

はばたき

エネルギー科学研究科の教育研究

2005

京都大学大学院

CONTENTS

「はばたき」第3号に寄せて	1		
エネルギー科学研究科 教育研究委員会委員長 近藤 克己			
今年の主なトピックス	1		
1. エネルギー科学研究科同窓会「京エネ会」への期待			
京エネ会副会長 永里 善彦			
2. 産学連携の取り組みと課題			
エネルギー基礎科学専攻 八尾 健			
3. 平成16年度インターンシップ説明会の開催			
教育研究委員会 馬淵 守			
21世紀プログラムの取り組み	3		
1. 21世紀COEプログラムの目指すところ			
拠点リーダー 笠原三紀夫			
2. 21世紀COEプログラムにおける海外拠点形成の取り組み			
—タイ国エネルギー環境合同大学院大学(JGSEE)と21世紀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)の開催—			
21 COE バンコク拠点長 吉川 暹			
3. 21世紀COE第2回国際シンポジウムの報告			
エネルギー社会・環境科学 河本 晴雄			
インターンシップ参加学生の感想文	6		
<i>Summer Internship</i> —昭和シェル石油株式会社—			
エネルギー社会・環境科学専攻 修士課程1回生 巴里 周作			
原子力研究所での夏期休暇実習を終えて			
エネルギー基礎科学専攻 修士課程1回生 渡邊 真也			
インターンシップ体験記 —日立製作所—			
エネルギー変換科学専攻 修士課程1回生 西 宗之			
インターンシップ —松下電器産業—			
エネルギー応用科学専攻 修士課程1回生 古田 哲晴			
平成16年度修士論文題目リスト	9		
博士論文要旨 H16.1~H16.12まで 取得日順(専攻毎)	13		
Dadan Kusdiana	長松 隆	伊藤 京子	小澤 尚久
森本慎一郎	岩淵 善美	Nguyen Thi Anh Tuyet	松本 一彦
東島 智	真木 純	佐藤 雄太	松島 永佳
辻村 浩行	笠嶋 丈夫	中島 裕典	村田 雄輔
笹野 順司	伊藤 博	川染 勇人	後藤 琢也
諫山 明彦	太田 裕朗	武田 和雄	設楽 弘之
Supachai Ngamsinlapasathian		井原 禎貴	菅野隆一朗
工藤 健	余 寧	酒瀬川英雄	朴 璟 喚
岡村 崇弘			

「はばたき」第3号に寄せて

エネルギー科学研究科 教育研究委員会委員長 近藤 克己

平成16年度のエネルギー科学研究科の教育研究活動を広く民間企業の皆様に紹介する「はばたき」第3号を出版することができました。エネルギー科学研究科では、21世紀の豊かな社会を創造するために必須なエネルギーを中心とした教育研究を進めています。本研究科の修士学生は、修士論文作成の過程で問題の整理、解決へのアプローチの方法、得られた結果を客観的に判断する能力を身につけるよう努力しています。また修士科目である「学外研究プロジェクト」では、民間企業等へ出かけ大学で学ぶ知識が現場でどのように活かすことができるかを実体験できるようになっています。また博士後期課程の学生は、さらに自ら問題を発見できる能力を鍛えています。本研究科を終了する学生は、このように在学中、多様な才能に磨きをかけ社会に出

たとき大いにはばたこうとしています。特に修士論文リストおよび博士学位論文の概要、インターンシップ参加者の感想をご覧になり本研究科修了生に対して大いなる期待をいただければと念じています。

また大学の法人化にともない本研究科では、産業界との連携を重視しています。このことは産学連携シンポジウムの開催という形で具体化されています。また産学連携講座の設置に関しても積極的に取り組んでいますので、産業界の皆様から種々のプロジェクトのご提案、ご協力をお願いいたします。

最後になりましたが、21世紀 COE および関係各位のご協力に感謝申し上げます。

今年の主なトピックス

1

エネルギー科学研究科同窓会「京エネ会」への期待

京エネ会副会長 株式会社旭リサーチセンター社長 永里 善彦

平成8年、若葉かおる5月、希望に胸ふくらませてエネルギー科学研究科に入学したことが昨日のように思い出されるが、すでに9年が経過しようとしている。一昨年3月、修了生相互の親睦と情報交換の「場」、研究科と社会を結びつける「場」として、同窓会組織「京エネ会」が立ち上がる時、お誘いがあり、少しでもお役に立てればと事務局のお手伝いをする事にした。事務局の主たる活動は、「場」を提供するためのウェブサイトの立ち上げと発信情報の更新、そして名簿の収集・整理・作成と会誌の発行等である。

ここで一例として名簿の発行を取り上げると、苦労は多いが単純な作業のように考えられよう。しかし、昨今の個人情報流出やプライバシー保護の動きに目を向ければ、修了生は喜んで（あるいは不本意ながらも）自分の情報を提供するか心配になる。だから、細心の注意を払って収集せざるをえない。また、印刷費・製本代などの費用をできるだけ安くあげるために、エネルギー環境問題に理解ある企業からの広告収入や“お布施”も欲しい。ならば、新たな賛助会員を募集しよう、しかし、「京エネ会」に相応しくない場違い筋が潜り込んでこないか等の悩みは尽きない。

何はともあれ、無事新しい名簿が作成され発行された。

さて、修了生の活躍の「場」である企業の今後の姿に話題を転じよう。地球規模での持続的社會を維持するためには、企業は、単に自分の利益だけを追求するだけではダメで、社会的な責任を果たすことが求められる。21世紀を生き残るために企業は、差別化戦略の一環として“選択と集中”を通じて利益を確保し、それを原資として社会的に貢献してこそ存在の意義がある。昨今、CSR（Corporate Social Responsibility 企業の社会的責任）が持てはやされる所以である。この差別化戦略と社会的貢献の両方を同時に達成する方法がある。それは環境に配慮した研究開発を行い、付加価値をつけて製品化／サービス化することである。エネルギーと環境は「コインの裏表」である。ここに、エネルギー科学研究科で学んだことが大きな意味をもつ。時代を先取りした研究学徒は、実社会にでて企業人として、あるいは研究者として社会に貢献できよう。洋々たる未来が拓かれている。

この「京エネ会」人士が、将来、一つのパワーとなり、社会に貢献し、社会を動かしていくことを期待したい。

独立行政法人化により、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、大学の責務としてますます求められるようになってきている。エネルギー科学研究科、エネルギー理工学研究所並びに生存圏研究所は、平成14年度より21世紀COE「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」プログラムを推進しており、その活動の一環として、これまでに蓄積された知識と技術を産業界の生産活動のシーズとして提供し、更には、産業界と共同で社会のニーズを吸収・昇華して新しい技術を進展させることを目的として、平成16年11月24日（水）に、京都テルサ（京都府民総合交流プラザ）で、産学連携シンポジウムを開催した。COEとしての産学連携シンポジウムは、これが第2回目であるが、エネルギー科学研究科とエネルギー理工学研究所はCOEに先立つ平成14年9月に、合同で産学連携シンポジウムを開催しており、実質的には第3回目となる。エネルギー科学研究科、エネルギー理工学研究所及び生存圏研究所の教員の方々にシーズを募集し、23件の多彩な、興



産学連携シンポジウム

味深いテーマをご提供いただいた。シンポジウムの案内状は、近畿、中国、四国の企業、官庁、ベンチャーキャピタル、合わせて約2,500箇所へ送付した。またホームページを開設し、広く参加を募った。当日はまず、松重和美京都大学副学長・国際融合創造センター長から、本学の産学連携事業の取り組みについてご紹介を頂いた。続いて、今年度エネルギー科学研究科をご退官になり、現在京都大学名誉教授・同志社大学教授の伊藤靖彦先生から、平成14年に開催した本産学連携シンポジウムを契機として生まれた大学発ベンチャー(株)イオックスについてのお話を頂いた。(株)イオックスでは伊藤先生ご自身も取締役として会社の運営に当たっておられる。シーズプレゼンテーションでは、1件ごとに4分間の口頭によるプレゼンテーションの後、ポスタープレゼンテーションを行った。活発な情報交換が行われた。参加者は、経営トップから研究者まで多彩な顔ぶれで、職種も多岐にわたっていた。参加者数は72名で、昨年度のシンポジウムに比べ、さらに減少した。多くの大学で産学連携シンポジウムが開かれるようになり、新鮮さが薄れてきたのが原因ではないかと考えている。大学がシーズを提供し、その中から企業が自社のニーズに合うものを選択するという形態には限界がある。大学側から積極的に企業のニーズに応じていく活動がこれから必要になっていくのではないと思われる。今後、企業との連携が進むと、企業との共同研究が学生の修士論文等のテーマに組み込まれることも十分予想される。その場合、企業の研究者並びに教員には契約により守秘義務が課されるが、学生は一般にその契約に関与していないことが問題となってくる。研究の内容が十分守られるかどうかは、企業が大学との共同研究にどこまで深く踏み込めるかに影響する。大学の公共性と両立する形で秘密保持の体制を如何に整えるか、速やかな検討が必要と考えられる。

平成14年度のインターンシップ説明会が、下記のプログラムで12月10日（金）午後1時30分から5時まで、吉田キャンパス工学部2号館201講義室にて開催された。参加者は主にM1の学生で、計35名の参加があった。

プログラム

- はじめに：
エネルギー科学研究科教育研究委員会
馬淵 守
- インターンシップ活動の最近の動向：
(財)金属系材料研究開発センター専務理事
小島 彰氏

3. 会社の事業内容、インターンシップ受け入れシステム等の説明：

- (1) 松下電器産業株式会社グループ採用センター
青木 考一氏
- (2) 三菱重工業株式会社高砂製作所総務部
松安 善伸氏

最初に本会の世話人である筆者より本学におけるインターンシップの位置づけと本会開催の趣旨を参加学生に説明し、講師の方々の紹介後、3人の講師の方に質疑応答を含み約1時間づつご講演頂いた。

金属系材料研究開発センターの小島彰氏からは、まずご自身の学生時代のインターンシップに参加された経験を基に、

就職におけるインターンシップの重要性を指摘して頂いた。その後、インターンシップの現状についてご説明頂いた。その要点をまとめると、インターンシップには、短期・体験型、公募・就活型、長期・実践型がある。企業サイドとしては、求人活動、戦力活用、PRの目的から近年積極的にインターンシップ活動を取り組むようになった。また、大学サイドも、インターンシップを教育に組み込んだり、就職率アップに利用するなど積極的になっている。しかし、その体制は教授お任せ型、専門部局推進型等さまざまである。今後インターンシップはさらに多様化すると考えられる。

松下電器産業株式会社の青木考一氏からは、エレクトロニクス業界の動向を講述して頂いた後、松下電器産業株式会社におけるインターンシップ制度について説明をして頂いた。松下産業株式会社では、(1) 在学中に自らの専攻、将来のキャリアに関連した就業体験を積み、将来の具体的な仕事のイメージを持つこと、(2) 自己の職業適性や将来設計などについて深く考える契機とし、雇用のミスマッチを解消すること、(3) 専門領域についての視野・識見の拡大、能力向上や学習意欲向上に対する契機とし、産学協同の人材育成を目指すこと、以上3つを目的にインターンシップに積極的に取り組んでいるとのことであった。また、Webエントリーによる完全公募制、OJT (On the JOB Training) を核とした実習、TOEIC、ディベート、グループワークなど中間教育の実施というのが松下電器産業株式会社におけるインターンシップの特徴とのことであった。

三菱重工工業株式会社の松安善伸氏からは、会社説明とインターンシップの活動についてご説明頂いた。三菱重工工業

株式会社のインターンシップの特徴は、課題設定型、すなわち自ら問題点や課題を見つけ出し、自らアクションを起こして解決することを重視した実習を実施しているとのことであった。また、最終日には参加者全員が集まってパワーポイントによるプレゼンテーションを行い、参加者の互選によって優秀者を選定し表彰するとのことであった(ちなみに優勝者の賞品は、しんかい6500の1/60模型)。

以上がおおよその講演内容である。各社様々な工夫をしており、現在のインターンシップの内容は多種多様になっている。参加した学生に感想を聞いてみると、インターンシップに興味をもったという学生が多く、学生の意識向上という意味で効果的な講演会であったと考えられる。



インターンシップ説明会

21世紀プログラムの取り組み

1

21世紀 COE プログラムのめざすところ

拠点リーダー 笠原三紀夫

はじめに

人類の生存をも脅かす恐れのある地球温暖化問題が、現在大きな関心を呼んでいます。エネルギーの生産・利用は、地球温暖化の最大の原因と考えられています。エネルギーに関わる諸問題を改善し、この美しい地球環境を守っていくことは、現在の私達に課せられた最大の責務であります。そのためには第一に、エネルギー削減型社会を築く必要があります。さらには、エネルギー効率やエネルギー貯蔵技術を高め、また新エネルギー技術を開発し、環境によりやさしいエネルギーシステムを構築していく必要があります。21世紀のエネルギー問題では、このような持続可能な社会を実現するとともに、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す。

