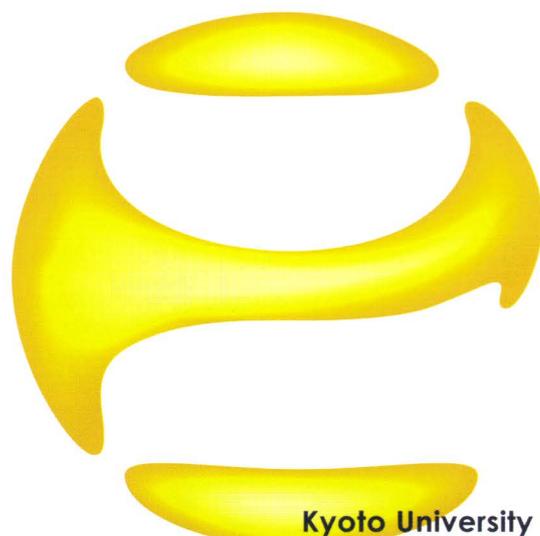


京都大学
エネルギー科学研究科
エネルギー理工学研究所
宙空電波科学研究センター

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

21世紀COE広報

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



Kyoto University

21COE

Establishment of COE
on Sustainable Energy System

2002年度版



目 次

巻頭言「21世紀COEプログラムの開始にあたり」	3
1. 拠点形成の目的および概要	5
1.1 研究拠点の形成	6
1.2 教育拠点の形成	8
2. 研究拠点形成の実施計画	8
2.1 国際環境調和型エネルギー情報センター事業	9
2.2 中核的研究課題の実施計画	11
3. 教育実施計画	11
3.1 エネルギー科学研究科の教育目標	11
3.2 21世紀COEプログラムで展開する教育事業	11
3.3 具体的事業	12
4. 平成14年度の研究拠点形成	13
4.1 環境調和型トータルエネルギー評価	13
4.2 太陽エネルギー	18
4.3 水素エネルギー	25
4.4 バイオエネルギー	33
5. 平成14年度の教育関係の取組み	42
5.1 若手研究者に対する教育・研究支援	42
5.2 国際エネルギー科学スクールの開催	44
6. 国際(環境調和型)エネルギー情報センター事業	44
6.1 海外研究拠点の設置	44
6.2 国際エネルギーシンポジウムの開催	45
6.3 国内シンポジウムの開催	45
6.4 エネルギー環境調査	45
6.5 産官学連携に関わる事業概要	46
6.6 産学共同研究事業	46
6.7 広報事業	46
組織図	47

巻頭言

21 世紀 COE プログラムの開始にあたり

拠点リーダー 笠原三紀夫

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ています。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ます。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、現在の私達、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でしょう。そのためには、エネルギー消費をより抑えた社会を築き、一方で、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ります。

平成 13 年 6 月にいわゆる TOP30(後に 21 世紀 COE プログラムと改名)構想が文部科学省より打ち出されて以来、情報がめまぐるしく変わる中、21 世紀 COE 申請に向け、極端な言い方をすれば、専攻や研究科、研究所の浮沈をかけての議論が行われてきました。平成 14 年 6 月に最終的な 21 世紀 COE プログラムの公募要領が公表されましたが、その公募要領によれば、学問分野を 10 分野に分け、「世界的な研究教育拠点の形成を重点的に支援し、国際競争力のある世界最高水準の大学づくりを推進する」ことを趣旨としたプログラムであると謳っています。

このような背景の下、私達、京都大学大学院エネルギー科学研究科、エネルギー理工学研究所、宙空電波科学研究センターは、「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」と題したプログラムを申請し、幸いにも採択されました。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としての、①太陽光を利用したエネルギーの生産・変換・利用技術、②水素エネルギーの製造・貯蔵・利用技術、③バイオエネルギーの創製・利用技術、の開発を推進するとともに、④エネルギー削減型社会の形成を含む、各種エネルギーシステムの環境調和性や社会的受容性について評価し、真に環境に調和したエネルギーシステムを構築する、といった 4 つの研究の柱をたて、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ます。

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ます。特に、エネルギー科学に関わる問題は、世界的視野からの判断能力とバランス感覚が必要であることから、国内外のエネルギー研究機関との連携ならびに人文・社会系との連携を図り、国際社会ならびに地域社会のニーズを的確に把握し、国際的に通用する人材の養成を行います。なお、これからの科学研究・教育分野では、競争原理・評価原理をベースとした方式が重要視されていくものと考えられることから、大学院生の研究支援事業等においても、競争原理・評価原理をベースとした考え方の下に教育推進事業を進めていきます。

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たしていきます。

本広報は、私たちの申請しました 21 世紀 COE プログラムの内容を掲載するとともに、平成 14 年度に進めようとしている研究内容、教育拠点事業等を公表し、公表することにより私たちが自分自身により厳しさを求め、21 世紀 COE プログラム拠点形成の目的の達成のために努力していきたいと考えております。

私たちの 21 世紀 COE プログラムに対し、今後ともご指導、ご鞭撻いただきますよう、よろしくごお願い申し上げます。

1. 拠点形成の目的および概要

京都議定書の要請にこたえ、持続可能な社会を実現するには、環境調和型エネルギーシステムを実現し、未来にわたって、エネルギーの安定な供給を確保することが不可欠である。そこで、これまで、生命系が作り上げた、太陽光による二酸化炭素固定に学び、太陽・水素・バイオエネルギーシステムの確立を拠点の目標とする。太陽光を起源とするエネルギーシステムは、究極の再生可能エネルギーシステムであり、これを化学エネルギーとして固定することで、光合成のように太陽光を常時・有効に利用していくことのできる合理的なエネルギーシステムの構築が可能となる。このため、①太陽光の創生・変換・利用技術、②水素の創生・貯蔵・利用技術、③バイオエネルギーの生成・変換技術を確立するとともに、④社会的受容と環境調和を志向したシステム技術およびその評価手法を開発する。

拠点形成の必要性と目的および内容

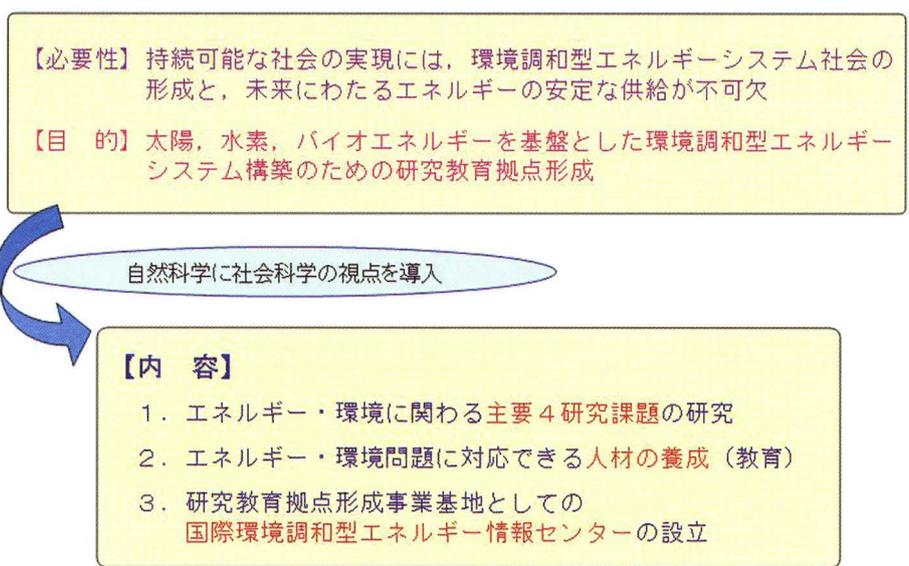


図 1.1 拠点形成の必要性と目的および内容

環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成の概要

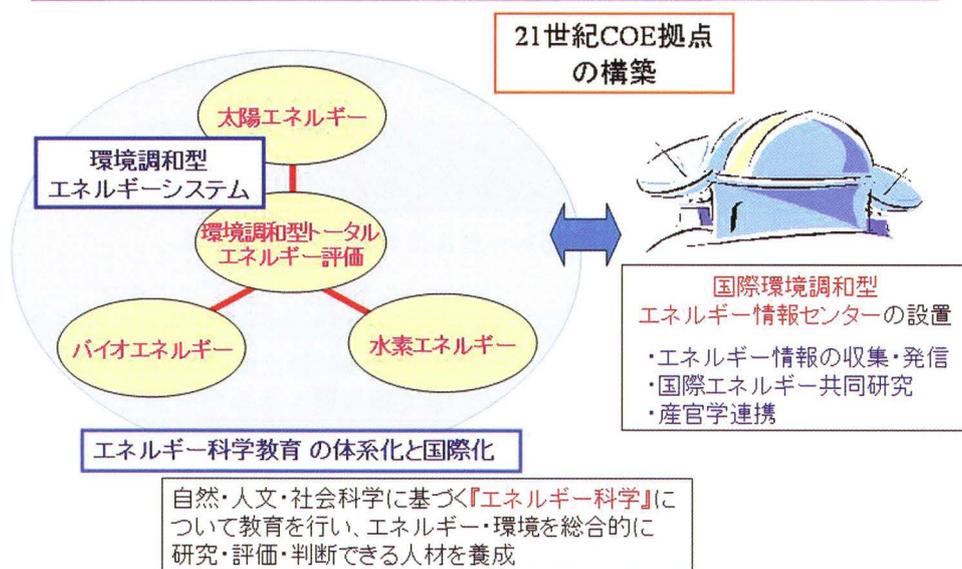


図 1.2 研究教育拠点形成の概要

以上の本拠点形成の必要性と目的および内容をまとめたものを図 1.1 に、またこのような目的を達成するための本研究教育拠点形成の概要を図 1.2 にまとめて示す。

1.1 研究拠点の形成

水素エネルギーシステムについては、経産省・産業界を中心に個別に燃料電池関連の技術開発として取り組まれており、既にシステム作りが開始されている。しかし、基幹エネルギーシステムとして確立するには、長期的な戦略のもとに、ブレークスルー技術への取り組み・研究人材の育成等、大学が貢献すべき領域も多い。本拠点は、当該分野において我が国で最大の実績を有し、これまでの多くのシーズをもとに太陽・水素・バイオエネルギーシステムを提案していくものであり、資源小国の我が国にとって緊要の拠点構想である。また、研究に際しては若手研究者を積極的に活用し、研究の遂行、討議を通し若手研究者の育成に務める。以下に本拠点で重点的に取り上げる研究課題を述べる。

1.1.1 環境調和型トータルエネルギー評価

社会基盤としての太陽・水素・バイオエネルギーシステムの構築には、技術的开发とともに、LCA (Life Cycle Assessment) をベースに環境および人文・社会的受容についても解析・評価・提言を行うっていくことが必須である。そこで本課題ではこのような観点から、以下の解析・評価・提言を行う(図 1.3 参照)。

- 1) 各種エネルギー技術が、地球温暖化などの環境に及ぼす影響と、安全性などの社会的受容に関わる評価基準を定め実際に評価する。
- 2) 太陽光発電と水素、バイオエネルギーを一体化したトータルシステムの評価を行い、安全・安心で、環境に優しい環境調和型エネルギーシステムの提言を行う。

主要研究課題〔1〕：環境調和型トータルエネルギーシステム

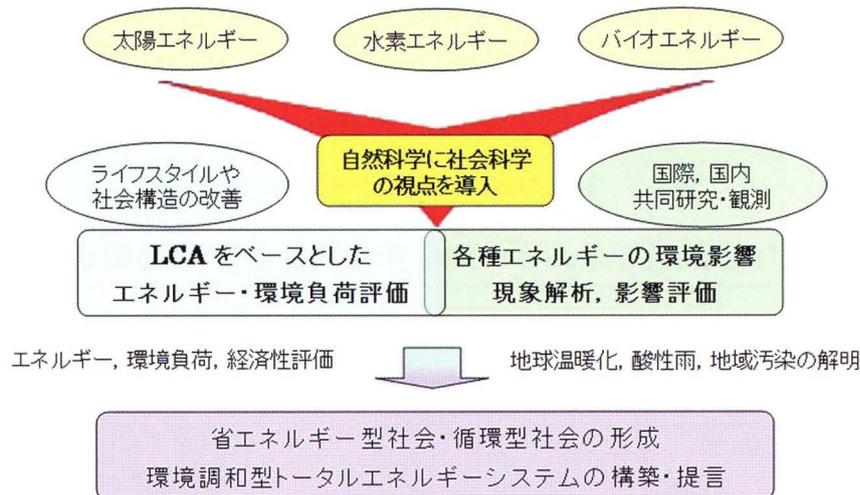


図 1.3 環境調和型トータルエネルギーシステム

1.1.2 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。そこで本課題では太陽エネルギー技術を統合的に捉え、以下の研究を行う(図 1.4 参照)。

- 1) 高効率で安価な太陽光発電の開発を進める。このために、材料機能の至適化手法の開発、高効率化の期待できるナノ構造を持ったデバイス化技術の開発、第3世代の高効率太陽電池の研究を行う。
- 2) 太陽エネルギー輸送のための高効率マイクロ波無線エネルギー伝送技術の研究を行い、我が国

の中長期目標とされている SPS(Solar Power Satellite)太陽光エネルギー利用の基礎的研究を行う。

- 3) 京都大学における核融合に関する独創的な研究蓄積を基盤に、先進的なプラズマ利用技術とそれに関連する、熱流束と粒子束制御のための加熱・電流駆動、壁材料・エネルギー変換技術の研究を行う。

主要研究課題[2]: 太陽エネルギー



図 1.4 太陽エネルギーの多様な利用法に関する研究

主要研究課題[3]: 水素エネルギー

環境調和型エネルギーシステム構築を目指す水素製造・輸送・貯蔵・利用技術の研究

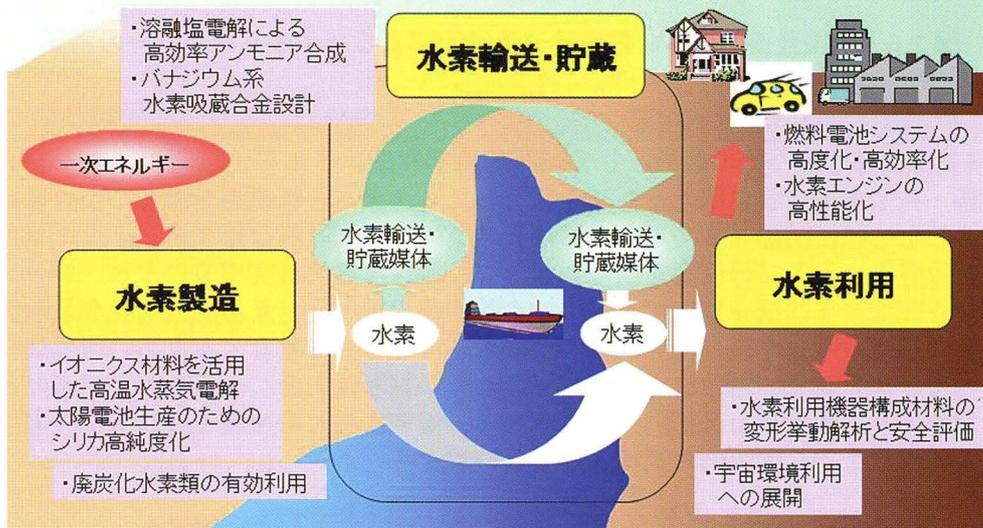


図 1.5 クリーンエネルギー媒体としての水素の製造・輸送・貯蔵・利用技術

1.1.3 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以下の中長期的技術課題を研究する。(図 1.5 参照)。

- 1) 化合物水素媒体による水素貯蔵輸送システムを確立するとともに、燃料電池のシステム高度化

と水電解材料の開発研究を行う。

- 2) 太陽光発電と水素をリンクしたエネルギー供給システムの創設を図る。
- 3) 小型高出力水素エンジンの開発と燃焼最適化を図る。
- 4) 水素システムを構成する材料の機能性および安全性の評価を行う。

1.1.4 バイオエネルギー

環境調和型エネルギー源としてバイオマスを取り上げ、化石エネルギーに替わるバイオマス起源のエネルギー変換技術とその有効利用システムの構築を図り、環境調和型エネルギーシステム確立を目指す(図 1.6 参照)。

- 1) 超臨界流体によるバイオマスからの糖生産およびアルコール発酵によるエタノール変換、植物油からのバイオディーゼル燃料創成のための新規な超臨界メタノールプロセスの開発、および超臨界流体による新規なバイオ燃料の創成のための研究開発等を行う。
- 2) 熱分解法によるバイオガスやメタノール生産のための研究開発等を行う。

主要研究課題[4]: バイオエネルギー

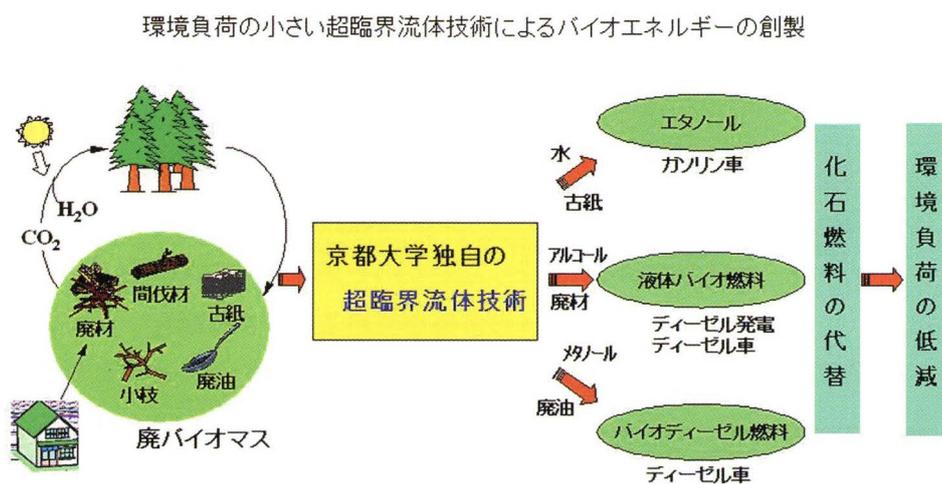


図 1.6 環境負荷の小さい超臨界流体技術によるバイオエネルギーの創製

1.2 教育拠点の形成

本 COE 事業を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・社会環境受容に関わる情報を収集し、システム評価指標を設定し、政策提言として情報発信するとともに、国際エネルギー共同研究事業により国際的な研究ネットワークを形成し、世界的な研究教育拠点としての展開を図る。さらに、産官学連携研究事業により、シーズの速やかな産業技術化を促進する体制を整え、大学の社会的責務を果たす。また、人文社会系研究科との連携により、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を充実させる。特に、エネルギー科学には世界的視野からの判断能力とバランス感覚が必要とされるため、国際カリキュラムの導入と、国内外のエネルギー研究機関との連携を通して、各国や、地域社会のニーズを的確に把握し国際的に通用する人材の養成を図る。

2. 研究拠点形成の実施計画

1章で述べた目的を達成するために、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および宙空電波科学研究センターの理学、工学、農学、環境科学分野の事業分担者 31 名とともに、関連する研究分野の若手研究者に中心的役割を担わせ、以下の研究拠点形成事業にあたる。

2.1 国際環境調和型エネルギー情報センター事業

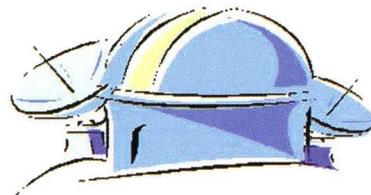
エネルギーをめぐる問題で重要なことは、エネルギー・資源・環境に関する正確な情報を収集するとともに、現状と展望を正しく認識し、政策・立案・提言に寄与するとともに、得られた研究成果をわかりやすい形で提供していくことである。そこで、本21世紀COEを推進するため国際環境調和型エネルギー情報センターを設け、現在進展しつつあるエネルギー理工学研究所の学内共同研究システムを基盤に、太陽・水素・バイオエネルギーに関する国際情報の収集と発信を行い、大学院教育だけでなく、広く社会人教育にも寄与するとともに、海外拠点を設け各国の事情に合致したエネルギー研究開発に協力する。また、同センターは、21世紀COE終了とともに、世界的なエネルギー問題に関する情報発信拠点として持続できるような体制を整える。

