT USING THERMIONIC CATHODE IN IAE RF GUN", Proceedings of the 26th International Free Electron Laser Conference, TUPOS21(2004).
- 28) T. Kii, K. Hayakawa, S. Murakami, H. Zen, K. Masuda, H. Ohgaki, K. Yoshikawa, T. Yamazaki, "RENEWAL OF KU-FEL FACILITY", Proceedings of the 26th International Free Electron Laser Conference, TUPOS22(2004).
- 29) H. Ohgaki, T. Kii, K. Masuda, K. Yoshikawa, T. Yamazaki, "IR FEL FACILITY FOR ADVANCED ENERGY SCIENCE", Proceedings of the Joint International Conference on "Sustainable Energy and Environment".

(b) 宇宙太陽光発電

- 1) Hiroshi Matsumoto and Naoki Shinohara, "SSPS research in Japan", Proc. of 2004 URSI EMT-S, 2004, pp.314 - 316
- 2) Izumi Mikami, Tomohiro Mizuno, Hiroshi Ikematsu, Hiroyuki Satoh, Naoki Shinohara, Kozo Hashimoto, and Hiroshi Matsumoto, "Some Proposals for the SSPS Actualization from Innovative Component Technology Standpoint", Proc. of 2004 URSI EMT-S, 2004, pp.317 - 319
- 3) 篠原 真毅, 松本 紘, "マイクロ波を用いた電気自動車無線充電に関する研究", 電子情報通信学会論文誌C, Vol. J87-C, No.5, 2004, pp.433-443
- 4) Naoki Shinohara and Hiroshi Matsumoto, "Phased Array Technology with Phase and Amplitude Controlled Magnetron for Microwave Power Transmission", Proc. of International Conference on Solar Power from Space (SPS' 04), 2004, p.118
- 5) Hiroshi Matsumoto, Kozo Hashimoto, Naoki Shinohara, and Tomohiko Mitani, "Experimental Equipments for Microwave Power Transmission in Kyoto University", Proc. of International Conference on Solar Power from Space (SPS' 04), 2004, p.124
- 6) Tomohiko Mitani, Naoki Shinohara, Hiroshi Matsumoto, Masayuki Aiga, and Nagisa Kuwahara, "Experimental Research and Development on Noise Reduction of 2.45GHZ CW Magnetrons", Proc. of International Conference on Solar Power from Space (SPS' 04), 2004, p.90
- 7) 武市 統, 篠原 真毅, 松本 紘, "マイクロ波送電用帯域阻止フィルタ接続方式の空間電力合成型発振器アレー", 電子情報通信学会論文誌B, Vol. J87-B, No.7, 2004, pp.1009-1017
- 8) Naoki Shinohara, Kozo Hashimoto, and Hiroshi Matsumoto, "Retrodirective magnetron array for SPS using spread spectrum pilot signal", Proc. of 2004 International Symposium on Signals, Systems, and Electronics ISSSE'04, 2004, (CD-ROM) IS-1052_v1.pdf
- 9) Hiroshi Matsumoto, "Importance of Humanospheric Science with Space Solar Power System (SSPS)", Proc. of 2004 Asia-Pacific Radio Science Conference, 2004, pp.621-623
- 10) Kozo Hashimoto, Hiroshi Matsumoto, "Microwave Beam Control System for Space Solar Power Satellite", Proc. of 2004 Asia-Pacific Radio Science Conference, 2004, pp.616-617
- 11) Naoki Shinohara and Hiroshi Matsumoto, "Design of Space Solar Power System(SSPS) with Phase and Amplitude Controlled Magnetron", Proc. of 2004 Asia-Pacific Radio Science Conference, 2004, pp.624-626
- 12) Tomohiko Mitani, Naoki Shinohara, Hiroshi Matsumoto, Masayuki Aiga, and Nagisa Kuwahara, "Experimental Research on Noise Reduction of Magnetrons for Solar Power Station/Satellite", Proc. of 2004 Asia-Pacific Radio Science Conference, 2004, pp.603-606
- 13) Susumu Sasaki, Koji Tanaka, Shigeo Kawasaki, Naoki Shinohara, Ken Higuchi, Nobukatsu Okuizumi, Kei Senda, Kousei Ishimura, and USEF SSPS Study Team, "Conceptual Study of SSPS Demonstration Experiment", The Radio Science Bulletin, No.310, 2004, pp.9-14
- 14) Naoki Shinohara, Hiroshi Matsumoto, and Kozo Hashimoto, "Phase-Controlled Magnetron Development for SPORTS : Space Power Radio Transmission System" The Radio Science Bulletin, No.310, 2004, pp.29-35
- 15) 三谷 友彦, 篠原 真毅, 松本 紘, 相賀 正幸, 桑原 なぎさ, 半田 貴典, "電子レンジ用マグネロンから発生するノイズの時間解析", 電子情報通信学会論文誌C, Vol. J87-C, No.12, 2004, pp.1146-1154
- 16) Osamu Takechi, Hiroshi Matsumoto, Naoki Shinohara, and Kozo Hashimoto, "Suppression Method of Grating Lobe by Pulse Power Transmission from an Array Antenna", Electronics and Communications in Japan, Part 1, Vol.88, No.2, 2005, pp.1-10
- 17) Kozo Hashimoto, Koji Tsutsumi, Hiroshi Matsumoto, and Naoki Shinohara, "Space Solar Power System Beam Control with Spread Spectrum Pilot Signals", The Radio Science Bulletin, No.311, 2004, pp. 31-37.

(c) 人工太陽(プラズマ)

- 1) T.Obiki, T.Mizuuchi, H.Okada, K. Nagasaki, F. Sano, S. Kobayashi, K. Hanatani, Y. Ijiri, T.Senju, K. Yaguchi, K. Sakamoto, K. Tohshi, M. Shibano, K. Kondo, M. Nakasuga, Y. Nakamura, M. Wakatani, S. Besshou, Y. Manabe, H. Shidara, W. L. Ang, H. Kawazome, S. Maeno, M. Takeda, K. Tomiyama, H. Tsuru, M. Iriguchi, S. Kaneko, H. Kubo, Y. Nishioka, Y. Ohno, T. Takamiya, H.Yukimoto, Y. Fukagawa, S. Nakazawa, Y. Morita, S. Nishio, K. Takahashi, S. Tsuboi, M.Yamada, N. Nishino, V. Tribaldos, F. Tabarés, "Confinement characteristics of ECH plasmas in Heliotron J" Nucl. Fusion, 44(2004)47-55.

- 2) SHIDARA Hiroyuki, NAGASAKI Kazunobu, SAKAMOTO Kinzo, YUKIMOTO Hidetoshi, NAKASUGA Masahiko, SANO Fumimichi, KONDO Katsumi, MIZUUCHI Tohru, OKADA Hiroyuki, BESSHOU Sakae, KOBAYASHI Shinji, MANABE Yoshito, KAWAZOME Hayato, TAKAMIYA Tasho, OHNO Yoshinori, KUBO Hiroyasu, NISHIOKA Yusuke, IRIGUCHI Masao, KANEKO Masashi, TAKAHASHI Koichi, FUKAGAWA Yohei, MORITA Yuya, YAMADA Masaki, NAKAZAWA Shingo, TSUBOI Shintaro, NISHIO Shigeru, ORLOV Victor, PAVELYEV Alexander, TOLKACHEV Alexander, TRIBALDOS Victor and OBIKI Tokuhiko, "70 GHz Electron Cyclotron Resonance Heating System for Heliotron J", *Fusion Science and Technology*, 45, (2004), 41-48.
- 3) T.Mizuuchi, H.Okada, K.Nagasaki, S.Kobayashi, S.Yamamoto, F.Sano, K.Kondo, K.Hanatani, M.Nakasuga, Y.Nakamura, Y.Suzuki, Y.Manabe, H.Shidara, H.Kawazome, M.Kaneko, Y.Nishioka, Y.Ohno, T.Takamiya, H.Yukimoto, Y.Fukagawa, Y.Morita, S.Nakazawa, S.Nishio, K.Takahashi, S.Tsuboi, M.Yamada, K.Ohashi, Y.Ijiri, T.Senju, K.Yaguchi, K.Sakamoto, K.Toishi, M.Shibano, T.Obiki, "Plasma Confinement Characteristics in Heliotron J -Spontaneous Change of Plasma Confinement State-", *Plasma Science & Technology*, 6(2004) 2371-2376
- 4) F.Sano, T.Mizuuchi, K.Nagasaki, H.Okada, S.Kobayashi, K.Kondo, K.Hanatani, Y.Nakamura, M.Nakasuga, S.Besshou, S.Yamamoto, M.Yokoyama, Y.Suzuki, Y.Manabe, H.Shidara, T.Takamiya, Y.Ohno, Y.Nishioka, H.Yukimoto, K.Takahashi, Y.Fukagawa, H.Kawazome, M.Kaneko, S.Tsuboi, S.Nakazawa, S.Nishio, M.Yamada, Y.Ijiri, T.Senju, K.Yaguchi, K.Sakamoto, K.Toishi, M.Shibano, V.Tribaldos, F.Tabares, "Observation of H-mode Operation Windows for ECH Plasmas in Heliotron J", *Fusion Science and Technology*, 46(2004) 288-298
- 5) OKADA Hiroyuki, SANO Fumimichi, KONDO Katsumi, MIZUUCHI Tohru, HANATANI Kiyoshi, NAKAMURA Yuji, NAGASAKI Kazunobu, KOBAYASHI Shinji, BESSHOU Sakae, NAKASUGA Masahiko, MANABE Yoshito, SHIDARA Hiroyuki, KAWAZOME Hayato, KANEKO Masashi, TAKAMIYA Tasho, OHNO Yoshinori, NISHIOKA Yusuke, YUKIMOTO Hidetoshi, TAKAHASHI Koichi, NISHIO Shigeru, YAMADA Masaki, NAKAZAWA Shingo, TSUBOI Shintaro, FUKAGAWA Yohei, OHASHI Keisuke, SUZUKI Yasuhiro, IJIRI Yoshiyuki, SENJU Tohru, YAGUCHI Keiji, TOSHI Kiyoshi, SAKAMOTO Kinzo, SHIBANO Masashi, TRIBALDOS Victor, KONOSHIMA Shigeru, WAKATANI Masahiro and OBIKI Tokuhiko, "Studies of the Confinement and the Toroidal Current Control in Heliotron J", *J. Plasma and Fusion Research*, 80(2004) 883-888
- 6) M. Uchida, T. Maekawa, H. Tanaka, H. Igami, K. Katsuura, M. Konno, T. Yoshinaga, K. Katsuura, and M. Konno, "Formation of ST Plasmas by ECH on LATE", *Plasma Science and Technology*, Vol. 6, pp.2364-2366 (2004).
- 7) T. Maekawa, H.Tanaka, M.Uchida, T.Yoshinaga, S. Yamaguchi, H.Igami, M. Konno, K. Katsuura, K. Hayashi, Y. Abe, and J. Yamada, "Formation of Spherical Tokamak Equilibria by ECH in the LATE Device", *Proc. of 20th IAEA Fusion Energy Conf., IAEA-CN-116/EX/P4-27*
- 8) Y. Nakamura, Y. Suzuki, O. Yamagishi, K. Kondo, N. Nakajima, T. Hayashi, D. A. Monticello, and A. H. Reiman, "MHD Equilibrium and Pressure Driven Instability in L=1 Heliotron Plasmas," *Nuclear Fusion*, Vol.44, pp.387-394 (2004).
- 9) Y. Suzuki, Y. Nakamura, K. Kondo, N. Nakajima, and T. Hayashi, "Magnetohydrodynamic Equilibrium of Heliotron J Plasmas," *Fusion Science and Technology*, Vol.46, pp. 234-240 (2004).
- 10) N.Nakajima, S.R.Hudson, C.C.Hegna, and Y.Nakamura, "Boundary Modulation Effects on MHD Instabilities in Heliotrons", *Proc. of 20th IAEA Fusion Energy Conf., IAEA-CN-116/TH/5-6* (2004).
- 11) A.Fukuyama, S.Murakami, M.Honda, Y.Izumi, M.Yagi, N.Nakajima, Y.Nakamura, and T.Ozeki, "Advanced Transport Modeling of Toroidal Plasmas with Transport Barriers", *Proc. of 20th IAEA Fusion Energy Conf., IAEA-CN-116/TH/P2-3* (2004).
- 12) Y.Suzuki, H.Yamada, N.Nakajima, K.Y.Watanabe, Y.Nakamura, and T.Hayashi, "Theoretical Considerations of Doublet-like Configuration in Stellarators", *Proc. of 20th IAEA Fusion Energy Conf., IAEA-CN-116/TH/P2-31* (2004).
- 13) K. Masuda, K. Yoshikawa, H. Toku, K. Nagasaki, T. Mizutani, T. Takamatsu and M. Imoto, *Proc. of 20th IEEE/NPSS Symposium on Fusion Engineering* (2004) pp. 628-631.
- 14) T. Tomizawa, T. Higashi, M. Daino and Y. Yamamoto, *Proc. of 20th IEEE/NPSS Symposium on Fusion Engineering* (2004) pp. 324-327.
- 15) K. Noborio, T. Sakai and Y. Yamamoto, *Proc. of 20th IEEE/NPSS Symposium on Fusion Engineering* (2004) pp. 328-331.
- 16) 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, 16th ANS Topical Meeting on the Technology of Fusion Energy (Wisconsin, USA, September 14-16, 2004) paper O-I-6.4.
- 17) T. Takamatsu, K. Masuda, K. Yoshikawa, H. Toku, K. Nagasaki, T. Kyunai, 16th ANS Topical Meeting on the Technology of Fusion Energy (Wisconsin, USA, September 14-16, 2004) paper P-II-16.
- 18) H. Osawa, M. Ohnishi, and K. Yoshikawa, 16th ANS Topical Meeting on the Technology of Fusion Energy (Wisconsin, USA, September 14-16, 2004) paper P-II-17.
- 19) K. Yoshikawa, K. Masuda, Y. Yamamoto, T. Takamatsu, H. Toku, K. Nagasaki, E. Hotta, K. Yamauchi, M. Ohnishi and H. Osawa, 20th IAEA Fusion Energy Conference (Vilamoura, Portugal, November 1-6, 2004) paper IC/P6-54.
- 20) T. Kyunai, T. Takamatsu, K. Yoshikawa, K. Masuda, H. Toku, K. Nagasaki and Y. Yamamoto, *Proc. of JGSEE and Kyoto Joint International Conference on Sustainable Energy and Environment* (Hua Hin, Thailand, December 1-3, 2004) paper 10-013.
- 21) K. Yoshikawa and K. Masuda, *Proc. of JGSEE and Kyoto Joint International Conference on Sustainable Energy and Environment* (Hua Hin, Thailand, December 1-3, 2004) paper 11-003.
- 22) K. Masuda, K. Yoshikawa, Y. Yamamoto and H. Toku, *Proc. of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System* (Kyoto, Japan, December 17-18, 2004) pp. 37.
- 23) T. Takamatsu, K. Yoshikawa, K. Masuda, Y. Yamamoto, H. Toku, E. Hotta and K. Yamauchi, *Proc. of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System* (Kyoto, Japan, December 17-18, 2004) pp. 164.
- 24) T. Ando, T. Nishi, H. Toku, K. Masuda and K. Yoshikawa, *Proc. of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System* (Kyoto, Japan, December 17-18, 2004) pp. 165.
- 25) T. Kyunai, T. Takamatsu, K. Yoshikawa, K. Masuda and H. Toku, *Proc. of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System* (Kyoto, Japan, December 17-18, 2004) pp. 166.