21世紀 COE プログラムでの活動

このような背景の下、京都大学大学院エネルギー科学研究科では、エネルギー理工学研究所、生存圏研究所(旧宇宙電波科学研究センター)とともに、平成14年度に文部科学省が提案した21世紀 COE プログラム(以下、21 COE と記す)に、「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採択されました。

本プログラムは、大きくは研究拠点形成と教育拠点形成に分けられます。研究拠点形成では、真に環境に調和した社会的受容性のあるエネルギーシステムを構築するための研究を推進しています。具体的には、環境に優しいエネルギーシステムとして、①太陽光エネルギー、②水素エネルギー、③バイオエネルギーを取り上げ、これらの技術開発を行うとともに、④各種エネルギーシステムの環境調和性について評価し、真に環境に調和したエネルギーシステム

を構築・提言することを目的としています。特に、エネルギーシステム評価では、人文・社会科学的観点からの検討も行い、本 21 COE の特徴の一つとなっています。

一方、教育拠点形成では、広い視点からエネルギー・環境問題を解決する能力を身に付け、かつ国際的リーダーシップのとれる人材を養成することを目的としています。具体的な活動例としては、(1) カリキュラムの体系化、(2) 国際エネルギー科学スクールの開催、(3) 国際プロジェクトへの参画、(4) RA (リサーチアシスタント)、TA (ティーチングアシスタント) の充実と PD (ポスドク) の採用、(5) 博士課程学生に対する公募型研究の採択など、競争原理と評価方式を基本とした活動を進めており、表 1 に 16 年度の採択状況を示しました。本研究科の研究課題が COE プログラムとリンクして進められている様子が分かります。さらに、博士課程学生の研究発表のための旅費助成やネイティブスピーカーを招いての英語研修なども、国際化の観点から進めています。

また、研究教育拠点形成を円滑に進めるために国際環境調和型エネルギー情報センターを設置し、(1) 海外拠点の設置、(2) 国際エネルギーシンポジウム、各種ワークショップの開催、(3) 国内エネルギーシンポジウムの開催、(4) エネルギー・環境調査、(5) 広報誌、News Letter の発刊など広報活動、(7) 全国規模での市民講座「エネルギー・環境」の開催、といった活動を進めています。これらの内、本年度の海外拠点および国際シンポジウムの活動については、本稿に続いて紹介します。

21世紀 COE プログラムのめざすところ

研究教育拠点形成に向けての考え方を図 1 に示しました。本 21 COE では、現在から未来にわた

る「環境調和型エネルギーシステム」の構築を目標とし、バイオ、水素、太陽電池を現在～20、30年先の近未来における、また宇宙太陽光発電を中未来における、さらには核融合発電（人工太陽）を遠未来における有望な環境調和型エネルギーと考え、基礎学理の確立と技術開発を行うとともに、エネルギーシステム評価法に関する研究・教育を推進していきます。

なお、エネルギーシステム評価においては、本研究で対象としたエネルギーはもとより、化石、原子力、新エネルギー等についても、エネルギー効率、環境調和性、経済性、資源保全性、社会的受容性等々の面から総合的な評価を行い、それらの特質を明らかにし、予測される技術革新を加味して各時代に最も適合した、いわゆるベストミックスとしてのエネルギーシステムを構築し、提言していきたいと考えています。

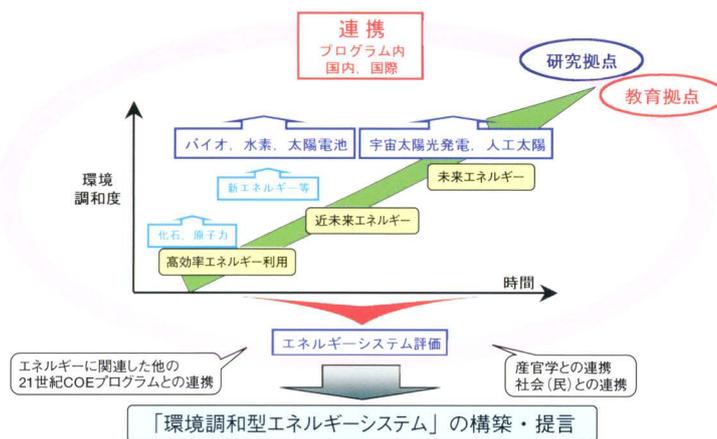


図 1 環境調和型エネルギーの研究・教育拠点形成

表 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 智恵	社環	D1	地球環境を改善するためのレイ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ロ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 He I 及び He II 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関する研究	300

21世紀 COE プログラムにおける海外拠点形成の取り組み

—タイ国エネルギー環境合同大学院大学 (JGSEE) と
21世紀 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) の開催—

21 COE バンコク拠点長 吉川 暉

21 COE バンコク拠点事業の一環として、昨年12月1日～3日、Hilton Hua Hin, ThailandにおいてSEE Meetingを開催した。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、意思決定者、技術者が集い、「持続可能なエネルギーと環境」(SEE)についての研究と体験を交流するとともに、アジアにおける国際連携を進める事にある。

21 COE「環境調和型エネルギーシステムの研究教育拠点形成事業」においては、化石燃料に替わる持続可能なエネルギーシステムとしての①太陽エネルギー、②水素エネルギー、③バイオエネルギーの確立を目指しており、一方、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。今年2月に両者は協力協定を締結し、諸事業を協力して実施することを約束し、昨年7月には国際エネルギー科学スクールを実施した。本合同国際会議は、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ものである。

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異分野での発表が行われるとともに、笠原リーダーを始め、タイ国エネルギー大臣、西川禎一大工科大学長、茅陽一慶応大教授によるプレナリーレクチャー、今後の共同研究のための合同会議等が行われ、アジア全域にわたる国際連携を模索していくことになった。京大からは30の発表とともに、辻文三副学長が開会の挨拶を行った。



SEE Meeting

写真右より、バンディット JGSEE 学長、ナムユット RIT 学長、クリサナポン KMUTT 学長、プロンミン博士 (タイエネルギー大臣)、辻文三京大副学長、笠原三紀夫 PL、吉川暉 SEE 議長

21世紀 COE 第2回国際シンポジウムの報告

エネルギー社会・環境科学専攻 河本 晴雄

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パンケットには、145名の参加者があった。

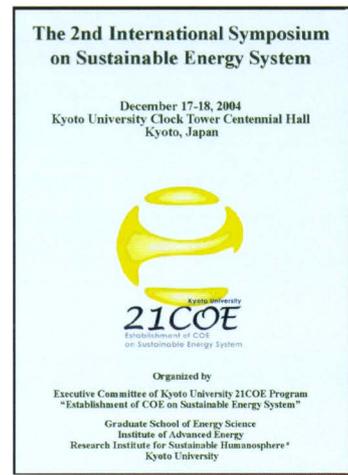
1日目は、辻副学長、笠原拠点リーダーの挨拶に始まり、



21世紀 COE 第2回国際シンポジウム

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。



21世紀COE第2回国際シンポジウムプログラム

インターンシップ参加学生の感想文

Summer Internship —昭和シェル石油株式会社—

エネルギー社会・環境科学専攻 修士課程1回生 巴里 周作

私は、それまで感じていた疑問を少しでも解決するために、2004年7月22日から8月6日まで昭和シェル石油株式会社の研究開発部門にてインターンシップに参加しました。疑問とは、自らが携わっている研究と社会のニーズとの間にどれほどの隔りがあるのかということです。このような疑問から、私はインターンシップに参加することでラボレベルで行われている研究と工業的に行われているプラントレベルのプロセスの間にある距離感を肌で感じたいと考えられるようになりました。

インターンシップを通して取り組んだテーマは、「環境にやさしいディーゼル燃料の提案」というものです。私は昭和シェル石油のエネルギーおよび環境対応の現状と将来あるべき姿を踏まえて、将来のディーゼル燃料の可能性を検討しました。インターンシップではまずディーゼル機関や燃料に関する講義から始まり、関連する資料を整理し理解することを心掛けました。残りの一週間では、浮かび上がってきたディーゼル燃料のメリットとデメリットを踏まえた上で自分なりの提案をし、さらに実際に燃料特性試験や燃焼実験を行いました。また最終日には社員の方々の前でこの2週間の成果を提案という形でプレゼンテーションしました。

昭和シェル石油のインターンシップに参加した学生は19名おり、私以外はみな東京近郊の大学もしくは海外の大学の学生で、学部3回生と修士1回生の比率はちょうど半分ずつでした。私は自宅から昭和シェル石油の本社がある

お台場まで通勤することは不可能でしたので、インターンシップ期間中は本社近くにウィークリーマンションを手配していただきました。そのため、食事や洗濯の心配もなく快適な東京生活を送ることができました。しかしながら、インターンシップの日程がちょうど前期の試験期間の最中でしたので期末試験の対応に苦慮することとなりました。インターンシップ参加のために試験を受けることができない講義は、レポートを提出しました。日中はインターンシップに参加し、夜は懇親会、深夜はレポートと、インターンシップ期間中はとても忙しかつたのですが、全てをやり遂げた後に充実感に浸ることができました。

インターンシップに参加することで、普段の大学生活では絶対に得ることができない、社会というものを感ずることができました。社会を感ずるということは、今までの自分を見つめ直すことにもなる貴重な体験です。私はインターンシップを経験したことで、今まで漠然としていたこれからの研究生活の方向性のようなものははっきりと思い描くことができるようになりました。そして心から尊敬できる仲間にも出会うことができました。なにかの縁で同年代の学生が同じ場所で同じ目的に向かって必死になって汗をかくて励まし合いながら頑張れたことは本当に忘れ難い経験になりました。彼らと出会えたことは私の人生で大きな財産となることでしょう。様々なバックグラウンドを持つ彼らと切磋琢磨しあった2週間はとてもエキサイティングなものでした。

原子力研究所での夏期休暇実習を終えて

エネルギー基礎科学専攻 修士課程1年生 渡邊 真也

私は2004年の夏に原子力研究所の那珂研究所に夏期休暇実習生として、実際に4週間研究を行ってきました。大学院に入った当時では原子力研究所に夏期休暇実習生という制度がある事を知らなかったのですが、実際に実習生として研究を行ってきた先輩に勧められて、その制度の事を知りました。その話を聞いて私は、自分と同じ核融合プラズマの分野で研究を行っている方たちが研究や生活を含め毎日をどのように過ごしているかを知りたかったし、世界三大トカマク装置と呼ばれるJT-60Uでどのようにして実験を行い、そこで行われる最先端の研究というのはどのようにして行われているかを体験もしたく、何より写真でしか見たことのなかったJT-60Uを実際に自分の目で見たかったので、夏期休暇実習生に応募する事に決めました。

私が実習生として研究に参加した期間が運良くJT-60Uでの実験が実施されている期間であったため、実際に実験を行っており、制御室では多くの方たちが協力しあいプラズマを制御していました。実際に実験を行っている雰囲気を経験する事はこのような機会がないとなかなかできない事なので、本当に貴重な経験となりました。私が研究所で行った研究というのが、まさにその装置で発生する現象が起こる事でプラズマの状態がどのように変化しているかを、様々な測定装置から得られたデータを解析することでその現象がプラズマにどのような影響を与えているかを調べました。夏期実習生として行くまでは、大学内で行われてい

る実験の情報しか知らなかったため、その現象の存在すら知らなかったのですが、研究所の方にその現象がどのようなものであるか、また核融合プラズマの初歩的な事から難しい事まで親切に教えてもらい、その現象の事だけでなく、様々な測定装置の事や解析を行うためにはどのようなコードを用いればいいのか、またどのようにデータを処理すればプラズマの現象が理解しやすいかなどの多くの事を教えてもらい、着実にその分野の最先端の知識や研究をするにあたって効率よくできるかを教えてもらいました。

また研究の面以外でも、昼の休み時間の中にテニスをご一緒させてもらったり、バーベキューに誘ってもらったりと楽しく過ごさせてもらいました。休日には、他の夏期実習生とともに寮で卓球をやったり、水戸まで行き水戸黄門ゆかりの地などをまわったりと観光も楽しむ事ができ、行った期間が夏だったため夏祭りが東海村と水戸で開かれており、その両方に参加して、地元以外の土地で夏祭りを堪能し、すごく新鮮な体験もできました。

この夏期休暇実習生という制度を通して、私は普段経験できない事も体験でき、同じ分野で研究する他大学の友人もでき、研究所の方とも知り合うことができ、とても有益なものを得られたと思います。研究所で学んだ多くの事をこれからの自分の研究にも活かしていきたい、自分の研究が素晴らしいものになるように頑張っていこうと思います。

インターンシップ体験記 —日立製作所—

エネルギー変換科学専攻 修士課程1年生 西 宗之

私は10月18日から11月5日までの3週間、日立製作所の電力・電機開発研究所ガスタービン開発研究センターでインターンシップを体験しました。私がインターンシップに応募した理由は2つありました。1つ目は、企業での研究開発がどのように行われているのかを自分の目で見たかったことです。実際に企業の中に入って業務を体験することが、自分の将来像を描く上での一助となると考えました。2つ目はガスタービンという重厚長大の代表とも言える製品に関わってみたかったことです。学部生の頃に受講した講義の影響でガスタービンに興味があったので、私にとっては絶好の機会でした。