国際環境調和型エネルギー情報センターの設立

研究教育拠点形成事業の基地

活動内容

1. エネルギー情報の収集と発信
2. 国際エネルギー共同研究事業
3. 産官学連携事業



21世紀COE終了後も、世界的なエネルギー問題に関する情報発信拠点として継続

図 2.1 国際環境調和型エネルギー情報センターの設立と活動内容

活動内容〔1〕: エネルギー情報の収集と発信

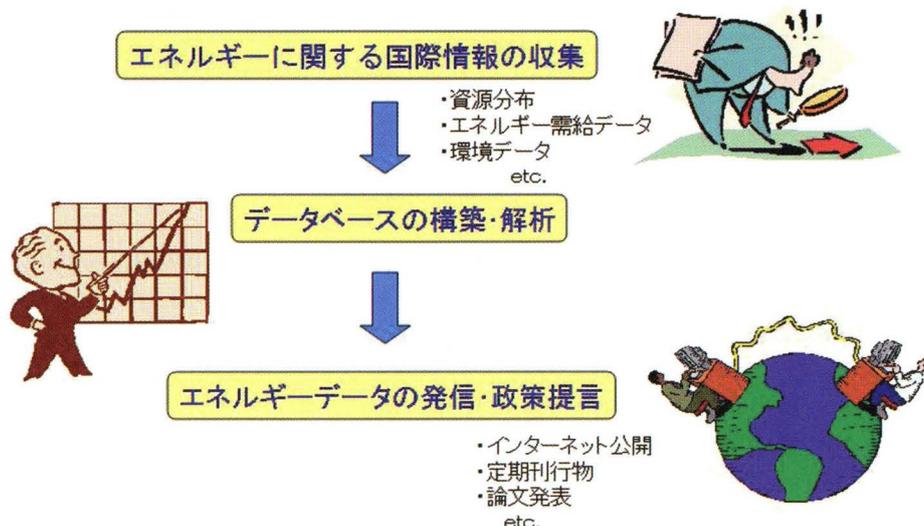


図 2.2 エネルギー情報の収集と発信

活動内容[2]: 国際エネルギー共同研究事業

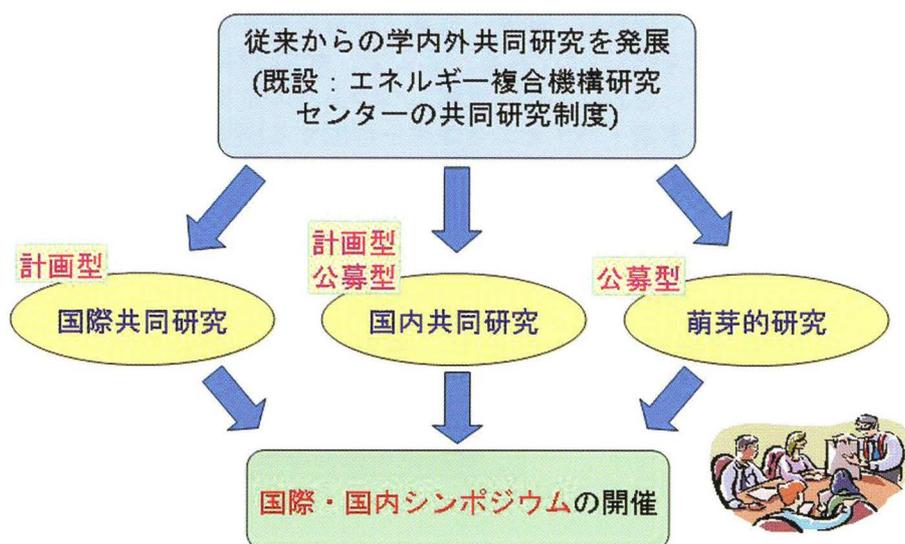


図 2.3 国際エネルギー共同研究事業

活動内容[3]: 産官学連携事業

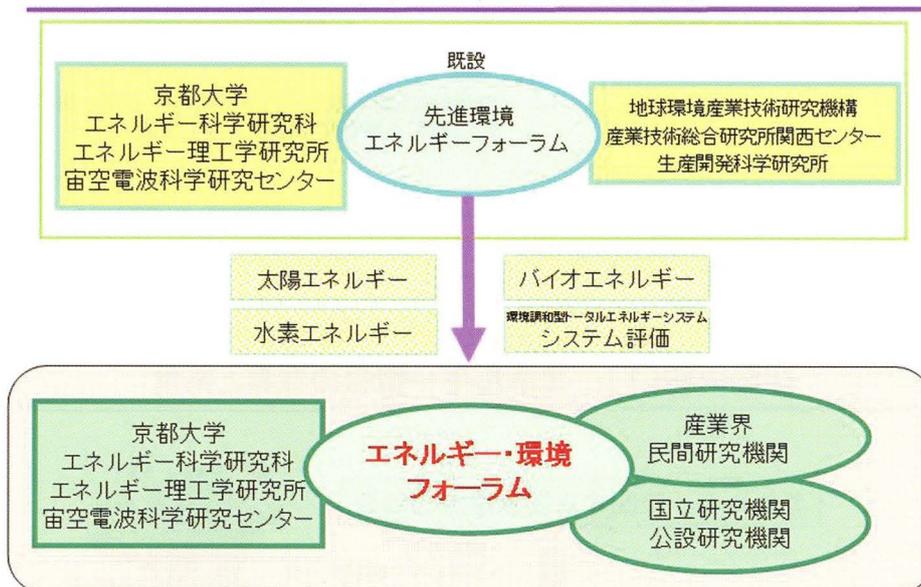


図 2.4 産官学連携事業

本センターでは、国際エネルギー共同研究事業として、既存分野・既存組織の枠を超えて国際共同研究を推進する。このため、既設のエネルギー複合機構研究センターにおける国内共同研究の実績をベースに、各中核的研究課題で中心となる「計画研究」と、これを支援する「公募研究」を配置し、広く国内外から第一級の研究者(人文社会科学系を含む)を招聘し、先端的研究の世界的な拠点形成を行うとともに国際的な博士課程学生の教育の場とする。

また、産官学連携研究事業による新産業創生には、大学のシーズを産業界との連携の中で、効率的に技術移転することが不可欠である。その際、自由な連携の場を設定し、その中からオープンスペースラボ等を利用して外部資金の導入による連携研究を実施することが重要である。このため産業技術総合研究所、地球環境産業技術研究機構等との環境エネルギーフォーラムを軸に、産官学連携を広げるとともに、プロジェクトを志向した研究会を組織し、連携研究を実施する。

以上述べた国際環境調和型エネルギー情報センターの設立およびその主な活動内容を、図 2.1～図 2.4 にまとめたものを示す。

2.2 中核的研究課題の実施計画

2.2.1 環境調和型トータルエネルギー評価

長期的観点に立った各種エネルギー・資源・環境評価モデルの構築のために、エネルギーデータ、排出インベントリデータ等の整備を行う。また、データをもとに、ライフサイクルアセスメント(LCA)を基礎とした評価指標の開発を行い、各種エネルギー技術の環境・社会的観点からの解析、影響評価を行う。さらにこれらの結果から、太陽・水素・バイオエネルギーシステムを基盤とした最適なトータルエネルギーシステムの提言を行う。

2.2.2 太陽エネルギー

コンビナトリアルマテリアル創成システムを開発し、ナノ材料を用いた安価で高効率な第三世代太陽電池の開発を進める。特に、セラミックナノチューブを用いた、高効率な有機太陽電池開発を進める。また、マイクロ波送電技術においては、広くは宇宙環境下でも安定して動作できるような高いレベルの無線送電技術の開発を目指し、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行う。さらに、人工太陽ともいえる核融合エネルギーの生成を最終的な目標として、プラズマ閉じ込め磁場の最適化および加熱電流駆動等の高効率化、低放射化を目的とした壁材料の開発、熱流束と粒子束のダイバーター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。

2.2.3 水素エネルギー

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し、燃料電池、水電解など水素製造・利用技術の高度化システムや材料の開発を行う。さらに、高出力水素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・水素製造・変換を組み合わせた太陽・水素エネルギー変換の実用性を明らかにするとともに、構成材料の機能向上および安全確保を含むトータルエネルギーシステムとしての総合評価を試みる。

2.2.4 バイオエネルギー

超臨界流体技術および熱分解技術による新規なバイオマス変換システムを構築し、化石燃料に替わるバイオマス起源のエネルギー生産およびその有効利用システムを確立する。そのために関連する要素技術を確立し、新規なバイオマス変換システムとしての実証装置の創成を試みる。

3. 教育実施計画

拠点を形成する際に実施される教育関係の取組み計画は以下のとおりである。

3.1 エネルギー科学研究科の教育目標

エネルギー科学研究科の掲げる教育目標としては以下の4つが挙げられる。

- (1) 自然科学系・人文社会科学系の融合した新しいエネルギー科学の学域を創成する。
- (2) エネルギー科学に関する専門的学識を持ち、エネルギー問題・環境問題の解決に資する人材の養成を行う。
- (3) 社会との連携を強化し、社会人等に対する再教育を行う。
- (4) 国際共同研究を活用し、国際的にリーダーシップを発揮できる人材の養成を行う。

以上の教育目標とそれに基づいた具体的な活動例を図 3.1 にまとめて示す。

上記の教育目標のもとに、平成 8 年発足以来、平成 13 年度末時点で修士修了者は 550 名、博士学位取得者は 79 名で、内論文博士は 26 名となっている(図 3.2 参照)。

3.2 21 世紀 COE プログラムで展開する教育事業

エネルギー科学研究科の博士課程では、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を身につけ、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。そのためには、大学院の50%以上の講義を英語で行い、各研究室における研究活動に係わる最先端の国際共同研究に参加できる機会や、国際会議で報告する機会を設ける。また、修士課程の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刊行し、エネルギー教育を充実させることにより優秀な修士学生、留学生を増やし、これらをもとに、博士課程定員の充足率の向上を目指す。また、博士課程学生のためには、teaching assistant(TA)やresearch assistant(RA)のポストを増やし、博士課程修了者のためには、post doctoral fellowship(PD)を新設し、研究意欲・能力の向上を図る。

教育： 目標と具体的活動例

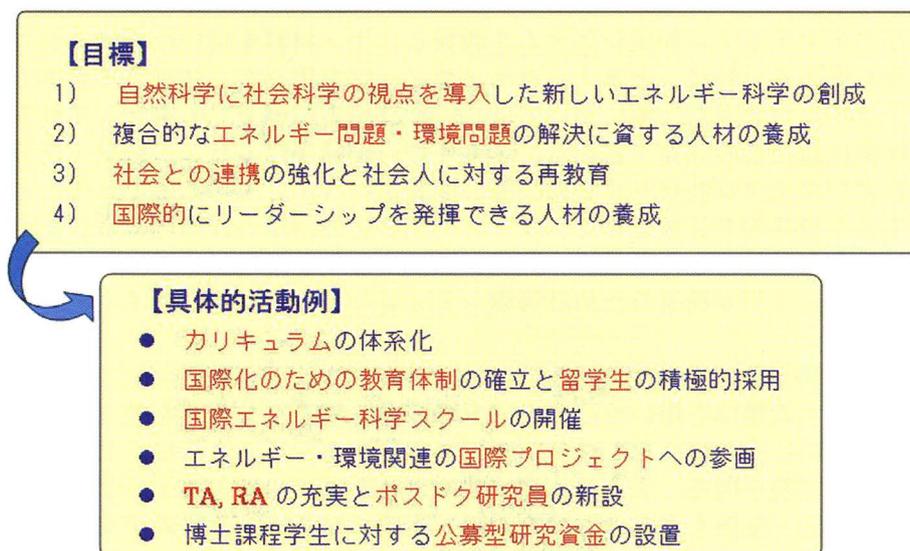


図 3.1 教育目標と具体的活動例

教育： 実績

世界で唯一の『エネルギー科学』の博士を多数輩出

京都大学博士（エネルギー科学）の取得者数

年度	H9	H10	H11	H12	H13
課程博士	4	4	10	20	15
論文博士	0	5	8	4	9
計	4	9	18	24	24

(平成9年度の1期生以後、合計79名)

- ・ 博士後期課程修了者数の約半数は社会人学生
- ・ 平成13年度より留学生を対象とした
エネルギー科学特別コース（博士後期課程）の設置

図 3.2 エネルギー科学研究科における博士後期課程の教育実績

3.3 具体的事業

- (1) 大学院教育のカリキュラムを改良し、教育を国際化するため、外国人招へい教授(人文社会

系を含む)の増員を図る。そのため、例えば、既に協力関係がある MIT、ノルウェー科学技術大学、ウィーン大学、カルガリー大学、テキサス大学、チュラロンコン大学、ラジャマンガラ工科大学、ハノイ工科大学やソウル国立大学等との大学間交流を活用する。また、宇宙科学の分野では既に UCLA との間で実績のある共同講義等を通じて国外の大学との単位互換を目指す。これには、インターネットを利用するなどし、主だった大学との連携を深める。さらに連携大学を中心に主要学科への講師の海外派遣を実施し、国際協力を推進する。

- (2) 大学院博士課程学生の国際的活動を高めるために、特別コース等の制度を利用し、留学生の割合が高くなるようにする。アジア地域を中心にエネルギー科学を発展させるとともにエネルギー問題の解決に貢献できる人材を養成する。
- (3) 国際エネルギー科学スクールを開催し、大学院生の英語発表の機会を増やし、国際的視野に立った研究者の養成を目指すとともに外国の人材養成に寄与する。
- (4) 博士課程の学生のための teaching assistant や research assistant のポストをそれぞれ 40 人/年に増やす。また、博士修了者を対象とした post doctoral fellowship(10 人/年)を新設する。PD の募集は国内外から広く行う。
- (5) エネルギー科学のカリキュラムの体系化を図り、和文および英文の標準的な教科書を執筆する。
- (6) エネルギー・環境関連の国際プロジェクト(例えば核融合研究における ITER 計画や環境科学における IGAC プロジェクト)への人材供給を目指した研究教育を行う。
- (7) 新しく設立する国際環境調和型エネルギー情報センターにおいて、エネルギー科学研究科、エネルギー理工学研究所および宙空電波科学研究センターの最新の成果を広く公開し、大学院教育や社会人教育に活用する。同時に産官学連携にも役立てる。
- (8) 21 世紀 COE による国際共同研究事業において、大学院博士課程学生に自発的研究の場と研究経費を提供する公募型研究資金を設置し、申請・実施を経験させることを通じて、世界へ発信できる創造的人材を養成する。

さらに本事業を効率的に推進するためにも、エネルギー科学研究科、エネルギー理工学研究所および宙空電波科学研究センターが連携した新しい大学院教育組織を確立するための施策を進める。

4. 平成 14 年度の研究拠点形成

4.1 環境調和型トータルエネルギー評価

前述のように本 21 世紀 COE 研究プロジェクトでは、太陽エネルギー、水素エネルギー、バイオエネルギーに関する技術開発、およびそれらの技術のトータルシステム評価に関わる研究教育拠点形成を目的とする。本節では、トータルエネルギー評価の研究拠点形成(以下、「エネルギー評価」と略記)のための具体的課題について述べる。

4.1.1 「エネルギー評価」の目的

本課題「エネルギー評価」では、太陽エネルギー、水素エネルギー、バイオエネルギーに関する新技術が社会に導入された場合の、環境や社会に対するインパクト評価を主目的とする。

具体的には、以下の手順が想定できる。まず、将来における環境調和型エネルギーシステムの具体像について、物質収支などの点で整合のとれた複数のシナリオを描き、その各々について技術、環境調和性、安全性、経済性などの各側面からの分析、評価を行う。そして、トータルエネルギーシステムにおいて太陽エネルギー、水素エネルギー、バイオエネルギーが担うべき役割を明確にする。前節までの説明で取り上げられている「社会的受容性」とは、環境調和性、経済性、安全性を含む統合的視点と捉えることができる。

本研究グループでは、まず、エネルギー需給や環境負荷に関するデータを収集し、そして技術、環境調和性、経済性、安全性の各側面からのエネルギーシステム評価を行うことにより、一連の評価手法を確立する。そして、それらの評価手法を用いてトータルシステム評価を実施することにより、環境調和型エネルギーシステム構築に向けての提言を行う。

4.1.2 評価の枠組み

本研究プロジェクトでのエネルギー変換技術開発の詳細については次節以降で述べられるが、シ

システム全体の環境調和性、そして持続可能性を評価する場合には、変換技術そのものの検討に加えて、エネルギー需給の全体を見渡した判断も必要となる。また、将来、段階的に厳しくなると予想される環境排出制約に対して、その国際的議論の場で日本が指導的立場を獲得するためにも、環境負荷に関する定量的制約を満足するための行動プログラムとその評価の枠組みを国内に持つておくことは重要である。

環境調和型エネルギーシステムの目指すべき基本的方向は、

- 化石燃料への依存度の低減、
- 環境負荷排出量の低減、

である。そこでは、太陽エネルギーおよびバイオマスがどの程度化石エネルギー資源を代替し、二次エネルギーである水素やバイオ燃料がどのようにエネルギー市場に参入できるのか、そして、最終的に環境負荷影響をどの程度軽減できるか、が関心の対象となる。そのようなエネルギー需給シナリオを物理的に整合のとれた形で描くことが最優先課題である。そして同時に、環境負荷をどの程度軽減するのか、人間社会にとって受け入れ可能であるかどうかが問題となる。シナリオの評価項目の一例を表 4.1.1 に示す。

例えばエネルギー需要に関しては、技術的な省エネルギー可能性とともに、人間の主観や文化背景に依存するライフスタイルの側面からの考察も必要となる。また、エネルギー供給に目を移すと、エネルギー変換効率とともに一次エネルギー資源の供給安全(エネルギーセキュリティ)や企業による設備投資可能性を考慮する必要もある。また、大気環境評価の側面では、評価対象は日本だけに止まらず、アジア、そして世界全体への広がりを持つ。

京都大学の本 COE グループでは、既に、

- 大気汚染物質の反応・沈着・輸送シミュレーション技術、
- 各種環境汚染物質排出のライフサイクルインベントリ(LCI)データの構築、
- 各種エネルギーシステムの特성에応じたシステム・経済評価技術、

などの実績を有している。そして、今後、これらの基盤技術の上に、エネルギー供給から需要に至るトータルシステム総合評価体系の確立を目指す。

表 4.1.1 エネルギーシステムの評価項目

☆エネルギー需要量	・省エネルギー ・ライフスタイル
☆エネルギー変換技術	・変換効率 ・エネルギー収支 ・経済評価
☆物質収支	・環境負荷 ・ライフサイクルインベントリ
☆環境インパクト	・大気輸送シミュレーション ・影響(リスク)評価
☆安全性	・技術的安全 ・供給安全
☆ミクロ経済	・インフラなど設備投資評価 ・企業行動評価
☆マクロ的評価	・全体システムとしての整合性

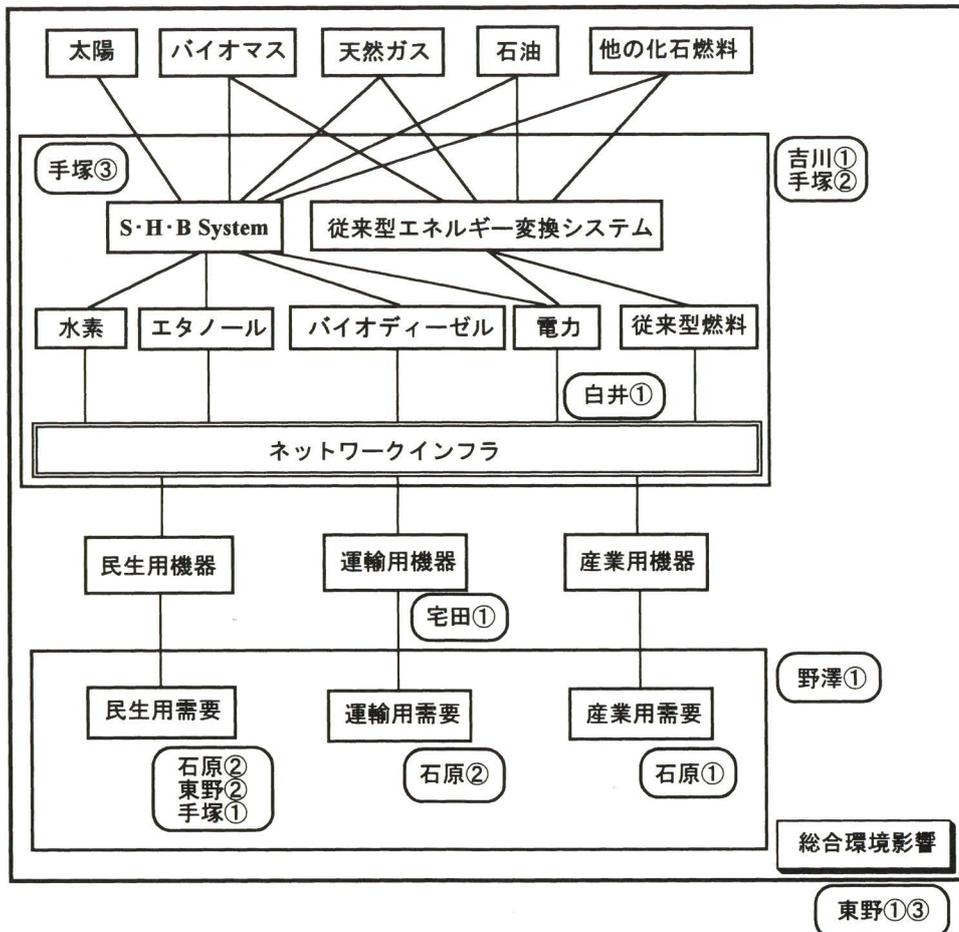
4.1.3 本年度の具体的研究課題

本年度に実施する研究課題は、以下のようにとまとめられる。

- ライフサイクルの観点に立った各種エネルギー・環境評価モデル構築のための、エネルギー需給、排出インベントリ等に関わるデータベース整備(後述の国際環境調和型エネルギー情報センターとの連携)。
- 東アジア地域における汚染物質排出と地球温暖化/冷却効果、酸性雨との関連についての観測・評価。
- リサイクルなどのエネルギー・環境関連技術と将来エネルギー需給との関係評価。

- 情報技術、ライフスタイルと将来エネルギー需要予測。
- 各種エネルギー変換設備の技術的、経済的導入可能性評価。
- 各種エネルギー変換設備と関連インフラの投資形態と最適整備計画。

ここで初年度(平成14年度)に実施予定の具体的研究課題を以下に示す。また、エネルギー生産から消費に至るエネルギーフローの中での各研究課題項目の位置づけを図4.1.1に示す。



(S·H·B: 太陽、水素、バイオエネルギー)

図4.1.1 平成14年度エネルギー評価タスクグループにおける評価研究の枠組み

〈本年度のエネルギー評価タスクグループ研究課題紹介(50音順)〉

★石原慶一グループ(エネルギー社会・環境科学専攻)

「エネルギー需要形態の予測と影響評価」

- ① エネルギー・環境技術予測に基づくエネルギー需要形態の推定
 - (a) 産業間連携による廃棄物削減評価(製造業に対するアンケート調査)
 - (b) 中国東地域におけるエアコン普及の影響評価
 - (c) ベトナムにおける経済政策の環境影響評価
- ② 将来エネルギー需要の統計的分析
 - (a) 運輸機関におけるエネルギー消費形態の分析(仮想摩擦係数によるモデル化)
 - (b) 民生運輸部門における省エネルギー推進政策の提言(費規制やモーダルシフトの効果分析)