- 26) H.S. Cho, A. Kimura, S. Ukai and M. Fujiwara, "Corrosion Properties of Oxide Dispersion Strengthened Steels in Super-Critical Water Environment", J. Nucl. Mater. 329-333 (2004) 387-391.
- 27) J.S. Lee, A. Kimura, S. Ukai and M. Fujiwara, "Effects of Hydrogen on the Mechanical Properties of Oxide Dispersion Strengthening Steels", J. Nucl. Mater. 329-333 (2004) 1122-1126.
- 28) A. Kimura, S. Ukai, M. Fujiwara, Proc. Int. Cong. Advances in Nuclear Power Plants, (ICAPP-2004) ISBN: 0-89448-680-2, CD-ROM file, (2004) 2070.
- 29) N. Akasaka, S. Yamashita, T. Yoshitake, S. Ukai and A. Kimura, "Microstructural Changes of Neutron Irradiated ODS Ferritic and Martensitic Steels", J. Nucl. Mater. 329-333 (2004) 1053-1056.
- 30) T. Yoshitake, Y. Abe, N. Akasaka, S. Ohtsuka, S. Ukai and A. Kimura, "Ring-Tensile Properties of Irradiated Oxide Dispersion Strengthened Ferritic/Martensitic Steel Claddings", J. Nucl. Mater. 329-333 (2004) 342-346.
- 31) H.S. Cho, A. Kimura, S. Ukai and M. Fujiwara, "Development of Fuel Clad Materials for High Burn-up Operation of LWR", JAI 9006, Effects of Radiation on Materials (submitted).
- 32) 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, Boston, June 8-10, 2004. (submitted).
- 33) A. Kimura, H.S. Cho, J.S. Lee, R. Kasada, S. Ukai and M. Fujiwara, "R&D of Oxide Dispersion Strengthening Steels for High Burn-up Fuel Claddings", International Conference on Atomic Power Plant, Pittsburgh, June 13-17, 2004. (submitted).
- 34) J.S. Lee, A. Kimura, S. Ukai, M. Fujiwara and I.S. Kim, "Hydrogen Embrittlement of Oxide Dispersion Strengthening Steels under in-situ Cathodic Changing", International Conference on Atomic Power Plant, Pittsburgh, June 13-17, 2004. (submitted).
- 35) A. Kimura, S. Ukai and M. Fujiwara, "Oxide Dispersion Strengthening Steels R&D for Advanced Water-Cooling Nuclear Systems", 2004 International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP 2004), Pittsburgh, USA, June 13-17, 2004. (submitted).
- 36) J.S. Lee and A. Kimura, "Hydrogen Effects on Tensile Properties of ODS steels", 2004 International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP 2004), Pittsburgh, USA, June 13-17, 2004. (submitted).
- 37) Higuchi, A., Ohya, M., Shirai, Y., Shiotsu, M. and Imagawa, S., "Cooling Stability Test of He II Cooled LHD conductor (1)-Current Supply and Measuring Method-", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 14, 1443-1446, 2004..
- 38) Ohya, M., Higuchi, A., Shirai, Y., Shiotsu, M. and Imagawa, S., "Cooling Stability Test of He II Cooled LHD conductor (2) - Experimental Results-", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 14, 1447-1450, 2004.
- 39) Okamura, T., Saeki, M. and Shiotsu, M., "Numerical Analysis on Forced Convection Heat Transfer in Pressurized He II," IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 14, 1758-1761, 2004.
- 40) Konishi, S., Fujita, K., Okamura, T., Shirai, Y. and Shiotsu, M., "Effect of Orifice Location on Heat Transfer in a Duct Filled With Pressurized He II," IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 14, 1762-1765, 2004..
- 41) Okamura, T., Saeki, M., Hata, K., Hama, K., Shira, Y. and Shiotsu, M., "Critical Heat Flux on a Flat Plate Heater Located at the Middle of a Duct in Forced Flow of Pressurized He II", Cryogenics, Vol.44, pp.603-609, 2004.
- 42) Ohya, M., Shirai, Y., Shiotsu, M., and Imagawa, S., "Study Stability of Superconducting Coilcooled by Subcooled He I and He II at Atmosphere Pressure", Advances in Cryogenic Engineering, Vol. 49, pp. 750-757, 2004.
- 43) Okamura, T., Saeki, M., Hata, K., Hama, K., Shira, Y. and Shiotsu, M., "Critical Heat Flux on a Flat Plate Located at the Middle of Duct in Forced Flow of Pressurized He II", Advances in Cryogenic Engineering. Vol.49, pp.1023-1030, 2004.
- 44) Fujita, K., Tatsumoto, H., Shirai, Y. and Shiotsu, M., "Numerical Analysis on Heat Transfer from a Flat Plate at One End of a Rectangular Duct with an Orifice Filled with Pressurized He II", Advances in Cryogenic Engineering, Vol.49, pp.1015-1022, 2004.
- 45) Tatsumoto, H., Hata, K., Hama, K., Shirai, Y. and Shiotsu, M., "Numerical Analysis of Two-dimensional Steady-state and Transient Heat Transfer in a Parallel Duct Filled with Pressurized He II", Cryogenics, Vol.44 (4), pp. 273-283, 2004.

A.2.2 水素エネルギー

【著書】

- 1) 萩原理加、イオン性液体、フッ素化学入門-先端テクノロジーに果たすフッ素化学の役割-日本学術振興会フッ素化学第155委員会編、第5章、無機フッ素系機能材料、(2004)、pp.142-149
- 2) 伊藤靖彦、野平俊之、溶融塩、第5版 実験化学講座 27「機能性材料」、社団法人 日本化学会 編 丸善株式会社、5.2.1節、(2004)、pp.408-421

【論文】

- 1) 宇井幸一、上田幹人、萩原理加、水畑 穰、溶融塩 (molten salt) とイオン液体 (ionic liquid) の定義についての考察、溶融塩および高温化学、第47巻、第3号、2004、pp.114-123.
- 2) Y. Sato, K. Itoh, R. Hagiwara, T. Fukunaga and Y. Ito, On the so-called "semi-ionic" C-F bond character in fluorine-GIC, Carbon, 42, No. 15, (2004), pp.3243-3249
- 3) Y. Sato, K. Itoh, R. Hagiwara, T. Fukunaga and Y. Ito, Short-range structures of poly (dicarbon monofluoride), (C₂F)_n, and poly (carbon monofluoride), (CF)_n, Carbon, 42, No. 14, (2004), pp.2897-2903
- 4) K. Matsumoto, R. Hagiwara and Y. Ito, Room temperature ionic liquids with high conductivities and wide electrochemical windows: N-alkyl-N-methylpyrrolidinium and N-alkyl-N-methylpiperidinium fluorohydrogenates, Electrochem. Solid-State Lett., 7, No. 10, (2004), pp.E41-E44
- 5) H. Yoshino, K. Nomura, S. Matsubara, K. Oshima, K. Matsumoto, R. Hagiwara and Y. Ito, A mild ring opening fluorination of epoxide with ionic liquid 1-ethyl-3-methylimidazolium oligo hydrogen fluoride (EMIMF (HF)_{2.3}), J. Fluor. Chem., 125, (2004), pp.1127-1129

- 6) H. Yoshino, S. Matsubara, K. Oshima, K. Matsumoto, R. Hagiwara and Y. Ito, Halofluorination of alkenes with ionic liquid EMIMF(HF)₂₃, J. Fluor. Chem., 125, (2004), pp.455-458
- 7) T. Goto, T. Iwaki and Y. Ito, Electrochemical formation of AlN in molten LiCl-KCl-Li₃N systems, Electrochimica Acta, vol. 50, (2005), pp. 1283-1288
- 8) T. Goto, H. Ishigaki and Y. Ito, Electrochemical surface nitriding of zirconium in LiCl-KCl-Li₃N systems, Materials Science and Engineering A, vol. A371, (2004), pp 353-358
- 9) T. Goto, K. Toyoura, H. Tsujimura and Y. Ito, Formation and control of zinc nitride in a molten LiCl-KCl-Li₃N system, Materials Science and Engineering A, vol. A380, (2004), pp. 41-45
- 10) H. Tsujimura, T. Goto and Y. Ito, Electrochemical surface nitriding of pure iron by molten salt electrochemical process, Journal of Alloys and Compounds, vol. 376, (2004), pp. 246-250
- 11) H. Tsujimura, T. Goto, and Y. Ito, Surface nitriding of SUS 304 austenitic stainless steel by a molten salt electrochemical process, Journal of the Electrochemical Society, vol. 151, (2004), pp. D67-D71
- 12) H. Tsujimura, T. Goto, and Y. Ito, Electrochemical nitriding of cobalt by molten salt electrochemical process, Journal of the Electrochemical Society, vol. 151, (2004), pp. D73-D77
- 13) H. Tsujimura, T. Goto and Y. Ito, Electrochemical surface nitriding of SUS 430 ferritic stainless steel, Materials Science and Engineering A, vol. A355, (2003), pp. 315-319
- 14) H. Tsujimura, T. Goto and Y. Ito, Growth Kinetics of Nitrided Layers on Stainless Steels during Electrochemical Nitriding in Molten LiCl-KCl-Li₃N Systems, New Materials for Electrochemical Systems, vol. 7, (2004), pp. 221-230
- 15) H. Matsushima, T. Nohira, I. Mogi and Y. Ito, Effects of magnetic fields on iron electrodeposition, Surface and Coatings Technology, Vol. 179, No. 2-3, (2004), pp. 245-251
- 16) H. Matsushima, T. Nohira and Y. Ito, Magnetic field effects on the crystal orientation and surface morphology of electrodeposited iron films, J. Solid State Electrochemistry, Vol. 8, No. 3, (2004), pp. 195-200
- 17) H. Nakajima, T. Nohira and Y. Ito, Infrared Spectroscopy of Molten LiCl-KCl-LiH, Electrochem. Solid-State Lett., Vol. 7, No. 5, (2004), pp. E27-E29
- 18) H. Nakajima, T. Nohira and Y. Ito, Infrared Spectroscopy of Molten LiCl-KCl under Hydrogen Gas Atmosphere, J. Phys. Chem. A, Vol. 108, No. 21, (2004), 4567-4569
- 19) H. Matsushima, T. Nohira and Y. Ito, AFM Observation for Iron Thin Films Electrodeposited in Magnetic Fields, Electrochem. Solid-State Lett., Vol. 7, No. 8, (2004), C81-C83
- 20) T. Kubota, T. Iida, T. Nohira and Y. Ito, Formation and phase control of Co-Gd alloy films by molten salt electrochemical process, J. Alloys and Compounds, Vol. 379, (2004), pp. 256-261
- 21) H. Matsushima, T. Nohira and Y. Ito, Improved deuterium separation factor for the iron electrode prepared in a magnetic field, Electrochimica Acta, Vol. 49, (2004), pp. 4181-4187
- 22) H. Nakajima, T. Nohira and Y. Ito, The single electrode Peltier heats of Li⁺/Li, H₂/H and Li⁺/Pd-Li couples in molten LiCl-KCl systems, Electrochimica Acta, Vol. 49, (2004), pp. 4987-4991
- 23) T. Kasajima, T. Nishikiori, T. Nohira and Y. Ito, Electrochemical Window and the Characteristics of (α + β) Al-Li Alloy Reference Electrode for a LiBr-KBr-CsBr Eutectic Melt, J. Electrochem. Soc., Vol. 151, (2004), pp. E335-E339
- 24) T. Murakami, T. Nohira, Y. H. Ogata and Y. Ito, Electrochemical Window of a LiCl-KCl-CsCl Melt, Electrochem. Solid-State Lett., Vol. 8, No. 1, (2005), pp. E1-E3
- 25) T. Iida, T. Nohira and Y. Ito, RBS analysis of Sm-Ni alloy films prepared by molten salt electrochemical process, J. Alloys and Compounds, Vol. 386, (2005), pp. 207-210
- 26) Y. Saito, K. Hirai, K. Matsumoto, R. Hagiwara, Y. Minamizaki, Ionization state and ion migration mechanism of room temperature molten dialkylimidazolium fluorohydrogenates, J. Phys. Chem.B, 109, No. 7, (2005), pp. 2942-2948
- 27) H.S. Zhou, D. 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
- 28) M. Hibino, H. Kawaoka, H.S. Zhou, I. Honma, Rapid discharge performance of composite electrode of hydrated sodium manganese oxide and acetylene black, Electrochimica Acta, 49, 5209-5216, 2004
- 29) M. Hibino, K. Abe, M. Mochizuki, M. Miyayama, Amorphous titanium oxide electrode for high-rate discharge and charge, J. Power Sources, 126, 139-143, 2004
- 30) 日比野光宏、川岡広和、渡辺崇、本間格、ナノ構造マンガノ酸化物を用いた大容量スーパーキャパシタ、電池技術 (Battery technology), 16, 160-168, 2004
- 31) S. Zhu, H. S. Zhou, T. Miyoshi, M. Hibino, I. Honma, M. Ichihara, Self-Assembly of the Mesoporous Electrode Material Li₃Fe₂(PO₄)₃ Using a Cationic Surfactant as the Template, Adv. Mater., 2004, 16, 2012-2017
- 32) S. Zhu, H. S. Zhou, M. Hibino, I. Honma, Synthesis of hexagonal mesostructured FePO₄ using cationic surfactant as the template, Chem. Lett., 33, 774-775, 2004
- 33) S. Zhu, H. S. Zhou, M. Hibino, I. Honma, M. Ichihara, Characterization of the dependence on temperature of the formation of carbon film on the internal surfaces of SBA-15 silica, Materials Chemistry and Physics, 88, 202-206, 2004
- 34) H. Furukawa, M. Hibino, I. Honma, Electrochemical properties of nanostructured amorphous, sol-gel-synthesized TiO₂/acetylene black composite electrodes, J. Electrochem. Soc., 151, A527-A531, 2004
- 35) H. Kawaoka, M. Hibino, H. S. Zhou, I. Honma, Nanostructure and high-rate discharge/charge property of manganese oxide/acetylene black nanocomposite synthesized by sonochemical method, Solid State Ionics, 176, 621-627, 2004
- 36) Y. Tanaka, M. Miyayama, M. Hibino and T. Kudo, Preparation and proton conductivity of WO₃ · 2 H₂O/epoxy composite films, Solid State Ionics, 171, 33-39, 2004
- 37) R. O. Suzuki, S-I.Toda, S.Yoshikawa and K.Tamayama, "Thermoelectric Power Generation Using Hot Fluid Flow of Sodium," Proc. Joint Intern. Conf. on Sustainable Energy and Environment, (1-3 Dec., 2004, Hua Hin, Thailand), vol.1 (2004), pp.167-170.
- 38) R. O. Suzuki and Y. Matsuoka, "Preparation of Ti-Cr-V Hydrogen Absorption Alloy Powder," Proc. Joint Intern. Conf. on Sustainable Energy and Environment, (1-3 Dec., 2004, Hua Hin, Thailand), vol.1 (2004), pp.63-66.