最初の1週間は、ガスタービン燃焼器内の燃焼を模擬した装置を用いて噴流を可視化し、燃料の混合促進を検討する実験に参加しました。驚いたことに、実験の方向性やパラメーターの振り方など、細かい所までインターン生の意見を聞いて下さりました。その分、いい加減な発言はできないと思い、必死に実験結果を検討して自分の意見を研究員の方にぶつけました。突き返されることばかりでしたが、現象に対してしっかり向き合い、考えるという体験は今後

の自分の研究に生かせるものだと感じました。また、学部生の頃に履修した科目の重要性を実感しました。燃焼器だからといって燃焼工学だけではありません。流体力学、伝熱学、材料力学など、あらゆる科目の知識が必要とされます。そのため、あらゆる分野の知識を活用されている研究員の方の視野の広さに比べ、私は一部の視点でしか現象を捉えることができず、自分の甘さを痛感しました。

残りの2週間は、実際のガスタービン燃焼器を用いた燃焼試験や噴霧ノズル試験に参加しました。実際の燃焼器を見せてもらいましたが、その大きさには驚きました。前週の実験がこの大きな機械を産み出していると考え、基礎的な実験がいかに大事かを身をもって実感しました。また、1回試験を行うにもたくさんのスタッフの方が参加されます。主任の指揮の下、テキパキと試験が進められていたので、スタッフのチームワークの良さには驚きました。そのチームワークの陰には、入念な事前のミーティングがありました。その中で、1人1人がどう動くかが事細かに話し合われていました。実際にスタッフとして業務を体験しましたが、大変動きやすく、チームワークの大切さが分

かりました。

この他にもインターン中には、燃焼セミナーや研究所のパーベキュー大会に参加したり、本社に出張して研究発表会に出席するなど、普段の学生生活ではできない貴重な経験ができました。飲み会では研究員の方の本音も聞くこと

ができました。これらの経験は、私のこれからの研究のみならず、就職活動やその後の人生を考える上で、本当に有意義なものでした。最近ではインターンシップを行う企業が増えているので、ぜひインターンシップに参加して、いろいろなことを感じ取っていただきたいと思います。

インターンシップ —松下電器産業—

エネルギー応用科学専攻 修士課程1回生 古田 哲晴

私は、2004年8月18日から9月7日までの3週間、松下電器産業にてインターンシップに参加しました。参加した動機は、「働く」とはどういうことかを実際に体験してみたかったからです。大学で学んだことが、そのまま社会に出て役に立つわけではなく、むしろ、学生時代と大きく異なる仕事をやることが多いと聞いていました。そこで、自分のイメージと実際の仕事はどう違うのかを知りたい。また、専門知識とは関係なく、思考能力や判断力などの素質を必要とする仕事で、自分の能力が社会に通用するかを試したいという気持ちで参加を決意しました。

松下電器産業のインターンは参加者150人ほどの大規模で行われており、各参加者が希望するグループ各社の様々な部署に分かれる為、実習内容も人によりばらばらです。

私の場合、半導体社資材購買部で「資材の購入戦略の検証」を行いました。具体的には、最初の1週間は担当者による講義や、企画会議への参加、工場見学等を通じて業務内容の把握をし、残り2週間は大量のデータをExcel等で分析・検証することがメインでした。そして最終的には今後の提案を含めた「まとめ」を作成し、発表させていただきました。

自分の研究や知識とはほとんど関係がないため、最初の頃は解らないことが多く、苦勞もありましたが、仕事後に関係する本を読んで勉強したり、社員の方に何度も質問したりして、どうにか無事に発表までこぎつける事ができました。仕事中は毎日8時半から17時まで働き、その後大学の研究室に行き12時過ぎに帰宅するという生活であった為、

体力的にも精神的にもしんどかったですが、非常に充実した毎日でした。

このインターンから多くのことを学ばせていただきましたが、特に社会人の時間に対する厳しい意識を感じました。最も印象に残ったことは「決められた期間内に結果を残すこと」です。長い時間をかけて優れた仕事をするのもいいことですが、社会人としてより求められることは、期限を守ること、そして結果を残すことです。膨大な仕事を抱えながらこれを実行する為には、計画性と効率的な取組みが不可欠で、実習中はこのことを常に意識して取組む事ができました。

インターンに行くメリットは本来の目的以外にも、大学生活ではめったに会うことができない社会人や、同世代のインターン生と仲良くなれることがあります。運悪く、私の部署は飲み会が殆どないところで、社員の方と飲みに行ったのも一度きりでした。しかしその代わり、実習前の交流会や中間発表、最終発表後の大規模な飲み会や、インターン終了後の交流などを通じて多くのインターン生と仲良くなることができました。人生の岐路を目前に控え、自分のキャリアを真剣に考えている同世代の友人を多く作れたことも重要な収穫の一つです。

最後に、今後インターンを考えている学生へ。受身の姿勢ではなく、目的意識をしっかりとって能動的に取組めば、かならず大きな収穫があると思います。頑張ってください。

平成16年度修士論文題目リスト

エネルギー社会・環境科学

氏名	論文題目	指導教員
太田 勝己	非晶質のX線熱膨脹測定による自由体積量変化に関する研究	教授 石原 慶一
藤井 秀昭	自動車広告が消費者に与える影響に関する研究	教授 石原 慶一
水島 太郎	燃料電池自動車の将来価格と普及に関する研究	教授 石原 慶一
山口 洋徳	メカニカルミリングした酸化鉄の二酸化炭素分解活性に関する研究	教授 石原 慶一
坂 頼奈	タイにおける籾殻利用の経済評価	教授 手塚 哲央
白石 純一	京都市における旅客輸送の二酸化炭素排出削減方策	教授 手塚 哲央
中川 雄介	京都市における間伐費用推定モデルについて	教授 手塚 哲央
原 保夫	生活様式の構造変化 一家計消費と時間利用の実証分析一	教授 手塚 哲央
蔡 聖華	Simulation Environment for the Analysis of Deregulated Electricity Market (自由化された電力市場分析のためのシミュレーション環境)	教授 手塚 哲央
今原 裕章	Biodiesel Fuel Production from Various Oils and Fats (各種油脂類からのバイオディーゼル燃料製造)	教授 坂 志朗
草木 順子	ブナの加圧熱水処理による糖回収条件の最適化	教授 坂 志朗
細谷 隆史	スギ木材のガス化における一次熱分解挙動	教授 坂 志朗
山崎 潤	Decomposition Behavior of Beech Wood as Treated in Various Supercritical Alcohols (種々の超臨界アルコール処理でのブナ木材の分解挙動)	教授 坂 志朗
河内 美佐	心理生理指標を用いたワークスペースプロダクティビティの統合的評価に関する基礎研究	教授 吉川 榮和
今木 智隆	高レベル放射性廃棄物の処分をめぐるリスクコミュニケーションのための アフェクティブインタフェースの構築とその評価	教授 吉川 榮和
佐野 真治	AR技術によるナビゲーションのユーザ行動の実験解析	教授 吉川 榮和
西村 泰典	Eye-Sensing Display を用いた眼疲労測定システムの構築と実験的評価	教授 吉川 榮和
本郷泰司朗	エネルギー・環境教育へのコンピュータによる議論支援システムの開発と評価	教授 吉川 榮和
前嶋 真行	放射線量可視化システムにおける拡張現実感用トラッキング手法の開発	教授 吉川 榮和
池田 竜	大気エアロゾル中の元素状炭素の定量分析に関する研究	教授 笠原三紀夫
馬野 幸紀	分光輝度情報を用いたエアロゾル粒径分布推定に関する研究	教授 笠原三紀夫
永田 健人	環境負荷物質の排出量分布推定の評価に関する研究	教授 笠原三紀夫
森川 敦史	個別粒子分析法を利用した黄砂粒子性状の短時間変動と変質に関する研究	教授 笠原三紀夫
泉 晋介	核物質の核拡散抵抗性に関する研究	教授 中込 良廣
濱田 勝礼	発電過程において二酸化炭素を排出しない電力源のベストミックスに関する研究	教授 中込 良廣
萬代 齊	民生家庭部門における二酸化炭素排出量削減対策に関する研究	教授 中込 良廣
竹内 将人	遺伝子欠損による酵母の高機能化	教授 牧野 圭祐

氏名	論文題目	指導教員
岩嶋 智也	溶融塩中におけるジルコニウムの電気化学的挙動	助教授 萩原 理加
楠本 信平	LIGA プロセスへの応用を目指した溶融 LiBr-KBr-CsBr 系におけるクロム電析	助教授 萩原 理加
新谷 晴彦	中温作動型ダイレクトアンモニア燃料電池	助教授 萩原 理加
丹波 悠子	HF 系室温溶融塩を電解質に用いた燃料電池	助教授 萩原 理加
豊浦 和明	Optical properties of group II nitride semiconductors prepared by molten salt electrochemical process (溶融塩電気化学プロセスによる II 族窒化物形成及びその光学特性評価)	助教授 萩原 理加
渡野 弘隆	Chemical Reactivity of Layered Carbon Fluorides (フッ素-炭素層状化合物の化学反応性)	助教授 萩原 理加
歳原 光豊	燃料電池触媒 Pt/C の調製過程による Pt 粒径・分散への影響に関する研究	助教授 富井 洋一
結城 整哉	不等厚金属板表面加工過程によって生じる微細凹凸構造の形成に関する研究	助教授 富井 洋一
浅原 清一	Ba-In 系酸化物電解質を用いた一室型燃料電池の開発	教授 八尾 健
小野寺大輔	水溶液合成高機能性酸化チタン薄膜の開発	教授 八尾 健
小林 輝明	欠陥ペロブスカイト型固体酸化物形燃料電池電解質材料の開発	教授 八尾 健
中村 真幸	バナジウム系酸化物リチウム二次電池正極材料の開発	教授 八尾 健
前田 康弘	生体環境適合酸化チタン薄膜の開発	教授 八尾 健
吉永 真介	リチウムイオン二次電池負極グラファイト層間化合物の材料解析	教授 八尾 健
奥西 祥人	高強度レーザーと薄膜との相互作用による粒子加速のシミュレーション研究	教授 岸本 泰明
鶴沢 憲	核融合プラズマの微視的乱流と帯状流形成に関する理論研究	教授 岸本 泰明
佐々 雄一	プラズマ乱流を中心とした揺らぎの統計量に関する研究	教授 岸本 泰明
三木 一弘	有限要素法による抵抗性 MHD モードのシミュレーション研究	教授 岸本 泰明
東 貴久	ヘリオトロン J における放射損失測定	教授 近藤 克己
東 洋介	有限要素法によるヘリカル系プラズマの圧力駆動型不安定性解析	教授 近藤 克己
菊竹 正晃	波高分析測定システムによるヘリオトロン J プラズマの軟 X 線スペクトルに関する研究	教授 近藤 克己
下井田洋平	モンテカルロ法を用いたヘリオトロン J プラズマの新古典輸送解析	教授 近藤 克己
山崎 久路	ヘリオトロン J プラズマの可視・真空紫外分光計測	教授 近藤 克己
山田 雅毅	ヘリオトロン J における軟 X 線薄膜吸収法を用いた電子温度計測	教授 近藤 克己
阿部裕一郎	LATE の 5GHz ECH システムの構築	教授 前川 孝
林 和則	LATE での ECH 球状トカマクプラズマの磁気計測	教授 前川 孝
大橋 佳祐	ヘリオトロン J における閉じ込め遷移に伴う周辺プラズマ特性の変化	教授 水内 亨
嶋崎 伸秀	ヘリオトロン J における電子サイクロトロン波の伝播・吸収および散乱に関する研究	教授 水内 亨
濱上 崇史	ヘリオトロン J における損失イオンプローブの開発	教授 水内 亨
荒川 純	ヘリオトロン J における ICRF 加熱を用いた高エネルギー粒子生成・閉じ込め研究	教授 佐野 史道
本島 巖	ヘリオトロン J におけるトロイダル電流の研究	教授 佐野 史道
川村 洋介	Photo-assisted control of metal deposition on p-Si (光照射による p 型シリコン上への金属析出制御)	教授 尾形 幸生
田中 康太	液液界面における電気化学的不安定性下での界面張力の挙動	教授 尾形 幸生
平田 紘一	Eu ₂ O ₃ の液相レーザーアブレーション	教授 尾形 幸生
加藤 拓	ナノ構造金属酸化物複合体を用いた色素増感太陽電池に関する研究	教授 吉川 暹

吉田 龍平	Synthesis and applications of one-dimensional titania-related nanomaterials (酸化チタン系一次元ナノ材料の合成とその応用に関する研究)	教授 吉川 暹
高尾 潤	新規チタニアナノ材料を用いた色素増感型太陽電池の高効率化	教授 足立 基齊
幸前 吾有	Fe系複合触媒を用いたCO ₂ 改質システムの開発	教授 大久保捷敏
坂口 怜子	タンパク質テラリングによる細胞内センサーの構築-イノシトールポリリン酸 に対する蛍光性バイオセンサーの開発	教授 大久保捷敏
佐藤 慶将	未利用のセルロース系資源からのバイオエタノール製造	教授 大久保捷敏
北芝 紀裕	塩基性 ZnCl ₂ -MCl (M=Na, K) 系溶融塩を用いたタンゲステンの電解析出に 関する研究	教授 片桐 晃
徳永 敬士	AIX-3-MX [X=Cl, Br; M=Li, Na, K] 溶融塩を用いた Na/FeX ₂ 二次電池の 基礎的研究	教授 片桐 晃
山内 優子	色素増感型太陽電池における内部抵抗と出力特性について	教授 片桐 晃
原 亨	中性子を用いた地雷探知のための放射線計測システムに関する研究	教授 代谷 誠治
澤井 佑介	気泡微細化沸騰に関する研究	教授 三島嘉一郎