★白井康之グループ(エネルギー応用科学専攻)

「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」

- ① 太陽・水素・バイオエネルギーに基づく分散型電源の電力系統連系時の問題点の抽出
- ② 各種分散型電源のシミュレーションモデルの開発
- ③ 各種分散型電源のシミュレーションモデルによる安定運用システムの提案

- ④ エネルギー利用形態と二次エネルギーの選択

★宅田裕彦グループ(エネルギー応用科学専攻)

「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」

- ① マグネシウム合金、高張力板などの成形試験による成形限界予測法の確立
- ② 自動車軽量化の省エネルギー効果分析

★手塚哲央グループ(エネルギー社会・環境科学専攻)

「将来エネルギー需要分析と最適インフラ整備計画」

- ① 家庭における生活行動の「効用」評価と省エネルギー可能性評価(アンケート分析)
- ② 不可逆性を考慮した再生可能エネルギー普及のためのインフラ投資戦略
- ③ 宇宙太陽光発電システムの経済評価
- ④ 将来エネルギー需給シナリオの構築と評価の方法論

★東野 達グループ(エネルギー社会・環境科学専攻)

「エネルギー利用による大気環境への影響分析・評価とライフスタイルの改善による環境負荷低減効果」

- ① 東アジア地域における粒子状物質の地球温暖化/冷却化効果の観測と評価
日中韓での観測に参加、化学組成別粒径分布、光学特性、太陽放射量の測定を通して、粒子状物質の地球温暖化/冷却化効果を明らかにし、環境負荷項目の重み付けのための知見を得る。
- ② ホテルにおけるエネルギー需要の実態計測と分析
ビジネスホテルのエネルギー消費量を機器毎に継続計測し、待機電力、宿泊客の行動パターンなどについて分析。
- ③ LCI データベース構築
地域依存性の大きな NOx や粒子状物質のインベントリデータを地域産業連関表に基づいて作成。

★野澤 博グループ(エネルギー応用科学専攻)

「環境負荷と電脳都市化(IT化)」

- ① 電子機器のポータブル化、ワイヤレス化に伴う都市部サーバーへの電力集中につきハード面からの課題解決策を調査。
- ② 電子新聞を取り上げ、技術的実現可能性、および森林資源保護の観点からの環境評価。

★吉川榮和グループ(エネルギー社会・環境科学専攻)

「環境調和型エネルギーシステム構築への社会システム構成に関する評価研究」

- ① 新エネルギー・省エネルギー事業を地域社会で一層普及拡大させるために、PFI(Private Finance Initiative)方式などの事業形態を検討。
 - PFI：公共設備等の計画、建設、運営に、民間の資金や経験を活用し、公共サービスの提供を民間主導で行う事業形態や方法。効率的かつ効果的な公共サービスの提供が期待できるとされている。
 - (a) 再生可能エネルギー。省エネルギー、廃棄物回収とリサイクル推進への社会的取り組みの実情と市民社会の調査。
 - (b) 再生可能エネルギーと省エネルギーへの取り組み状況の社会調査については、全国自治体、企業、市民団体への郵送方式/インターネット方式によるアンケート調査を実施。
 - (c) 自治体の一般廃棄物の回収/リサイクルシステムの LCI 解析による評価
- ② ユビキタスコンピューティングを応用した環境モニタリング・環境保全・防災支援システム技術の調査検討

4.1.4 トータルエネルギーシステム評価への接近法

前節に述べた個々の評価技術はいずれも、将来エネルギー需給システムの評価において重要な役割を果たすものである。これらの要素研究の積み重ねが、将来のトータルエネルギーシステム評価技術の基礎を築き上げることとなる。

ここで、太陽エネルギー、水素エネルギー、バイオエネルギーを含むトータルエネルギー評価の枠組みについて述べる。一連の作業は以下の手順により実施される。

- (1) 環境調和型エネルギーシステムの将来シナリオの作成(例えば、2040年のエネルギー需給シナリオ)。
- (2) 環境調和型エネルギーシステム導入後の社会的受容性を、技術的可能性、環境負荷、経済性、社会的リスクの観点から解析、評価。
- (3) 以上の結果に基づいて、太陽・水素・バイオエネルギーシステムを基盤とした、望ましい環境調和型エネルギーシステムのあり方について提言。

作業の全体像を図4.1.2に示す。この検討作業グループは、後述の3研究グループを含む4つの研究グループからの派遣メンバーにより構成することができる。ここで、特に重要で多大の労力を伴う作業は上記の項目(2)である。項目(1)において提起される種々のシナリオについて、ライフサイクルの観点から評価を定める。その評価尺度も前述(表4.1.1)のように多様なものとならなければならないが、その際に深刻な問題の一つとなるのが、評価に利用すべき各種データの利用可能性である。

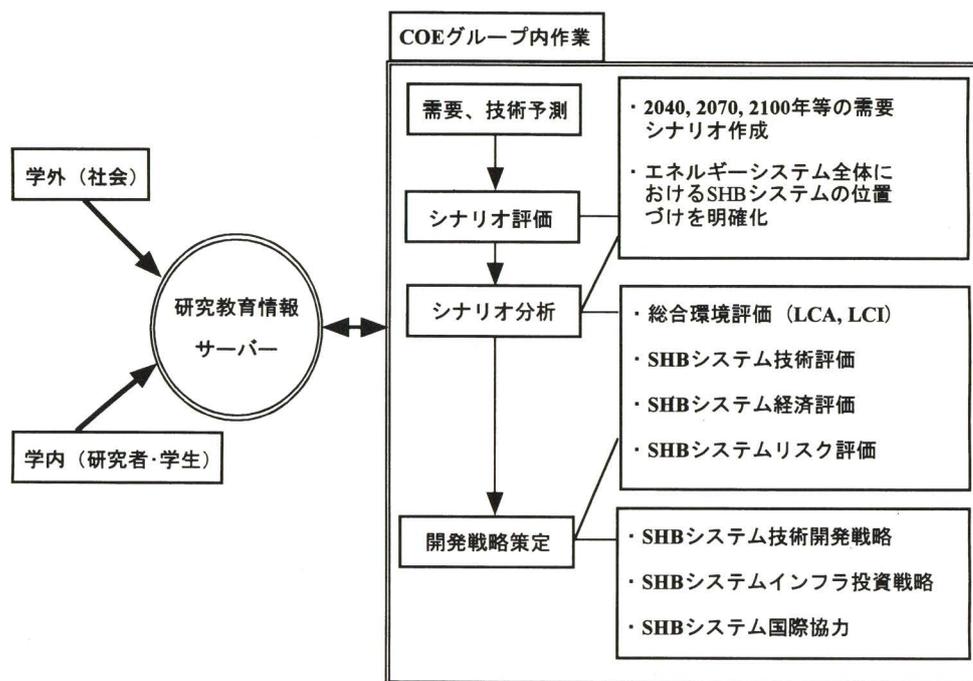


図 4.1.2 太陽・水素・バイオエネルギー(SHB)システムを含む環境調和型エネルギーシステム評価の枠組み案

エネルギー需給に関わるデータに関しても、専門家であってもその入手や処理に多くの時間と労力を必要とする場合がある。ましてや、異なる領域の研究者が一堂に会する複合領域研究の場においてはなおさらである。研究情報についても同様である。例えば、国内外を問わず数多くの研究機関において、多種多様なエネルギーシステム研究が実施され報告されている。しかし、それらの個々の研究成果は種々の学会誌や国際会議で報告されるものの、情報が共有され有効利用されているとは言い難い。

そこで、本研究グループの研究成果のみならず、過去の主要な研究成果や統計データを再利用することを前提にデータベース化する必要がある。もちろん限られた人手と時間でできることは限られているが、そのプロトタイプができ有用性が確認されれば、インターネットの助けを借りて対象を拡大していくことも期待できる。図4.1.2に示されている情報サーバーは、そのような研究教育資源の相互活用を目的として付け加えられているものであり、国際環境調和型エネルギー情報センターの計画の一部に含めることを計画している。

本節で述べたような複合領域における評価作業が、上述の各種データベースの整備とともに進められるのであれば、結論に至る因果関係が第三者によく理解できる将来シナリオが描けるものと期待される。本節の内容は、準備の都合上、来年度から具体的な検討作業を行う予定である。

4.2 太陽エネルギー

太陽光を起源とするエネルギーシステムは、究極の再生可能エネルギーシステムであり、その中で太陽光による直接発電(太陽エネルギーの変換)とその伝送システム(太陽エネルギーの輸送)は、未来の分散型エネルギー供給源として重要な位置を占めることは、疑う余地も無い。また、太陽のエネルギー源は核融合反応であるが、これを地上で実現し人工太陽をつくることは、将来の基幹エネルギー供給源として大変重要である。そこで、当研究グループは太陽エネルギーの変換・輸送・応用を有機的に研究し、新たな環境調和型エネルギーシステムとしての統合を目指すことを目的とする。このために、3主要研究課題である「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」に取り組むサブグループからなる研究体制を取りながら、図4.2.1に示すように各サブグループ間の連携を図る。

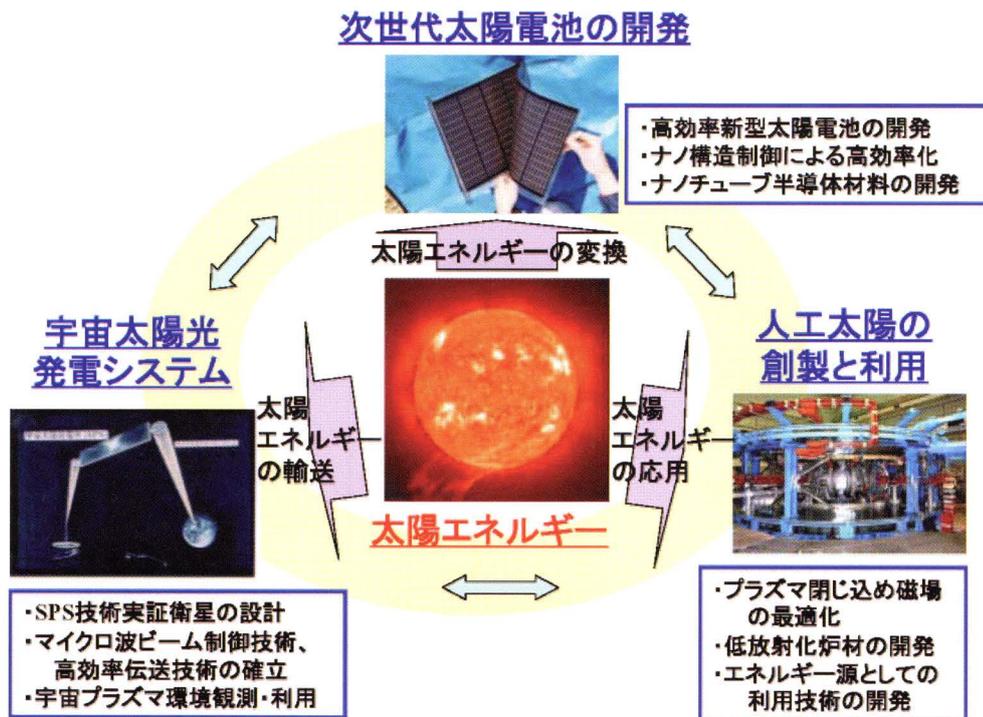


図 4.2.1 3 主要研究課題とサブグループ間の連携

4.2.1 高効率太陽電池の開発

太陽エネルギー利用の最大の目標は直接発電である。既に、半導体太陽電池が大きな産業として展開されており、近未来のリーディング産業の一つとして期待されている。しかし、現状では、真空系半導体プロセスを用いることから高価で低効率という問題を抱えている。そこで、本課題では、低コスト高効率な太陽電池の開発を目指して以下のような3つの課題に取り組むことによって、次世代太陽電池の開発を進める。

(1) 次世代太陽電池の研究

高効率化のためには現在の半導体太陽電池とは全く異なる原理による、次世代太陽電池開発が求められる。その一つの候補として、植物の光合成に倣い、有機分子の高効率な電荷分離特性を利用した有機太陽電池の開発が求められる。このような課題の一つとして、図4.2.2のようなグレッチェルセルが期待される。

グレッチェルセルは有機色素を光吸収媒体とし、得られた電子を極めて高速に半導体薄膜中のCVに注入することにより、33%という高い理論変換効率を可能としている。しかし、現状では注入後の電子移動の問題等の課題で約10%を達成できておらず、限界となっている。そこで、本研究では、ナノチューブをはじめとするナノ構造材料を利用することにより、高速での薄膜中の電子移動を可能とすることにより、高い光電流密度を得ることを目指す。図4.2.3に示すように、チタニアナノチューブを用いた色素増感太陽電池ではナノ粒子を用いた場合の2倍以上の短絡電流密度

が得られる。また、光吸収効率を上げるために、長波長側にも高い吸収効率を持つ、優れた色素の開発を目指す。電解質の固体化も重要な課題である。

ナノ構造半導体の調製について当研究グループでは、図 4.2.4 に示すような分子集合体を鋳型とするゾルゲル法による新材料創製に成功しており、世界をリードしている。これを光電変換系機能材料に展開して、よりモルフォロジーを制御された、高効率ナノチューブ材料の創製を図る。

このように、太陽電池開発にあっては、多くの材料を組み合わせる必要があることから、その至適化が特に重要となる。このような、多様性を同時に扱う手法として、近年、コンビナトリアルケミストリーが注目されている。この方法は、ナノレベルでのライブラリー調製と、HTS を組み合わせることによって自動的に材料の至適化を行おうとするものであるが、光電変換系については未だ、可能な手法は開発されていないことから、本研究課題の中で実施する。

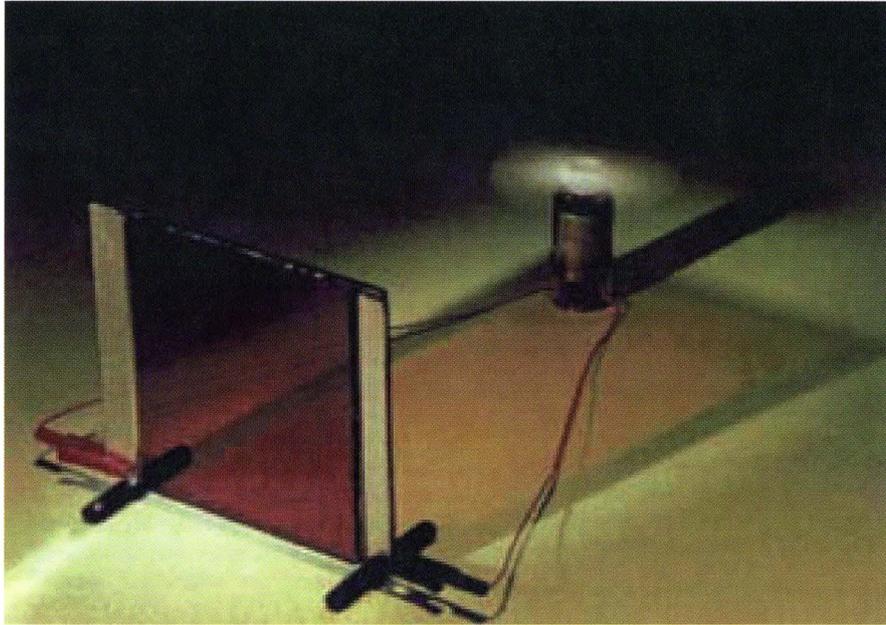


図 4.2.2 グレッチェルセル

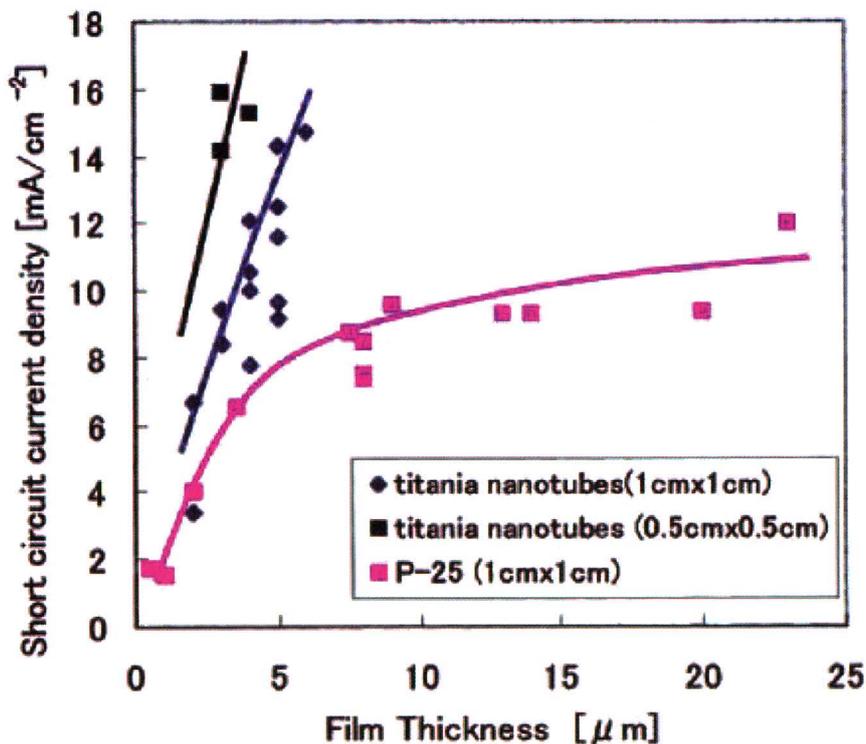


図 4.2.3 チタニアナノチューブを用いる色素増感太陽電池の膜厚と短絡電流密度の関係

さらに、太陽電池の量子効率を上げるためには、変換効率が上がるように量子的に制御された材料を開発することが望まれる。そのために、ナノチューブなどのナノ構造材料の創製とともに、量子ドット・量子線と時間波形および周波数波形がテイラーリングされた光の相互作用による光イオン化制御およびスピン制御を試み、変換効率を向上させるための研究を実施する。

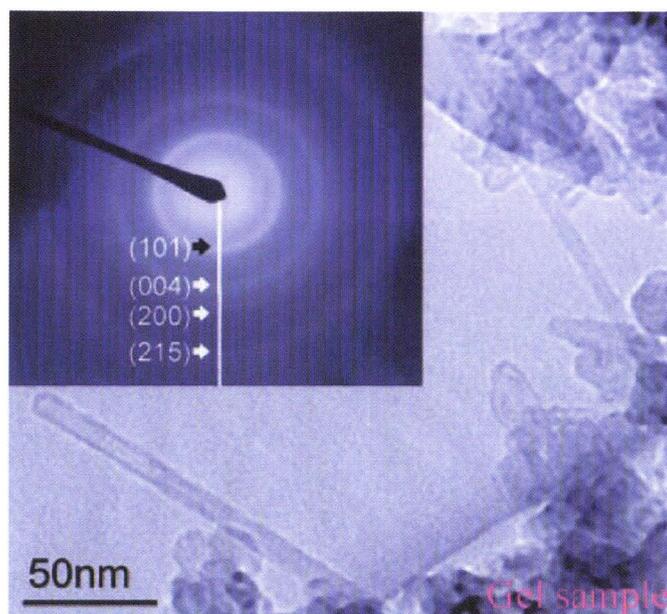


図 4.2.4 チタニアナノチューブの TEM 像

(2) 安価高効率シリコン太陽電池の研究

現在の太陽電池は、シリコンをはじめとする半導体を用いている。このシリコン生成プロセスは未だに高価で効率もさほど高くないため、太陽電池用シリコンの高純度化を図る研究や、シリコンのプロセス技術に関する研究が重要である。

結晶系太陽電池の普及に伴い、現在、供給不足が顕著になっている太陽電池用シリコンを現状のプロセス(半導体用シリコンのスクラップ利用)以外で供給するプロセス技術の開発を目的とし、特に固液分配による金属シリコンからの除去が困難である P および B の除去技術に対象を絞り、真空処理、不均一系の化学反応などを適用した速度論的、熱力学的な応用研究と実験的手法に立脚した基礎的研究を併せて遂行する。

半導体太陽電池の効率の上昇を図るために、特に、シリコンの湿式表面処理に絞り、新たなプロセス技術の開発を図る。本研究では、シリコンを湿式法により表面処理することにより、表界面構造を制御し、太陽電池の効率化に資することを目的とし、以下の技術を取り上げる。

- 1) 多孔質層の形成と構造制御
- 2) シリコン上への金属析出
- 3) シリコン電極の電極触媒性および光電極触媒性

これらの研究は物理電池系においては、集電用の半導体/金属接合や反射防止被覆(arc)、さらには禁制帯幅拡大による高電圧化につながり、また、化学電池系では触媒付与による電気化学反応量子効率の向上につながるものと期待される。

(3) 太陽電池高効率化の研究

光電変換系の技術はその歴史も浅く、飛躍的な変換効率の実現のためには、原理的なブレークスルーが不可欠である。当拠点においても、このような先進技術を確立するために、将来の新しい太陽電池技術になりうる基礎研究を行うことは極めて重要である。

そのような技術の一つとして、レーザービームやイオンビームを用いた研究がある。例えば量子効果を利用した太陽電池の高効率化を実現するためには、材料中にナノレベルでの3次元構造を構築する必要がある。そこで、各種イオンビームの導入により、薄膜で高効率な熱電子利用構造の検討を行う研究や、光エネルギーによるセラミック材料等へのナノ構造創出・制御プロセス技術の開

発を目指した研究を行う。レーザープロセス技術に関しては、パルスレーザーによる液中レーザーアブレーションに基づいて、固体表面を修飾する新規手法を開発し、新たな、表面形態・ナノ構造の制御、修飾を試みる。さらに波長可変遠赤外レーザーを用いて、太陽電池材料の分子結合の選択的な励起に関する研究を行う。