- 39) 鈴木亮輔, "気体オゾンによる金属・半導体材料表面の高酸化状態形成", 応用物理学会誌, 74[1](2005) pp.37-41.
- 40) 鈴木亮輔, "世界におけるチタンの新製錬法", チタン, 52[4](2004) pp.281-287.
- 41) R. O. Suzuki, K. Tatemoto and H. Kitagawa, "Direct Synthesis of the Hydrogen Storage V-Ti Alloy Powder from the Oxides by Calcium Co-reduction", J. Alloys and Comp., 385[1-2](2004) pp.173-180.
- 42) R. O. Suzuki and T. Kyono, "Thermoelectric Properties of Fe₂TiAl Heusler Alloys", J. Alloys and Comp., 377[1-2](2004) pp.38-42.
- 43) R. O. Suzuki and S. Fukui, "Reduction of TiO₃" 鈴木亮輔, "気体オゾンによる金属・半導体材料表面の高酸化状態形成", 応用物理学会誌, 74[1](2005) pp.37-41.
- 40) 鈴木亮輔, "世界におけるチタンの新製錬法", チタン, 52[4](2004) pp.281-287.
- 41) R. O. Suzuki, K. Tatemoto and H. Kitagawa, "Direct Synthesis of the Hydrogen Storage V-Ti Alloy Powder from the Oxides by Calcium Co-reduction", J. Alloys and Comp., 385[1-2](2004) pp.173-180.
- 42) R. O. Suzuki and T. Kyono, "Thermoelectric Properties of Fe₂ TiAl Heusler Alloys", J. Alloys and Comp., 377[1-2](2004) pp.38-42.
- 43) R. O. Suzuki and S. Fukui, "Reduction of TiO₂ in the Molten CaCl₂ by Ca Deposited during CaO Electrolysis", Mater. Trans., 45[5](2004) pp.1665-1671.
- 44) R. O. Suzuki, "Mathematic Simulation on Power Generation by Roll Cake Type of Thermoelectric Double Cylinders", J. Power Sources, 133[2](2004) pp.277-285.
- 45) R. O. Suzuki, D. Tanaka and S-I.Toda, "Mathematical Simulation of Thermoelectric Power Generation with the Multi-Flat-Panels", Proc. 22th Intern. Conf. on Thermoelectrics, (17-21 August 2003, La Grande-Motte, France) The Inst. Elect. Elect. Eng. (IEEE) (2003) pp.550-553.
- 46) R. O. Suzuki and D. Tanaka, "Mathematic Simulation of Thermoelectric Power Generation by Roll Cake Type of Thermoelectric Tubes", J. Power Sources, 132[1-2](2004) pp.266-274.
- 47) R. O. Suzuki, "OS Process - Thermo-Electro-chemical Reduction of TiO₂ in the Molten CaCl₂", Proc. 10th World Conf. on Titanium, (13-18 July 2003, Hamburg, Germany) Ed.by G.Luetjering and J.Albrecht, 2004, Wiley-VCH (Weinheim, Germany) Vol.1, pp.245-252.
- 48) 鈴木亮輔, "クロール法にかわるチタンの新製錬法の開発", 金属, 73[5](2003), pp.413-416.
- 49) R. O. Suzuki and D. Tanaka, "Mathematic Simulation of Thermoelectric Power Generation with cylindrical Multi-Tubes", J. Power Sources, 124 [1](2003) pp 293-298.
- 50) 鈴木亮輔, "鉄基ホイスラー合金の巨大熱電能の発見", TECJ Newsletter, 7 (1) (2003) pp.5-6.
- 51) 鈴木亮輔, "チタン揺籃期から成長期へ", 日本チタン協会, 東京, (2002) p.309.
- 52) R. O. Suzuki and K. Ono, "OS Process - A New calciothermic reduction of TiO₂ in the molten CaCl₂", Proc. 18th Annual Conf. & Exhibition. of Intern. Titanium Assoc., (6-8 Oct 2002, Orlando FL, USA) The Intern. Titanium Assoc., Broomfield, CO, USA (2002) "Suzuki_Ono.pdf".
- 53) R. O. Suzuki and D. Tanaka, "Thermoelectric Power Generation with the multi-Panels", J. Power Sources, 122 [2](2003) pp.201-209.
- 54) T. Kyono, R. O. Suzuki and K. Ono, "Conversion of Unused Heat Energy to Electricity by Means of Thermoelectric Generation in Condenser", IEEE Transactions on Energy Conversion, 18 [2](2003) pp.330-334.
- 55) C.E.Wen, YYamada, K.Shimajima, Y.Chino, H.Hosokawa and M.Mabuchi, Compressibility of porous magnesium foam: dependency on porosity and pore size, Mater. Lett., 58 (2004) pp.357-360.
- 56) C.E.Wen, M.Mabuchi, YYamada, K.Shimajima, Y.Chino, H.Hosokawa and T.Asahina, Preparation and characterization of cellular aluminum materials, Proc. Cellular Metals: Manufacturing, Properties, Applications, (2003) pp.267-270.
- 57) YYamada, C.E.Wen, M.Mabuchi, K.Shimajima, Y.Chino, H.Hosokawa and T.Asahina, Compression behaviour of hollow aluminum spheres, Proc. Cellular Metals: Manufacturing, Properties, Applications, (2003) pp.359-362.
- 58) C.E.Wen, YYamada, T.Asahina, K.Kato, T.Sonoda, A.Watazu and M.Mabuchi, Effects of the density on compressive properties in cellular aluminum produced by the sintering method, Mater. Trans., 45 (2004) pp.327-329.
- 59) Y.Chino, M.Mabuchi, H.Nakanishi, H.Iwasaki, A.Yamamoto and H.Tsubakino, Effect of metal powder size on the gas expansion behavior of 7075 Al alloy in a semisolid state, Mater. Sci. Eng., A382 (2004) pp.35-40.
- 60) M. Iwase, A. McLean, K. Katogi, Y. Kikuchi and K. Wakimoto, Evaluation and control of iron and steelmaking slags through electrochemical FeO sensors, Proceedings of VII International Conference on Molten Slags Fluxes and Salts, January 25-28, 2004, Cape Town, The South African Institute of Mining and Metallurgy, 2004, pp. 787-796.
- 61) M. Iwase, A. McLean, K. Katogi and K. Wakimoto, Rapid Sensors For Ferroalloy Production And Processing, Proceedings of the 10th International Ferroalloy Congress, February 1-4, 2004, Cape Town, South Africa, The South African Institute of Mining and Metallurgy, 2004, pp.635-647.
- 62) M. Hasegawa and M. Iwase, A Thermodynamic study of the system, CaO-SiO₂-FeO and CaO-SiO₂-Al₂O₃-FeO Toward exploring COMPACT BLAST FURNACE, Proceedings of the International Symposium on Science and Technology of Innovative Ironmaking for aiming Energy Half Consumption, November 27-28, 2003, Tokyo. Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. pp.200-210.
- 63) H. Hoshino, M. Iwase and A. McLean, An Electrochemical study of Equilibria involving di-calcium and tri-calcium phosphate, High Temperature Materials and Processes, 2004, in press
- 64) M. Hasegawa, M. Iwase and A. McLean, Activities of Phosphorus in Copper, Nickel and Cobalt, Proceeding of Metal Separation Technologies III, Copper Mountain, Colorado, June 20-24, 2004. pp.203/206.
- 65) T. Kishimoto, M. Hasegawa K. Ohnuki T. Sawai and M. Iwase, The Activities of Fe_xO in (CaO-SiO₂-Al₂O₃-MgO-Fe_xO) slags at 1723 K, Steel Research International, 2004, in press.
- 66) 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, 2004, in press.
- 67) Y. Kaida, M. Hasegawa Y. Kikuchi, K. Wakimoto and M. Iwase, A New Experimental Technique For Determinations Of The Activities of P₂O₅ and Fe_xO - the system CaO-P₂O₅-Fe_xO, Metallurgical and Materials Transactions B, 2004, in press

- 68) A. Iso-bayashi, M. Hasegawa, M. Naito and M. Iwase, Activities of Fe₃O₄ within Four-Phase Assemblages of the System CaO-SiO₂-MgO-Fe₃O₄, ISIJ International, 2004, vol.44, no.12, pp.2093/2099.
- 69) 河崎 澄, 塩路昌宏, 方 方, 噴流内ガス流動のLES予測における流入境界条件の影響, 日本機械学会論文集 (B編), 70巻, 691号 (2004-3) 723-728.
- 70) A. Mohammadi, M. Shioji, T. Ishiyama, M. Kitazaki and N. Mizutani, Utilization of Hydrogen Containing Low-Calorie Gases in Diesel Engines, JSAE Annual Congress Proceedings No. 13-04, (2004-5), 1-6.
- 71) M. Shioji, M. Kitazaki, A. Mohammadi, K. Kawasaki and S. Eguchi, Knock Characteristics and Performance in an SI Engine with Hydrogen and Natural-Gas Blended Fuels, SAE 2004-01-1929, SAE International Fuels & Lubricants Meeting, (2004-6), 1-6.
- 72) M. Shioji, H. Kawanabe, Y. Taguchi and T. Tsunooka, CFD Simulation for the Combustion Process in Hydrogen Engines, 15th World Hydrogen Energy Conference (2004), 1-6.
- 73) T. Ishiyama, H. Kawanabe, K. Ohashi, M. Shioji and S. Nakai, A Study on PCCI Combustion of Natural Gas with Direct Injection, The Sixth International Symposium on Diagnostics and Modeling of Combustion in Internal Combustion Engines, COMODIA 2004 (2004-8), 1-6.
- 74) 石山拓二, 塩路昌宏, 大橋健司, 中川秀樹, 中井俊作, 天然ガスを燃料とする直接噴射式PCCI機関の性能と排気に及ぼす噴射条件の影響, 自動車技術会論文集, Vol.35, No.4 (2004-10), 35-40.
- 75) M. Shioji and A. Mohammadi, Effects of Hydrogen in Low-Calorific Gases on Fuel and Consumption and Emissions in a Diesel Engine, The Joint International Conference on "Sustainable Energy and Environment (SEE)" (2004-12), 1-5.
- 76) M. Ota, S. Izuo, K. Nishikawa, Y. Fukunaka, E. Kusaka, R. Ishii and J. R. Selman, Transient Natural Convection Induced by Electrodeposition of Li⁺ Ion onto Lithium Metal Vertical Cathode in Propylene Carbonate, J. Solid State Electrochemistry: 8, (2004), 174-181.
- 77) H. S. Sohn, Y. Fukunaka, T. Oishi, Z. Asaki and H. Y. Sohn, Kinetics of Minor Element Volatilization from Industrial Copper Matte during O₂-Ar Bubbling, Metallurgical & Materials Transaction B, 35B, (2004), 651-661.
- 78) T. Hoshide and M. Akamatsu, "Mechanical Properties of Borosilicate Glass Coated with Pure Aluminum by Sputtering", Journal of Materials Engineering and Performance, Vol. 13, No. 5, pp. 588-592 (2004).
- 79) T. Hoshide and Y. Takahashi, "Simulation of Directional Distribution of Slip-Band Crack under Biaxial Low Cycle Fatigue", JSME International Journal, Series A, Vol. 47, No. 3, pp. 397-402 (2004).
- 80) T. Hoshide, "Simulation on Multiaxial Fatigue Behavior of Notched Components Based on Crack Growth Analysis", Proceedings of the International Seminar on "Advancement on Operation & Maintenance for Nuclear Power Plant", pp. 1-9 (2004).
- 81) S. Imatani, R. Kawakami and Y. Kawano, "Microscopic Analysis of Polycrystalline Materials at High Temperature", Acta Metallurgica Sinica, Vol. 17, No. 4, pp.350-354 (2004).
- 82) Y. Ning, S. Imatani and T. Inoue, "Characteristics of Temperature Field due to Pulsed Heat Input Calculated by non-Fourier Heat Conduction Hypothesis", JSME International Journal, Vol. 47, No. 4, pp.574-580 (2004).
- 83) 鈴木孝明, 松本英治, 拡張Preisachモデルを用いた磁気力学的構成式の定式化 (強磁性体の応力磁化効果), 日本機械学会論文集 (A編), 69巻687号 (2003), pp.1649-1656.
- 84) E. Matsumoto, S. Biwa, K. Katsumi, Y. Omoto, K. Iguchi and T. Shibata, Surface Strain Sensing with Polymer Piezoelectric Film, NDT & E International, Vol.37, No.1 (2004), pp.57-64.
- 85) E. Matsumoto and H. Funaoka, Improvement of Ultrasonic Flaw Images by Electromagnetic Acoustic Transducer, Studies in Applied Electromagnetic and Mechanics, Vol.24 (2004), pp.231-238.
- 86) T. Suzuki and E. Matsumoto, Magnetoelastic Behavior of Ferromagnetic Materials Using Stress Dependent Preisach Model Based on Continuum Theory, International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, 19, 485-489, 2004.
- 87) 木下勝之, 松本英治, 柴田俊忍, TiNi系SMAワイヤのひずみ変動下での変態伝播挙動, 日本機械学会論文集 (A編), 70巻689号 (2004), pp.43-49.
- 88) S. Biwa, S. Nakajima and N. Ohno, On the acoustic nonlinearity of solid-solid contact with pressure-dependent interface stiffness, Trans. ASME Journal of Applied Mechanics, Vol.71, No.4 (2004), pp.508-515.
- 89) S. Biwa, Y. Watanabe, S. Motogi and N. Ohno, Analysis of ultrasonic attenuation in particle-reinforced plastics by a differential scheme, Ultrasonics, Vol.43, No.1 (2004), pp.5-12.
- 90) F. Kobayashi, S. Biwa and N. Ohno, Wave transmission characteristics in periodic media of finite length: multilayers and fiber arrays, International Journal of Solids and Structures, Vol.41, No.26 (2004), pp.7361-7375.
- 91) A. Suzuki, S. Biwa and N. Ohno, Numerical and experimental evaluation of ultrasonic wave propagation characteristics at contact interface, JSME International Journal, Series A, Vol.48, No.1 (2005), pp.20-26.
- 92) S. Lonné, A. Lhémy, P. Calmon, S. Biwa and F. Thévenot, Modeling of ultrasonic attenuation in unidirectional fiber reinforced composites combining multiple scattering and viscoelastic losses, Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation, Vol.23 (eds. D. O. Thompson and D. E. Chimenti), AIP CP700 (2004), pp.875-882.
- 93) S. Biwa, S. Iwata, K. Kakoi and N. Ohno, Numerical analysis of surface deformation and adhesion by Lennard-Jones interaction potential, Proceedings of 2004 ASME/STLE International Joint Tribology Conference (Long Beach, CA, 2004), (CD-ROM), TRIB2004-64362, ASME.