エネルギー変換科学

氏名	論文題目	指導教員
小坂 英雅	非定常ガス噴流における空気導入および混合過程に関する研究	教授 石山 拓二
関 義彰	PDF-CFDを用いた天然ガス PCCI 燃焼の数値解析	教授 石山 拓二
戸谷 隆宏	ガス噴流の燃焼特性および予混合気自着火反応に関する研究	教授 石山 拓二
水谷 直弘	水素混入 LCG 吸気ディーゼルおよび水素 DISI エンジンの性能に関する研究	教授 石山 拓二
梶原林太郎	水素および天然ガス噴流の火花点火燃焼に関する研究	教授 塩路 昌宏
駒田 篤史	天然ガス予混合圧縮自着火機関の性能および排気改善	教授 塩路 昌宏
角田 貴章	エタノール混合燃料および流動層式 DPF を用いたディーゼル機関の排気改善	教授 塩路 昌宏
松生 恒樹	圧縮自着火燃焼における燃焼制御と NO _x 生成に関する研究	教授 塩路 昌宏
川野 喜之	寸法依存性を考慮した多結晶金属材料の微視的不均一変形に関する有限要素解析	教授 星出 敏彦
笹岡 岳陽	有効体積理論を用いた多孔質セラミックスの統計的強度評価	教授 星出 敏彦
辻野 貴洋	応力との連成を考慮したフェーズフィールドモデルの定式化と形成相の 弾塑性解析	教授 星出 敏彦
西上 博之	ランダムな空孔を有する材料の巨視的弾性係数の数値解析	教授 星出 敏彦
若洲 豊	アルミニウム箔の変形特性に及ぼす板厚の効果	教授 星出 敏彦
家中 夕輔	傾斜圧電材料アクチュエータの特性と最適化	教授 松本 英治
大下 敬之	電磁超音波探触子の製作と内部欠陥の画像化	教授 松本 英治
森 康裕	マイクロアクチュエータ用 SMA 細線の多軸構成式	教授 松本 英治
上野 幸久	円筒形慣性静電閉じ込め型中性子源における粒子エネルギー分布に関する研究	教授 小西 哲之
高尾 英伸	電力システムへの影響解析による核融合発電の導入条件の研究	教授 小西 哲之
野上 智司	高温核熱によるバイオマスからの水素製造法の熱化学的基礎研究	教授 小西 哲之
安藤 貴紀	高分解能電界計測用 21S 励起 He パルスビームの高効率生成に関する研究	教授 吉川 潔
久内 敏之	慣性静電閉じ込め核融合中性子源制御用マグネトロニオン源の数値解析	教授 吉川 潔
齋藤 匡史	軽水炉圧力容器鋼モデル合金における照射硬化挙動に及ぼす添加元素の影響	教授 木村 晃彦
戸田 直樹	高効率発電プラント用酸化物分散強化鋼における変形挙動とマイクロ組織の相関	教授 木村 晃彦

氏名	論文題目	指導教員
伊藤 健祐	不揮発性多値記憶素子のデータ再符号化と信頼性向上	教授 野澤 博
辰巳 直行	強誘電体メモリ用ピスマス層状ペロブスカイトの結晶粒制御	教授 野澤 博
玉井 慎一	SrBi ₂ Ta ₂ O ₉ 強誘電体メモリの界面物性と信頼性の評価	教授 野澤 博
塚本 真之	シフトレジスタを用いた暗号回路設計と性能評価	教授 野澤 博
小西聡士郎	3D Analysis on Heat Transfer in Superfluid Liquid Helium (超流動ヘリウムの熱流動三次元解析)	教授 塩津 正博
佐伯 正仁	Forced Convection Heat Transfer of He I and He II under Wide Range of Pressures (広範囲な圧力における He I および He II の強制対流熱伝達)	教授 塩津 正博
繁榊真一郎	Stability of Superconducting Coils Cooled by Pressurized He II (加圧超流動ヘリウム冷却超電導コイルの安定性)	教授 塩津 正博
中丸 成人	New application of Superconducting Magnetic Energy Storage in Power System (電力システムにおける超電導エネルギー貯蔵装置の新たな利用法に関する検討)	教授 塩津 正博
森本 隆之	Characteristics of Superconducting Fault Current Limiter in Electric Power System (電力システムにおける超電導限流器の動作特性)	教授 塩津 正博
浅原 紀史	溶融塩化カルシウム電解によるチタン製錬プロセスに関する研究	教授 岩瀬 正則
大山 智史	溶融 CaO-SiO ₂ -MgO-FeO 系スラグへの塩素溶解度	教授 岩瀬 正則
小澤 洋	CaO-Nepheline-Fe _x O 系スラグの熱力学	教授 岩瀬 正則
山本 幸輔	溶融塩・カルシウム還元によるニオブ及びタンタル粉末の製造プロセス	教授 岩瀬 正則
西本 武司	Trace Element Analysis of Lacustrine Diatomaceous Earth for Refining High Grade Silica (高純度シリカ精製を目的とした湖成層産珪藻土の含有微量元素分析)	教授 馬淵 守
井田 拓良	Silica Coating of Pyrite to Prevent Acid Mine Drainage (酸性坑廃水の発生防止を目的としたシリカによる黄鉄鉱のコーティング)	教授 馬淵 守
野村 達穂	Compressive Properties at Elevated Temperature in Porous Aluminum (ポーラスアルミニウムの高温圧縮挙動)	教授 馬淵 守
大久保武史	Numerical Investigation on Formability of Tube Hydroforming by Finite Element Method (有限要素法によるチューブハイドロフォーミングの成形性に関する数値的検討)	教授 宅田 裕彦
蟹江 智文	3-D Finite Element Analysis of Forming Limit of High-Strength Steel Sheets (高張力鋼板の成形限界に関する 3 次元有限要素解析)	教授 宅田 裕彦
塩谷 優	Three-dimensional Analysis of Collision Dynamics of Droplets Impinging onto a Solid Surface (固体面に衝突する液滴の変形挙動の 3 次元解析)	教授 宅田 裕彦
森下 貴申	Finite Element Simulation of Warm Deep Drawing of Magnesium Alloy AZ31 Sheet (マグネシウム合金 AZ31 板の温間深絞り加工の有限要素シミュレーション)	教授 宅田 裕彦
斉藤 友二	Photocatalytic Degradation of Dyes in Aqueous Suspension of Oxide Semiconductor (酸化物半導体懸濁液中の色素の光化学触媒反応による分解)	教授 石井 隆次
玉田 良太	Fluid slip at hydrophobic solid wall (疎水性固体壁面における流体の速度滑り)	教授 石井 隆次
南部 雅樹	Effects of Magnetic Field and Gravitational Strength on ZnO Thin Film Electrodeposited in Propylene Carbonate (プロピレンカーボネート中で電析された ZnO 薄膜に及ぼす強磁場および重力レベルの影響)	教授 石井 隆次
西野 勇輝	Electrochemical Processing on Hydrogen Energy System in Microgravity Field (微小重力場における水素エネルギーシステムに関する電気化学プロセッシング)	教授 石井 隆次
早川 和志	高周波電力制御による熱陰極型高周波電子銃のビームエネルギー特性の改善	教授 山崎 鉄夫
村上 志生	トモグラフィ法を用いた KU-FEL 用電子ビームエミッタンスの評価	教授 山崎 鉄夫
下田 一哉	炭化珪素超微粒子を用いた SiC/SiC 複合材料開発に関する研究	教授 香山 晃
牧 雄一	SiC/SiC 複合材料の力学的異方性に関する研究	教授 香山 晃
小林 航	フェムト秒レーザーによる DLC 薄膜の微細加工及び表面改質に関する基礎研究	教授 宮崎 健創

博士論文要旨

H16.1～H16.12まで取得日順(専攻毎)

氏名	Dadan Kusdiana
論文題目	Non-Catalytic Biodiesel Fuel Production by Supercritical Methanol Treatment (超臨界メタノール処理による無触媒でのバイオディーゼル燃料の創製)
学位授与日	平成16年3月23日
指導教員	坂 志朗

バイオディーゼル燃料(脂肪酸メチルエステル)は油脂の主成分であるトリグリセリドのエステル交換反応により得られ、商業的にはアルカリ触媒法が用いられている。しかし、この方法では油脂中の遊離脂肪酸はアルカリセッケンとなり、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。これらの問題は主に触媒の使用に起因しており、無触媒でのエステル交換反応が実現できれば解決される可能性がある。このような観点のもと、本研究では超臨界アルコールの持つ特異性を活用して、油脂類からのバイオディーゼル燃料創製の検討を行った。

まず、バッチ型及び流通型超臨界流体バイオマス変換装置を用い、菜種油の超臨界メタノール処理(>239℃、>8.09 MPa)を検討した。その結果、トリグリセリドはエステル交換反応により無触媒で脂肪酸メチルエステルへと変換されることを見出した。また、原料中の遊離脂肪酸はエステル化反応により脂肪酸メチルエステルへと変換されるため、従来のアルカリ触媒法よりもエステル収率が向上した。さらに、水を含んだ油脂原料の場合にも高いエステル収率が実現された。

以上の結果から、この一段階超臨界メタノール法(一段階法)では、廃油脂類や未精製油のような遊離脂肪酸や水を含む低質な原料にも適用でき、アルカリ触媒法や酸触媒法よりも高いエステル収率が実現できることが明らかとなった。この成果は廃油脂類等の有効利用に繋がるものと期待される。しかしながら、一段階法では350℃、20 MPa、4分という高温高圧条件が必要であり、反応器にインコネル-625やハステロイ合金等の高価な材料を必要とするなど、実用化には課題を残している。また、このような高温高圧条件では、プラント運転における安全面の問題や、生成されたメチルエステルの熱変性等の懸念が残る。

そこで、より穏やかな反応条件でバイオディーゼル燃料を製造するため、まず亜臨界水中でのトリグリセリドの加水分解反応により脂肪酸を生成し、次に超臨界メタノール中の脂肪酸のエステル化反応により脂肪酸メチルエステルを生成する、二段階超臨界メタノール法を考案した(二段階法; 図1)。

この二段階法により菜種油の処理を検討した結果、加水分解反応およびエステル化反応のいずれも270℃、5 MPa

の条件で進行し、それぞれ20分の処理時間が最適であることを明らかにした。このような条件では、より安価な316ステンレス鋼などを反応器の材料として用いることが可能となる。また、温度・圧力の低減により、処理に要するエネルギー投入量の抑制につながると期待される。さらに、一段階法の場合よりも燃料中のモノグリセリド含有量を低減でき、米国やEUでの規格を満たす高品質のバイオディーゼル燃料の創製に成功した。

これらの成果は廃油脂を含む多種多様な油脂類の有効利用の道を示すものであり、本研究により、超臨界メタノールを用いたバイオディーゼル燃料製造技術の有効性が示された。

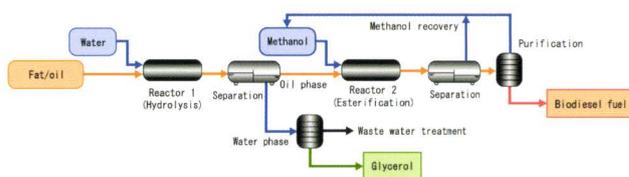


図1 二段階超臨界メタノール法(Saka-Dadan法)によるバイオディーゼル燃料製造プロセス

氏名	長松 隆
論文題目	人工システムの人的要因への情報技術の適用に関する研究
学位授与日	平成16年3月23日
指導教員	吉川 榮和

本研究では、機械システムとそれに関与する人的組織を「人工システム」と規定し、人工システムの人的要因が問題となっている背景に人工システムの多様化・複雑化を挙げ、その解決には、個別の問題の積み上げでは困難なことから、個々の人間あるいは異なった人々で構成される組織を統合的に取り扱うフレームの導出と応用が必要であると、これを研究の目的とした。

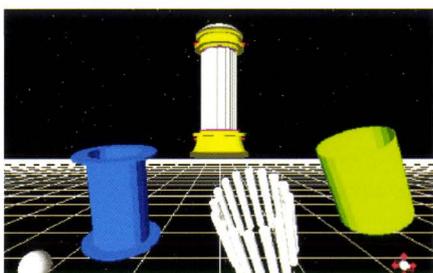
人間系と機械系を要素とする人工システムの多様な構成レベルに対し、それぞれのレベルでの人的要因の効果的な対処を行うためのヒューマンインタフェース設計法として、認知システム工学に基づいて新たなフレームを提起した。そして、人工システム内の複雑な情報コミュニケーションを適切に制御するために、人工システムの構成の複雑さから、「個人レベル」、「同じ目標の人々の集合するレベル」、「異なる目標を持つ社会組織のレベル」に分類し、各レベルで、「人間-機械コミュニケーション」、「グループ内の人と人のコミュニケーション」、「異なる組織集団の人々の多対多のコミュニケーション」について、人的要因を改善するためにそのフレームに基づいて効果的に高度情報技術を適用するヒューマンインタフェースの設計方針を導いた。このフレーム適用の具体的事例として、以下の3つのテーマ