4.2.2 宇宙太陽光発電システム

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。そこで本課題では太陽エネルギー技術のうち、宇宙太陽発電所(Solar Power Satellite, SPS)における「輸送」、すなわちマイクロ波を用いたエネルギー伝送技術に関する研究を行う。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。CO₂を出さない無公害源で、無尽蔵の非消費型、連続供給可能なエネルギー源である。大規模ではあるが、既存技術で実現可能なエネルギー源でもある。衛星は静止軌道に打ち上げられ、一つ当たりの巨大なエネルギー源で、出力100万kW以上(原子力発電所レベル)と想定されている。

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(図4.2.5)エネルギー利用の基礎的研究を行う。クリーンな太陽光エネルギーを発生させるのであれば、輸送段階でもクリーン技術を用いなければならない。マイクロ波エネルギー伝送技術は、空間をエネルギー伝送するため、配線が不要で、マイクロ波を集中できれば数万kmでも高効率で送電可能であるなどの多くの特徴を持ち、新しい電力輸送の形態として現在研究が行われている。SPSをはじめ、地上での移動体へのエネルギー輸送への応用や「エネルギー空間」の新概念の提案・研究等、さまざまな研究が行われている。

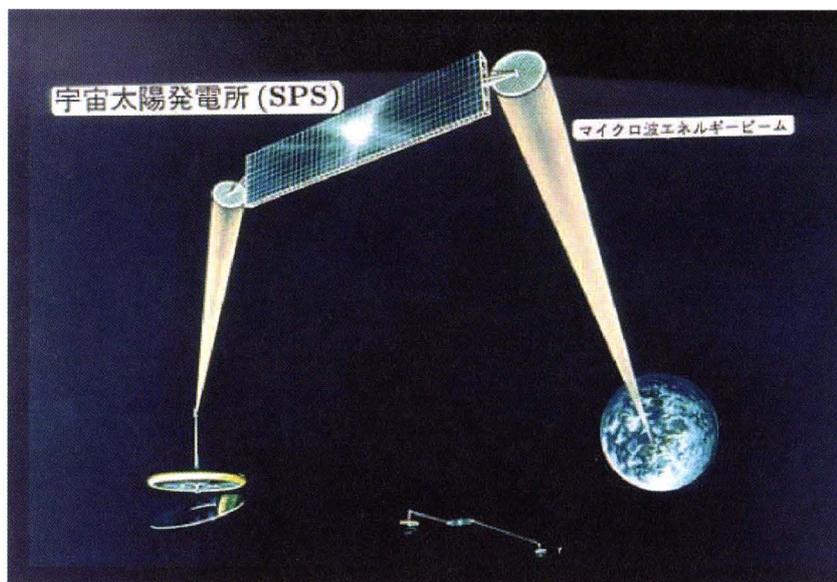


図 4.2.5 SPS の概念図。宇宙空間で発電した電力を地上へマイクロ波エネルギー伝送して地上で利用する発電所

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する。さらに、宇宙環境下でも安定して動作できるような高いレベルの無線送電技術の開発を目指し、技術実証衛星搭載マイクロ波送電システムの設計に生かす。同時に環境への影響評価のために、電離層や中性大気などの媒質と、その中を伝搬するマイクロ波送電ビームとの相互作用を計算機シミュレーションおよび理論解析、飛翔体による観測技術を用いて、具体的かつ定量的に明らかにする。

平成14年度の研究としては、高効率電子管出力以後の軽量低損失化やビーム制御システムの開発を行う(図4.2.6)。マイクロ波送電で用いる電波は、連続波(CW)、無変調という特色があり、送電システム、受電システムとも一見似てはいるが、通信とは視点の異なる科学・技術が必要となる。

現在のマイクロ波送電の研究の課題はその巨大さに起因するものである。SPS で用いる送電アンテナは、直径数 km で数十億素子のアンテナアレーというこれまで地上ですら実現したことのない超巨大アンテナである。SPS に限らず、地上でのマイクロ波エネルギー伝送システムでも高効率を実現するためにはアンテナサイズは大きくならざるを得ない。目的の方向に効率よく電力を送り、安全の確保と通信などへの妨害を防ぐためには、正確に電力ビームを向けることが必要である。そのためには、現状技術よりも 1 桁から 2 桁正確な技術が要求される。また、エネルギーを無線伝送するために、通信ではあまり問題にならない太陽電池出力から受電整流素子レクテナで得られる受電所の直流電力までの「総合効率」も 50% 程度に向上させる必要がある。

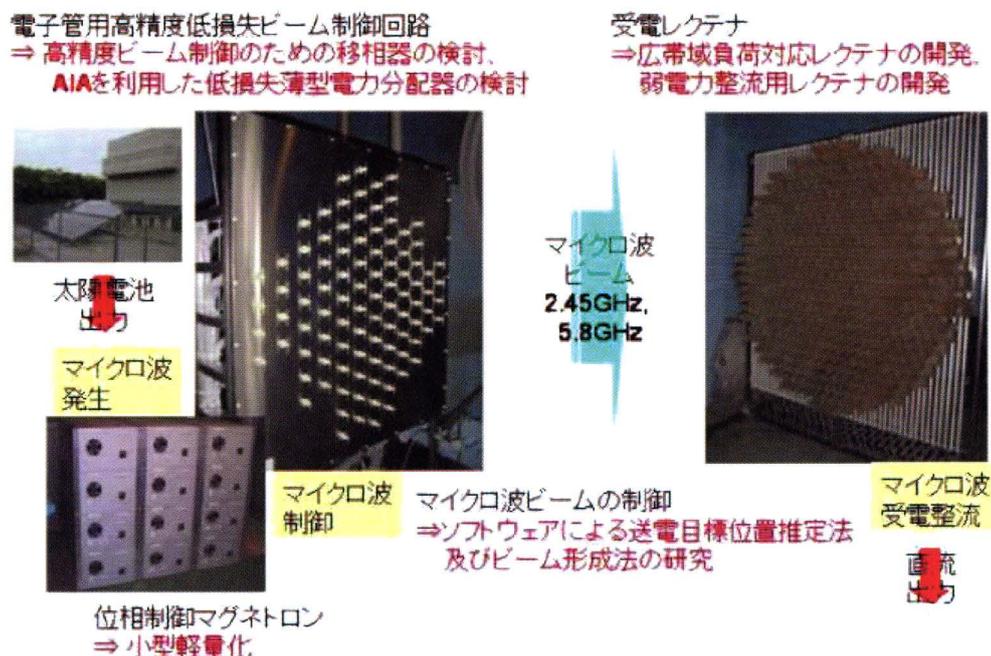


図 4.2.6 マイクロ波エネルギー伝送システムと今年度の研究

宙空電波科学研究センターではこれまで電子レンジに用いられている安価なマグネトロンを用い、高精度ビーム制御を可能とする「位相制御マグネトロン」を開発してきた。位相制御マグネトロンは電力重量比(g/W)が 30g/W 以下と半導体増幅器よりも軽く、効率も 60% 以上(マグネトロン単体は 74% 程度)と高いことが特徴である。この位相制御マグネトロンをシステムの中核として、位相制御マグネトロンの小型軽量化(現状厚さ 30cm 程度、重量 30kg 程度→10cm 程度、10kg 以下)、高精度ビーム制御のための移相器の検討、AIA(アクティブ集積アンテナ)を利用した低損失薄型電力分配器の検討、ソフトウェアによる送電目標位置推定法およびビーム形成法の研究、広帯域負荷対応レクテナの開発、弱電力整流用レクテナの開発等を行い、高効率・高精度マイクロ波送電システムの基礎研究を行う。

4.2.3 人工太陽の創製と利用

(1) プラズマ生成と制御の研究

太陽のエネルギー源は核融合反応である。これを地上で実現し人工太陽をつくる研究が進められている。人工太陽を実現するには、高温プラズマを閉じ込めることが不可欠である。エネルギー科学研究科・エネルギー理工学研究所には、高温プラズマの生成と制御の研究に関して、“ヘリオトロン” 磁場研究を受け継ぎ、発展させつつあるグループがあり、ヘリオトロン E 装置を用いた研究では世界の研究拠点として活躍してきたが、現在は、ヘリカル軸ヘリオトロン装置“ヘリオトロン J”(図 4.2.7)を用いた研究が進展している。

また、トカマクにおけるプラズマ電流の電磁波駆動や波動加熱では、小型トカマク WT-2 装置や中型トカマク WT-3 装置を用いて独自の成果を挙げており、現在は、LATE(図 4.2.8)と呼ばれる球状トカマク装置を用いて研究を進めている。一方、理論・シミュレーション研究では、トカマクからヘリカル系プラズマまで幅広い学術的研究を進め、第一線で活躍している研究者を輩出してきた。

今回の 21 世紀 COE では、核融合研究の中心となる「プラズマの生成と制御」の知見を活用し、「プラズマエネルギー」の利用という観点から、新たな研究拠点として発展を図る。「プラズマエネルギー」を『太陽エネルギー』グループとする理由はいくつかある。太陽電池によるエネルギー変換は材料に依存するので、プラズマを活用した材料研究や機能性材料の生成が重要であり、材料研究に適したプラズマを自在に生成し、その温度や密度の最適な制御をすることが大きな目標となる。

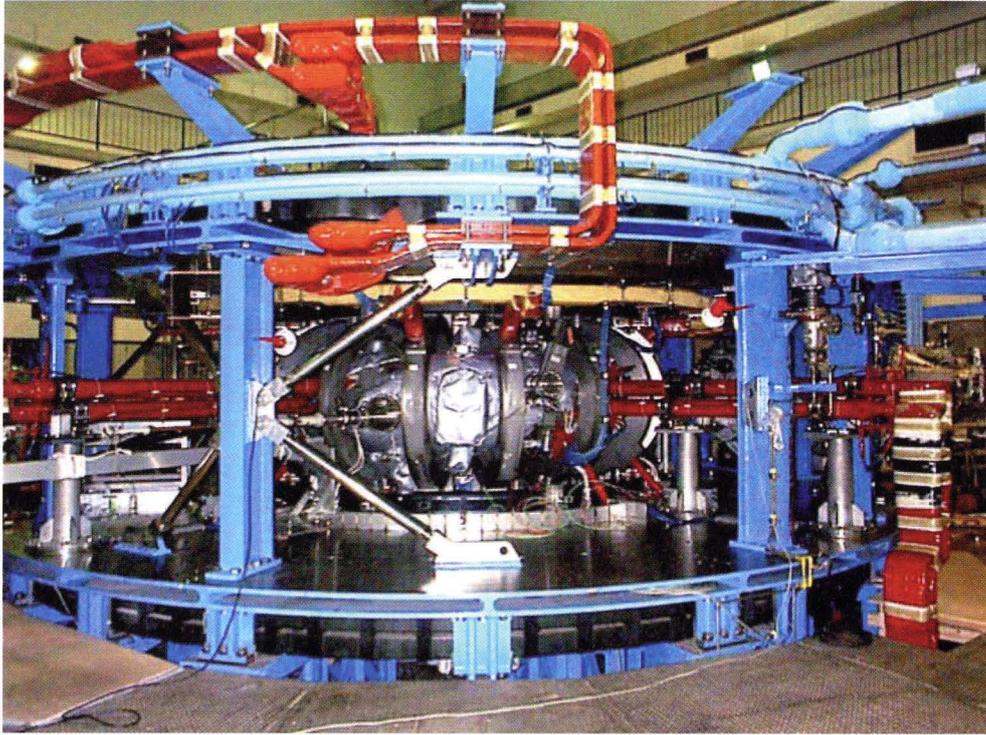


図 4.2.7 ヘリオトロン J 装置の全体写真

LATE (Low Aspect ratio Torus Experiment) at Kyoto Univ.

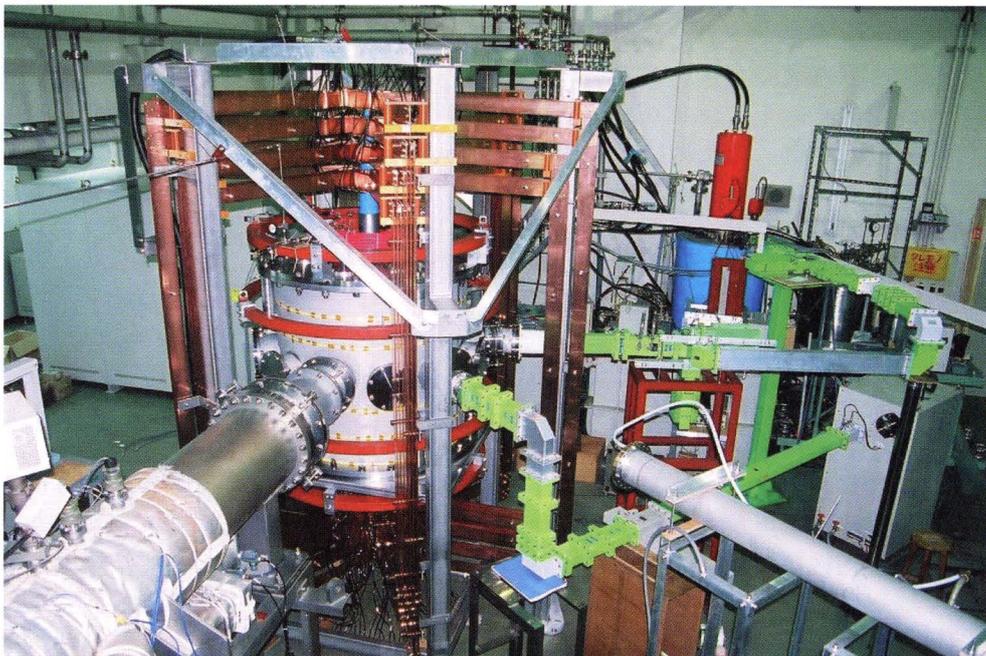


図 4.2.8 球状トカマク LATE の全体写真

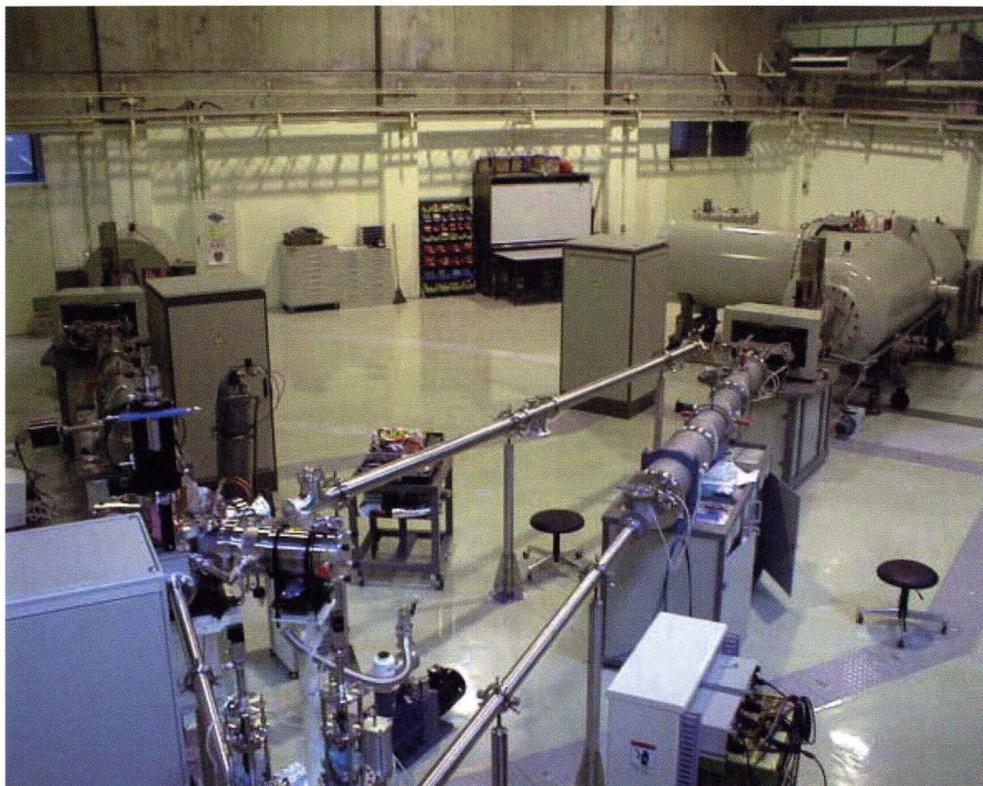


図 4.2.9 複合ビーム材料実験装置の全体写真

炉心プラズマの中心部は核融合反応が起る高温プラズマである。しかし、プラズマ容器壁付近では、高密度低温プラズマが壁に接触する状態にして、コアプラズマからの熱流や粒子束を制御するとともに、このようなダイバータープラズマを活用して、プラズマエネルギー制御の研究を展開する。

逆に、高温の壁温度を活用し、水素製造等、別の環境調和型エネルギー源の生成に寄与することもでき、これは太陽エネルギーで水素製造を行うことに相当する。

プラズマの特性として、電磁波の伝搬が可能であり、また電磁波を吸収させて加熱することができる。電磁波によるエネルギーおよび運動量の伝送は太陽光にも共通するものであり、プラズマと電磁波の相互作用をプラズマ生成と制御に活用するための基礎研究を行う。これは、「宇宙太陽光発電」で得られた電気を地上にマイクロ波で伝送する技術にただちに应用できる。

「プラズマの生成と制御」のためには物理的な観点からの、理論・シミュレーションが不可欠である。プラズマ流体モデルや、プラズマ粒子モデルを駆使して、効率的な研究を推進し、国際的に通用する人材を養成する。なお、このような数値シミュレーション技法は、太陽プラズマや宇宙空間プラズマにおける現象解明にも应用できることは言うまでもない。

(2) プラズマの利用とエネルギー変換材料の研究

エネルギー理工学研究所には核融合炉材料研究に取り組んでいるグループがあり、「プラズマエネルギー」応用という観点から、プラズマの静電閉じ込めを活用する小型中性源の研究グループもある。一方、エネルギー科学研究科では、高熱流束制御については伝熱工学の立場から研究するグループがある。

エネルギー変換材料として、中性子エネルギーを熱エネルギーに変換するブランケットのための低放射化材の基礎研究に重点がある。プラズマエネルギー源を実現するには、極限環境下において、優れた機能性、物理的性質、機械的性質を維持できる材料が不可欠である。そのためには、高いエネルギー粒子や放射線と材料との相互作用をフェムト秒のオーダーの素過程から理解して初めて、極限環境での材料挙動を解明できる。そのための材料実験には、複合ビーム材料実験装置(図 4.2.9)を用いる。特に、マルチイオンビームによる材料照射の技術開発と応用研究では、世界をリードする活動を行っている。「プラズマエネルギー」の課題としては、セラミックス系先進的複合材料で

ある炭化硅素(SiC)繊維強化 SiC 基複合材料とナノ粒子分散型フェライト鋼の開発に取り組む。これは、低放射材であり、核融合エネルギー生成の環境負荷を軽減する面からもすぐれた材料である。

高効率なエネルギー変換・貯蔵には、エネルギーシステムを構成する材料の高機能・高性能化および長寿命化が必須である。ここでは、「プラズマエネルギー」との関連で、水素吸蔵合金材料、固体触媒および形状記憶合金等のエネルギー変換機能材料の高機能・高性能化を目指す。また、材料挙動を予測するため、分子動力学シミュレーションを活用する。

核融合エネルギーを生成するための炉心プラズマのコア領域は超高温であるが、真空容器壁では材料損傷を避けるため、高密度かつ低温のプラズマをダイバーター内に生成し高熱流束を処理しなければ、壁材料が損傷を受け連続運転ができない。伝熱工学の見地から高熱流束とダイバーター材の相互作用を調べ、高熱流束の処理法を解明する。

「プラズマエネルギー」の応用として、プラズマの静電閉じ込めを活用する中性子源(図 4.2.10)の開発研究も行う。これは小型で可動性のある中性子源として、例えば、医療や人道的地雷探知、非破壊検査等に利用できる可能性がある。

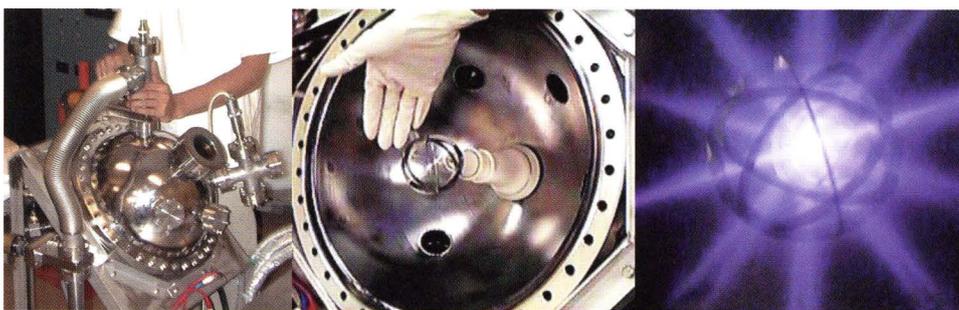


図 4.2.10 静電閉じ込めプラズマ核融合中性子源と中心部での放電の様子

4.3 水素エネルギー

水素を二次エネルギーとする高度環境保全型社会では、さまざまな資源から広範囲の密度で発生する多様な形態のエネルギーを有効に活用することによって水素と電気を作り、これらをフレキシブルに利用して必要な熱と動力を得る。一次エネルギー資源として太陽光・風力などの自然エネルギーおよび原子力エネルギー、石油・天然ガス・バイオマスなどの炭素質資源を用い、地理的環境や地域条件を勘案して発電あるいは水素製造を行う。水素からはエンジンや燃料電池により容易に電気を生み出すことが可能であり、逆に電気があれば水の電気分解により水素を製造できる。その際、大量に存在する水を原料として製造できることも水素の大きな特長であり、場合によっては携帯・利用が期待されるメタノールや DME、合成燃料への誘導も容易に行える。