【解説・総説】

- 1) 萩原理加, 新規イオン液体の設計と特性, 機能材料, 24, No. 11, (2004), pp.7-13
- 2) 山田康雄, 千野靖正, 馬渕守, 粉末冶金を利用したポーラス金属, 金属, 74 (2004) pp.662-666.
- 3) 梶井邦彦, 琵琶志朗, 表面間力による変形と凝着の計算, 月刊トライボロジー, 202号 (2004), pp.45 -47.

【基調講演・招待講演】

- 1) 鈴木亮輔, チタンの新製錬法, 日本金属学会セミナー (日本金属学会), 招待講演, 2004年8月23日 東京工業大学 (大岡山).
- 2) M. Iwase, A. McLean, K. Katogi, Y. Kikuchi and K. Wakimoto, Evaluation and control of iron and steelmaking slags through electrochemical FeO sensors (Invited), VII International Conference on Molten Slags Fluxes and Salts, January 25-28, 2004, Cape Town, The South African Institute of Mining and Metallurgy, 2004.

- 3) M. Iwase, A. McLean, K. Katogi and K. Wakimoto, Rapid Sensors For Ferroalloy Production And Processing (Invited), the 10th International Ferroalloy Congress, February 1-4, 2004, Cape Town, South Africa, The South African Institute of Mining and Metallurgy, 2004.
- 4) M. Hasegawa, M. Iwase and A. McLean, Activities of Phosphorous in Copper, Nickel and Cobalt (Invited), Metal Separation Technologies III, Copper Mountain, Colorado, June 20-24, 2004
- 5) T. Ishiyama and M. Shioji, Recent Development of Gas Engine with the Direct Injection (Invited), Seminar Proceedings, JSPS-VCC Program on Environmental Science, Engineering and Ethics (Group IX), (2004-9).
- 6) A. Mohammadi, M. Shioji, T. Ishiyama and M. Kitazaki, Utilization of low-calorific gaseous fuel in a direct-injection diesel engine, JSPS-VCC Program on Environmental Science, Engineering and Ethics (Group IX), (2004-9).
- 7) T. Hoshide, Multi-axial and Microstructural Effects on Fatigue Life of Notched Components Simulated by Crack Growth Model (Plenary), The 12th National Conference on Fatigue and Fracture, Xiamen, China (2004-11).

A.2.3 バイオエネルギー

【原著論文】

- 1) Daishi Takada, Katsunobu Ehara, Shiro Saka (2004) Gas chromatographic and mass spectrometric (GC-MS) analysis of lignin-derived product from *Cryptomeria japonica* treated in supercritical water, *J. Wood Sci.* 50 (3), pp.253-259.
- 2) Dadan Kusdiana and Shiro Saka (2004) Effects of water on biodiesel fuel production by supercritical methanol treatment, *Bioresource Technology* 91 (3), pp.289-295.
- 3) Yuichiro Warabi, Dadan Kusdiana, Shiro Saka (2004) Reactivity of triglycerides and fatty acids of rapeseed oil in supercritical alcohols, *Bioresource Technology* 91 (3), pp.283-287.
- 4) Dadan Kusdiana, Shiro Saka (2004) Catalytic effect of metal reactor in transesterification of vegetable oil, *JAOCs* 81 (1), pp.103-104.
- 5) Dadan Kusdiana, Shiro Saka (2004) Two-step preparation for catalyst-free biodiesel fuel production; hydrolysis and methyl esterification, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, Executive Editor: Ashok Mulchandani, Humana Press, Vol.113-116, pp.781-791.
- 6) Yuichiro Warabi, Dadan Kusdiana, Shiro Saka (2004) Biodiesel fuel from vegetable oil by various supercritical alcohols, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, Executive Editor: Ashok Mulchandani, Humana Press, Vol.113-116, pp.793-801.
- 7) Katsunobu Ehara, Shiro Saka (2005) Decomposition Behavior of Cellulose in Supercritical Water, Subcritical Water and Their Combined Treatment, *J. Wood Sci.* 51 (2) pp.148-153.
- 8) 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.* (in press).
- 9) Kei Yoshida, Junko Kusaki, Katsunobu Ehara, Shiro Saka, (2005) Characterization of Low-molecular-weight Organic Acids from Wood Components as Treated in Supercritical Water. *Appl. Biochem. Biotech.* (in press).
- 10) Katsunobu Ehara, Shiro Saka (2005) Control of Cellulose Decomposition by Supercritical Water Treatment and Subsequent Subcritical Water Treatment. *Appl. Biochem. Biotech.* (in press).
- 11) Hisashi Miyafuji, Toshiki Nakata, Katsunobu Ehara, Shiro Saka (2005) Ethanol Fermentability of the Hydrolysate Obtained by Supercritical Water Treatment of Lignocellulosics. *Appl. Biochem. Biotech.* (in press).
- 12) Mohammadi, A., Ishiyama, T., Kawanabe, H. and Horibe, N., An Optimal Usage of Recent Combustion Control Technologies for Di Diesel Engine Operating on Ethanol-Blended Fuels, *SAE Paper No.2004-01-1866, SP-1887*, pp.1-7, (2004).
- 13) Watanabe, S., Kodaki, T. and Makino, K. (2004) Various mutations by using yeast gene for protein-engineering, *Nucleic Acids Symp. Ser.* 48, 197-198.
- 14) Watanabe, S., Kodaki, T. and Makino, K. (2005) Complete Reversal of Coenzyme Specificity of Xylitol Dehydrogenase and Increase of Thermostability by the Introduction of Structural Zinc, *J. Biol. Chem.* (in press).
- 15) T. Sagawa, K. Togo, C. Miyahara, H. Ihara, and K. Ohkubo (2004) Rate-enhancement of Hydrolysis of Long-Chain Amino Acid Ester by Cross-Linked Polymers Imprinted with a Transition-State Analogue: Evaluation of Imprinting Effect in Kinetic Analysis, *Analytica Chimica Acta*, 504, 37-41.
- 16) H. Ihara, T. Yamada, M. Nishihara, T. Sakurai, M. Takafuji, H. Hachisako, and T. Sagawa (2004) Reversible Gelation in Organic Solution of Pyrene Substituted by Dialkyl L-Glutamine: Photophysics of the Self-Assembled Fibrillar Network, *Journal of Molecular Liquids*, 111, 73-76.
- 17) T. Sagawa, R. Sueyoshi, M. Kawaguchi, M. Kudo, H. Ihara, and K. Ohkubo (2004) Photosensitized NADH Formation System with Multilayer TiO₂ Film, *Journal of the Chemical Society, Chemical Communications*, 814-815.
- 18) M. Takafuji, T. Shirotsuki, T. Yamada, T. Sakurai, D. Alekperov, G. Popova, T. Sagawa, and H. Ihara (2004) Dendritic Cyclotriphosphazene Derivative with Hexaxis (alkylbenzene) Substitution as Photo-sensitive Trigger. *Heterocycle*, 63, 1563-1572.
- 19) T. Sagawa, H. Tobata, and H. Ihara (2004) Exciton Interactions in Cyanine Dye-Hyaluronic Acid (HA) Complex: Reversible and Biphasic Molecular Switching of Chromophores induced by Random Coil-to-Double Helix Phase Transition of HA, *Journal of the Chemical Society, Chemical Communications*, 2090-2091.
- 20) H. Ihara, M. Takafuji, T. Sakurai, H. Tsukamoto, A. Shundo, T. Sagawa, and S. Nagaoka (2005) Facile Enantiomer Analysis by Combination of N-Dansyl Amino Acid as Diastereomerizer and Molecular-Shape Recognitive RP-HPLC Using Comb-Shaped Polymer-Immobilized Silica, *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, (in press).
- 21) T. Sagawa, J. H. G. Steinke, and K. Ohkubo (2005) TiO₂/Polymer Film: Fabrication and Application for Photo- and Enzymatic-Reaction, *e-Polymers* 2005, (in press).
- 22) M. Hagihara, T. Hasegawa, S. Sato, S. Yoshikawa, K. Ohkubo and T. Morii (2004) Ribonucleopeptide receptors. *Biopolymers*, 76, 66-68.
- 23) K. Sugimoto, M. Nishida, M. Otsuka, K. Makino, K. Ohkubo, Y. Mori and T. Morii (2004) Novel real time sensors to quantitatively assess in vivo inositol 1,4,5-trisphosphate production in intact cells. *Chem. Biol.*, 11, 475-485.

- 24) S. Sato, M. Fukuda, M. Hagihara, Y. Tanabe, K. Ohkubo and T. Morii (2005) Stepwise Molding of a Highly Selective Ribonucleopeptide Receptor. *J. Am. Chem. Soc.*, 127, 30-31.
- 25) T. Hasegawa, M. K. Ohkubo, S. Yoshikawa and T. Morii (2005) A Ribonucleopeptide Receptor Targets Phosphotyrosine. *J. Surf. Sci. Nanotech.* 3, 41-45.
- 26) 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*, (in press).

【総説・解説】

- 27) 坂 志朗 (2004) ポスト化石時代のバイオマスとその利活用、*フォレストコンサル* No.96. 998-1011 (pp.18-31.)
- 28) 坂 志朗 (2004) ポスト化石時代のバイオマスとその利活用、*林業技術*, 4 No.745, pp.28-35.
- 29) 坂 志朗 (2004) ポスト化石を拓くバイオマス利活用の動向と将来展望 バイオ燃料の税制優遇措置を求めて、*木材工業* 59(5)、pp.200-205.
- 30) 坂 志朗 (2004) 超臨界流体技術によるバイオ燃料の製造、*機械の研究* 56(7)、pp.717-725.
- 31) 坂 志朗、南 英治 (2004) 超臨界流体のポスト石油化学への応用 (3) 多種多様な油脂類からの高品位バイオディーゼル燃料、*Jasco Report 超臨界最新技術特集第8号*、*日本分光(株)*、pp.23-29.
- 32) 東 順一、坂 志朗 (2004) 視点を変えたセルロースの分解法、*Cellulose Commun.* 11(3)、pp.140-147.
- 33) 河本晴雄 (2004) 熱化学変換によるバイオマスのエネルギー利用、*環境保全*, No. 19, 61-71.
- 34) 坂 志朗 (2005) 木質バイオマスからのバイオエネルギー、*木材学会誌* 51(1)、pp.58-59.
- 35) 坂 志朗 (2005) バイオマス利用技術の新展開：現状と課題、展望、*環境技術* 34(2)、pp.63-70.
- 36) 河本晴雄 (2005) 分子レベルでの木質バイオマスの熱分解研究、*Cellulose Communications* 12(4). (in press).
- 37) 小瀧 努、渡邊 誠也、牧野 圭祐 (2004) バイオマスのエタノール変換-プロテイン工学的アプローチ、*月刊エコインダストリー*、9、38-44.
- 38) K. Sugimoto, R. Sakaguchi, Y. Mori and T. Morii (2004) Recent advances in biosensing second messengers. *Recent Res. Devel. Chem.*, 2, 73-89.
- 39) H. Ihara, M. Takafuji, T. Sakurai, T. Sagawa, and S. Nagaoka (2005) Self-assembled Organic Phase for RP-HPLC, *Encyclopedia of Chromatography*, Marcell Dekker, (in press).