に関する研究を行った。

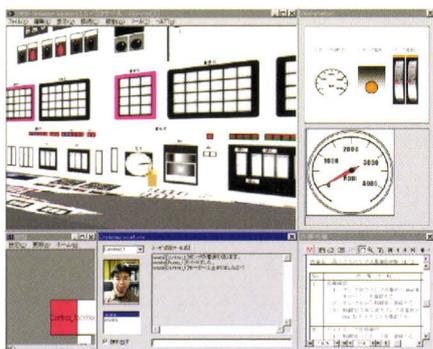
はじめに、個人レベルの人的要因の事例研究として、宇宙用原子炉の炉心の概念設計作業を対象にその複雑な設計計算作業を分析して全設計過程を効果的に支援するのに必要なヒューマンインタフェース機能を導出し、仮想環境を用いて一人の設計者が一連の設計過程の全てを実施できる新たな設計支援環境を構築するとともに、その機能を確認した。

次に、同じ目標の人々の集合するレベルの人的要因の事例研究として、離れた場所に分散して協同で行うプラント計装機器の校正作業を対象にタスク分析を行ってグループコミュニケーションに必要なヒューマンインタフェース機能を導いた。その上で、ネットワーク仮想環境を用いて人的協同作業が実施できる訓練システムを構築し、これを用いて模擬協同訓練実験を行い、訓練効果や訓練の臨場感を確認した。

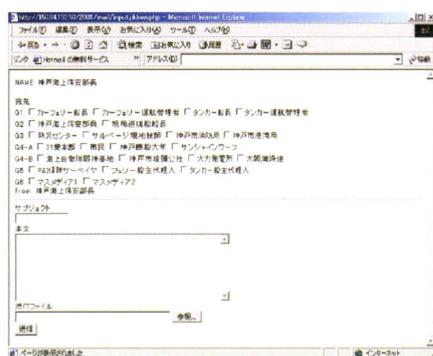
最後に、異なった目標を持つ社会組織レベルの人的要因



個人レベルの人的要因の事例研究
(宇宙用原子炉の設計支援)



同じ目標の人々の集合するレベルの人的要因の事例研究
(プラント保守協同作業訓練)



異なった目標を持つ社会組織レベルの人的要因の事例研究
(災害対応訓練)

の事例研究として、石油タンカー事故時の広域災害対応を対象とした。電子メールによる実験で災害発生時の効果的な多対多コミュニケーション方法を検討した後に、遠隔地間での多人数参加による容易な訓練の実施とデータ蓄積のためにデータベースとWWWサーバとを組み合わせたシステムを構築し、これを用いた模擬演習を行って訓練効果を確認した。

以上により、人工システムの設計から運用、事故対応における多様な人的要因の改善・向上のために、高度情報技術を適用する方法論の提起とその具体的開発事例を示した。

氏名	伊藤 京子
論文題目	エネルギー・環境教育のための電子ネットワークコミュニケーションに関する研究
学位授与日	平成16年3月23日
指導教員	吉川 榮和

持続可能な社会に向けて、エネルギー消費量の見直しや二酸化炭素排出量の削減などエネルギー・環境問題への人々の問題意識を高めることは重要である。その方法として、学校教育、社会教育が重要だといわれているが、現状では、エネルギー・環境問題を学ぶための適切なカリキュラムや方法論は確立していない。また、日々進歩する科学技術と関連の深いエネルギー・環境問題の教育手法として、単なる知識の詰め込みでは不十分だといわれており、単方向の情報の流れにより、人々の問題意識を高めることは困難である。

そこで、本研究では、エネルギー・環境問題に対する問題意識を高める手法として、双方向の知識や情報の交流に着目し、相互交流を通じてエネルギー・環境問題に対する問題意識を高めるためのコミュニケーション支援手法に関する研究を行った。本研究では、近年、爆発的に普及した電子ネットワークに着目し、エネルギー・環境問題を話し合うための、電子ネットワークを用いたコミュニケーション支援手法を検討した。

具体的には、電子ネットワークを利用した情報の提供方法やコミュニケーション支援の要素技術などを検討した後、エネルギー・環境問題に対する問題意識を高めるためのコミュニケーション支援手法の提案を目指し、以下の3つを研究課題とした。

(1) エネルギー・環境問題の社会教育への電子ネットワークコミュニケーションの適用として、エネルギー・環境問題に特別関わりのない一般の人々が、エネルギー・環境問題に対する興味や関心を深めるために、インターネット上で活発に議論する場を提供する手法の提案

(2) エネルギー・環境問題の学校教育への電子ネットワークコミュニケーションの適用として、単なる話し合いから発展させ、エネルギー・環境問題の内包する利便性・経済性と自然環境・エネルギーのどちらをどの程度重要視するかというジレンマを多角的に捉え、問題意識を深めるための学校教育を対象とした議論支援手法の提案

(3) エネルギー・環境問題の専門教育への電子ネットワークコミュニケーションの適用として、エネルギー・環境問題に関して学習した知識を利用し問題を多様な観点から捉

えるための専門教育を対象とした議論支援手法の提案

以上、本研究では、エネルギー・環境問題のための新しいソフトウェアの開発と、開発したソフトウェアを利用して実際にフィールド実験を行ってそれらの機能と効果を確認し、エネルギー・環境問題の社会教育、学校教育、専門教育のための有用な電子ネットワークコミュニケーションの適用方法を提言し、このような電子ネットワークコミュニケーションが、エネルギー・環境教育に有効であり、エネルギー・環境問題への意識の向上、ひいては、持続可能な社会の構築につながることを示した。

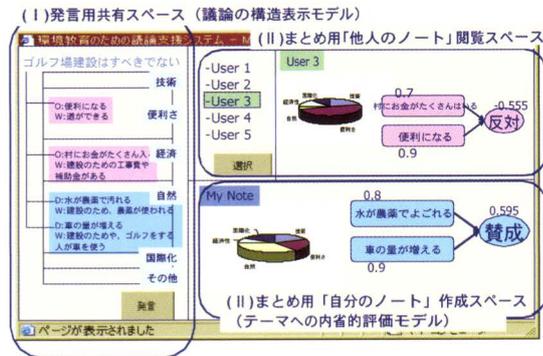


図1 提案手法に基づく議論支援システムのユーザインタフェース画面設計

氏名	小澤 尚久
論文題目	新しい人間情報行動計測法とプラント運転教育の計算機支援への応用に関する研究
学位授与日	平成16年 3月23日
指導教員	吉川 榮和

本論文は、プラント運転に関わるヒューマンインタフェースにおいて、人間の内面的な情報行動を“追跡し”、“推定し”、“模擬する”新しい人間情報行動計測法を提起した。そして、提起した手法をプラント異常診断技能の教育訓練支援システムの構成要素に適用して、実験によりその効果的な応用方法を考察した。得られた主な成果は次のとおりである。

(1) 人間の内面的な情報行動を追跡する手法として、眼球や瞳孔の運動を計測できる Eye-Sensing Head-mounted Display (図1) を利用した瞳孔中心位置検出方法、視点位置較正法を新たに提案し、リアルタイム処理システムを開発した。

(2) 人間の内面的な情報行動を推定する手法として、「パラメータ因果関係図」と名づける運転員のプラント異常診断に用いる知識モデルを考案するとともに、発話の自動認識と上記の注視点情報を利用して、運転員の異常診断タスク遂行中の思考過程をリアルタイムで推定し、かつその推定した異常事象の根本原因の「確信度」を推定するシステムを開発した。

(3) 人間の内面的な情報行動を模擬する手法として、専門知識を有する被験者の行動データから、プラント運転員が机上教育をもとに構成するプラント異常診断用知識モデルとそれを用いた思考形式を導出し、運転員の診断行動を

模擬するヒューマンモデルシミュレータを開発した。

(4) 上記の3つの人間情報行動計測手法を、プラント運転教育の計算機支援に適用し、熟練者がネットワークを介して初心者にプラントの異常診断知識を効果的にマンツーマン教育できるシステムを構築した(図2)。さらに、このシステムを用いて、実機プラントの当直長経験者を招聘した実験を行い、熟練者が初心者の内面状態を把握するためには、特に視点位置と思考発話の情報提供が有効であることを確認した。

以上、本論文は、人間と機械システムの調和への「人間中心の自動化」を志向し、その要素技術としての人間情報行動計測法の開拓において、視点位置計測法、思考過程の自動推定法、ヒューマンモデルシミュレータを提起し、それぞれのソフトウェアの有効性を実験によって確認した。これらの成果は、ヒューマンマシンシステム高度化の観点から、学術上、實際上、資するところが大きい。

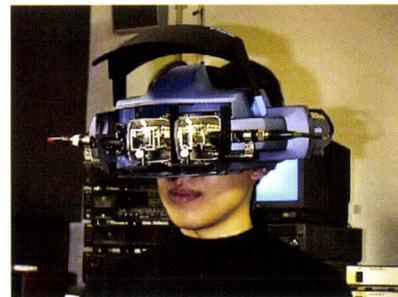


図1 Eye-Sensing Head-mounted Display の外観



図2 異常診断知識の教育システムを用いた実験風景

氏名	森本慎一郎
論文題目	CO ₂ 削減型グローバルエネルギーシステムの総合的評価に関する研究
学位授与日	平成16年 3月23日
指導教員	吉川 榮和

地球温暖化に対する懸念や、日本におけるエネルギー供給構造の脆弱性から、環境保全に対応しつつエネルギーの安定供給を実現する事は日本にとって最も重要なエネルギー政策となっている。本論文は、環境保全に対応しつつエネルギーの安定供給を実現することを目指して提案されたCO₂グローバルリサイクルシステム(以下、C-GRSと呼ぶ)

の経済性向上を目的としてシステム設計および最適化を行い、さらにC-GRSの導入可能性を評価する新しい評価手法について研究した成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. C-GRSを構成する要素技術の一つであるCO₂分離回収・液化システムについて、膜分離法を用いたCO₂分離回収・液化システムのシステム設計および最適化を行い、現在実用化されている方式より、膜分離法CO₂分離回収・液化システムによって構成されるC-GRSは経済性の向上が期待できることを定量的な根拠のもとに示した。

2. C-GRSを構成する要素技術の一つである水素製造システムについて、天然ガス水蒸気改質型水素製造システムについて非平衡反応系に基づくシステムの提案およびシステム解析を行った。その結果、提案システムは改質反応後のガスからCO₂を分離しない場合は工業的に成立せずC-GRSを構成する要素技術として妥当でないものの、天然ガス水蒸気改質型水素製造システムの経済性向上を目指すならば、実用可能性の高いシステムとなることを定量的な根拠のもとに示した。

3. C-GRSの各評価指標に大きく影響を与えるシステム運転条件としてCO₂分離回収・液化システムにおけるCO₂回収率と圧力比および水素製造システムにおける電流密度を選定し、これらについて全体システムの挙動を考慮した各種評価指標に対する最適運転条件を算出した。さらに全体システムの最適化を行う場合、メタノールコストが最小となるように運転条件を設定することが最も効果的であるという、C-GRSの経済性向上に効果的なシステム運転条件設定のための指針を得ることが出来た。

4. C-GRSの基本概念は活かしつつ自然エネルギーの種類およびメタノール合成のための炭素源を調達するサイトについて工夫して設計した風力・バイオマス利用型システムは従来型発電からのCO₂分離回収を行う場合と比べて、CO₂削減の費用対効果の上で十分に競合しうることを示し、C-GRSについてCO₂削減の費用対効果の上で経済的に実用可能性の高いシステム構成を見出すことが出来た。

5. C-GRSの導入可能性を評価するためにエネルギー安定供給のリスクを定量評価する新しい評価指標として「航行障害リスク」に着目し、その新しい評価手法を開発した。航行障害が発生する「航行障害シナリオ」を専門的分析者のブレインストーミングにより抽出して、イベントツリー解析(ETA)手法を基にしてそれぞれのシナリオの発生する主観的確率を導出するとともに、シナリオ発生抑制政策を評価するまでの一連の評価手法を実際にも実施することで、その有効性を示した。

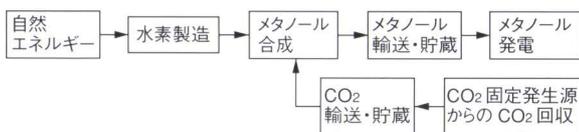


図1 C-GRSのシステム基本構成

氏名	岩淵 善美
論文題目	リサイクル導入による一般廃棄物処理・処分システムの環境負荷低減効果の評価
学位授与日	平成16年3月23日
指導教員	笠原三紀夫

現在の廃棄物処理・処分システムは、大量生産、大量消費、大量廃棄を前提としたものであり、製品のリサイクルルートの構築が急務とされている。そのためには、包装器材の減量化、排出抑制、リサイクルを通して我々の大量消費型のライフスタイルを変更していくことが重要である。環境保全、資源保全の観点から、減量化のための発生抑制やリサイクルを推進し、持続可能な資源循環型社会を構築するために、廃棄物を適正に処理するための合理的な廃棄物計画の策定が必要である。