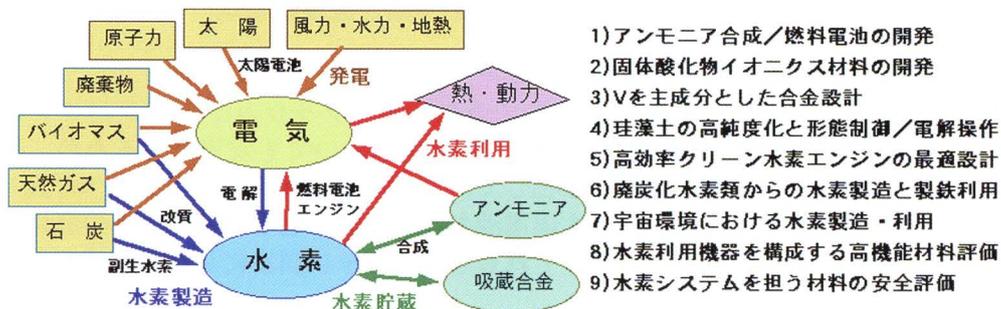


図 4.3.1 水素エネルギーシステムと中長期的技術課題

本研究拠点では、このような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し、太陽光発電と水素をリンクしたエネルギーシステムの創生を図る。特に、電気化学を基礎とする独創的技術によって、水素製造用電極、水素貯蔵輸送システムおよび燃料電池システムの高度化、高効率化を目指す。さらに、高効率水素エンジンの開発および水素を利用した高温還元プロセスの提案、宇宙

環境利用への展開とともに、水素利用機器を構成する高機能材料の熱・力学的挙動の解析および安全評価技術の確立を実施する。平成 14 年度は以下に示す 9 分野の課題を挙げ、それぞれ分担して研究を行う。

4.3.1 新規な電気化学反応による水素エネルギー技術の開発

(エネルギー基礎科学専攻 伊藤靖彦、萩原理加)

水素エネルギーシステムの実現の幅を広げ得る新技術を追求する観点から、イオン性液体である熔融塩を電解質とした電気化学的エネルギー変換プロセスは非常に有望である。水素の「貯蔵・輸送」では、本研究グループが最近提案したアンモニア電解合成法を用いることで、アンモニアを媒体とする水素の貯蔵・輸送といった新たな展開が期待できる。また、水素の「利用」では、アンモニア燃料電池の構築や、次世代電解質として期待されている室温熔融塩を用いることで新たな燃料電池の構築も期待できる。また、熔融塩中での電気化学反応を用いれば、高効率水素エネルギー変換や省エネルギーに資する新規な機能性材料の創製が可能になる。

以上の背景から、本研究グループでは、熔融塩を電解質とした新規な電気化学反応を水素エネルギー技術の開発へと展開することを目的とする。具体的には、以下の課題に関する開発を行う。

(1) 新規アンモニア電解合成法およびアンモニア燃料電池の開発

窒素ガス (N_2) は、熔融 $LiCl-KCl$ 等の熔融塩中では容易に $1/2 N_2 + 3e^- = N^{3-}$ なる電気化学的な陰極還元反応を受けることが分かっている。この新反応を利用すると、低コスト・低エネルギー消費が期待できる新たなアンモニア電解合成が可能である。本研究では、窒素ガスの陰極還元反応を速やかに進めるため、電極触媒の開発および電極構造の改良を行う。また、陽極でのアンモニア生成反応に関して、分極特性の向上を目指した速度論的検討を行う。アンモニア燃料電池に関しては、熔融 KOH を電解質として、電極触媒の開発および電池性能の評価を行う。

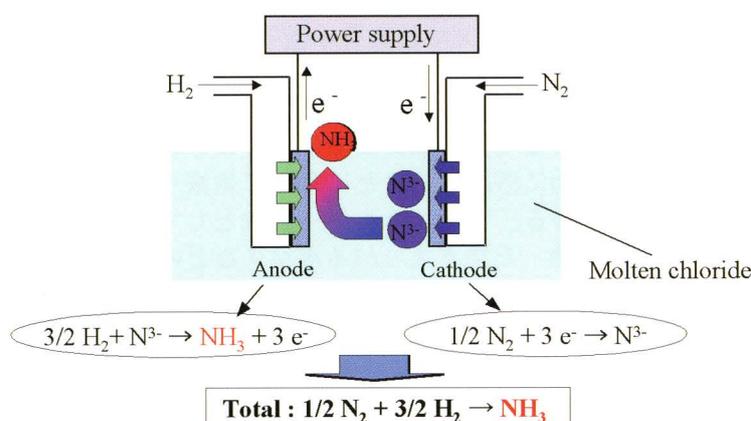


図 4.3.2 新規なアンモニア電解合成法の原理

(2) 新規室温熔融塩の開発およびその水素エネルギー変換デバイスへの応用

本研究室で開発された $EMIF \cdot 2.3HF$ (エチルメチルイミダゾリウムフルオロハイドロジェネート) は、室温において世界最高の高導電率を有し、大気中においても安定であるため、種々の応用展開が期待できる。また、実用化への第一歩として、この室温熔融塩のポリマーへの固定化にも成功している。本研究では、燃料電池、湿式太陽電池および電気二重層キャパシタの高性能化・実用化に向けて新規な室温熔融塩の開発、およびそれらをポリマーに固定化した新規電解質の開発を行う。

(3) 高効率水素エネルギー変換および省エネルギーのための新規材料の創製

熔融 $LiCl-KCl-Li_3N$ 系では、窒素をキーエレメントとする高温耐食材料・良熱伝導材料・磁性材料・超伝導材料等を電気化学的に形成することができる。また、熔融塩中にランタニド・アクチニドイオンを導入すると、水素吸蔵材料・磁性材料であるランタニド・アクチニド-遷移金属合金を高度に制御しながら形成することができる。本研究では、目的とする機能性が最大限に発現する組成・構造・組織・膜厚等が得られるように電解条件の最適化を目指す。

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

(エネルギー基礎科学専攻 八尾 健)

セラミックスは、高温、腐食性環境等での使用や多様な化学的および物理的機能の付与が可能であるため、多くのエネルギー関連プロセスへの適用が期待される。酸化物イオンを選択的に透過するイオン導電性セラミックス、あるいはイオン導電性と電子導電性を併せ持つ混合導電性セラミックス等の固体イオニクスセラミックス材料は、水素利用に関する固体酸化物形燃料電池および水素製造に関する高温水蒸気電解槽の電解質および電極材料として重要である。

本研究では、固体酸化物イオニクス材料として、特にペロブスカイト型関連構造を有する酸化物に注目し、結晶化学の知識を駆使して新規材料の開発・設計を行うことを目的とする。ペロブスカイト関連のブラウンミレライト型構造は、酸素空孔を多く含むことから、高い酸化物イオン導電性を有すると期待される。また、水溶液合成ならびに電気泳動堆積により、固体酸化物イオニクス材料の薄膜作製を行うことを目的とする。固体酸化物イオニクス材料を薄膜にして用いることにより、高機能化を図ることができる。水溶液合成ならびに電気泳動堆積は、大面積で均質な薄膜の作成が可能であり、また高価で特殊な装置を使用しないため、製造コストも低く押さえることができる。金属フルオロ錯体の加水分解反応を用いて、種々のセラミックスを水溶液から合成する。さらに、セラミックス微粒子を溶液中に分散し、電気泳動堆積を行い、薄膜を形成する。

イオン導電性の高い固体電解質薄膜ならびに高い反応性を有する電極材料の作製が可能となる。燃料電池ならびに高温水蒸気電解槽の高効率化に寄与する。

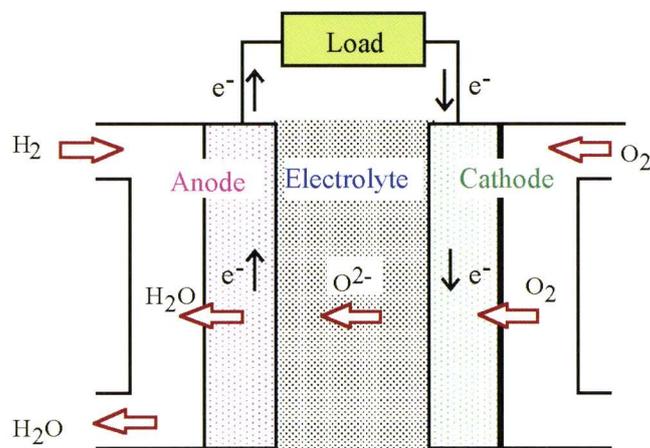


図 4.3.3 水素-酸素燃料電池の構成

4.3.3 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)

金属バナジウム(元素記号 V)は室温で水素を脱着できる純金属である。良質の水素吸蔵合金とするためには、合金設計として水素を吸蔵できるような格子に空間を持つ金属化合物であることが重要である。さらに軽量で微粉化が起こりにくく、高価で酸化しやすい希土類金属を含まず耐食性、耐酸化性のある固溶体系金属が必要である。V を主成分とした体心立方(BCC)型結晶構造を持つ V-Ti-Cr 系固溶体合金がこれらの問題点を解決する新合金として期待している。一般に BCC 型固溶体は塑性加工性があるので複雑な形状に機械加工して水素吸蔵タンク内部に効率的な配置を図ることも期待できる。

残念ながら金属 V への還元方法は酸化物の炭素還元であって、現状ではその純度は必ずしも高くない。不純物の酸素炭素は水素吸蔵特性を劣化させるから、これらを低減する必要がある。また現状のアーク溶解法では大量生産に当たり組成の制御が困難である。そこで、ここでは以下の事項について研究を行う。

- (1) V を主成分とした V-Ti-Cr 系金属合金を中心として、室温近傍で低い水素吸脱圧力の新合金設計に力点を置き、Hf、Zr、Nb、Ta 等いわゆるバルブメタルを元素として添加して機械強度を改善するとともに、少量の第 2 相を析出させてこれにも水素吸蔵能力をもたせて微粉化抵抗を高める合金設計を行う。実験では、まず V-Ti-Cr 系金属合金にアーク溶解で第 4 元素を添

加してその水素吸蔵特性を評価する。PCT法による水素吸蔵特性の評価は他大学等との共同研究を計画している。同時にアルカリ水溶液中での水素吸蔵特性を電気化学的に評価する測定装置を自作する。最も特性の高いBCC相の高温安定領域を材料化学的に調査して、組成変動のある大量生産法に備える。

- (2) 金属バナジウムの高純度化のために電気化学的還元方法を適用して良質の金属Vを大量に製造するプロセスを開発する。これを発展させて、酸化物混合体を原料に低温固体状態でカルシウム還元することにより省エネルギーで高品質な本系金属合金の還元合成を試み、酸化皮膜のない、表面積の大きい水素吸蔵合金の新製造プロセスを開発する。これには、大量生産に適した京都大学独自の手法である熔融塩化カルシウムを利用した電気化学的還元方法を適用して、酸化物原料から炭素と反応させずに良質の金属Vを大量に製造する。低温での還元になることから製造に要するエネルギーを大幅に削減できる。X線回折や局所元素分析など材料科学的手法で本合金の製造過程を調査する。さらに酸化物原料の混合体を対象に電気化学的カルシウム析出同時共還元で本系金属合金を合成する。

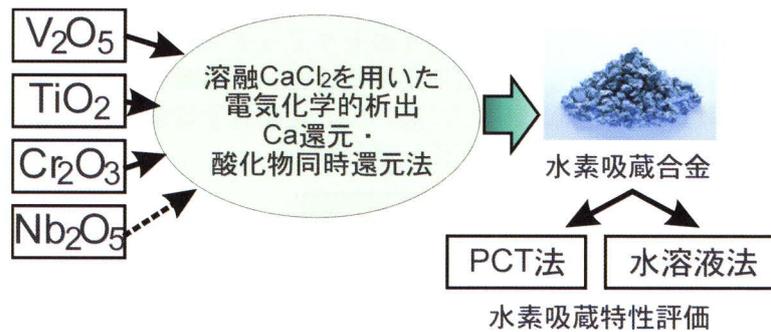


図 4.3.4 水素吸蔵金属の合成とその評価

4.3.4 太陽電池を利用する水素エネルギー供給システムの創設—珪藻土の高純度化と形態制御

(エネルギー応用科学専攻 西山 孝、楠田 啓)

太陽エネルギー利用技術は水素エネルギーシステムとの有機的連携が確立されて初めて地球環境エネルギー問題の解決に貢献することができる。地球環境問題に貢献し得る高効率で安価な太陽光発電の開発を進めるためには、その資源の確保と安定な供給システムが保証されなければならない。現時点の生産量を数桁以上凌駕する莫大な量の太陽電池パネル生産プロセスを可能にする、高純度シリカ資源探査、精製、形態制御プロセスの開発を行う必要がある。

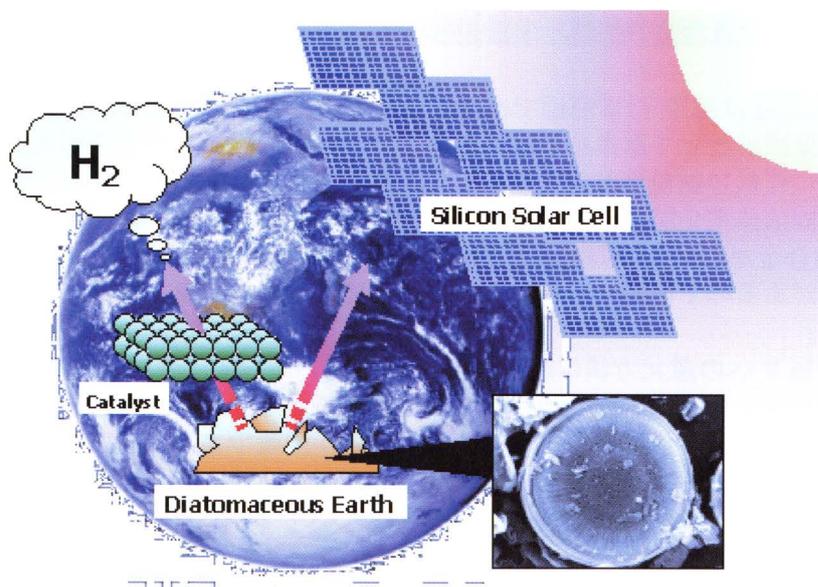


図 4.3.5 太陽電池を利用する水素エネルギー供給システム

形態制御によりシリカナノチューブ創製や $\text{MoC}_2\text{+HXSM-5}$ 複合触媒を担持させてメタンハイドレート等の改質による H_2 、C6-C10 燃料合成が可能になる。7N シリカまで高純度精製できれば、太陽電池グレードのシリカ源が確保できることになる。さらにそれらの高純度シリカをシリコンに還元し、大面積高効率太陽電池開発のために、必要な基盤技術開発を展開しなければならない。それらの技術的基盤の整備とともに、得られた太陽光発電エネルギーを利用して、水素エネルギーシステムを開発する必要があり、以下の事項について研究を行う。

- (1) ドーパント濃度が極めて低い湖成起源珪藻土の高純度化および形態制御を行う。これに成功すれば、 $\text{MoC}_2\text{+HXSM-5}$ 複合触媒を担持させてメタンハイドレート等の改質による H_2 、C6-C10 燃料合成が可能となり、形態制御による比表面積と触媒活性の飛躍的な増大が期待される。
- (2) 高純度化原料の SiH_2Cl_2 CVD 流動化や電解還元による薄膜太陽電池作成を目指し、強磁場勾配制御された高純度シリカの新しい還元プロセスにチャレンジする。場合によっては、太陽電池生産量の飛躍的な増大を期待して、不陽性陽極を用いる熔融塩電解プロセス研究を試みる。
- (3) 水電解操作による水素エネルギー製造を試みる。遷移金属ナノワイヤーアレイ電極を応用した高効率水電解操作と組み合わせて水素エネルギーシステムの構築に貢献したい。

4.3.5 高効率クリーン水素エンジンの最適設計

(エネルギー変換科学専攻 塩路昌宏)

水素の効率的利用の観点から、小規模分散型高性能クリーン動力変換システムとしての水素エンジン技術の要件と方法を示す。特に、水素特有の燃焼特性の活用によりエンジンを高効率化・高出力化することを目的として、以下の研究を実施する。

(1) オンボード改質水素を利用するエンジンシステム設計

天然ガスエンジンにおける排熱のカスケード回収を狙って過給ターボの上流に改質器を配置し、水蒸気改質で得た水素を吸気に混入して燃料の一部とする。オンボード改質技術は燃料電池利用の点から近年急速に開発が進展し、比較的低い温度で高変換率が実現されている。その際、純水素で作動する燃料電池では改質時に副生する一酸化炭素を精製する必要があるが、エンジン利用では改質ガスをそのまま利用できるため改質反応の吸熱分だけ排熱を回収できることになる。さらに、水素の混合によるエンジン効率の向上が期待できるうえ、含まれる水蒸気も火炎温度を下げることに寄与し、窒素酸化物低減に役立つ可能性がある。本研究では、このオンボード改質器を含むエンジンシステムの効率をサイクルシミュレーションによって算出し、排気温度、エンタルピー流量、水素・一酸化炭素混合燃料の燃焼効率、などシステム成立の要件を検討するとともに実機運転を試み、高効率化の可能性と最適運転の設計指針を示す。

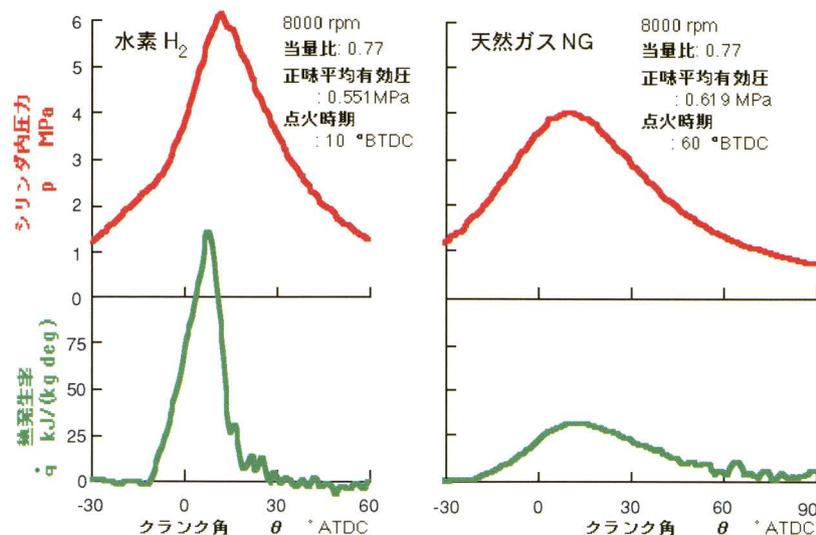


図 4.3.6 水素と天然ガスのエンジン燃焼特性の比較

(2) シリンダ内直接噴射による混合気形成の制御と最適着火法の提案

水素の逆火・ノックなどの異常燃焼を防止し、高出力・高効率化をさらに進めるために、シリン

ダ内直接噴射式水素エンジンを開発・設計・試験する。その際、高圧ガス噴射による混合気形成と着火制御が問題となるので、まず定容容器内燃焼実験により、水素ガス噴流の発達と点火および自着火特性を把握するとともに、燃焼過程を解析する。特に、水素に特有の噴流火炎形態をとることが予想され、これが雰囲気温度、圧力、噴射圧、ノズル形状によってどのように変化するかを調査する。その結果に基づき吸・排気弁や吸入旋回流、水素噴射率の可変機構を備えたエンジンを設計・試作・実験する。

(3) 水素エンジン設計のための数値シミュレーションコードの開発

水素混合燃料や種々の燃焼形態に適合するエンジン燃焼シミュレーションコードを開発し、エンジン性能の予測と最適運転条件の設計に役立てる。シリンダ内流動予測には既存するコードを適用し、これに燃焼・反応モデル、ガス噴流混合気形成モデル、有害物質生成モデル、等の新たに考察したサブモデルを組み込み、合理的なシミュレーションコードに総合する。その際、燃料性状による化学反応速度の変化や噴流の発達・自着火などの素過程については基礎実験の知見を活用し、新たな物理・化学モデルの構築も視野に入れる。

4.3.6 廃炭化水素類を利用した水素混合ガスの生成と高温還元製鉄プロセスへの応用

(エネルギー応用科学専攻 岩瀬正則)

従来の製鉄プロセスは、炭素系化石燃料の利用を前提としたものであった。これに対し、廃炭化水素(廃プラスチック、廃建材、バイオマス等、商品として流通しているものではない炭化水素)を利用した製鉄プロセスを提案している。既に水素による酸化鉄の還元速度が、CO ガスによるそれに比して、数倍の速度を有することを見出しているが、酸化鉄以外の成分(シリカ等)については、未だに不明である。もっとも安価に入手できる炭化水素としては廃プラスチックがあるが、これには塩素系プラスチックの分離プロセスが必要となる(ダイオキシン生成を抑制するため)。脱塩素プロセスの作動最適温度等、最適条件を探索する必要がある。炭化水素の超高温における平衡計算から、1600℃ 以上では、水素濃度 50% 以上の還元性ガスを生成できる可能性がある。高炉羽口先燃焼温度の計算から、廃プラスチック等廃炭化水素の吹き込みにより、PCI 吹き込みに優れるコークスの燃焼特性が得られることがわかったが、PCI、廃プラスチック共存下における燃焼特性が不明である。

本年度の研究目的は、以下の通りである。

- (1) 廃プラスチック等から混入する塩素(塩酸)と水素+水蒸気の混合ガスと高炉スラグ間の反応を明らかにする。
- (2) 廃建材等、炭素、水素に加えて酸素をも含有する物質の高温におけるガス化平衡相を明らかにする。