【学術講演会(国際学会プロシーディング)】

- 40) D. Kusdiana and S. Saka (2004) New Process for Non-Catalytic Biodiesel Production Via Hydrolysis and Subsequent Methyl Esterification. *Proceedings of 2nd World Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection*, May 10-14, 2004, Rome, Italy (in press).
- 41) A. Tabe, D. Kusdiana, E. Minami and S. Saka (2004) Kinetics in Transesterification of Rapeseed Oil by Supercritical Methanol Treatment. *Proceedings of 2nd World Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection*, May 10-14, 2004, Rome, Italy (in press).
- 42) Shiro Saka (2004) Chemical conversion of biomass resources to useful chemicals and fuels by supercritical fluid technology, Victoria, BC, Canada, August 30-September 2, 2004. (in press).
- 43) Jun Yamazaki, Eiji Minami, Shiro Saka (2004) Decomposition behavior of woody biomass as treated in various supercritical alcohol, Victoria, BC, Canada, August 30-September 2, 2004. (in press).
- 44) Shiro Saka (2004) Chemical Conversion of Biomass Resources to Useful Chemicals and Fuels by Supercritical Fluid Technology. *Science in Thermal and Chemical Biomass Conversion*, Victoria, BC, Canada, August 30-September 2, 2004. (in press).
- 45) Dadan Kusdiana, Yuichiro Warabi, Eiji Minami, Atsuhiko Tabe, Shiro Saka (2004) Non-Catalytic Biodiesel Fuel Production by Supercritical Methanol Treatment. *Science in Thermal and Chemical Biomass Conversion*, Victoria, BC, Canada, August 30-September 2, 2004. (in press).
- 46) Hiroaki Imahara, Eiji Minami, Dadan Kusdiana, Shiro Saka (2004) Correlations of Fuel Cold Properties of Biodiesel with Its Fatty Acid Composition. *Science in Thermal and Chemical Biomass Conversion*, Victoria, BC, Canada, August 30-September 2, 2004. (in press).
- 47) Kei Yoshida, Katsunobu Ehara, Shiro Saka (2004) Decomposition of Chitin and Chitosan by Subcritical and Supercritical Water Treatment. *Science in Thermal and Chemical Biomass Conversion*, Victoria, BC, Canada, August 30-September 2, 2004. (in press).
- 48) Eiji Minami, Shiro Saka (2004) Chemical Conversion of Woody Biomass in Supercritical Methanol to Liquid Fuel. *Science in Thermal and Chemical Biomass Conversion*, Victoria, BC, Canada, August 30-September 2, 2004. (in press).
- 49) Jun Yamazaki, Eiji Minami, Shiro Saka (2004) Decomposition Behavior of Woody Biomass as Treated in Various Supercritical Alcohols. *Science in Thermal and Chemical Biomass Conversion*, Victoria, BC, Canada, August 30-September 2, 2004. (in press).
- 50) Haruo Kawamoto, Takeshi Nakamura, Shiro Saka (2004) Pyrolysis Mechanism of Lignin Studied with Milled Wood Lignin and Dimeric Lignin Model Compounds. *Science in Thermal and Chemical Biomass Conversion*, Victoria, BC, Canada, August 30-September 2, 2004. (in press).
- 51) Katsunobu Ehara, Shiro Saka (2004) Decomposition Behavior of Lignocellulose by Supercritical Water Treatment and Its Process for Their Efficient Use. *Science in Thermal and Chemical Biomass Conversion*, Victoria, BC, Canada, August 30-September 2, 2004. (in press).
- 52) Shiro Saka, Dadan Kusdiana (2004) Recent progress in biodiesel production from fats and oils by supercritical methanol treatment, *Natural Resources & Energy Environment*, JSPS/VCC, Kyoto, Japan, September 9-10, 2004. pp.56-61.
- 53) Shiro Saka, Katsunobu Ehara (2004) Recent progress in bioethanol production from lignocellulosics by supercritical water technology, *Natural Resources & Energy Environment*, JSPS/VCC, Kyoto, Japan, September 9-10, 2004. pp.62-72.
- 54) Shiro Saka (2004) Bioenergy Research in Kyoto University 21COE Program on Sustainable Energy System. *ISES Asia-Pacific 2004 - 2004 Asia-Pacific Conference of International Solar Energy Society -*, Gwangju, Korea, October 17-20, 2004. pp.31-40.
- 55) Shiro Saka (2004) Current Bioenergy Research in Japan on Lignocellulosics-to-Bioethanol and Oils/Fats-to-Biodiesel, *JGSEE and Kyoto University Joint International Conference Sustainable Energy and Environment*, Hua Hin, Thailand, December 1-3, 2004. pp.368.

- 56) Shiro Saka (2004) Bioenergy Research in Kyoto University 21COE Program on Sustainable Energy System. Proceedings of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan, pp.3.
- 57) Jun Yamazaki, Eiji Minami and Shiro Saka (2004) Liquefaction of Lignocellulosics with a Variety of Alcohols in Supercritical State for Liquid Fuels and Chemicals. Proceedings of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan, pp.53.
- 58) Shiro Saka, Katsunobu Ehara and Junko Kusaki (2004) Bioethanol from Lignocellulosics by Supercritical Water Technology - Supercritical water Treatment of Lignocellulosics to Sugars - Proceedings of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan, pp.58.
- 59) Hisashi Miyafuji, Shiro Saka and Toshiki Nakata (2004) Bioethanol from Lignocellulosics by Supercritical Water Technology - Inhibitors for Ethanol Fermentation in the Lignocellulosics Hydrolysate - Proceedings of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan, pp.59.
- 60) Shiro Saka, Kei Yoshida and Katsunobu Ehara (2004) Production of Methane, Methanol by Supercritical Water Technology - Production of Organic Acids, Methane from Lignocellulosics - Proceedings of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan, pp.82.
- 61) Shiro Saka, Eiji Minami and Dadan Kusdiana (2004) Non-Catalytic Biodiesel Fuel Production by Two-Step Supercritical Methanol Method and its Product Evaluation. Proceedings of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan, pp.88.
- 62) Haruo Kawamoto, Takeshi Nakamura, Takashi Hosoya, Shinya Saito and Shiro Saka (2004) Conversion of Woody Biomass to Liquid Bio-fuels through Controlling the Pyrolysis Reactions. Proceedings of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan, pp.97.
- 63) Shiro Saka (2004) Chemical Conversion of Biomass Resources to Useful Fuels and Chemicals by Supercritical Fluid Technologies. Poster Presentations of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan.
- 64) Kei Yoshida, Katsunobu Ehara and Shiro Saka (2004) Decomposition of Chitin and Chitosan by Subcritical and Supercritical Water Treatments. Poster Presentations of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan.
- 65) Ken Kawabe, Junichi Hittachi, Yukiyasu Mizuno, Yoshihiro Yogome, Makoto Ikegami and Shiro Saka (2004) The Supercritical Water Reactor Using a Reciprocating Compression and Expansion Method for Biomass Research. Poster Presentations of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan.
- 66) Jun Yamazaki, Eiji Minami and Shiro Saka (2004) Decomposition Behavior of Woody Biomass as Treated in Various Supercritical Alcohols. Poster Presentations of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan.
- 67) Haruo Kawamoto, Takeshi Nakamura and Shiro Saka (2004) Pyrolysis Reactions Governing the Product Selectivity in Wood Lignin Pyrolysis. Poster Presentations of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan.
- 68) Shinya Saito, Haruo Kawamoto and Shiro Saka (2004) Conversion of Cellulose to Low Molecular Weight Chemicals through Controlled Pyrolysis. Poster Presentations of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan.
- 69) Takashi Hosoya, Haruo Kawamoto and Shiro Saka (2004) Primary Tar Compositions from Wood and its Constituent Polymers at Gasification Temperature. Poster Presentations of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan.
- 70) Katsunobu Ehara and Shiro Saka (2004) Control of Softwood Decomposition by Supercritical Water and Subsequent Subcritical Water Treatments. Poster Presentations of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan.
- 71) Junko Kusaki, Katsunobu Ehara and Shiro Saka (2004) Optimization of the Hot-Compressed Water Treatment of Japanese Beech for Fermentable Saccharides. Poster Presentations of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan.
- 72) Hisashi Miyafuji, Toshiki Nakata and Shiro Saka (2004) Fermentability of Water-Soluble Portion to Ethanol Obtained by Supercritical Water Treatment of Lignocellulosics. Poster Presentations of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan.
- 73) Toshiki Nakata, Hisashi Miyafuji and Shiro Saka (2004) Bioethanol from Cellulose with Supercritical Water Treatment Followed by Enzymatic Hydrolysis. Poster Presentations of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan.
- 74) Kei Yoshida, Junko Kusaki, Katsunobu Ehara and Shiro Saka (2004) Characterization of Low-Molecular-Weight Organic Acids Produced from Beech Wood During Supercritical Water Treatment. Poster Presentations of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan.
- 75) Dadan Kusdiana, Eiji Minami and Shiro Saka (2004) Non-Catalytic Biodiesel Fuel Production by Supercritical Methanol Treatment. Poster Presentations of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan.
- 76) Eiji Minami, Kudrat Sunandar, Hiroaki Imahara and Shiro Saka (2004) Biodiesel Fuel Production from a Variety of Oil/Fat Feedstocks. Poster Presentations of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan.
- 77) Hiroaki Imahara, Eiji Minami and Shiro Saka (2004) Correlations of Fuel Cold Properties of Biodiesel with its Fatty Acid Composition. Poster Presentations of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan.
- 78) Hou Hongmei, Hisashi Miyafuji, Haruo Kawamoto and Shiro Saka (2004) Supercritically-Treated TiO₂-Activated Carbon Composites for Cleaning Ammonia. Poster Presentations of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan.

- 79) Katsunobu Ehara, Xejun Pan, Neil Gilkes, Warren Mabee, Jack Saddler and Shiro Saka (2004) Antioxidant Activity of Lignin-Fractions Prepared from Lignocellulosic Biomass Using Various Pretreatment Technologies. Poster Presentations of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan.
- 80) 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.
- 81) 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, January 19-21, 2005, Tokyo and Tsukuba, Japan.
- 82) Takuji Ishiyama, Hiroshi Kawanabe, Ali Mohammadi, Sung-Sub Kee and Takaaki Kakuta (2005) Bioethanol from Lignocellulosics by Supercritical Water Technology - Improvement of Diesel Emission Utilizing Ethanol Blended Fuel -, Proceedings of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan, pp.81.
- 83) Takaaki Kakuta, Teppei Matsumoto, Ali Mohammadi, Sung-Sub Kee and Takuji Ishiyama (2005) Performance and Emissions in a Diesel Engine Fueled with Ethanol-Blended Fuel, Proceedings of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan, pp.218.
- 84) Tsuneki Matsuo, Yoshimitsu Harada, Sung-Sub Kee, Hiroshi Kawanabe and Takuji Ishiyama (2005) Ignition and Combustion Characteristics of Biomass Derived Fuels, Proceedings of the 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, December 17-18, 2004, Kyoto, Japan, pp.219.
- 85) Kodakil, T., Watanabe, S. and Makino K. (2004) Highly Efficient Fermentation Process for Bioethanol from Lignocellulosics - Approach with Protein Engineering -, Proceeding of The 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, pp. 60.
- 86) Watanabe, S., Kodaki, T. and Makino, K. (2004) Protein Engineering of Xylose-Metabolizing Enzymes, Proceeding of The 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, pp. 211.
- 87) Nonogawa, M., Kodaki, T. and Makino K. (2004) Development of DNA Micro-Array Used for Quantitative Analysis, Proceeding of The 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, pp. 262.
- 88) T. Sagawa, H. Tobata, S. Nagaoka, Y. Takiguchi, and H. Ihara (2004) Exciton Interactions in Cyanine Dye-Hyaluronic Acid Complex. International Symposium on Biomolecular Chemistry 2004 (ISBOC7), Sheffield (UK) 2004.6.27-71.
- 89) T. Sagawa, J. H. G. Steinke, H. Ihara, and K. Ohkubo (2004) Fabrication of layer-by-layer assembly of TiO₂/polymer film: Photochemical characterization for reduction of viologen. Royal Society of Chemistry, Faraday Division in association with the Materials Chemistry Forum, Faraday Discussion 128, SELF-ORGANISING POLYMERS, Leeds (UK) 2004.7.19-21.
- 90) T. Hasegawa, M. Fukuda, K. Ohkubo, S. Yoshikawa and T. Morii (2004) Design of functional RNA-peptide complexes. International Society for Nucleosides, Nucleotides & Nucleic Acids XVI International Roundtable, Minnesota, USA, 2004.9.13-16.
- 91) M. Hagihara, T. Hasegawa, Y. Tanabe, S. Sato, S. Yoshikawa, K. Ohkubo, T. Morii (2004) Design of sensing ribonucleopeptides for small ligands. The 31st Symposium on Nucleic Acids Chemistry, Tokyo, Japan 2004.11.10-12.
- 92) Y. Tanabe, T. Morii, and K. Ohkubo (2004) Toward a development of an enzymatic system that converts biomass to biomethanol: Design of a tailor-made reductase for an artificial methane monooxygenase assembly. The joint international conference on "Sustainable Energy and Environment (SEE)" Hua Hin, Thailand 2004.12.1-3.
- 93) R. Sakaguchi, Y. Fujii, T. Morii and K. Ohkubo (2004) Toward a development of an enzymatic system for biomass utilization: Strategy to construct a functional methane monooxygenase. The joint international conference on "Sustainable Energy and Environment (SEE)" Hua Hin, Thailand 2004.12.1-3.
- 94) T. Morii, T. Sagawa, Y. Fujii, and K. Ohkubo (2004) Production of Methane, Methanol by Supercritical Water Technology - Biomethanol Production from Biomethane. The 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, Kyoto University Clock Tower Centennial Hall, Kyoto (Japan) 2004.12.17-18.
- 95) K. Sato, Y. Fujii, T. Sagawa, T. Morii, and K. Ohkubo (2004) Production of bioethanol from cellulosic biomass. The 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, Kyoto University Clock Tower Centennial Hall, Kyoto (Japan) 2004.12.17-18.
- 96) Y. Fujii, M. Inoue, Y. Tanabe, T. Sagawa, T. Morii, and K. Ohkubo (2004) Toward an enzymatic conversion of biomethane to biomethanol. The 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, Kyoto University Clock Tower Centennial Hall, Kyoto (Japan) 2004.12.17-18.
- 97) G. Kozen, Y. Fujii, T. Sagawa, T. Morii, and K. Ohkubo (2004) Biomass-derived Carbon Recycle System with Composite Iron Catalyst. The 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, Kyoto University Clock Tower Centennial Hall, Kyoto (Japan) 2004.12.17-18.
- 98) A. Hirata, T. Morii, K. Ohkubo, and S. Yoshikawa (2004) Development of specific DNA binding nanobiodevice by combinatorial approach. The 2nd International Symposium on Sustainable Energy System, Kyoto University Clock Tower Centennial Hall, Kyoto (Japan) 2004.12.17-18.
- 99) T. Hasegawa, M. Hagihara, S. Sato, K. Ohkubo, T. Morii, and S. Yoshikawa (2004) Development of a Nanobiodevice based Ribonucleopeptide Complex. The 2nd International Symposium on Sustainable Energy System.