本研究では、LCA (Life Cycle Assessment) 手法を用いて、複数のモデル都市における一般廃棄物の排出から収集・運搬の過程、中間処理の過程、最終処分の過程、リサイクルの過程にわけ、それぞれの資材製造から運用過程等のインフラストラクチャーや設備の運用過程等のライフサイクルにわたるエネルギー消費量、CO₂、SO_x及びNO_x等の環境負荷物質の排出量やリサイクルを行うことによる環境負荷物質の削減効果を定量的に把握することを目的とし、検討を行った。主な成果は以下のとおりである。

1. 一般廃棄物の処理・処分を小規模な自治体が個々に行った場合、4つの自治体が小規模広域化し共同で行った場合、及び9つの自治体が大規模広域化し共同で行った場合の3ケースについて検討を行い、処理工程別にみると、中間処理施設からの環境負荷量が多いことを明らかにした。

2. 多様な施設の混在するモデル都市(50万人規模)を対象として、都市内の一般廃棄物の流れを把握し、モデル都市におけるガラスびん、アルミ缶、ペットボトル、紙など資源物のリサイクルの可能性を示した。

3. 一般廃棄物中の廃プラスチックを高炉還元材として利用するリサイクルシステムを想定し、全国の各自治体から排出される廃プラスチックを全国8ヶ所の高炉において処理・処分した場合のエネルギー・環境負荷量を定量的に示した。

4. 京都市を対象として、1~3で検討した内容を基に、ガス化熔融などの焼却炉のタイプ、発電の有無、廃熱利用の有無、リサイクル率、高炉リサイクルやマイボトル方

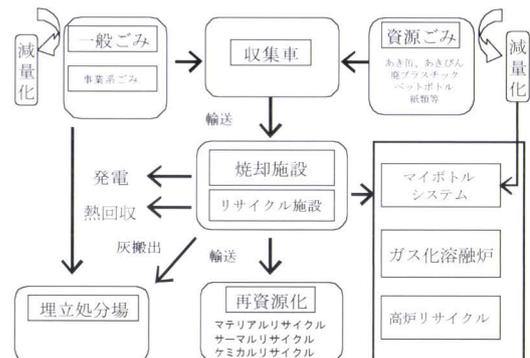


図1 京都市を対象としたリサイクルを含む一般廃棄物の処理・処分システム

式の導入・非導入を組み合わせた4つのシナリオを設定し(図1)、それらの一般廃棄物処理・処分方式やリサイクル方式の違いによるエネルギー消費量、環境負荷量の削減効果を明らかにした。

これらの結果は、一般社会の人や行政に携わる人に対し一般廃棄物の処理・処分やリサイクルを行う際の判断材料としての情報を提供することができ、廃棄物処理計画や意志決定において活用されることが期待される。

氏名	Nguyen Thi Anh Tuyet
論文題目	EVALUATION OF ENERGY PRODUCTIVITY IN VIETNAM USING INPUT-OUTPUT TABLE (産業連関表を用いたベトナムにおけるエネルギー生産性の評価)
学位授与日	平成16年9月24日
指導教員	石原 慶一

本論文は、低所得の開発途上国であるベトナム国のエネルギー生産性について産業連関表を用いて研究した成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

第一に、ベトナムにおけるセメント工業が古い設備を使用しているため生産性が非常に低いことが示された。これらの設備更新に必要な投資額とそれによるエネルギー消費及び二酸化炭素排出の削減量を技術特性の分析に基づいて推定した。

第二に、1989年から2000年までのエネルギー消費量の推移について産業部門別に直接および間接消費量を計算するとともに、その変化の特徴を、構造要因分析ならびにRAS法を用いて詳細に検討した。その結果、分析期間前半では石炭から電力へのエネルギー転換が多く、後半になるとその傾向よりも石油の消費量の伸びが著しいことが明らかになった。この原因は自動車輸送によるものであることが示された。

第三に、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。

最後に、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影響を明らかにした。

また、ここで得られた解析方法はベトナムにおけるエネルギーの将来計画策定における寄与は少なくなく、開発途上国のエネルギー生産性評価にも適用できることを示した。

氏名	松本 一彦
論文題目	A Study on New Functional Fluorocomplex Salts (新規な機能性フルオロ錯塩に関する研究)
学位授与日	平成16年1月23日
指導教員	伊藤 靖彦

フルオロ錯塩とよばれる、あるカチオンとフルオロアニオンとの組み合わせで得られる塩はこれまでにフッ素化学の分野において、重要な研究対象の一つであった。本論文の前半部ではこの無機フルオロ錯塩のなかでも、Ag(I)の塩についてその構造的性質を中心に検討した。一方で有機カチオンと種々のフルオロアニオンとの組み合わせで得られる塩についても近年注目が集まっている。本論文後半部ではHF系室温溶融塩の性質や、これを前駆体として用いたフルオロアニオンを含む室温溶融塩の合成、物性について検討した。

アルキルイミダゾリウムカチオンのアルキル鎖の長さを様々に変化させたHF系室温溶融塩を合成し、これらの物性を調べたところ、アルキル鎖を長くすると粘性率が増加し、導電率が低下する傾向があることが分かった。また得られた塩の間にはWalden則が成り立ち、粘性率が導電率の支配因子であることが分かった。次に室温で固体のEMImFHF (EMIm: 1-ethyl-3-methylimidazolium) について単結晶構造解析を行い、カチオン-カチオンのスタッキングがある特有の層状構造を持つことを見出し、SPRing-8での放射光を用いた液体構造解析を用いて、この特異な構造が、HF組成の高い室温溶融塩 EMIm(HF)_{2.3}F(298 K) 中でもある程度維持されていることを見出した。EMIm(HF)_{2.3}FはHFが酸として弱いため、これに対して、より強いフルオロ酸を反応させることで、蒸気圧が高く除去しやすいHFが遊離し、様々なフルオロ錯アニオンからなる高純度の室温溶融塩の合成が可能である。この方法を用いて、広い電気化学窓を持つEMImTaF₆のような新規な室温溶融塩が得られた塩の間にはWalden則が成り立ち、粘性率が導電率の支配因子であることが分かった。次に室温で固体のEMImFHF (EMIm: 1-ethyl-3-methylimidazolium) について単結晶構造解析を行い、カチオン-カチオンのスタッキングがある特有の層状構造を持つことを見出し、SPRing-8での放射光を用いた液体構造解析を用いて、この特異な構造が、HF組成の高い室温溶融塩 EMIm(HF)_{2.3}F(298 K) 中でもある程度維持されていることを見出した。EMIm(HF)_{2.3}FはHFが酸として弱いため、これに対して、より強いフルオロ酸を反応させることで、蒸気圧が高く除去しやすいHFが遊離し、様々なフルオロ錯アニオンからなる高純度の室温溶融塩の合成が可能である。この方法を用いて、広い電気化学窓を持つEMImTaF₆のような新規な室温溶融塩が得られた。またヘキサフルオロ錯アニオンに関してはアニオンのサイズが大きくなると塩の融点が低くなる傾向があることが分かった。

EMIm(HF)_{2.3}FよりHF組成が低く、HF蒸気圧が低い塩(EMIm(HF)_nF(n<2.3))の性質を調べることは実際の電気化学デバイスへの応用上重要である。そこでEMImF-HF系の状態図を作成し、様々な組成での特性を調べたところ、

n の組成が小さくなると、導電率は徐々に下がるが、電気化学窓はあまり変化しないことが分かった。また、より耐電圧の大きい HF 系室温溶融塩を得るため、イミダゾリウム系より電気化学的に安定である非芳香族系カチオン、 N -alkyl- N -methylpyrrolidinium (RMPyr⁺) に着目して、合成を行ったところ、高い導電率を維持しつつ、耐電圧の高い室温溶融塩を得ることに成功した。

氏名	東島 智
論文題目	Study of Impurity Control and High Density Plasma Formation with High Confinement by Impurity Injection in JT-60 Upgrade (JT-60Uにおける不純物制御と不純物入射による高閉じ込め高密度プラズマ生成の研究)
学位授与日	平成16年1月23日
指導教員	近藤 克己

本論文の目的は、(1) 不純物（核融合出力の低下の原因）を減少させる手法を開発するとともに実証し、また (2) ダイバータ（熱及び粒子の制御を主に行う）板損耗の抑制とプラズマ閉じ込め性能の両立に不可欠な高密度・高放射損失・高閉じ込めプラズマを生成する手法を確立し、核融合炉の早期実現を目指すとともに炉心プラズマにおける新たな物理的な知見を得ることである。

デカボランを用いたボロナイゼーションを臨界プラズマ試験装置 (JT-60U) に適用し、それまでプラズマ性能の進展を妨げていた酸素不純物と粒子リサイクリングを低減した。ボロナイゼーションで生成された良好な第一壁により、JT-60U では臨界プラズマ条件（プラズマ加熱に要したエネルギーと発生したエネルギーが等しくなる条件。ただし、重水素と三重水素を使用と仮定）を達成した。

核融合炉で想定される低温・高密度ダイバータでは、ダイバータ板へ来る粒子束が増加し、化学スパッタリングによる炭素材の損耗が大きくなる。そこで、分光的な手法を用い炭素材における化学スパッタリング率を評価した。取得した領域（入射イオンのエネルギー 30-150 eV、表面温度 600 K 以下 9 における化学スパッタリングの温度依存性は弱かった。また、取得した領域 (10^{22} - 10^{23} m⁻² s⁻¹) の粒子束依存性は粒子束に反比例するほど強いと判明した。この理由として、ダイバータプラズマが非接触状態（中性粒子圧力が高まり、プラズマがダイバータ板から離れる状態）になると、化学スパッタリング測定に使う CD バンドスペクトルが減少することに着目し、今回のデータは部分的非接触状態のダイバータプラズマ条件下において取得したものと説明した。

ダイバータ不純物輸送コードを用いて、炭素不純物がダイバータ板から主プラズマに輸送される機構を明らかにした。この知見を用い、JT-60U ダイバータ改造では炭素の輸送を抑制するダイバータドームを設置するとともに、ダイバータドームの効果を実験的に検証した。

能動的な不純物低減の手段として、ガスパフとダイバータ排気を組み合わせ、主プラズマ不純物量の増加と関連深い MARFE 現象（熱的不安定性の一種）を制御するととも

に、主プラズマ中の炭素不純物量の減少を実証した。また、スクレイプ・オフ層のダイバータ方向へのイオン流が同組み合わせて大きくなることから、この理由をスクレイプ・オフ層の流れで説明した。

放射損失量をアクチュエータとして少量のアルゴン制御しながらプラズマに添加し、国際熱核融合実験炉 (ITER) で必要とされる高密度・高放射損失・高閉じ込めプラズマを生成した。また、同プラズマの生成理由を高いペDESTAL イオン温度の維持と主プラズマイオン温度の「硬直性 (stiffness)」で説明した。

氏名	真木 純
論文題目	環境対応型自動車用表面処理鋼板に関する研究
学位授与日	平成16年1月23日
指導教員	八尾 健

本論文は、自動車用表面処理鋼板の開発すべき方向として環境対応型製品が重要との立場から、表面処理鋼板の製造プロセス、製品特性の両面から研究開発を進め、多くの有益な知見を得た結果についてまとめたものであり、主な成果は以下のとおりである。

1. 強度-延性バランスに優れた高強度鋼板として有望視されている TRIP (変態誘起塑性) 型高強度鋼板の Zn めっきとの反応性を改善するために、鋼中 Si を Al に置換した CMnAl 系 TRIP 鋼を検討した。TRIP 効果を得るために必要な Si は鋼板を焼鈍する工程で酸化物として表面濃化して Zn めっき浴と鋼板の反応を妨げるが、Al に置換することで Zn めっき浴との反応が大きく改善されることを見出した。これは、Al が極めて酸素との親和性が高く鋼板内部で酸化を起こしやすいため、Zn 浴との反応を阻害する酸化物が鋼板表面に生成し難くなるためであることを明らかにした。

2. Si フリー CMnAl 系 TRIP 鋼板の焼鈍工程における相変態挙動を速度論的に解析した結果、2 相域焼鈍、恒温ベイナイト変態という 2 つの素工程での反応はそれぞれ反応界面が球状であると仮定した JMAK の式で表すことが可能であることを明らかにした。実工業プロセスを想定した熱履歴を付与した後の相構成は計算による予測と実験結果とがよく一致することを示した。またこの材料の機械的特性は従来型の CSiMn 系 TRIP 鋼板と同等であることを明らかにし、上記知見と併せてこの鋼板は Zn めっき可能な高強度鋼板として有望であることを示した。