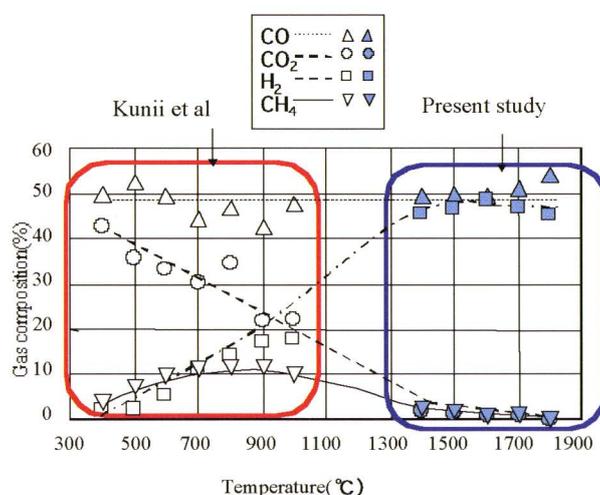


図 4.3.7 急速加熱時に生成するガスの成分

既に得られた結果では、CaO-SiO₂-Al₂O₃ 系融体と Ar-H₂-HCl-H₂O 混合ガスを反応させた際、この融体への Cl の溶解が生じる。また、木材を低酸素分圧下、1400~1800℃ の超高温下で急速加熱

した際に生成するガスの成分を測定した結果を図 4.3.7 に示す。低温(1000°C 以下)では、ガス中の H_2 分圧が低い、超高温では、ガス相のほとんどは $CO + H_2$ である。

4.3.7 微小重力環境下の水素エネルギーシステムと電気化学プロセッシング

(エネルギー応用科学専攻 石井隆次、福中康博)

太陽光発電技術と連携した水素エネルギーシステム研究を遂行するためには、宇宙空間のエネルギー変換と貯蔵に関連する電気化学界面現象の解明が重要である。そこで、まず 1) 落下塔微小重力環境下で水電解や燃料電池に関する基礎的実験を行い、電解液/ガス/電極からなる 3 相界面における非平衡電気化学界面現象に及ぼす重力レベルや強磁場勾配の影響を基礎的に検討する。同時に、2) 我々のこれまでの電気化学的核発生現象に及ぼす重力レベル効果に関する研究成果に立脚しつつ、PC テンプレートを利用した遷移金属ナノワイヤー配列の電気化学プロセッシングに従事する。核発生成長過程を制御しつつ、遷移金属ナノワイヤー配列を組み込んだ超高性能触媒電極を開発する。それを用いて水電解と燃料電池が一体型となっている再生型マイクロ燃料電池システムが開発されることが期待できる。また、3) 太陽電池の電気化学プロセッシングやコロイド媒体の光電気化学特性についても研究を行う。太陽光発電と水素エネルギーシステム技術の連携により宇宙ステーションでのエネルギー変換と貯蔵の科学と工学の発展が期待される。これらの知見を地上重力場の水素エネルギーシステムにフィードバックして、地球環境調和型エネルギー変換と貯蔵プロセスの科学と工学に貢献したい。

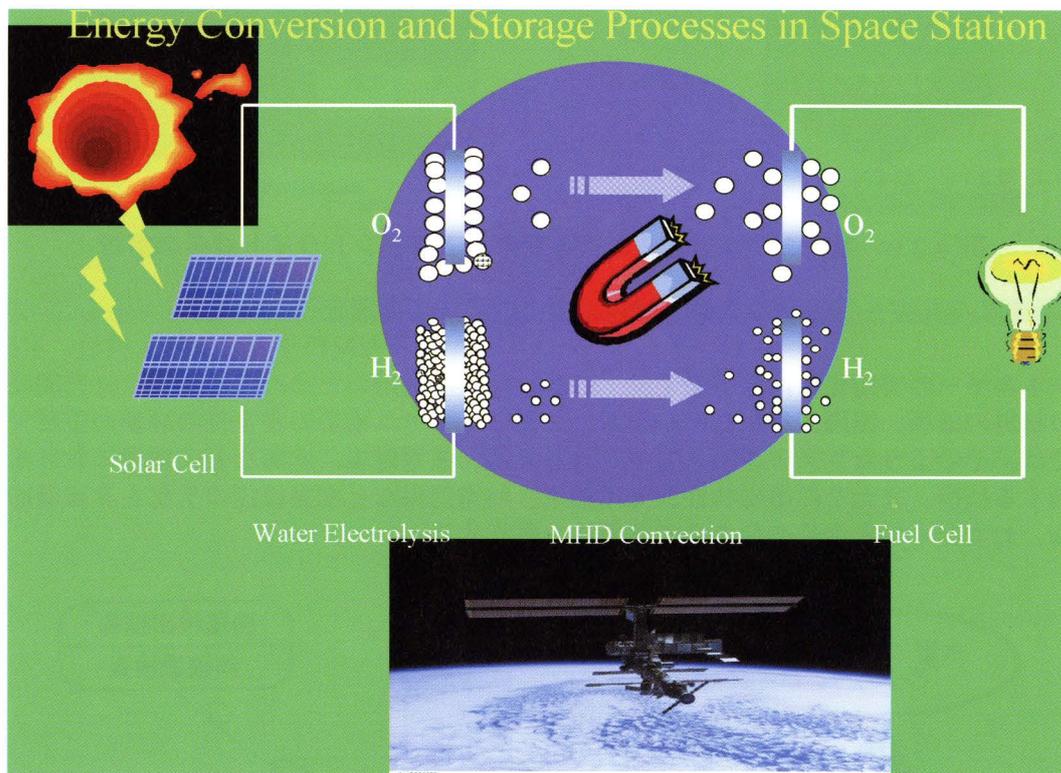


図 4.3.8 宇宙空間における水素エネルギー変換・貯蔵プロセス

4.3.8 水素利用機器を構成する高機能材料のマクロ・ミクロ連成解析

(エネルギー変換科学専攻 井上達雄、今谷勝次)

水素を利用するエネルギー機器をはじめとして、高温機器構造物は 2000°C にも達する過酷な環境下で作動することが求められている。このような条件下では、使用する材料の開発とともにその強度・機能評価手法の確立が望まれている。本研究では、高機能材料の熱・力学的挙動を把握するために、巨視的な変形の様相と微視的な機構の相関の解明を試みる。

マクロ・ミクロ連成解析を構築する観点から、まずマクロな連続体レベルでは把握できないミクロな損傷を不均一な微視的な変形機構にさかのぼって検討する。さらにミクロな領域での材料不均質性の原因となるデンドライト成長過程の解析を行う。

まず、多結晶体の変形挙動を結晶塑性学的立場から統一的に解析するために、特に高温で問題となる粒界すべりを考慮した数値解析を試みる。結晶粒間のすべりの競合のために粒界に変形の集中が生じるが、これを数値解析的に検討するとともに、実験的に結晶粒と粒界の相互作用について検証する。左下図は粒界を含む多結晶をモデリングして単純な引張り変形数値的に検討したものであり、粒界3重点近傍に変形が集中していることがわかる。

材料の不均質性は、その創製過程中的結晶成長あるいはデンドライト組織の成長に起因する。そこで高機能材料のミクロな熱・力学的組織変化の評価としてフェーズフィールド法に基づくデンドライト成長の解析を試みる。右下図はデンドライト成長を解析したものである。さらに効率的かつ統一的に熱伝導方程式とフェーズフィールド方程式を連立して解くためのアルゴリズムを検討し、デンドライト成長に及ぼす異方性や応力の影響を検討する。

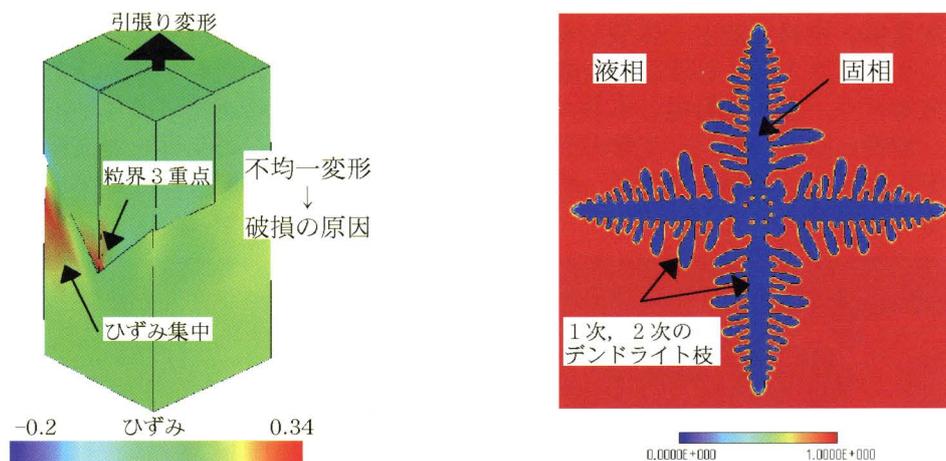


図 4.3.9 粒界3重点近傍における変形およびデンドライト成長の解析

4.3.9 水素エネルギーシステムを担う材料の安全評価技術の確立

(エネルギー変換科学専攻 松本英治、星出敏彦)

水素エネルギーの実用化には、その生成・貯蔵・輸送・利用のための機構を担う材料開発とともに、その材料の破壊、損傷、劣化などの診断、およびシステム構造の安全性の評価が重要である。本研究では、そのようなシステムに必要とされる高温、強電磁場、水素などの環境における材料強度を評価する技術、またその電磁物性、光電効果、熱電効果など変換機能の劣化を非破壊的に測定する技術、およびその安全性や余寿命の評価法を確立する。

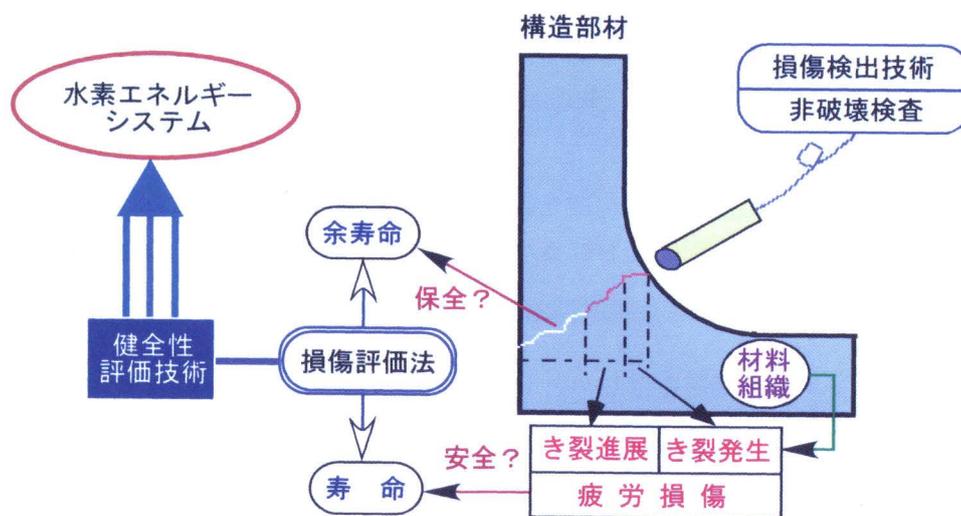


図 4.3.10 構造部材の安全性および余寿命の評価法の確立

本年度は、特に材料の損傷や劣化、あるいはシステム構造物の健全性評価に不可欠となる疲労に

対する寿命評価法を提示する。材料の疲労現象は、き裂の発生と進展過程からなり、その損傷発展を評価した上で、寿命評価を行う必要がある。このため、まず、粒界型および粒内型の微小き裂の発生モデル化を行い、その後の進展挙動を解析することによって寿命評価およびき裂成長形態の推測法を提示する。また、多くの材料は多結晶材料であり、それらを構成する個々の結晶粒における粒界および粒内のすべり線に沿って発生したき裂の合体による成長と個々のき裂の進展との競合によってき裂の成長形態が決定されるという解析モデルを構築する。このような微小き裂の成長挙動は材料の微視組織にも強く影響を受ける。以上の観点から、異なる微視組織を有する材料の多軸疲労に対して、提案した解析モデルに基づいてモンテカルロ・シミュレーションによりき裂成長形態および破損寿命を推定する手法を提示する。また、稼働中の部材において疲労損傷が検出されたとき、画像処理により取り込んだき裂分布状態からその後の余寿命についても評価する手法を構築する。

4.4 バイオエネルギー

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

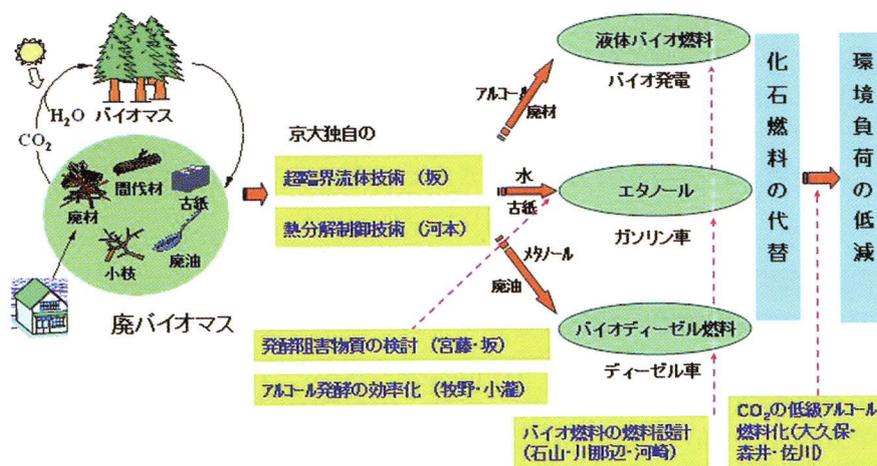
本研究タスク「バイオエネルギー」では、表4-4-1および表4-4-2に示すように、環境負荷の小さい超臨界流体技術を用いた京大独自のバイオエネルギーの創製を試みる。すなわち、超臨界アルコールによるバイオマス資源からの液体バイオ燃料(A-1、A-4)、超臨界水処理により得られた糖類からのバイオエタノール燃料(A-2)および超臨界メタノールによる植物油からのバイオディーゼル燃料(A-3)の新規な製造プロセスを構築する。その過程で、特にバイオエタノールについては、アルコール発酵における阻害物質に関する研究(B-1)およびペントース、ヘキソース同時発酵による高効率エタノール生産(B-2)を検討する。得られた各種バイオ燃料(A-1~A-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(C-1)を試みる。さらに、これらバイオ燃料を用いた際に生じるCO₂のバイオ燃料への再変換についても検討(D-1)を加え、CO₂ゼロエミッション型エネルギー生産・利用技術の確立を図る。

表4-4-1 バイオエネルギー

環境負荷の小さい超臨界流体技術によるバイオエネルギーの創製	
A)	バイオ燃料の創製
A-1	超臨界アルコール技術による液体バイオ燃料の創製 (坂)
A-2	超臨界水技術によるバイオエタノール燃料の創製 (坂・宮藤)
A-3	超臨界メタノール技術によるバイオディーゼル燃料の創製 (坂)
A-4	熱分解制御技術による液体バイオ燃料の創製 (河本・坂)
B)	リグノセルロースからのエタノール生産プロセスの高効率化
B-1	バイオエタノール発酵における阻害物質に関する検討 (宮藤・坂)
B-2	バイオエタノール高効率発酵プロセスの開発 (牧野・小瀧)
C)	バイオ燃料の特性評価と高度化
C-1	各種バイオ燃料(A-1、A-2、A-3、A-4)の燃焼技術の高度化と燃料設計指針の策定 (石山・川野辺・河崎)
D)	バイオマス由来CO₂のバイオ燃料への再変換
D-1	バイオマスを資源としたCO ₂ ゼロエミッション型エネルギー生産・利用技術の開発 (大久保・森井・佐川)

表4-4-2 バイオエネルギー

環境負荷の小さい超臨界流体技術によるバイオエネルギーの創製



A バイオ燃料の創製

A-1 超臨界アルコール技術による液体バイオ燃料の創製

(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

本研究では、超臨界アルコールのもつ特異性をフルに活用して、林産廃棄物を液体アルコールに可溶化させることで、新たなバイオマス液体燃料の創製や有用ケミカルの回収を試みる。超臨界アルコールを用いたバイオマスの液化には、1)アルコール自身が燃料であるため、アルコール可溶化物がアルコールとともにそのまま液体燃料として利用が可能である、2)メタノールおよびエタノールはバイオマスから合成が可能であるため、これらに可溶化することで、バイオマスのみを起源とした液体バイオ燃料の創製が可能である、3)アルコールの臨界温度、臨界圧力は水(臨界温度374℃、臨界圧力22.1MPa)よりも低いいため、熱分解等の副反応を抑制し、より高収率での有用ケミカルの回収が期待されるといった狙いがある。ここでアルコールとして、メタノールおよびエタノールを用いる予定であるが、メタノールについては既にかんりの成果が得られている。

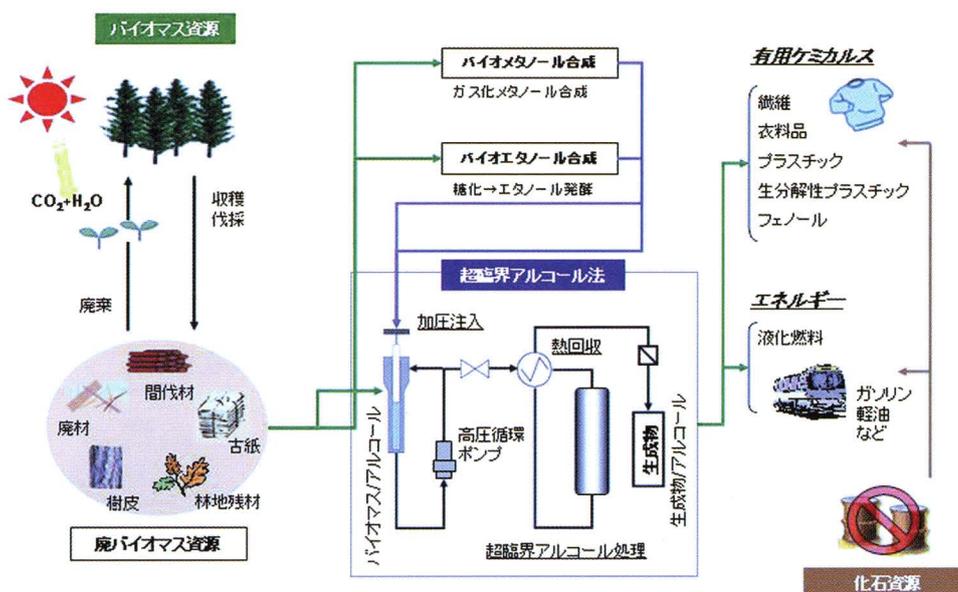
(2) 材料および方法

試料として針葉樹のスギおよび広葉樹のブナ木粉を用い、これら木質系バイオマスの超臨界アルコール処理による分解挙動を明らかにする。また、定容燃焼装置を用いて、得られたアルコール可溶部の着火試験を行い、ディーゼル燃料やガソリン燃料等としての可能性を検討する(C-1)。さらに、より高品位の液体燃料を得るため、超臨界アルコールでの最適処理条件の検討とともに、水素化分解など、他の化学的処理を並列で行い、より粘性が低く、揮発性の高いアルコール可溶部の創製を検討する。さらに、アルコール可溶部中の生成物の有用性や回収の可能性を検討し、有用なケミカルスへの変換の可能性についても検討を行う。

(3) 期待される成果

超臨界アルコール処理により木質系バイオマスを液化することで、輸送や取り扱いが容易な液体バイオ燃料が得られる。さらに、アルコールもバイオマスから製造すれば、100%バイオマスの液体燃料となる。また、有用ケミカルの回収技術が確立されれば、これまで化石資源から得ていた多くのケミカルスをバイオマス資源から代替できると考えられる。これらの要素技術を組み合わせることにより、バイオマス資源をベースとした環境にやさしいバイオ燃料の創製を達成することが可能となる。

A-1 超臨界アルコール技術による液体バイオ燃料の創製



A-2 超臨界水技術によるバイオエタノール燃料の創製

(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

バイオマス資源から石油代替エネルギーを獲得するためには、適切な変換処理が必要であり、これまで、熱分解、酸分解、生物分解など多くの変換処理法が検討されてきた。さらに、近年、超臨界水によりバイオマス資源が、短時間で効率的に有用物質に変換されることが明らかとなってきている。そこで、本研究では、超臨界水法によるリグノセルロース資源の化学変換を試みる。すなわち、セルロースやヘミセルロース由来の糖類からはエタノールを、リグニン由来物質からはガソリンのオクタン価向上に寄与する芳香族系炭化水素もしくは有用ケミカルスを獲得することを目的とする。

(2) 材料および方法

木質系バイオマス資源として針葉樹材ではスギ、広葉樹材ではブナを用いる。試料を、超臨界水(374℃以上、22.1MPa以上)で処理した後に、超臨界水可溶部と超臨界水不溶部とに分離する。超臨界水可溶部からは、沈殿物とオイル状物質が生成するため、ろ過およびメタノール洗浄によりこれらを水可溶部、沈殿物、メタノール可溶部に分離する。超臨界水不溶部は、メタノール洗浄によってメタノール可溶部とメタノール不溶部とに分離する。以上の行程によって、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部の4画分に分離することができ、これらの詳細な分析により、各画分に適した利用用途を開発する。

(3) 期待される成果

これまでの研究成果から、水可溶部と沈殿物には、主にセルロース、ヘミセルロース由来成分が分離されてくる。すなわち、水可溶部中には、オリゴ糖、単糖および単糖の過分解物が、沈殿物には多糖類が存在する。これらは、セルラーゼを用いた酵素糖化または希硫酸を用いた酸加水分解を後続させることで、単糖を効率的に生産できる。得られた単糖は酵母等を用いたアルコール発酵により、エタノールへと変換される(B-1、B-2)。エタノールは、ガソリンに直接添加することで輸送用燃料の代替としての利用が期待される。

メタノール可溶部には、主にリグニン由来物質が分離される。リグニンは、超臨界水中でエーテル結合が開裂し低分子化しているため、フェノール性水酸基を有した低分子物質が得られる。これらは、有用な化学物質やガソリンのオクタン価向上に寄与する化合物へと変換が可能である。