【基調講演・招待講演】

- 100) 坂 志朗、招待講演、「バイオエネルギーの新展開：現状と課題、展望」TLO技術情報クラブ6月例会(2004年6月18日 京都市)
- 101) 坂 志朗、招待講演、「バイオ燃料製造技術の現状と展望」(財)大阪科学技術センター 地球環境技術推進懇談会 バイオエネ関西研究会 平成16年度 第2回研究会(2004年8月24日 大阪市)
- 102) 坂 志朗、基調講演、「バイオマス利用技術の新展開：現状と課題、展望」第4回 環境技術学会研究発表会(2004年9月17日 摂津市)
- 103) 坂 志朗、招待講座、「21世紀を切り拓くバイオエネルギー」平成16年度 滋賀拓塾 第13期講演会(2004年9月19日 近江八幡市)
- 104) 坂 志朗、招待講演、「21世紀を拓くバイオマスエネルギー」京都市グリーンベンチャー研究交流会(2004年10月6日 京都市)

- 105) 坂 志朗、講演、「超臨界メタノールによる木質バイオマスのバイオ燃料への変換」科学技術振興機構 新技術説明会(2004年10月28日 東京都)
- 106) 坂 志朗、招待講演、「21世紀を切り拓くバイオエネルギー」エネルギーフォーラム(2004年11月5日 京都市)、エネルギーフォーラム講演資料集pp.26-34.
- 107) 坂 志朗、招待講演、「新規バイオディーゼル燃料製造技術開発」バイオマス部会・研究会合同交流会(第4回)＜バイオマス液体燃料をめぐる新たな動向と課題＞(2004年11月10日 東京都)
- 108) 坂 志朗、招待講演、「液体バイオ燃料の動向と将来展望」化学工学会関西支部開設50周年記念特別セミナー(2004年11月18日 大阪市)
- 109) 坂 志朗、招待講演、「バイオエネルギー利用の新技術、課題、展開」世界の持続的発展を築くCOEエネルギーシステムワークショップ(2004年11月25日 東京都)
- 110) 坂 志朗、招待講演、「ポスト化石時代のバイオマス利用技術の新展開：現状と課題、展望」第25期 新工業材料セミナー(第3回)(2004年12月8日 京都市)
- 111) Katsunobu Ehara, Xuejun Pan, Neil Gilkes, David Gregg, Warren Mabee, Shiro Saka, Jack Saddler “Antioxidant activity of lignin-fractions prepared from lignocellulosics using various pretreatment technologies” IEA Task 39 Workshop, 2ICOE Presymposium (2004/12/13-15, Kyoto)
- 112) Shiro Saka, Hisashi Miyafuji “Bioethanol production from lignocellulosics by supercritical water technology” IEA Task 39 Workshop, 2ICOE Presymposium (2004/12/13-15, Kyoto)
- 113) Shiro Saka, Akio Yamaguchi “Biodiesel production by non-catalytic supercritical methanol treatment”, IEA Task 39 Workshop, 2ICOE Presymposium (2004/12/13-15, Kyoto)
- 114) Shiro Saka (2005) Invited Lecture, “Current progress in supercritical fluid technologies for biomass to biofuels and chemicals”, (January 20, 2005, Karlsruhe, Germany)
- 115) 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年2月9日 名古屋市)
- 116) 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 関西支部定時総合フォーラム(2005年3月19日 京都市)
- 117) 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年3月30日 札幌市)
- 118) 森井 孝、リボヌクレオペプチド：機能性RNA-ペプチド組織体の分子設計、日本化学会、第82春季年会「産学連携企画：ケミカルバイオロジーを展望した生命化学」2004.3.29
- 119) 佐川 尚、Clean liquefied fuels from CO₂-tandem photocatalysis/biocatalysis mediated through self-assembled polymers, Imperial College London, Biological and Biophysical Chemistry Research Groups, Department of Chemistry, Seminar, 2004.5.26
- 120) 森井 孝、リセプターからセンサーへ：機能性分子設計によるケミカルバイオロジーへのアプローチ、日本化学会生体関連化学部会、第16回生体関連化学サマースクール、2004.7.16
- 121) 森井 孝、リセプターからセンサーへ、徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部、2004.7.21
- 122) 森井 孝、テラーメイドレセプターからバイオセンサーへ、第一回ケモゲノミクス研究会、2004.9.3
- 123) 森井 孝、Design of Functional RNA-peptide complexes, The 16th International roundtable on nucleosides, nucleotides and nucleic acids, 2004.9.13
- 124) 森井 孝、テラーメイドバイオセンサーへのアプローチ、福井大学大学院セミナー、2004.11.5

A.2.4 環境調和型トータルエネルギー評価

- 1) N. Tatsumi, S. Tamai, Y. Maeda, and H. Nozawa, “Difference in structural stability between SBT and BLT under high temperature annealing stress”, J. Korean Physical Society 46 No.1 (2005) 171-175.
- 2) Y. Maeda, “Raman spectra of beta-FeSi₂ bulk crystals”, Thin Solid Films 461 (2004) 165-171.
- 3) Y. Maeda, “Photoluminescence properties of ion beam synthesized beta-FeSi₂”, Thin Solid Films 461 (2004) 160-167.
- 4) Y. Maeda, “Enhancement of photovoltaic properties of beta-FeSi₂ by Al-doping”, Optical Materials 27/5 (2005) 920-924.
- 5) N. Tatsumi: Structural change of SBT and BLT by Vacuum Annealing, Proc. of Meeting on Ferroelectric Material Application (FMA) 2004 (Kyoto)
- 6) N. Tatsumi: Difference in structural stability between SBT and BLT under high temperature annealing stress, Proceeding of the 5th Korea-Japan Joint Conference on Ferroelectrics (KJC-5), 2004 (Seoul, Korea)
- 7) N. Tatsumi: Structural-change of SBT and BLT by vacuum annealing, Proc. of Japan Soc. Applied Physics Fall meeting, 2004 (Sendai).
- 8) S. Tamai: Investigation of polarization fatigue of SBT capacitors with different electrodes, Proc. of Japan Soc. Applied Physics Fall Meeting, 2004 (Sendai).
- 9) Y. Maeda, “Semiconducting silicides and recent applications to optoelectronics (Invited)”, Extended Abstract of Asian Workshop on Advanced Semiconductor Devices 2004, (Nagasaki).
- 10) T. Kusunoki: Algorithm for low energy writing in nonvolatile memory, Technical Digest of 2004 International Meeting for Future of Electronic Devices Kansai (Kyoto)
- 11) S. Tamai: Fatigue behavior of SBT capacitors with different top electrodes, Technical Digest of 2004 International Meeting for Future of Electronic Devices Kansai (Kyoto)
- 12) N. Tatsumi: Difference in structural stability between SBT and BLT under high temperature annealing stress, Technical Digest of 2004 International Meeting for Future of Electronic Devices Kansai (Kyoto)
- 13) Y. Maeda: Photovoltaic enhancement of beta-FeSi₂/Si heterojunction by Al-doping, Proceeding of European Material Research Society, (Strasbourg, France)
- 14) Y. Maeda: Crystal growth and photoresponse of Al-doped beta-FeSi₂/Si heterojunctions, Proceedings of 2004 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), 15-17, Sept. Tokyo.
- 15) Hirohiko Takuda, Tomofumi Kanie, Eiji Isogai and Tohru Yoshida, Application of ductile fracture criteria to prediction of forming limit of high-strength steel sheets, Steel Grips, 2(2004), 439-443.
- 16) Hitoshi Fujimoto, Issei Takezaki, Yu Shiotani, Albert Tong, and Hirohiko Takuda, Collision dynamics of two droplets impinging successively onto a hot solid, ISIJ International, 44-6(2004), 1049-1056.

- 17) Hitoshi Fujimoto and Hirohiko Takuda, Entrapment of air at 45 degrees oblique collision of a water drop with a smooth solid surface at room temperature, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 47(2004), 3301-3305.
- 18) Hitoshi Fujimoto, Shio Murakami, Ayumu Omura and Hirohiko Takuda, Effect of local pipe bends on pump performance of a small air-lift system in transporting solid particles, *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 25(2004), 996-1005.
- 19) T. Hama, M. Asakawa, H. Fukiharu and A. Makinouchi, Simulation of hammering hydroforming by static explicit FEM, *ISIJ International*, 44-1(2004-1), 123-128.
- 20) T. Hama, M. Asakawa and A. Makinouchi, Investigation of factors which cause breakage occurring on a hydroformed automotive part, *Journal of Materials Processing Technology*, 150-1/2(2004-7), 10-17.
- 21) H. Takuda, T. Morishita, T. Kinoshita and N. Shirakawa, Modelling of formula for flow stress of a magnesium alloy AZ31 sheet at elevated temperatures, submitted to *Journal of Materials Processing Technology*.
- 22) 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、投稿中。
- 23) 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、投稿中。
- 24) Hirohiko Takuda, Tomofumi Kanie, Eiji Isogai and Tooru Yoshida, 3-D FEM analysis of forming limit of high-strength steel sheets combined with ductile fracture criterion, submitted to *Key Engineering Materials*.
- 25) Hitoshi Fujimoto, Takuya Nagatani, and Hirohiko Takuda, Flow characteristics of liquid-air-solid particles three-phase mixtures in a small airlift pump containing locally S-shaped curved pipe, submitted to *International Journal of Multiphase Flow*.
- 26) 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ロールプロファイルの進捗性に与える影響 - 棒線における矯正と残留応力の研究 第3報 -, 塑性と加工、投稿中。
- 27) M. Banu, M. Takamura, T. Hama, O. Naidim, C. Teodosiu and A. Makinouchi, Simulation of springback and wrinkling in stamping of a dual-phase steel rail-shaped part, submitted to *Journal of Materials Processing Technology*.
- 28) Albert Tong, Saurabh Kasliwal, Hitoshi Fujimoto and Hirohiko Takuda, A numerical study on the successive impingement of droplets onto a substrate, *Proceedings of ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, 2004, Anaheim, California, IMECE2004-60813*.
- 29) Hitoshi Fujimoto, Yu Shiotani, Albert Tong, and Hirohiko Takuda, Interaction Phenomena of Two Water Droplets Successively Impacting onto a Solid Surface, *Proceedings of ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, 2004, Anaheim, California, IMECE2004-60815*.
- 30) Baba J., Nitta T., Shirai Y., Hayashi Y., "Power Controllable Region of a Power Conversion system for SMES by use of a single natural commutation converter and an ICB Energy Transfer Circuit", *IEEE Transaction on Applied Superconductivity*, Vol.14, No.2, pp.758-761, June 2004
- 31) Hatta H., Nitta T., Chiba M., Muroya S., Shirai Y., "Experimental Study on the Relationship between the Trigger Current of Transformer-Type Superconducting Fault Current Limiter and the Fault Phase", *IEEE Transaction on Applied Superconductivity*, Vol.14, No.2, pp.819-822, June 2004
- 32) Shirai Y., Mochida A., Shiotsu M., Hatta H., Oide T., Chiba M., Nitta T., "Current Limiting Characteristics of Superconducting Fault Current Limiter with Parallel and Series Connection in Experimental Power System", *IEEE Transaction on Applied Superconductivity*, Vol.14, No.2, pp.871-874, June 2004
- 33) Hatta H., Nitta T., Oide T., Chiba M., Shirai Y., Mochida A., "Experimental Study on Characteristics of Superconducting Fault Current Limiters Connected in Series", *Journal of Superconductor Science and Technology*, Vol. 17, pp.S276-S280, 2004
- 34) Akihito Nakamaru, Yasuyuki Shirai, Tanso Nitta and Katsuhiko Shibata, "Independent operation of a Demand Side Power System including Distributed Generators by Use of SMES", *Proceeding of International Conference on Electrical Engineering*, Vol. 2, pp.160 - 165, July, 2004
- 35) Takayuki Morimoto, Akihiro Mochida, Yasuyuki Shirai, Masahiro Shiotsu, Tomomi Oide, Masakuni Chiba and Tanso Nitta, "Proposal of Interlocked Operation of Two Trial Superconducting Fault Current Limiters Connected in Series against the Repetitive Faults in a Model Power System", *Proceeding of International Conference on Electrical Engineering*, Vol. 2, pp.297 - 302, July 2004
- 36) 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)
- 37) 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)
- 38) 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)
- 39) 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)
- 40) 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)
- 41) 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)
- 42) 欧陽 軍, 楊 明, 吉川榮和, 周 楊平, 劉 井泉: WR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)
- 43) 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的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)
- 44) 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)