3. 高耐久性の素材である Al めっき鋼板の排気系内外面環境における腐食挙動を検討した。Al めっき鋼板を外腐食 (屋外暴露) 環境において 30 年以上という極めて長期間暴露した後も鋼素地への腐食の進行は少なく、これは Al めっき鋼板の表面に生成した腐食生成物である α -FeOOH の防食効果によるものであることを見出した。また、この腐食生成物は Al めっき層から溶出する Al (III) イオンによりその生成が促進されることを明らかにした。

4. 現在燃料タンクに使用されている Pb 系めっきは有害物質の Pb を含有するため、これに代替する新素材として Sn-Zn めっき鋼板を開発した。Zn を添加することで鋼素地

を犠牲防食する効果が得られるが、共晶点の Zn 量 9% を超えると Zn の粗大な初晶が生成して耐食性が低下するため、適正な Zn 量は 7~9% であることを明らかにした。この成果は自動車会社に適用され自動車の脱 Pb 化に貢献している。

氏名	佐藤 雄太
論文題目	Structures, Thermal Behaviors and Chemical Reactivity of Layered Carbon Fluorides (フッ素-炭素層状化合物の構造、熱的挙動と化学反応性)
学位授与日	平成16年 3月23日
指導教員	伊藤 靖彦

単体フッ素を用いて黒鉛をフッ素化することにより得られる層状フッ化炭素は、通常はアクセプター型黒鉛層間化合物として分類されることが多いが、その組成や構造は合成条件に著しく依存することが知られている。単体フッ素は室温中、単独では結晶性黒鉛と反応しないが、約 623 K 以上ではフッ素化反応が黒鉛内部まで進行し、反応温度に応じて poly(dicarbon monofluoride) (C₂F)_n と poly(carbon monofluoride) (CF)_n が生成する。これらの化合物中では、炭素層の平面性は完全に失われており、シクロヘキサン状に折れ曲がっている。一方、HF 等のフルオロ酸の存在下では室温でもフッ素化反応が進行し、炭素/フッ素比が 2 より大きい層状フッ化炭素（以下 C_xF と略記）が得られる。過去の分光測定により、C_xF 中の炭素層上には共役 π 結合のネットワークが部分的に維持されていることが示唆されているが、炭素-フッ素間の結合状態等、化合物の構造に関しては不明な点が多い。一連の層状フッ化炭素の構造や物性に関する系統的な研究例は極めて少なく、化合物の新たな応用法を模索する上でも、黒鉛化学・フッ素化学の両分野への波及効果を考える上でも、重要な研究課題となっている。そこで本研究では、一連の層状フッ化炭素の構造と物性に関して検討を行い、以下の知見を得た。

1) 層状フッ化炭素の短距離構造の解析

中性子回折により一連の層状フッ化炭素の短距離構造解析を行い、過去に実測値の報告例のないこれらの化合物中の C-F、C-C 結合距離を求めるとともに、積層規則性やフッ素原子の配置に関して詳細に検討した。

2) C_xF の熱分解機構の解明と残留炭素材料の評価

C_xF の熱分解機構を解明するため、熱分解時の化合物の構造変化を観測するとともに、発生するガスの分析を行った。C_xF の熱分解反応後に残留する炭素材料は黒鉛状の積層規則性を有するが、炭素層の層間距離は黒鉛より大きく、結晶子サイズに顕著な異方性を有することを明らかにした。

3) C_xF の層間への HF 分子の可逆的挿入機構の検討

C_xF の層間で HF 分子の可逆的挿入・放出が起こることを見出した。C_xF 中の各層と HF 分子との間には、C-F 結合と H-F 結合の極性に起因する静電的相互作用が働いており、C_xF 中の炭素層の振動モードに帰属される赤外吸収ピークの強度と位置に顕著な影響が観測された。

4) C_xF を経由する新規な (CF)_n 合成プロセスの探索

C_xF とその熱分解により得られる炭素材料のそれぞれを反応前駆体とし、単体フッ素を用いてフッ素化することにより、673-773 K の比較的低い温度で高結晶性の (CF)_n を得ることに成功した。これらの新規なプロセスにおける反応機構に関する知見を踏まえ、黒鉛の直接フッ素化反応における (CF)_n の生成機構についても検討を加えた。

氏名	松島 永佳
論文題目	Iron Electrodeposition in High Magnetic Fields and Its Application to a New Electrochemical Deuterium Separation System (強磁場中における鉄電析と新規な電気化学的重水素分離システムへの応用)
学位授与日	平成16年 3月23日
指導教員	伊藤 靖彦

近年、超伝導磁石の発達により、容易に強磁場環境が利用できるようになった。そこで、強磁場を利用して、優れた機能を有する磁性材料や電極材料などの材料開発への応用が期待されている。しかしながら、強磁場環境を利用した確固たる材料開発プロセスの確立はされておらず、強磁場環境に電気化学プロセスを応用した研究はほとんど行われていない。

このような背景から、本研究では、初めに、強磁場環境を利用した電極材料開発を行った。具体的には、強磁場中 (0.5 T-5 T) で硫酸鉄水溶液からの鉄電析を行った。その結果、磁場を印加することで、特定の結晶面 (110) のみを磁場方向に制御できることを明らかにした。この磁場による結晶配向への影響を調べるために、次に AFM を使い、強磁場中で鉄電析初期過程を調べた。その結果、磁場印加の方向によって、表面形態が著しく変化することを発見した。これは、電極表面の電析物の凹凸によって生じる電気力線の歪みに磁場が作用することで、結晶粒周りに微細な渦状の対流が発生し、その結果、磁場方向に依存した電析形態が得られたと思われる。さらに、このような磁場中電析に特有の現象によって、鉄の結晶成長も影響を受け、先に述べた磁場方向に配向した電析膜が得られたと考えられる。

次に、磁場中で得られた鉄電析膜を水電解の電極とし、アルカリ水溶液中で重水素分離係数を測定した。その結果、磁場無しで得られた鉄電析膜の分離係数は 8-10 であるのに対して、磁場中で得られた電析膜は分離係数が最大 12.3 となった。これは、既存の電極材料 (軟鉄: 分離係数 5-6) よりもかなり大きな値である。また、電気化学的手法を用い、電極の実効表面積を検討した。その結果、磁場中で得られた鉄電析膜は、水素発生反応に活性な電極であることも明らかにした。

最後に、磁場中電析で得られた鉄電極を使い、電解法と燃料電池を組み合わせた、新規な重水素濃縮・分離システムを提案し、その評価を行った。本システムでは、従来の電解法では燃焼によって水に戻っていた水素ガスと酸素ガスを、燃料電池の活物質として有効利用することを考えた。その結果、電力消費量が従来の電解法と比較して、二分の一以下になることが分かった。さらに、上述の磁場中で形成させた鉄電極を用いることで、カスケードの段数が従来の電解法と比較して 2 割削減することができると示した。

本研究の成果は、強磁場環境を使った新規な材料開発、及び重水素濃縮・分離法の更なる効率化に貢献することができる。

氏名	辻村 浩行
論文題目	Electrochemical nitriding in molten LiCl-KCl-Li ₃ N systems (溶融 LiCl-KCl-Li ₃ N 系における電気化学的窒化)
学位授与日	平成16年 3 月23日
指導教員	伊藤 靖彦

窒化処理は、金属材料表面からバルク内部に活性窒素を拡散浸透させ、材料表面に硬質で安定な窒化層を形成させる処理法で、表面改質技術の中で最も広く用いられているもののひとつである。本申請者は、溶融塩 (LiCl-KCl-Li₃N) 中でのナイトライドイオン (N³⁻) の電気化学反応を利用した新規な窒化処理法である溶融塩電気化学プロセスに着目した。溶融 LiCl-KCl 中に Li₃N を添加すると、溶融塩中にはナイトライドイオン (N³⁻) が存在する。この浴内で金属電極を陽分極させると、N³⁻ は原子状窒素 (Nad) にまで酸化され、この原子状窒素が活性窒素として働き、電極表面に窒化層を形成する。本プロセスの長所としては、常圧、比較的低温での窒化が可能であり装置構成が単純であること、シアンなどの有害物質を使用しないこと、窒化反応が溶融塩中の電気化学反応により進行するため、複雑形状の試料の均一窒化が可能であることなどが挙げられる。さらに、窒化層の構造的特性 (組成、結晶構造、表面形態、膜厚等) を印加電位や電流密度等の電気化学パラメータにより制御することができる。

まず、ステンレス鋼の重要な構成元素である純鉄およびクロムの窒化に関する検討を行った。その結果、様々な電位での定電位電解によって、窒化層の形成に成功した。特にクロムの窒化においては、窒化層は CrN と Cr₂N からなり、電解電位が貴であるほど窒化層中の CrN の割合が増していくことを見出した。これは、窒化層の構造的特性の制御という観点から、非常に意義深い結果である。

つぎに、Fe-Cr 二元系のステンレス鋼である SUS430 (Fe-18Cr) に関する検討を行い、様々な電位 (0.50-1.50V) でその窒化に成功した。形成した窒化層の硬度は他の手法により得られた窒化層の報告値とよく一致した。また、窒化層の成長速度が放物線則に従うことを確認した。電解電位が貴なほど、その成長速度が大きくなることも確認された。さらに、より一般的なステンレス鋼である SUS304 (Fe-18Cr-8Ni) に対する窒化を試みた結果、特別な前処理を施さず、様々な電位 (0.50-1.50V) で窒化に成功した。SUS304 に関しては管状試料に対する窒化も試み、管の内外面に均一な窒化層が形成することを確認した (Fig. 1)。これは本プロセスが複雑形状の試料の均一窒化に適用できることを示す証拠である。

さらに、本プロセスによるステンレス鋼の窒化機構について、内部酸化理論を適用して速度論的な考察を行い、窒化層中における窒素の見かけの拡散係数を求めるとともに、吸着窒素原子の活量を窒素分圧に換算し、その印加電位と

の相関関係を明らかにした。

以上のように、溶融塩電気化学プロセスを用いてステンレス鋼をはじめとした様々な金属材料の窒化に成功し、本プロセスの有用性を実証するとともに、窒化反応全般に関する重要な知見を得ることができた。

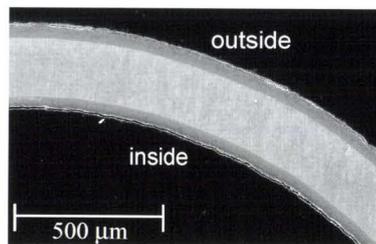


Fig. 1 Cross-sectional SEM image of SUS 304 tube after potentiostatic electrolysis at 1.00 V for 9 h

氏名	笠嶋 丈夫
論文題目	Electrochemical Studies on Energy-Related Materials at Medium-Range Temperatures (中温域でのエネルギー材料に関する電気化学的研究)
学位授与日	平成16年 3 月23日
指導教員	伊藤 靖彦

本論文は 500-600 K 付近の中温域で使用できる溶融アルカリ金属ハライドとして、従来ほとんど研究例のない溶融 LiBr-KBr-CsBr に注目して、その物理化学的特性を明らかにするとともに、エネルギー材料としての種々の応用を目的とした研究をすすめ、多くの有用な知見を得た結果についてまとめたものであり、主な成果は次のとおりである。

1. 示差熱分析により LiBr-KBr-CsBr 三元系溶融塩の組成と融点の関係を調べ、共融組成は LiBr:KBr:CsBr = 56.1:18.9:25.0 mol%, また共融点は約 498 Kであることを明らかにした。

2. 電気化学測定と化学分析により、この溶融塩のカソード限界はリチウム金属の析出、アノード限界は臭素ガス発生によるものであり、523-673 K において電位窓は 3.4-3.2 V であることを明らかにした。さらに、(α+β) 二相共存域の Al-Li 合金の安定性・可逆性等を検討し、この浴の参照電極として適していることを示した。

3. 溶融 LiBr-KBr-CsBr をリチウム二次電池の電解質として適用することを目的として、523 K におけるグラファイトおよびカーボンナノチューブの電気化学的リチウム吸蔵・放出について調べた。その結果、グラファイトにおいて、室温で報告されているものよりも著しく大きなリチウム吸蔵放出速度を示すことを明らかにし、この溶融塩を電解質に用いて中温域で作動させるリチウム二次電池は、高出力密度電池として非常に有望であることを示した。

4. この溶融塩系での H⁻イオンについての基礎的知見を得るために、523-673 K においてサイクリックボルタメトリーおよびクロノポテンシオメトリーを適用し、H⁻イオンのアノード水素ガス発生反応が反応電子数 1 の電気化学的に可逆な反応であることを明らかにするとともに、浴中の H⁻イオンの拡散係数を求めた。

5. 中温域における金属-水素系の電気化学的評価法の確立を目的に、 H^- イオンの電極反応を利用してチタン-水素系の電極電位-水素濃度-温度曲線を測定した。また、その結果から水素吸蔵量や種々の熱力学量を求め、これら諸量の値が673 K付近において報告値と良く一致することから、本手法の有効性を確認した。さらに、これまで報告がなかった523 K付近の温度域において、本研究で初めて実測値を得た。

6. 上記で確立した電気化学的方法を用いることにより、従来正確な値が求められていなかった、リチウムをドーブした多層および単層カーボンナノチューブの523 Kにおける水素吸蔵量を明らかにした。