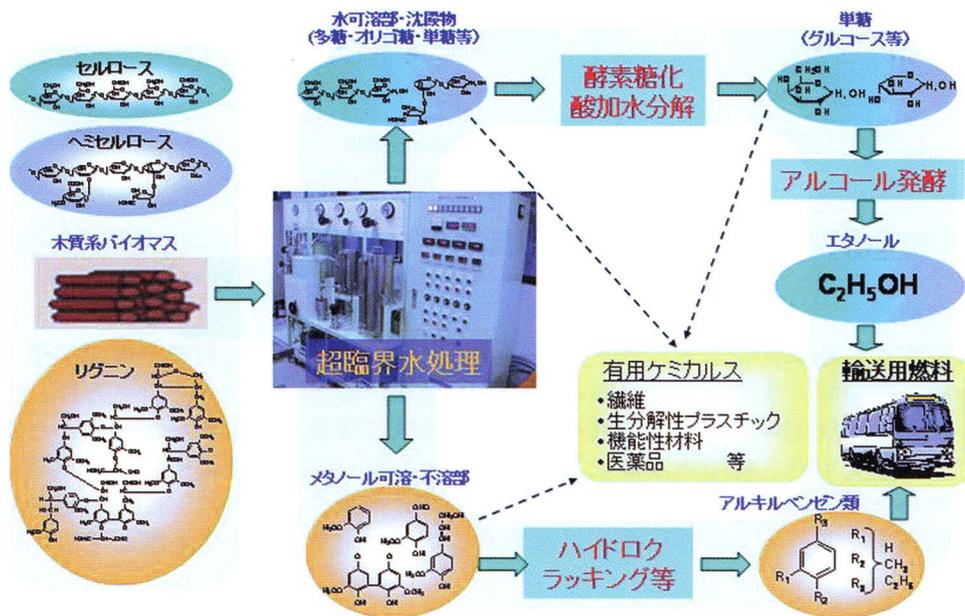
メタノール不溶部中には、超臨界水処理では低分子化しにくい縮合型のリグニンが多く存在する。高分子で固体であるため、高機能性の熱可塑性または熱硬化性生分解材料への変換が考えられる。

(4) 検討課題

超臨界水は、処理温度と処理圧力によって、その特性が大きく変化し、木質系バイオマスは極めて短時間(0.2秒程度)で化学変換される。したがって、超臨界水処理を最適な条件で行うためには、処理温度、処理圧力、処理時間を精緻に制御できる装置開発が重要である。さらに、投入エネルギーが大きくなるため、装置内の断熱、熱回収を最適化する必要がある、これらの検討を行う。

超臨界水処理の結果、木材成分は効率的に分離されるものの、水可溶部や沈殿物中にも若干のリグニン由来物質が存在する。また、超臨界水処理は高温高压であるため、フルフラール等が生成する。これらは、酵母に対して強い毒性をもち、発酵工程を阻害することが知られているため、発酵阻害物質の除去をB-1において検討する。さらにB-2においては高効率発酵プロセスの開発を行う。

A-2 超臨界水技術による液体バイオエタノール燃料の創製



A-3 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はバイオマス燃料の中で実用化されている数少ない事例であり、再生産可能なエネルギーとして各国で注目を集めている。この燃料は、工業的には植物油の主成分であるトリグリセライドをアルカリ触媒下でエステル交換反応することにより得られる。軽油の代替燃料として、ヨーロッパを中心にこれまで研究が進められてきており、日本においても京都市で1997年11月より220台のゴミ収集車を用いた100%バイオディーゼル燃料による走行実験が開始された。さらに、2000年4月よりバイオディーゼル燃料を20%添加した軽油による市バス(81台)が利用されており、年間約1,500トンの使用量に達している。しかしながら、このバイオディーゼル燃料の製造に用いられているアルカリ触媒法では、廃食用油中の遊離の脂肪酸が触媒と反応してアルカリセッケンとなり、その分過剰に触媒が必要となるのみならず、反応後の触媒の分離、精製が不可欠であるなどの問題点を有している。したがって、無触媒系での合成法を見出すことが非常に重要となっている。当研究室では、この数年超臨界メタノールを用いた無触媒系でのバイオディーゼル燃料の研究を推進してきたが、本研究課題を通してさらに研究を進展させて行きたい。

(2) 材料および方法

サンプルとして菜種油および脂肪酸を、反応溶媒としてメタノールを用いる。超臨界メタノール処理(239℃以上、8.09MPa以上)には容量5mlの反応管(材質:Inconel-625)を用いたバッチ型超

臨界流体バイオマス変換装置、および流通型超臨界流体バイオマス変換装置を用いる。処理後の生成物は静置分離し、下層のグリセリンを除去する。上層部は未反応のメタノールを留去した後、高速液体クロマトグラフィー(HPLC)にて解析する。得られた生成物の同定は標品の保持時間との比較によって行う。同様の検討をメタノール以外のアルコールについても検討する。

(3) これまでの成果

1) エステル交換反応

菜種油はトリグリセライドと2~3%の遊離の脂肪酸からなっている。トリグリセライドについては、アルカリ触媒法、超臨界メタノール法、いずれにおいてもエステル交換反応により効果的にメチルエステルに変換される。超臨界メタノール法では、このエステル交換反応における最適な処理条件を導き出すため、処理温度、処理圧力、菜種油に対するメタノールのモル比などの最適条件について検討した。その結果、350℃、43MPa、42：1の条件が最も適切であることが明らかとなった。

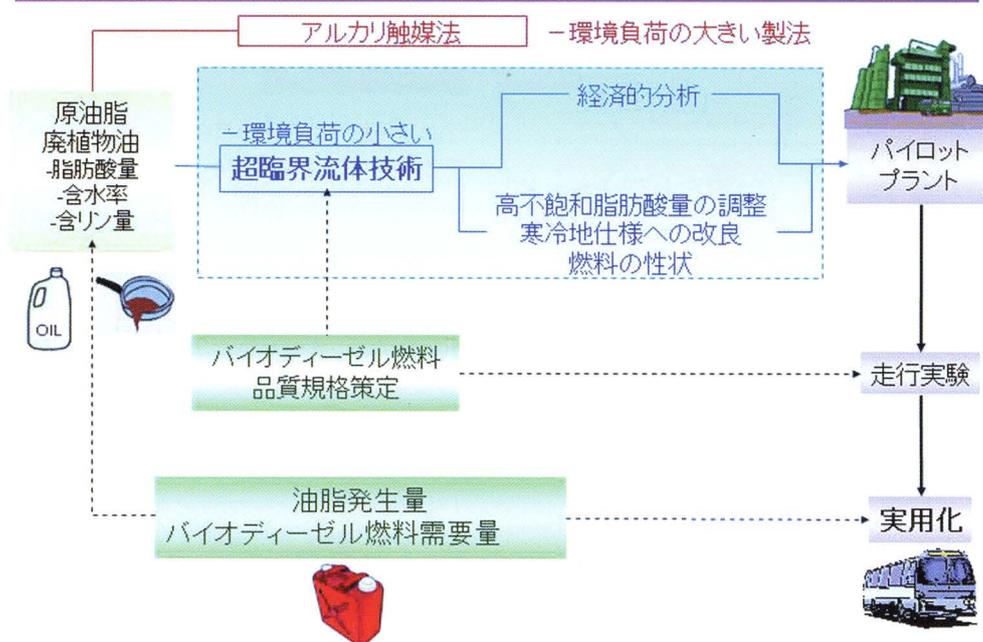
2) エステル化反応

植物油中に微量存在する遊離の脂肪酸は、アルカリ触媒法では触媒と反応してアルカリセッケンとなる。超臨界メタノール法では、超臨界メタノールが酸触媒として働きエステル化反応によってメチルエステルとなることから、前者に比べ収率が向上する。さらに、処理後の分離・精製が簡便となり環境負荷の低い製造プロセスを提供し得る。

(4) 検討課題

超臨界条件を用いた新たなバイオディーゼル燃料の合成法やメタノール以外のアルコールを用いた場合における超臨界アルコール法について検討を行い、新規なバイオディーゼル燃料の製造プロセスを確立する。

A-3 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



A-4 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

熱分解技術は高効率な木質バイオマスの変換技術の1つであり、液体燃料への変換としては急速熱分解による直接液化、ガス化とC1化学(既に天然ガスベースで工業化)の組合せによる間接液化プロセスなどの研究が盛んに行われている。しかしながら、これらの技術は実用化には至っていない。その理由の1つに生成物の低選択性の問題がある。すなわち、従来の木質バイオマスの熱分

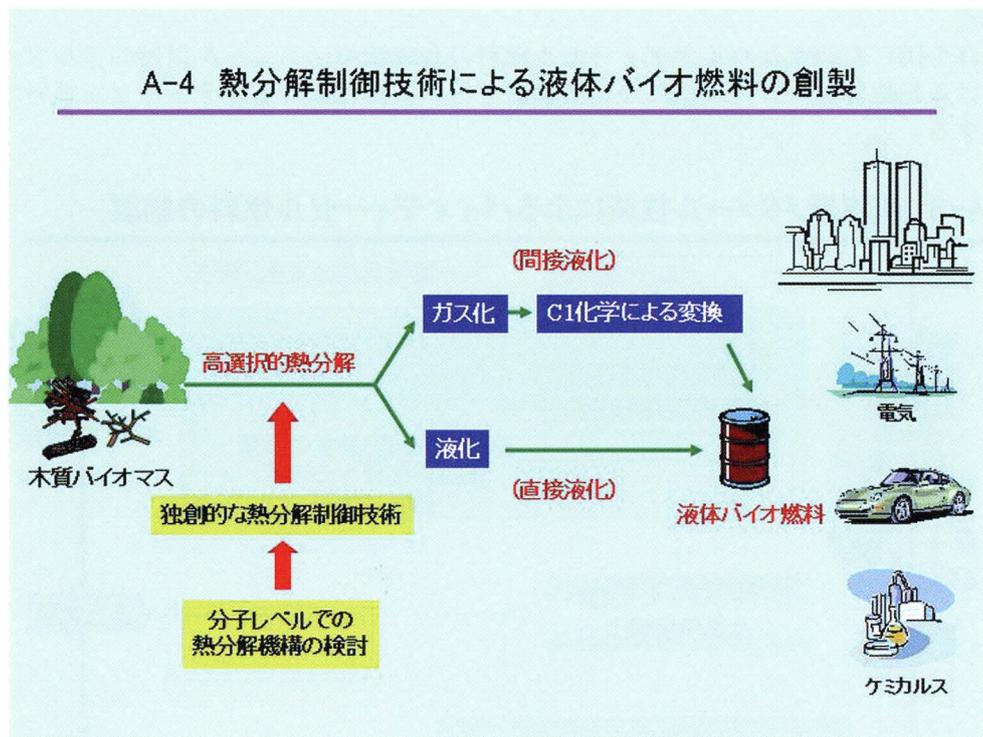
解技術においては、気、液、固体の複雑な生成物が同時に生成し、これにより変換効率が低下するのみならず、副生成物の分離等の問題から効率的なプロセスが構築できない状況にある。本研究では、特に気、液、固体の生成挙動に着目した分子レベルでの熱分解機構の研究を行い、新規な熱分解制御技術を提案することで高効率かつ高選択的な木質バイオマスの液体燃料の創製を目指す。

(2) 材料および方法

木質バイオマスの主要構成成分である多糖(セルロース、ヘミセルロース)とリグニンについて、気、液、固体の生成挙動に着目して熱分解挙動を分子レベルで検討するため、適当な低分子モデル化合物を利用して、気、液、固体の生成機構と制御法の提案を行う。また、木質バイオマスの熱分解制御について検討し、液体バイオ燃料の創製技術を確立する。

(3) 期待される成果

木質バイオマスの熱分解生成物を気、液、固体それぞれに高度に制御する技術を見出すことにより、熱分解をベースとした木質バイオマスの液体燃料への変換技術が開発し得るものと期待される。すなわち、高選択的な液化により、木質バイオマスの液体燃料への直接変換が可能となり、この過程で高付加価値の有用ケミカルスを併せて生産することも期待できる。間接液化においては、タール分の生成を抑えた高選択的なガス化により、タールによるC1触媒の不活性化の問題を解決し、効率的な液体燃料への変換が可能となることが期待される。



B リグノセルロースからのエタノール生産プロセスの高効率化

B-1 バイオエタノール発酵における阻害物質に関する検討

(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

現在、バイオエタノールの生産には加水分解処理が容易なトウモロコシ、廃糖蜜などのデンプンあるいは糖質を原料に用いることが多いが、膨大な賦存量を持つリグノセルロースへの原料転換が望まれている。近年、リグノセルロースの加水分解に関して、超臨界水法や酸加水分解法についての研究が進んできているが、得られる加水分解液中には、糖類以外にも、糖の過分解物として生じる種々の有機酸あるいはフラン化合物、さらにベンゼン環を有するリグニン由来の低分子化合物など、さまざまな化合物が副生成物として含まれている。これらの化合物は、得られる加水分解液中での含有量は非常に僅かであるが、エタノール発酵のプロセスにおいては、微生物に対して発酵阻

害物質として働くため、得られた加水分解液の発酵性は低い。そこで本研究では、A-2での超臨界水によるリグノセルロースからの糖生産を受けて、その後に酸加水分解法を組み合わせた処理で得られる加水分解液について、その醗酵性の改善、向上を試みる。

(2) 材料および方法

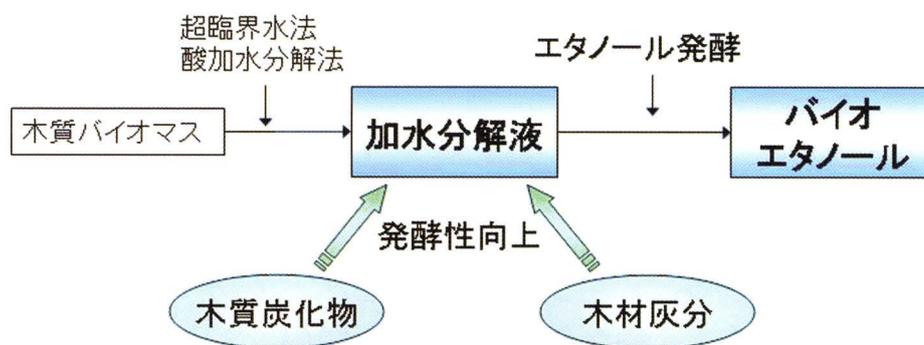
近年吸着剤として注目されている木質炭化物を用いて、加水分解液中に含まれる、有機酸、フラン化合物、リグニン由来物質等の発酵阻害物質の除去を試みる。木質炭化物の比表面積、細孔径などを測定し、その特徴を明らかにし、HPLCあるいはGC-MS分析により、発酵阻害物質の定性および定量を行う。さらに、木質炭化物の発酵阻害物質の除去特性、メカニズムを明らかにする。

また、加水分解液の中和処理による酸性物質の除去のため、木材燃焼後の灰分を用い発酵性の向上を試みる。また、ミネラル源として、微生物の生長促進作用の可能性についても検討を行う。その中で、灰分成分組成と発酵性向上のメカニズムについても明らかにしていく。

(3) 期待される成果

加水分解液の発酵性向上が可能となれば、高効率なバイオエタノール生産が期待できる。また、木質炭化物や灰分はどちらもバイオマス由来であるので、これらを用いた発酵性改善処理は環境負荷の小さいプロセスとなり、その点でも望ましい処理であると考えられる。

B-1 バイオエタノール発酵における阻害物質に関する検討



検討項目:

- ・木質炭化物を用いた発酵阻害物質の除去による発酵性向上
- ・木材灰分処理による発酵性向上

B-2 バイオエタノール高効率発酵プロセスの開発

(エネルギー社会・環境科学専攻 牧野圭祐、小瀧 努)

(1) 背景および目的

化石燃料枯渇あるいは地球温暖化などの環境問題等の地球規模の重大な問題を解決する一つの方策として、バイオマスの更なる有効利用が望まれる。バイオマスは、植物などの生物が光合成により太陽エネルギーを用いて大気中の二酸化炭素を有機物質として固定したものであるため、その生成から利用までの各ステップをコントロールすることにより、地球環境への影響が少ないエネルギーおよび物質利用システムを構築することができる。バイオマスの有効利用は多岐にわたり、エネルギー関連物質としての利用は、一部で既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、A-2での超臨界水によるリグノセルロースからの糖生産、B-1でのバイオエタノール発酵における阻害物質の検討を受け、バイオマスの更なる高効率生産・変換および有効利用に向けて主にバイオエタノールに的を絞って、分子論的観点より研究を進めるとともに、バイオエタノールの高効率生産システムの構築を目指す。

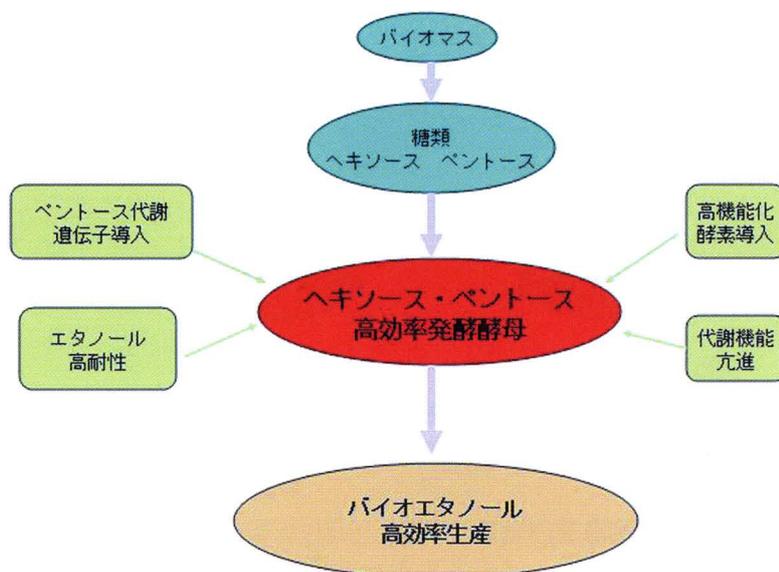
(2) 材料および方法

リグノセルロースからバイオエタノールを高効率に生産するためには、多くのプロセスにおける高効率化が必要であるが、本研究では、主に発酵プロセスに焦点を当てる。そのために、発酵に関わる主要酵素(アルコール脱水素酵素、ピルビン酸脱炭酸酵素など)の高機能化、発酵微生物(酵母および細菌)の高濃度アルコール耐性化、代謝変換能の高度化などを行う。また、リグノセルロースから生成される糖としては、グルコースなどのヘキソースの他に、キシロース等のペントースもあるが、酵母は一般的にペントースを炭素源として用いる能力がない。そこで、酵母に大腸菌などの細菌が持つペントース資化能を遺伝子操作により導入し、ヘキソースのみならずペントースからもバイオエタノールを生産できる酵母を開発する。さらに、それらの要素技術を組み合わせてプロセスとしてのバイオエタノール発酵の高効率化を目指す。

(3) 期待される成果

リグノセルロースの主要構成物であるセルロースおよびヘミセルロースの単位成分は主に糖である。セルロースがヘキソース(グルコース)の高分子体であるのに対して、ヘミセルロースの主要構成糖はキシロースなどのペントースである。一般に、酵母などのバイオエタノール生産能力を持った生物は、ヘキソースを原料として発酵を行い、ペントースを原料として発酵を行うことはできない。本研究で、ヘキソースのみならずペントースからも高効率にバイオエタノールを発酵生産できるシステムが開発されれば、バイオマスの有効利用をさらに高効率に達成することができる。

B-2 バイオエタノール高効率発酵プロセスの開発



C バイオ燃料の特性評価と高度化

C-1 各種バイオ燃料の燃焼技術の高度化と燃料設計指針の策定

(エネルギー変換科学専攻 石山拓二、川那辺 洋、河崎 澄)

(1) 背景および目的

メタノールまたはエタノールベースのバイオ燃料(A-1)、バイオエタノール燃料(A-2)およびバイオディーゼル燃料(A-3)のエンジン用燃料としての特性評価とその結果に基づく最適燃料性状・組成の探索、ならびに燃焼技術の高度化を目的とした研究を行う。

バイオエタノール燃料は欧米等で既に利用されており、量論燃焼火花点火機関への適用には大きな研究課題がないので、熱効率向上と重負荷用途への適用のため、他の在来燃焼方式および新燃焼方式の可能性追求を課題とする。メタノールまたはエタノールベースのバイオ燃料に関しては、原料と反応条件の選択により燃料組成に幅があると見られることから、基本的な燃焼特性の把握から出発し、現行・新燃焼方式が要求する最適燃料組成の探索を主な課題とする。バイオディーゼル燃

料は、植物・廃食油のメチルエステル化燃料の利用実績があり、従来型燃焼系における排気改善効果が確認されている。本研究では、工業的に用いられているアルカリ触媒法によるものではなく、超臨界メタノール法により得られるバイオディーゼル燃料について、将来のSPM・NO_x規制にかなう新燃焼系への適合性、ならびに未規制物質を含む排気浄化を課題とする。