- 45) 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)
- 46) 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)
- 47) 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)
- 48) 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)
- 49) 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バート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)
- 50) 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)
- 51) 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バート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およ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、フアヒン、タイ、(英文)
- 52) 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バート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)
- 53) 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)
- 54) 岩渕善実、村上裕子、東野 達、笠原三紀夫(2004) ビジネスホテルにおけるエネルギー・環境負荷低減：第1報-冬期における客室内の電力消費の現状分析、空気調和衛生工学会論文集、No.92, pp.57-64
- 55) 岩渕善美、東野 達、笠原三紀夫、川村康文、村上裕子、田岡久雄(2004) 高校生を対象としたエネルギー・環境教育におけるLCA教育プログラムの開発と実践、廃棄物学会誌、Vol.15, No.8, pp.149-158.
- 56) C.-J. Ma, S. Tohno, M. Kasahara, and S. Hayakawa(2004). Properties of individual Asian dust storm particles collected at Kosan, Korea during Ace-Asia, Atmos. Environ., Vol.38, No.8, pp.1133-1143
- 57) C.-J. Ma, S. Tohno, M. Kasahara, and S. Hayakawa(2004). Determination of the chemical properties of residues retained in individual cloud droplets by XRF microprobe at SPring-8, Nucl. Instrum. Phys. Res. B, Vol.217, 657-665.
- 58) C.-J. Ma, Y. Oki, S. Tohno and M. Kasahara(2004) Assessment of wintertime atmospheric pollutants in an urban area of Kansai, Japan, Atmos. Environ., Vol.38, No.14, pp.2939-2949.
- 59) C.-J. Ma, S. Tohno, M. Kasahara, and S. Hayakawa(2004). The nature of individual solid particles retained in size-resolved raindrops fallen in Asian dust storm event during ACE-Asia, Atmos. Environ., Vol.38, No.14, pp.2951-2964.
- 60) C.-J. Ma, S. Tohno, M. Kasahara, and S. Hayakawa(2004). Properties of the size-resolved and individual cloud droplets collected in the western Japan during Asian dust storm event. Atmos. Environ. Vol.38, No.27, pp.4519-4529.
- 61) C.-J. Ma, S. Tohno and M. Kasahara(2004) A case study of the single and size-resolved particles in roadway tunnel in Seoul, Korea. Atmos. Environ. Vol.38, No.38, pp.6673-6677.
- 62) 東野 達 (2004) マイクロビームを用いた個別粒子の化学組成分析、エアロゾル研究、Vol.19, No.1, pp.5-9.
- 63) 東野 達、南齋規介(2004) 循環型社会の形成におけるLCAの役割について：LCAの考え方と電化製品への適用例の紹介、電気評論、Vol.89, No.6, pp.13-20.
- 64) 笠原三紀夫、岩渕善美(2004) リサイクルのエネルギー・環境負荷低減効果、電気評論、Vol.89, No.6, pp.21-25.
- 65) M. Okumura, C.-J. Ma, M. Kasahara, S. Tohno, T. Yamada, T. Harimaya, and Y. Fujiyoshi (2004). The Evaluation of Rainout Mechanisms by a Real Scale Experiment and Numerical Model. Proc. 16th Int. Conf. on Nucleation Atmospheric Aerosols (ed. By M. Kasahara and M. Kulmala), pp.404 -407, Kyoto University Press.
- 66) Y. Oki, M. Okumura, C.-J. Ma, S. Tohno, and M. Kasahara(2004). Humidity-Dependent Radiative Forcing of Atmospheric Aerosol Measured in Kyoto. Proc. 16th Int. Conf. on Nucleation Atmospheric Aerosols (ed. By M. Kasahara and M. Kulmala), pp.428-431, Kyoto University Press.
- 67) C.-J. Ma, S. Tohno, M. Kasahara and S. Hayakawa(2004). A Combination of Size-resolved Particle Samples and XRF Microprobe Technique for Single Particle Study. Proc. 16th Int. Conf. on Nucleation Atmospheric Aerosols (ed. By M. Kasahara and M. Kulmala), pp.544-547, Kyoto University Press.
- 68) A. Matsumoto, K. Gotoh, J. Bian, Y. Umamo, R. Ikeda, S. Tohno, M. Kasahara, and Y. Kominami(2004). Retrieval of Aerosol Size Distribution Based on Horizontal Spectral Radiance. Proc. 16th Int. Conf. on Nucleation Atmospheric Aerosols (ed. By M. Kasahara and M. Kulmala), pp.657-661, Kyoto University Press.
- 69) C.-J. Ma, S. Tohno, and M. Kasahara(2004). The Nature of Individual Asian Dust Particles Captured as CCN and Those in the Cloud Free Atmosphere. Proc. 16th Int. Conf. on Nucleation Atmospheric Aerosols (ed. By M. Kasahara and M. Kulmala), pp.764-767, Kyoto University Press.
- 70) M. Okumura, C.-J. Ma, M. Kasahara, S. Tohno, T. Yamada, T. Harimaya and Y. Fujiyoshi (2004). A Comparison between Real Scale Experiment and Numerical Model for the Study of Rainout Mechanism, J. Aerosol Sci., Abstracts of the European Aerosol Conference, Vol.1, S169-S170.
- 71) N. Sakai, R. Ikeda, S. Tohno and M. Kasahara(2004). Evaluation of Positive Artifacts in Size-Segregated Collection of Carbonaceous Aerosol, J. Aerosol Sci., Abstracts of the European Aerosol Conference, Vol.1, S319-S320.
- 72) A. Morikawa, S. Tohno and M. Kasahara(2004). Analysis of the Mixing State and Short Time Variation of Individual Asian Dust Particle, J. Aerosol Sci., Abstracts of the European Aerosol Conference, Vol.1, S341-S342.

- 73) H. Horvath, M. Kasahara and S. Tohno (2004). Angular Scattering of the Atmospheric Aerosol in Kyoto, Japan, J. Aerosol Sci., Abstracts of the European Aerosol Conference, Vol.1, S445-S446.
- 74) K. Otagaki, S. Tohno, K. Gotoh and M. Kasahara (2004) Assessment of Sustainability of Energy Consumption. Proc. The 6th International Conference on EcoBalance, Tsukuba, Japan, pp.695-698.
- 75) M. Kasahara, C-J. Ma, M. Okumura, S. Tohno and T. Sakai (2004) Micro-PIXE Technique for the Study of Atmospheric Science, Proc. 10th International Conference on Particle Induced X-ray Emission and its Analytical Application, Portorož..., Slovenia, pp.507.1-507.3.
- 76) Walter Reinisch and Tetsuo Tezuka: Simulating the Influence of Wind Power Generation on the Electricity Market Price, The Institute of Electrical Engineering of Japan, Submitted
- 77) 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, 投稿中
- 78) 山本芳弘, 手塚哲央: 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 投稿中
- 79) 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, 投稿中
- 80) Yoshihiro Yamamoto and Tetsuo Tezuka: The Market Power of a Large Generator in an Electricity Spot Market, Submitted to Energy Journal
- 81) Pongsak Krukanont, Tetsuo Tezuka (2004), Akira Maeda: Optimal Total Energy System With The Implications of Renewable Energy Development in Japan, World Renewable Energy Congress VIII (WREC).
- 82) Tetsuo Tezuka (2004): Modeling and Evaluation of Environment-friendly Regional Energy Supply-Demand System, Proceedings of International Symposium on Sustainable Energy and Environment, Thailand.
- 83) Pongsak Krukanont and Tetsuo Tezuka (2004): Value of Information on the Optimal Strategy in Energy and Environmental Planning, Proceedings of International Symposium on Sustainable Energy and Environment, Thailand.
- 84) Walter Reinisch and Tetsuo Tezuka (2004): Simulating the Influence of the Amount of Wind Power Generation on the Electricity Market Price, Wind Power Asia 2004 Conference, Beijing, November.
- 85) Maeda, A. and T. Tezuka. (2004): "Intertemporal Trading Strategy under Emissions Uncertainty." Proceedings of 6th IAEE European Conference in Zurich (in CDROM). The International Association for Energy Economics. September.
- 86) Pongsak Krukanont, and Tetsuo Tezuka (2004): Modeling Uncertainty of Capacity Expansion and Its Value of Information in Energy and Environmental Planning: The Case of Japan, The Second International Symposium on Sustainable Energy System.
- 87) Tetsuo Tezuka (2004): Modeling and Evaluation of Environment-friendly Energy Supply-Demand System, The Second International Symposium on Sustainable Energy System.

A.3 特許出願リスト

A.3.1 太陽エネルギー

- 1) 鈴木義和, 川端亮次, 特願2004-076003 (早期審査の結果, 特許第3616927号として平成16年11月19日に成立)
- 2) 鈴木義和, 吉川 暹, (2月~3月中出願のため詳細後日記載)
- 3) 藤原弘康, 大塚良達, 和田健司, 早川尚志, 福山稔章「シリコンの精製方法」, 特許特願2004-294890
- 4) 篠原 真毅, 七日市 一嘉, 三谷 友彦, 松本 紘, 木村 友久, 鬼頭 克巳, "導波管スロット結合を用いた電力分配器", 特願2004-160272号, 2004.5.28, 出願中

A.3.2 水素エネルギー

- 1) 伊藤 靖彦, 後藤 琢也, 辻村 浩行, 「鋼材の電気化学的表面空化处理法」, 公開特許公報 (A), 特開2004-232005
- 2) 新田耕司, 稲澤信二, 羽賀 剛, 伊藤靖彦, 野平俊之, 錦織徳二郎, 「微細構造体およびその製造方法」, 出願人: 住友電気工業株式会社, 特許公開2004-268169
- 3) 新田耕司, 稲澤信二, 羽賀 剛, 伊藤靖彦, 野平俊之, 錦織徳二郎, 「微細パターンを有するメッキ用型, 微細金属構造体, 微細加工用型, 微細パターンを有するメッキ用型の製造方法, および微細金属構造体の製造方法」, 出願人: 住友電気工業株式会社, 特許公開2004-84059
- 4) 新田耕司, 稲澤信二, 羽賀 剛, 伊藤靖彦, 野平俊之, 錦織徳二郎, 「電鍍用熔融塩浴とこれを用いた金属製品の製造方法」, 出願人: 住友電気工業株式会社, 特許公開2005-15821
- 5) 小野勝敏, 鈴木亮輔, "金属チタンの製錬方法及びその製錬装置", 中国特許出願第02820606.1号, 2004年9月17日特許出願
- 6) K. Ono, R.O.Suzuki, "Method and apparatus for smelting titanium metal", ヨーロッパ特許, Application No.02802361.2-2119-JP0210588, 2004年5月25日特許出願
- 7) Nippon Light Metal Company, K. Ono, R.O.Suzuki, "Method and apparatus for smelting titanium metal", オーストラリア特許, Application No.2002335251, 2004年4月6日特許出願
- 8) K. Ono, R.O.Suzuki, "Method and apparatus for smelting titanium metal", 米国特許, PCT/JP02/10588, 2004年3月31日特許出願
- 9) 馬場正彦, 鈴木亮輔, "金属タンタルもしくはニオブの製造方法", 特願2003-382849, 2003年11月12日特許出願
- 10) 馬場正彦, 鈴木亮輔, "金属タンタルもしくはニオブの製造方法", 特願2003-382852, 2003年11月12日特許出願
- 11) 馬場正彦, 鈴木亮輔, "金属タンタルもしくはニオブの製造方法", 特願2003-382885, 2003年11月12日特許出願
- 12) 馬場正彦, 鈴木亮輔, "金属タンタルもしくはニオブの製造方法", 特願2003-382856, 2003年11月12日特許出願
- 13) 馬場正彦, 鈴木亮輔, "ニオブ粉末またはタンタル粉末の製造方法および製造装置", 2004年2月19日特許公開2004-052003
- 14) 佐藤丘憲, 鈴木亮輔, "金属酸化物の還元方法及び金属酸化物の還元装置", 特願2003-342034号, 2003年9月30日特許出願
- 15) 内田 寛, 佐藤丘憲, 小野勝敏, 鈴木亮輔, "金属チタン製錬用の消耗性炭素陽極", 2004年5月20日特許公開2004-143557
- 16) 小野勝敏, 鈴木亮輔, 内田 寛, 佐藤丘憲, "金属チタンの製錬方法", 2004年4月30日特許公開2004-131784
- 17) 小野勝敏, 鈴木亮輔, "金属チタンの精錬方法及び精錬装置", 2004年2月19日特許公開2004-52037
- 18) 小野勝敏, 鈴木亮輔, "金属チタンの精錬方法及び精錬装置", 2003年5月8日特許公開2003-129268
- 19) 阿佐部 和孝, 高橋 渉, 佐口 明彦, 小野 勝敏, 鈴木 亮輔, "希土類磁石スクラップの再生方法", 2003年2月21日特許公開2003-51418

- 20) 飯島 均、高山 幸一、鈴木 亮輔、"ニオブまたはタンタル粉末およびその製造方法ならびにそれを用いた多孔質焼結体および固体電解コンデンサ"2003年6月13日特許公開2003-166002
 21) 特許公開2004-020285
 22) 特願2003-350292(2005年4月10日公開予定)

A.3.3 バイオエネルギー

- 1) 坂 志朗 他3名、1-オクタノールの超臨界及至亜臨界溶媒を用いたバイオマスからの有機物への変換収集方法、出願日：2004/4/5、特願：2004-110921
 2) 坂 志朗、脂肪酸エステル組成物の製造方法、公開日：2004/12/16
 3) 坂 志朗 他3名、セルロース溶剤によるバイオマスの処理方法、出願日：2005/2/16
 4) 牧野 圭祐、小瀧 努 他2名、変異型キシリトールデヒドロゲナーゼ酵素、これを産生する微生物、該酵素または微生物を用いたキシリトールをキシロースに変換する方法、出願日：2004/6/25、特願：2004-188417
 5) 大久保 捷敏、佐川 尚 他2名、二酸化炭素のメタノール変換用触媒反応システム、出願日：2002/6/21、特開：2004-26667、公開日：2004/1/29
 6) 大久保 捷敏、佐川 尚 他2名、低級アルコールの製造方法、出願日：2002/10/28、特開：2004-143121、公開日：2004/5/20
 7) 森井 孝、DNA結合分子が認識する塩基配列の決定法、出願日：2002/6/7、特開：2004-8108、公開日：2004/1/15

A.4 市民講座一覧

第1回	「エネルギーと環境を考える」			2003年10月25日(土)
京都市	京大エネ科 教授 京都市環境局 京大エネ理工 教授	笠原 三紀夫 上原 任 吉川 潔	我々の身近なエネルギーと環境問題 地球温暖化防止に向けた京都市の政策 理想的エネルギーとしての核融合	
第2回	「エネルギーと環境を考える」			2003年11月2日(日)
奈良市	京大エネ科 教授 京大エネ理工 教授 京大エネ科 教授	笠原 三紀夫 吉川 潔 石原 慶一	環境に優しいエネルギー利用 理想的エネルギーとしての核融合 循環型社会への挑戦	
第3回	「エネルギーと環境を考える」			2003年11月29日(土)
大阪府	京大エネ科 教授 NPO法人大阪環境かかセンター協会副理事長 京大エネ科 教授	笠原 三紀夫 宇田 吉明 塩路 昌宏	我々の身近なエネルギーと環境問題 大阪市'なにわエコライフ'への取り組み ~市民参加による地域温暖化防止活動~ くるまとエネルギー・環境	
第4回	「これからのエネルギーを考える」			2003年12月7日(日)
神戸市	京大エネ理工 教授 兵庫県健康生活部 環境局大気課長 京大エネ理工 教授	吉川 暹 長谷川 明 小西 哲之	核融合エネルギー入門 地球温暖化防止に向けた兵庫県のグリーンエネルギーの推進について 「光合成型エネルギーシステム」の構築を目指して	
第5回	「湖国を取り巻く環境とエネルギー」			2003年12月23日(祝)
大津市	京大エネ科 教授 滋賀県環境生活協同組合 理事長 京大エネ科 教授	笠原 三紀夫 藤井 絢子 坂 志朗	環境に優しいエネルギー利用 琵琶湖からのメッセージ - 菜の花プロジェクトの展開 - 21世紀を切り拓くバイオエネルギー	
第5回	「湖国を取り巻く環境とエネルギー」			2003年12月23日(祝)
大津市	京大エネ科 教授 滋賀県環境生活協同組合 理事長 京大エネ科 教授	笠原 三紀夫 藤井 絢子 坂 志朗	環境に優しいエネルギー利用 琵琶湖からのメッセージ - 菜の花プロジェクトの展開 - 21世紀を切り拓くバイオエネルギー	
第6回	「環境に調和するエネルギー」			2004年1月24日(土)
東京都	京大エネ科 教授 京大エネ科 教授 京大エネ理工 教授	手塚 哲央 伊藤 靖彦 小西 哲之	生活者から見たエネルギー 燃料電池を考える - 今まで、そしてこれから - 核融合エネルギー入門	
第7回	「エネルギーのフロンティア」			2004年1月25日(日)
横浜市	京大エネ科 教授 自然エネルギー推進市民フォーラム(REPP)理事長 京大宙空電波 教授	笠原 三紀夫 都筑 建 松本紘	我々の身近なエネルギーと環境問題 市民が進める自然エネルギーの普及 太陽系を食べる - 宇宙太陽発電所SPS -	
第8回	「環境にやさしいこれからのエネルギー」			2004年2月21日(土)
徳島市	京大エネ科 教授 京大エネ理工 教授 徳島県知事	笠原 三紀夫 吉川 暹 飯泉 嘉門	我々の身近なエネルギーと環境問題 太陽光発電の未来 「環境首都とくしま」の実現	
第9回	「生活を守るこれからのエネルギー」			2004年2月22日(日)
高松市	京大エネ理工 教授 京大エネ科 教授 四国電力(株)取締役会長	吉川 暹 塩路 昌宏 近藤 耕三	太陽光発電の未来 水素が拓く将来のエネルギー社会 エネルギーの窓から	
第10回	「エネルギー・環境問題の改善のために」			2004年3月20日(土)
岡山市	京大エネ科 教授 岡山大学大学院自然科学研究科 教授 京大エネ科 教授	笠原 三紀夫 田中 勝 坂 志朗	我々の身近なエネルギーと環境問題 廃棄物処理とエネルギー・資源の保全 21世紀を切り拓くバイオエネルギー	
第11回	「新たなエネルギー・環境問題への挑戦」			2004年3月21日(日)
広島市	京大エネ科 教授 京大エネ科 教授 広島工業大学名誉教授	石原 慶一 坂 志朗 中山 勝矢	循環型社会への挑戦 21世紀を切り拓くバイオエネルギー 立ちはだかるエネルギーと環境	

第12回	「持続可能なエネルギーを目指して」		2004年4月3日(土)
津市	京大エネ科 教授 特定非営利活動法人 夢創 エヌ・ピー・オー 理事長 京大エネ科 教授	石原 慶一 堀 恒世 坂 志朗	廃棄物とエネルギー 「もったいない」古くて新しい自然エネルギー 立ちはだかるエネルギーと環境
第13回	「エネルギーと環境の未来」		2004年4月4日(日)
名古屋	京大エネ科 教授 (財)2005年日本国際博覧会 協会会場整備本部長 京大エネ科 教授	石原 慶一 椋 周二 塩路 昌宏	循環型社会への挑戦 愛・地球博と環境 くるまとエネルギー・環境
第14回	「私たちのエネルギー・環境問題」		2004年4月17日(土)
和歌山市	京大エネ科 教授 和歌山環境ネットワーク代表 京大エネ科 教授	手塚 哲央 重柄 隆 笠原 三紀夫	生活者から見たエネルギー 環境の世紀を生きる 我々の身近なエネルギーと環境問題
第15回	「エネルギーと環境を考える」		2004年5月15日(土)
岐阜市	京大エネ科 教授 和歌山環境ネットワーク代表 京大エネ理工 教授	笠原 三紀夫 小林 由紀子 吉川 潔	我々の身近なエネルギーと環境問題 省エネルギーと環境学習 理想的エネルギーとしての核融合
第16回	「身近なエネルギー・夢のあるエネルギー」		2004年5月16日(日)
富山市	京大エネ科 教授 富山県生活環境部 環境政策課課長 京大エネ理工 教授	手塚 哲央 油本 幸夫 小西 哲之	生活者から見たエネルギー 富山県地球温暖化対策推進計画について 核融合エネルギー入門
第17回	「エネルギーと環境を考える」		2004年6月12日(土)
長野市	京大エネ科 教授 長野県生活環境部 地球環境課 課長 京大エネ理工 教授	笠原 三紀夫 木曾 茂 吉川 暹	環境に優しいエネルギー利用 長野県の地球温暖化対策 太陽光発電の未来
第18回	「環境に調和したエネルギーの利用と開発」		2004年6月13日(日)
新潟市	京大エネ科 教授 長岡技術科学大学 機械系 講師 京大生存圏研究所 教授	石原 慶一 上村 靖司 松本 紘	循環型社会への挑戦 雪がエネルギーに変わる!? 太陽系を食べる -宇宙太陽発電所SPS-
第19回	「環境に優しいエネルギーを目指して」		2004年7月10日(土)
仙台市	京大エネ科 教授 宮城県環境生活部技術助産事業資源循環推進課 技術補佐(総括担当) 京大生存圏研究所 教授	笠原 三紀夫 加賀谷 秀樹 坂 志朗	我々の身近なエネルギーと環境問題 宮城県のリサイクルエネルギーについて 21世紀を切り拓くバイオエネルギー
第20回	「身近なエネルギー・環境を考える」		2004年7月19日(月)
札幌市	京大エネ科 教授 札幌市立西岡北小学校教頭 京大エネ科 教授	笠原 三紀夫 星野 誠一 坂 志朗	環境に優しいエネルギー利用 西北小省エネ大作戦 21世紀を切り拓くバイオエネルギー
第21回	「われわれの身近なエネルギーと環境問題」		2004年7月24日(土)
八戸市	京大エネ科 教授 八戸市環境部 環境政策課課長 京大エネ科 教授	手塚 哲央 高橋 克雄 塩路 昌宏	生活者から見たエネルギー 地球温暖化問題と私たちとの関わり エネルギー資源とその有効利用
第22回	「生活を守るこれからのエネルギー」		2004年8月28日(土)
秋田市	京大エネ科 教授 秋田県産業経済労働部資源エネルギー課調整・エネルギー班主幹(兼)班長 京大エネ科 教授	笠原 三紀夫 山脇 康平 塩路 昌宏	我々の身近なエネルギーと環境問題 秋田県の新エネルギービジョン 水素が拓く将来のエネルギー社会
第23回	「環境にやさしいこれからのエネルギー」		2004年8月29日(日)
盛岡市	京大エネ科 教授 葛巻町長 京大エネ理工 教授	笠原 三紀夫 中村 哲雄 吉川 暹	環境に優しいエネルギー利用 ミルクワインとグリーンエネルギーの町くずまの挑戦 ~日本~の新エネルギー生産基地を目指して~ 太陽光発電の未来
第24回	「エネルギーのより有効な利用をめざして」		2004年9月25日(土)
山形市	京大エネ科 教授 自然エネルギーを考える会 立川町環境課新エネルギー推進専門員 京大エネ科 教授	笠原 三紀夫 鈴木 ふじ子 安部 金彦 石原 慶一	環境に優しいエネルギー利用 ありがたい もったいない -雪国の太陽光発電- 風力発電所と町民節電所のある町 “立川町” 循環型社会への挑戦
第25回	「環境に優しいエネルギー利用をめざして」		2004年9月26日(日)
福島市	京大エネ科 教授 福島大学 地域創造支援センター 教授 京大エネ科 教授	笠原 三紀夫 鈴木 浩 塩路 昌宏	我々の身近なエネルギーと環境問題 循環型社会とまちづくり -コンパクトシティをめざして- エネルギー資源とその有効利用
第26回	「環境に優しいエネルギー利用をめざして」		2004年10月17日(日)
高知市	京大エネ科 教授 梶原町長 京大エネ科 教授	笠原 三紀夫 中越 武義 石原 慶一	我々の身近なエネルギーと環境問題 住民と共に進める、環境づくりを目指して 循環型社会への挑戦
第27回	「環境にやさしいエネルギー利用」		2004年10月31日(日)
宮崎市	京大エネ科 教授 財団法人 宮崎県環境科学協会 部長 京大エネ科 教授	笠原 三紀夫 下津 義博 坂 志朗	我々の身近なエネルギーと環境問題 環境への負荷を軽くするエネルギーの地産地消 21世紀を切り拓くバイオエネルギー

第28回	「エネルギーと環境の明るい未来を求めて」		2004年11月13日(土)
長崎市	京大エネ科 教授 笠原 三紀夫 長崎総合科学大学 人間環境学部 教授 坂井 正康 京大エネ科 教授 坂 志朗	我々の身近なエネルギーと環境問題 地球保全のための、これからのエネルギー 21世紀を切り拓くバイオエネルギー	
第29回	「持続可能なエネルギーを求めて」		2004年11月14日(日)
佐賀市	京大エネ科 教授 手塚 哲央 佐賀大学海洋エネルギー研究センター長 門出 政則 京大エネ科 教授 坂 志朗	生活者から見たエネルギー エネルギー循環と環境問題 21世紀を切り拓くバイオエネルギー	
第30回	「環境に優しいエネルギー利用をめざして」		2004年11月28日(日)
大分市	京大エネ科 教授 笠原 三紀夫 九州電力株式会社八丁原地熱発電所 所長 熊谷 岩雄 京大エネ理工 教授 小西 哲之	我々の身近なエネルギーと環境問題 地熱エネルギーとバイナリー発電 核融合エネルギー入門	
第31回	「エネルギーと環境 -バイオエネルギーの活用-」		2004年12月12日(日)
熊本市	京大エネ科 教授 笠原 三紀夫 熊本大学大学院 自然科学研究科教授 木田 建次 京大エネ科 教授 坂 志朗	我々の身近なエネルギーと環境問題 資源循環型まちづくりのためにバイオマスから新エネルギーを生産しよう! 21世紀を切り拓くバイオエネルギー	
第32回	「エネルギーと環境-自然エネルギーの利用」		2005年1月8日(土)
沖縄県	京大エネ科 教授 塩路 昌宏 琉球大学工学部教授 永井 實 京大エネ科 教授 坂 志朗	水素が拓く将来のエネルギー社会 洋上風力による環境調和型エネルギーの開発 -沖縄・日本の可能性- 21世紀を切り拓くバイオエネルギー	
第33回	「環境に優しいエネルギーを求めて」		2005年1月15日(土)
福岡県	京大エネ科 教授 坂 志朗 九州工業大学工学部 教授 西 道弘 京大エネ科 教授 石原 慶一	21世紀を切り拓くバイオエネルギー 地球環境と風力エネルギー 廃棄物とエネルギー	
第34回	「環境に優しい循環型社会を求めて」		2005年1月16日(日)
山口県	京大エネ科 教授 坂 志朗 山口大学教授 中村 安弘 京大エネ科 教授 石原 慶一	21世紀を切り拓くバイオエネルギー いま望まれる新エネルギー導入と省エネルギー行動 循環型社会への挑戦	
第35回	「環境に優しい21世紀エネルギーに向けて」		2005年2月19日(土)
鹿児島市	京大エネ科 教授 笠原 三紀夫 鹿児島県環境生活部 環境政策課主幹 兼環境計画推進係長 鎮寺 裕人 京大エネ理工 教授 吉川 暹	我々の身近なエネルギーと環境問題 鹿児島県地球温暖化対策推進計画(案)について 太陽光発電の未来	
第36回	「21世紀のエネルギーと環境を考える」		2005年3月6日(日)
茨城県	京大エネ科 教授 笠原 三紀夫 筑波大学機能工学系 内山 洋司 京大エネ科 教授 坂 志朗	我々の身近なエネルギーと環境問題 世界を含めたエネルギー事情と原子力について 21世紀を切り拓くバイオエネルギー	
第37回	「身近なエネルギーと環境を考える」		2005年3月19日(土)
千葉県	京大エネ科 教授 笠原 三紀夫 NPO法人環境カウンセラー千葉県協議会理事長 土田 茂通 京大エネ科 教授 石原 慶一	我々の身近なエネルギーと環境問題 加速させよう!家庭の省エネ推進 廃棄物とエネルギー	

**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17年3月1日発行

発行代表者

京都大学大学院エネルギー科学研究科 笠原三紀夫

**〒606-8501 京都市左京区吉田本町
<http://energy.coe21.kyoto-u.ac.jp/>
<http://www.energy.kyoto-u.ac.jp/>
<http://www.iae.kyoto-u.ac.jp/>
<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/>**