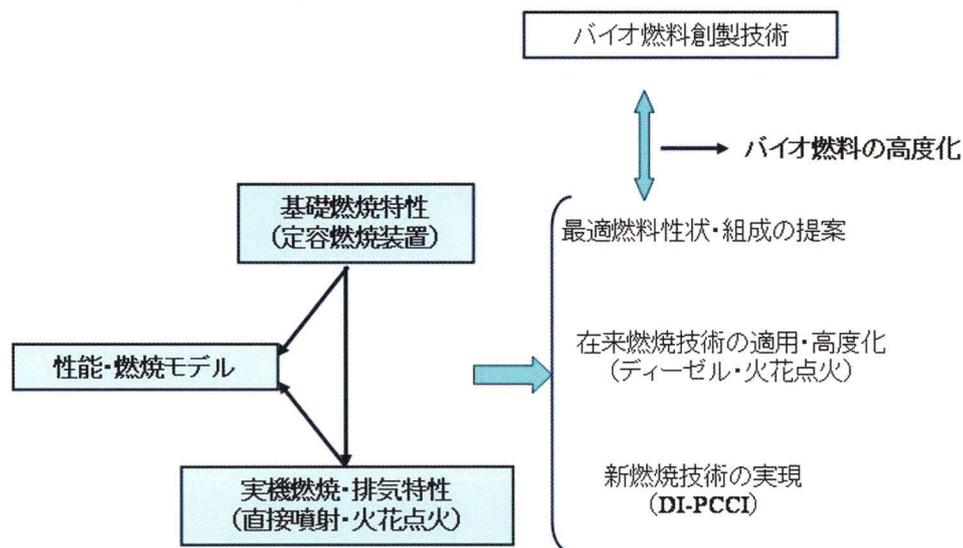
(2) 材料および方法

- 1) 基礎燃焼特性の把握：筒内直接噴射による火花点火成層希薄燃焼、ならびに圧縮自着火燃焼の基本的な特性を把握するため、現有の二台の定容燃焼装置に、混合気・壁面加熱装置および電磁式燃料噴射弁を追加する改良を施し、高速度撮影法を併用して噴霧特性と混合気流動・分布ならびに火炎伝播・自着火特性を把握する。
- 2) 実機燃焼・排気特性の把握：直接噴射式試験機関、および火花点火試験機関を用いて、ディーゼル(A-3)、早期噴射圧縮自着火(DI-PCCI)(A-1/A-2)、および火花点火(A-1/A-2)運転における性能・排気特性を計測する。DI-PCCI方式はいまだ確立していないため、1)の結果に基づいて燃焼系の改造を行うとともに、第1段階として模擬燃料を用いて要求セタン価、着火に必要な温度・圧力条件等の調査を行った後、実燃料を用いた評価を実施する。
- 3) エンジン燃焼モデルの構築：廃熱利用を含めたシステム設計のため、エンジンマクロ性能評価モデルを、また主として圧縮着火燃焼における燃焼系最適化の指針を得るため、乱流混合モデルと、縮小反応モデルを含む燃焼モデルの構築を行う。

(3) 期待される成果

- 1) バイオマス起源燃料の基本燃焼データベースの充実を図ることができる。
- 2) 燃料要求性状・組成を提案することにより、燃料製造技術の研究と一体となって望ましい燃料の提案を行う。
- 3) 在来燃料では困難なDI-PCCI等新燃焼方式を実現できる可能性がある。

C-1 各種バイオ燃料の燃焼技術の高度化と燃料設計指針の策定



D バイオマス由来 CO₂ のバイオ燃料への再変換

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

(エネルギー基礎科学専攻 大久保捷敏、森井 孝、佐川 尚)

(1) 背景および目的

バイオマスは再生可能な有機性資源であり、世界の主要なエネルギーの約14%を供給している。このバイオマス由来のエネルギーを使用することで排出されるCO₂は、バイオマス成長過程で光合成により固定化されるため、カーボンニュートラルといわれているが、今後、バイオマスからの

エネルギー供給率が高まるにつれて、排出される CO₂ の環境負荷が次第に無視できなくなってゆくことは充分予測される。そこで本研究では、バイオマスを由来とする CO₂ 等炭素資源の省エネルギー型変換技術を開発し、CO₂ ゼロエミッション型炭素リサイクル系としてのエネルギー生産・物質変換システムの構築を目指す。

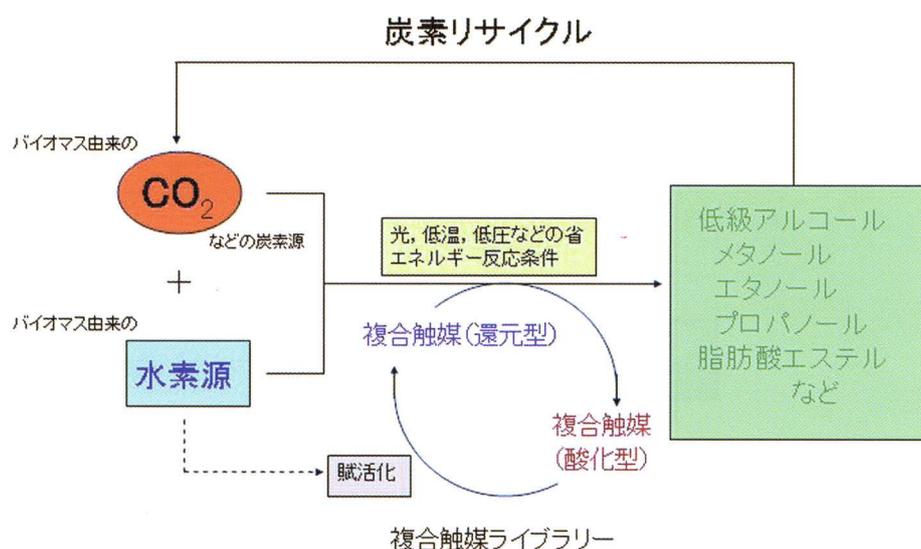
(2) 材料および方法

亜鉛・マンガン・鉄・コバルト・ニッケル・ロジウム・ルテニウム・白金等の金属および金属酸化物をシリカやアルミナ等の担体に種々の条件で担持させた無機固体触媒と、機能性ドメインから構築した生物型触媒のナノスケール機能集合体を設計する。これらをもとにして複合触媒ライブラリーを作製し、バイオマス由来の CO₂ 等炭素資源の高効率物質変換反応を指標にしてスクリーニングする。

(3) 期待される成果

バイオマス由来の CO₂ 等炭素資源の変換対象としては、メタン、エタン、プロパン等のガス成分以外に、メタノール、エタノール、プロパノール等の低級アルコールの生成や、脂肪酸エステル類の省エネルギー型合成が期待される。これらの液体バイオ燃料は、エネルギー輸送の観点からも至便であり、種々の工業原料としても重要である。複合触媒ライブラリーを用いたこれらの分子変換技術は、無機固体触媒作製時の種々のプロモーター因子の導入や、種々の条件下、ナノスケールで精緻に設計された機能性ドメインの集合体形成により、反応生成物分布の精密制御や、より一層の省エネルギー化が期待される。

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



5. 平成14年度の教育関係の取組み

5.1 若手研究者に対する教育・研究支援

本 COE プログラムの事業者が所属するエネルギー科学研究科、エネルギー理工学研究所および宇宙電波科学研究センターで研究活動を行っている博士後期課程学生に対して、まず 10 月 31 日に、21 世紀 COE に関する RA 採用、公募型研究資金の供与および旅費支給について説明会を開催した。また同様の通知を指導教官に行い、連絡漏れのないよう周知し、以上について公募した。11 月 11 日の締切りまでに応募のあった者に対して、以下のような採択および支給を行いつつある。

RA については、指導教官から採用願いを出させるとともに、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、適性を判断したうえで 40 名を採用した。うち 11 月 1 日から 3 月 31

日までの5ヶ月間支給が31名、12月1日から4ヶ月支給が9名である。RA関係で約800万円の支給となる。

表 5.1 平成 14 年度の公募型研究の採択実績

氏 名	研 究 題 目	交付額 (千円)
原田 琢也	Y 基 123 系高温超伝導体の臨界電流特性にもたらす化学ドーピング効果	650
野澤 貴史	先進セラミックス複合材料の高温強度特性に及ぼす環境効果に関する研究	520
三谷 友彦	民生用マグネトロンの高効率化・低雑音化及びマイクロ波エネルギー伝送システムへの応用に関する研究	700
伊藤 京子	環境教育のための議論モデルと議論支援システムの設計と構築	500
鈴木 孝明	各種磁性材料の磁気弾性結合を含む磁気的および力学的挙動の連続体理論に基づく定式化	700
中島 裕典	ハイドライドイオンの関与する高温水素ガス電極反応の学理とその高性能水素ガス電極への応用	700
松本 美幸	琵琶湖集水域における窒素・リン排出量取引の制度設計	500
笠嶋 丈夫	電気化学的アプローチによるミディアム温度域で使用する水素吸蔵材料の開発	500
佐藤 雄太	フッ素を用いたグラファイトのナノ構造制御	500
南 英治	超臨界メタノールを用いた木質系バイオマスからの有用ケミカルス及び液体燃料の創製	500
辻村 浩行	電気化学的窒化物薄膜被覆プロセスを用いたクロム窒化物コーティング	500
山本 芳弘	送電ネットワークにおける市場支配力に関する研究	500
平田 晃義	コンビナトリアル・アプローチによる機能性人工タンパク質の設計	500
余 寧	Thermo-Mechanical Analysis Based on Non-Fourier Heat Conduction Law	500
笹野 順司	光電気化学反応による水素生成を目指したシリコン電極の表面形態制御	300
Sha Jianjun	Study on Mechanical Property Changes and Microstructural Evolution of Advanced SiC _f /SiC Composite Materials under Irradiation Conditions	300
李 容承	環境調和型エネルギーシステム構造材料の熱特性評価	300
大西 祐介	大気エアロゾル粒子及び雨水の短時間化学成分変動に着目した Washout 機構の研究	300
Farid AbouRageh Harraz	Chemical Deposition of Nickel onto Porous Silicon from Fluoride Solutions	300
朴 峻秀	環境調和型エネルギーシステム構造材料の破壊抵抗特性の評価	300
飯田 貴久	磁場下溶解塩電気化学プロセスによる希土類 - 遷移金属磁性合金の形成	300
隠岐 嘉重	地球温暖化・冷却化に関係した京都における大気エアロゾルの光学特性	300
長谷川 哲也	コンビナトリアルケミストリーによる「人工酵素」の創製	300
Supachai Ngamsinlapasathian	Dye-Sensitized Solar Cells Using Titania Nanotube Material	300
朴 璟喚	SiC 系材料のイオンビーム照射による微細組織変化及び強度特性挙動に関する研究	300

公募型研究については、科学研究費の若手研究計画調書を応募用紙に転用して公募したところ、55件の応募があった。大学が21世紀COEに対して定める規定に従い、笠原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・方法・研究業績などを慎重かつ公正に審査した結果、25件の研究課題を採択した。支給額は、70、50、30万円の3段階とした。また、当初20件の採択予定であったが、非常に優秀な研究計画が多く、また経費を支給することで成果の期待できるものも多かったため、若干数増加させ、表5.1に示す25件を採択した。支給総額は約1000万円である。なお、これら25件には3月13日-14日に開催される本COEの国際シンポジウムにおいて研究発表を行うことを義務付けている。

学生に対する旅費については、学会等での研究発表および国際会議での発表を通じた国際交流を支援するため、本人の役割の証明できる書類のあるものに対して、支給しつつある。本年度の支給は、国内28件、国外12件、計約400万円を予定している。

また、博士課程学生の英語力向上、特に学術講演におけるプレゼンテーションとディベート能力の向上を目的として、ネイティブスピーカーを講師とする少人数の英会話教室を開催している。今年度は試験的なものとし、1月から吉田キャンパス内で週2回程度の割合で実施している。

5.2 国際エネルギー科学スクールの開催

センターが設置した海外研究拠点を主たる足場として、本COE対象の大学院博士課程の学生を海外の大学、研究機関、またはエネルギー関連学会等に派遣し、学術発表の機会を与える。また現地の大学院生とのシンポジウム共同開催等により交流の場を設ける。また、現地の特色のあるエネルギー関連施設の見学などを行う。

本年度は、サブタスクグループとして欧米の大学および研究所を候補地として検討の上、そのうちのいくつかを訪問し、国際エネルギー科学スクール開催の可能性について実地調査を行う。

6. 国際(環境調和型)エネルギー情報センター事業

エネルギー問題は極めて国際的であるため、エネルギー・資源・環境に関する正確な情報を収集して現状・将来展望を正しく認識し、政策・立案・提言に寄与するとともに、得られた研究成果をわかりやすい形で提供していくことが重要である。その実施機関として本21世紀COEプログラムでは国際環境調和型エネルギー情報センターを設け、国内・国際シンポジウムや国際スクールを通して太陽・水素・バイオエネルギーに関する国際情報の収集と発信を行い、大学院教育だけでなく、広く社会人教育にも寄与するとともに、海外拠点を設け各国の事情に合致したエネルギー研究開発に協力する。また、同センターは、21世紀COE終了とともに、世界的なエネルギー問題に関する情報発信拠点として持続できるような体制を整える。

さらに、本センターでは、国際エネルギー共同研究事業として、既存分野・組織の枠を超えて国際共同研究を推進するため、広く国内外から第一級の研究者(人文社会科学系を含む)を招聘し、先端的研究の世界的な拠点形成を行うとともに国際的な博士課程学生の教育の場とする。

また、産官学連携研究事業を推進し、新産業創生のため大学シーズの産業界への効率的かつ積極的な技術移転を推進するとともに、オープンスペースラボ等自由な連携の場を設定して外部資金の導入による連携研究の実施を推進する。さらに、これらの研究活動をホームページなどで間断なく世に発信する広報活動にも注力する。具体的な事業計画を以下に示す。

6.1 海外研究拠点の設置

海外研究拠点設置の設置候補場所として、現在5地域9研究機関が推薦されている。今後推薦される候補地も含め、海外拠点として適切な場所を早急に絞り込む予定である。本年度中に候補地数箇所の訪問調査を行う。このうち、タイのラジャマンガラ工科大学の調査訪問は既に実施済みである。2002年12月11日から15日まで、吉川暹教授ほか7名がタイのラジャマンガラ工科大学を訪問し、タイ国文部大臣、ラジャマンガラ工科大学学長、およびその他の関係者と面談し、交流および拠点設置の可能性について話し合った。

6.2 国際エネルギーシンポジウムの開催

・ The 1st International Symposium on Sustainable Energy System

開催期間：平成 15 年 3 月 13 日－14 日

開催場所：キャンパスプラザ京都

会議内容：1 日目は全体の講演会、2 日目はタスク毎の講演会とする。また、タスク毎で招へい外国人学者 1 名に 1 日目の全体講演会での講演を依頼し、それ以外の招へい外国人学者に 2 日目の講演を依頼する。

プログラム：

3 月 13 日 講演会

- ・ COE リーダー挨拶
- ・ 各タスクの概要説明(各研究グループリーダー)
- ・ 基調講演(招聘外国人学者)
- ・ ポスターセッション
- ・ レセプション(京都センチュリーホテル)

3 月 14 日 各研究グループに分かれての講演・討論会

6.3 国内シンポジウムの開催

・ 京都大学 21 世紀 COE プログラム「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」シンポジウム

開催期間：平成 15 年 1 月 21 日

開催場所：TFT ホール Hall 1000

主 催：京都大学 21 世紀 COE プログラム国内シンポジウム実行委員会

プログラム：

- 1) 開会挨拶 京大総長
- 2) 来賓挨拶 文部科学省
- 3) 拠点リーダー、4 研究拠点リーダー 概要説明
- 4) 講演「21 世紀 COE に期待すること」
- 5) 「国際環境調和型エネルギー情報センター事業」 概要説明
- 6) 「エネルギー科学教育拠点形成事業」 概要説明

6.4 エネルギー環境調査

研究教育拠点としての基本的な機能は、人と情報がそこに集まり、そこから能力のある人が育ち、新たな付加価値を有する情報が発信されることであろう。そして、そのために不可欠な基盤設備として、必要な情報を容易に入手できる研究教育環境、すなわち「研究教育情報サーバー」がある。

4.1 節でも述べたことであるが、既存のデータであっても、その入手に何ヶ月も要する場合がある。また、各種一次データの統計処理のノウハウも効果的に引き継がれているとはいえない。研究情報の利用効率の善し悪しは、特に複合領域研究においては新たな研究の誕生や成否を左右するといっても過言ではない。教育環境についても同様である。このような非効率的な研究教育環境を改善し、研究教育の労力を有意義な作業に注ぐことができるようにすべきと考えられる。

ただし、膨大な情報を一朝一夕にデータベース化することは不可能であり、まずは、エネルギー環境に関する既存情報、埋没情報(既に存在するが第三者の目に触れることのない情報)を大学内外の研究者および学生に提供できるプロトタイプ of the 構築を目指す。具体的には、

- ・ 有用な公開可能データのデータベース化とネットワーク上での提供、
- ・ 各研究室所蔵データのリスト作成、
- ・ 公開困難な情報については、入手方法、所蔵場所などの情報を提供

から手がける。内容の例としては、超長期国別種類別年度別エネルギー需給量、各種エネルギー資源埋蔵量、各種機器効率、用途別エネルギー需要、エネルギー変換効率、エネルギー変換設備、各種 LCI 結果、などがある。

なお、この情報サーバーの構築作業を通して、今後は、研究教育情報サーバーに付与すべき機能についても検討を進める予定であり、付加価値のある情報の発信も含めて検討していきたい。

6.5 産官学連携に関わる事業概要

平成 14 年 9 月 18 日に開催したエネルギー科学研究科・エネルギー理工学研究所産学連携シンポジウムの成果を引き継ぎ、平成 15 年度に COE プロジェクトとしての産学連携シンポジウムを開催する準備をすすめていく。既に実績のある事例について産学等共同研究の状況の紹介等を行う活動もしていきたい。

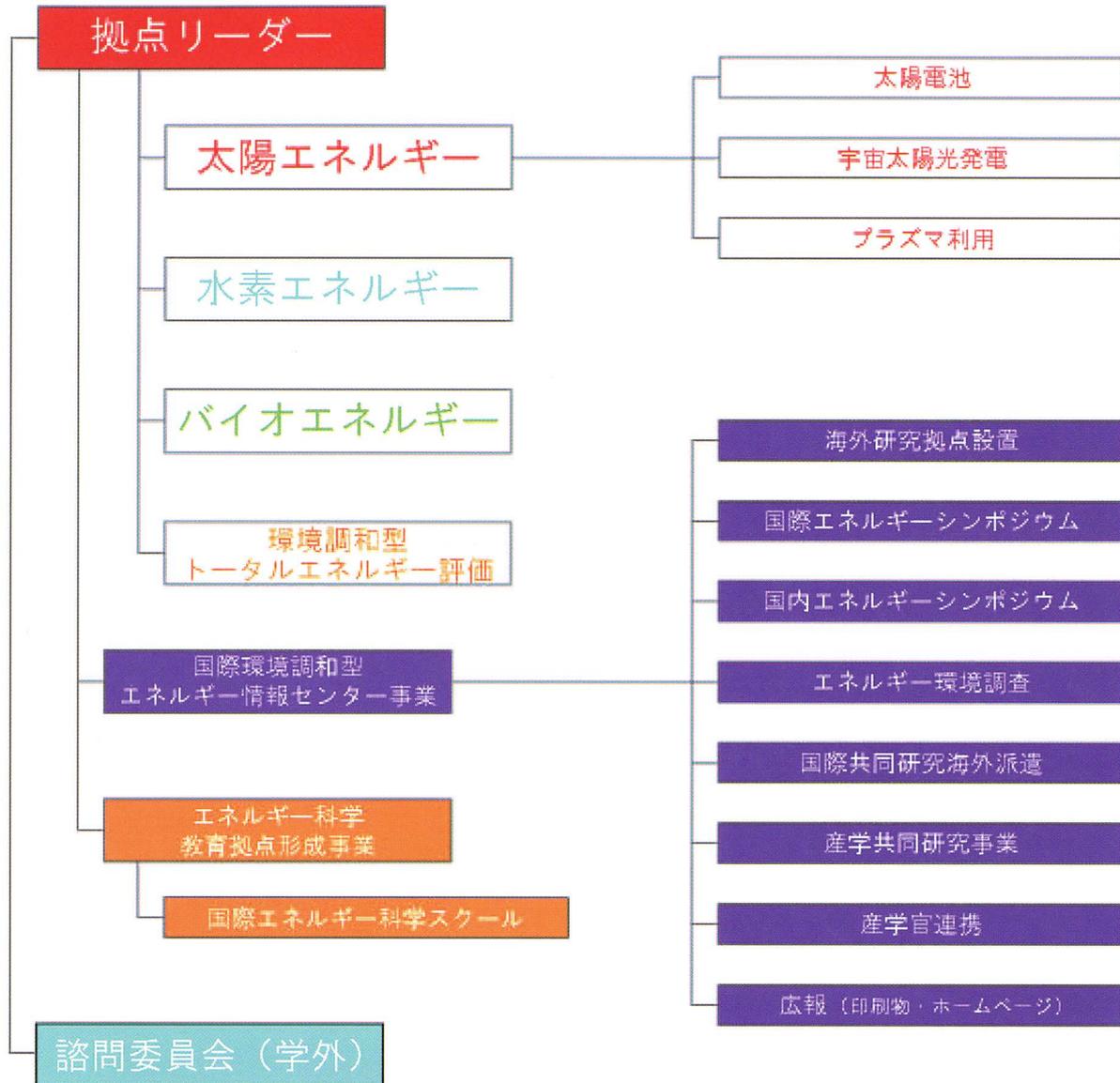
6.6 産学共同研究事業

本プロジェクトにおいては、各研究タスクにおける拠点研究によって得られた成果を新たなエネルギーシステムとして社会に提案していくに当たり、それを具体化できる企業との連携をとる必要がある。そこで、そのような産学共同を可能とするための共同研究事業をできるだけ早期にスタートさせることが重要である。本年度は、そのような可能性のある課題提案を募集し、来年度の予算化のための準備を行う。

6.7 広報事業

出版物としての本広報誌に加えて、京都大学大学院エネルギー科学研究科のホームページでは逐次 21 世紀 COE 「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」に関する最新情報を公開する。

組織図



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 15 年 1 月 20 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://www.energy.kyoto-u.ac.jp>
<http://www.iae.kyoto-u.ac.jp>
<http://www.kurasc.kyoto-u.ac.jp>