氏名	中島 裕典
論文題目	Hydrogen Electrode Reaction in a Molten LiCl-KCl-LiH System (熔融 LiCl-KCl-LiH 系における水素電極反応)
学位授与日	平成16年 3月23日
指導教員	伊藤 靖彦

熔融アルカリハライド（熔融 LiCl-KCl 共晶組成塩等）に LiH 等のアルカリ金属水素化合物を添加した系に特異的に存在する、ハイドライドイオン (H^-) の関与する以下の水素ガス電極反応について調べた。



この反応は、アノードで水素発生し、高効率な熱電変換システムである $Li-H_2$ 熱再生型燃料電池や太陽電池用シリコン半導体の原料として重要な SiH_4 ガスの電解生成、核融合炉ブランケットからの燃料用水素同位体の分離回収への応用が可能である。しかし、これまでこの反応に関する基礎データはほとんど報告されていなかった。このような背景から、この水素ガス電極反応について、熱力学的、反応速度論的および分光学的研究を行った。以下に、それらの成果について、項目別に述べる。

・熱力学的研究

(1) 標準式量酸化還元電位・活量係数

熔融 LiCl-KCl-LiH 系 (643 K~883 K) において、種々の条件で反応 (1) の平衡電位を測定した結果から、標準式量酸化還元電位が求められた。これにより H^- イオンの活量係数が求められ、 Li^+ イオン- H^- イオン間の引力が大きい可能性が示された。

(2) 単極ペルチェ熱

熱力学的研究で得られた H_2/H^- の平衡電位の温度依存性と Li^+/Li の単極ペルチェ熱から、 H_2/H^- の単極ペルチェ熱を求めた。その結果、(1) 式の反応が、右向きに進むとき、発熱が起こることがわかった。

・反応速度論的研究

熔融 LiCl-KCl-LiH 系 (673 K) において、種々の電極材料を用いて、平衡電位から大きく分極した状態で、交流インピーダンス測定を行った。得られた結果を、電極反応速度論を基に導出した式を用いて解析し、交換電流密度 i_0 、対称因子 β を求めた。

また、非平衡熱力学の理論を導入して電極反応のインピーダンスを解析し、電極表面の吸着 H^- イオンや吸着水素原子の吸着量、反応経路を明らかにした。

・分光学的研究

(1) H^- イオンの溶解挙動・熔融塩との相互作用

高温用の分光セルを製作し、熔融 LiCl-KCl-LiH 系について、673 K で赤外吸収分光測定を行ったところ、吸収バンドが観測され、 Li^+ イオン- H^- イオン間の引力が大きいことが示された。この結果は熱力学的研究の結果と一致している。

(2) 水素の溶解挙動・熔融塩との相互作用

熔融 LiCl-KCl-LiH 系 (673 K) において、種々の水素圧下で交流インピーダンス測定を行い、Warburg 係数の解析から、水素の溶解度および溶存水素の拡散係数を求めた。

また、水素雰囲気下での熔融 LiCl-KCl 塩 (673 K) の赤外吸収バンドから、 Li^+ イオン-溶存水素間の引力が大きいことが示された。

氏名	村田 雄輔
論文題目	Synthesis, Characterization and Application of Nanostructured Metal Oxides (ナノ構造金属酸化物の合成・特性評価と応用)
学位授与日	平成16年 3月23日
指導教員	足立 基齊

自己組織化を利用して界面活性剤分子と金属アルコキシド分子が複合して形成する分子集合組織を用いることにより、種々の形状・サイズのナノ金属酸化物が合成できることを示した。それらのナノサイズ材料の特性を評価し、エネルギー・環境分野への応用について研究した。

酸化チタンの構造制御を目的とし、1級アミンであるラウリルアミン塩酸塩と、アセチルアセトンで修飾したテトライソプロピルオルトチタネートを用いて、80°C 以下の穏和な条件下で、チタニアのアナターゼ単結晶の1次元構造であるナノワイヤーならびに2次元的な広がりを持ったネットワーク構造体が、“oriented attachment” という機構で合成できることを明らかにした。今回合成されたチタニアナノワイヤーは、結晶面を配向させるように粒子間での融合が進行しており、非常に穏和な条件下で“oriented attachment” 機構により合成された例は他にはなく、微粒子結晶面の表面エネルギーを制御することにより、結晶構造や形状を制御できることを明らかにした。

結晶性のチタニアナノワイヤーの高い電子伝導性と、N3 等のルテニウム色素に対する高い色素吸着能に着目して、色素増感太陽電池のチタニア薄膜へ適用し、9%を超える高い光電変換効率が得られることを示した。フィルム化されたチタニアナノワイヤーは、従来の P-25 を用いたチタニア薄膜と比較して2~3倍の高い短絡電流値を示し、またチタニアナノワイヤーに吸着した色素は、P-25 の4~6倍の吸着量を示し、金属酸化物の構造体並びに結晶面制御の重要性を明らかにした。

界面活性剤を用いてナノサイズの形態を制御する合成方法を CeO_2 に適用し、水溶液中にもかかわらず分散性が良く、

結晶性の高い3-4 nmの非常に均一な角状粒子の合成に成功した。合成されたCeO₂角状粒子の形状は均一性に優れているため、凝集する際には互いの面と面とを合わせるように、規則的に配列することがTEM観察により確認され、この配向材料を400℃で焼成することによって、角状粒子が連結したロッド状の材料が得られることを示した。形態を制御する合成方法により形状を制御された微粒子の合成が可能であり、building block材料として応用が可能であることを明らかにした。

同様の合成方法に基づきNd₂O₃のナノワイヤーを、80℃という低温での合成に成功した。合成されたNd₂O₃ナノワイヤーは単結晶構造を有しており、軸方向に(001)面の結晶成長が見られている。Nd₂O₃のバルク試料において、(001)面は本来殆ど観測されない結晶面であるが、本合成法が特異的に(001)面の結晶成長を促したことを示している。その結果、Nd₂O₃のナノワイヤーという形状に制御した合成が可能となった。

氏名	笹野 順司
論文題目	Understanding and Control of Metal Deposition Behavior onto Porous Silicon (多孔質シリコン上への金属析出挙動の把握と制御に関する研究)
学位授与日	平成16年3月23日
指導教員	尾形 幸生

フッ酸中で単結晶シリコンを陽極酸化することにより、微細な孔を有する多孔質シリコン(PS)が生成する。PSの特異な性質を利用して、発光素子、センサー、フォトニック結晶、太陽電池、さらには医療、生化学といった広い分野での応用研究がなされている。

本論文では、PSの置換めつきに関連する研究として、PS上への銅析出に伴う再溶解現象、塩化物イオンの析出阻害効果、および、PS上への光アシストによるマスクレス金属パターニングをとりあげた。

1. PS上への銅置換めつき時に伴う再溶解現象

PS上への銅置換めつき時に、析出した銅が再溶解する現象を見出した。PSの置換めつきでは金属の還元析出と、それに伴うシリコンの酸化反応が起こると考えられているが、それだけでは銅の再溶解現象を説明できない。酸素、空気、および窒素を溶液に吹き込みながら置換めつきを行った場合の銅析出量を原子吸光法により定量した結果、銅の再溶解現象は溶存酸素が原因であることがわかった。溶存酸素が存在する溶液中では、始めは置換めつきが主要な反応として起こるものの、PSの酸化に伴い置換めつき反応が止まると、溶存酸素による銅の溶解が主要な反応となるために再溶解現象が発現すると考えられる。

2. PS上への銅置換めつきに及ぼす塩化物イオンの効果

PS上への銅の置換めつき反応は、溶液中に塩化物イオンが過剰に存在すると阻害されることが知られているが、Cu(I)イオンを含む溶液では析出阻害が起こらない。種々の濃度の塩化物イオンを含む硫酸銅水溶液中で電流・電位測定を行い溶液の電気化学特性を調べた結果、塩化物イオン濃度の増加に従い、Cu(I)が安定に存在する電位領域が

現れた。また、PSを電極に用いたときの電流・電位曲線の挙動から、Cu(II)からCu(I)への還元反応速度が著しく遅くなっていることが確認された。これらの結果と、各種溶液中でのPSの開回路電位の値から、Cu(II)からの置換めつきは塩化物イオンによって抑制されるのに対してCu(I)からの置換めつきは抑制されないということを説明した。

3. PS上への光アシストによるマスクレス金属パターニング

p型半導体は暗時には金属イオンを含む溶液中で陰分極しても還元電流が流れないが、照射下では励起された電子を還元反応に利用することができる。この原理を用いて、PS上にレーザー光を照射しながら陰分極を行うことで、マスクレス金属パターニングを行った。通常はこの方法で用いることのできる金属は置換めつきの起こらないニッケルのような卑金属に限られる。しかし、銅の置換めつきが塩化物イオンによって阻害される性質を利用することで、位置選択的な銅の析出が可能となった。図1は、PS上に位置選択的に銅を析出させた試料の光学顕微鏡写真である。これはPS上にマスクレスで貴金属を析出させた初の成果である。

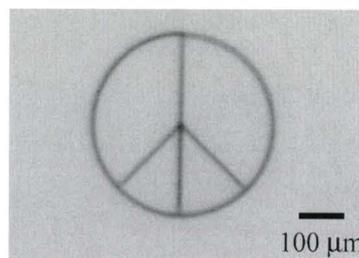


図1 光アシストにより多孔質シリコン上に描かれた銅のピースシンボル。

氏名	伊藤 博
論文題目	Electrochemical Studies for the Development of Li-H ₂ Thermally Regenerative Fuel Cell (リチウム-水素熱再生型燃料電池開発のための電気化学的研究)
学位授与日	平成16年3月23日
指導教員	伊藤 靖彦

本研究は、リチウム(Li)と水素(H₂)を活物質とし、熔融塩を電解質に用いた熱-電気エネルギー変換システムであるLi-H₂熱再生型燃料電池について、その効率向上を目指した研究を行った。具体的には、同システムの発電部であるLi-H₂電池について、その電解質や電極反応に関する電気化学的研究を行った。本論分は、その結果をまとめたものであり、得られた主な成果は、以下のとおりである。

1. これまで測定例の無かったLiCl-CsCl及びLiCl-KCl-CsCl共晶塩の密度について、アルキメデス法を用いた精密測定を行い、673 K以下の比較的低温領域における密度データを取得した。

2. Li-H₂電池の電解質として用いられるアルカリ塩化物系熔融塩中でのハイドライドイオンのアノード反応を解析した結果、反応生成物である水素原子の電極基体による吸蔵が電極挙動に影響を及ぼすことを定量的に明らかにした。

3. サイクリックボルタモグラムのピーク電流値に及ぼす反応次数の影響を数値計算によって明らかにし、そのピーク電流値から熔融塩中のハイドライドイオンの拡散係数をより正確に求める方法を提示するとともに、拡散係数を具体的な数値として算出した。

4. Li-H₂電池のカソード反応である水素還元反応について、アルカリ塩化物熔融塩系での電極挙動を電位走査法によって調べ、得られるボルタモグラムに電極基体に吸蔵された水素の影響が大きく表れることを、数値計算の結果などから定量的に明らかにした。また、Fe および Ni のカソード材としての有効性を確認した。

5. 交流インピーダンス法を用いて水素還元反応を詳細に解析するとともに、電極基体への吸蔵水素の影響を考慮した等価回路を提案し、その有効性を確認した。

6. アノードに Ni 膜を用いた Li-H₂電池を組み立てて起電力を測定し、熱力学的に期待される数値が得られない原因が、Ni 膜に対する Li の濡れ性の乏しいことにあることを指摘した。また、比較的融点の低い二、三のアルカリ塩化物系熔融塩が本発電セルの電解質として有効であることを確認し、本発電セルを比較的低温領域で作動させることによって、エネルギー変換効率を高めることができる可能性を示した。

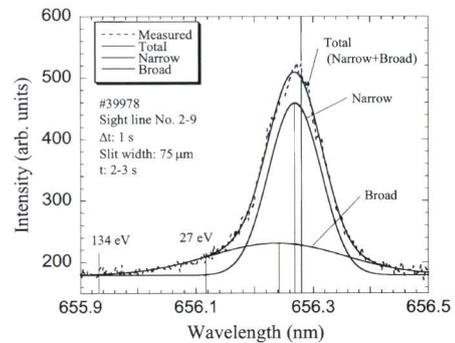
以上のことから、本研究においては、Li-H₂熱再生型燃料電池高効率化への可能性を示すことができたとともに、熔融塩電解質におけるガス電極反応について、新しい知見を得ることができた。

氏名	川染 勇人
論文題目	Spectroscopic Study of Neutral Hydrogen Atoms in Helical Plasmas (ヘリカルプラズマ中の中性水素原子の分光学的研究)
学位授与日	平成16年3月23日
指導教員	近藤 克己

磁場閉じ込め方式による核融合炉の実現には、高温、高密度のプラズマを生成し長時間維持しなければならず、プラズマ中の不純物及び中性水素原子の制御が必要となる。本研究の目的は、ヘリカル系装置における不純物及び中性水素原子の挙動を分光学的手法により明らかにすることである。実験は、京都大学エネルギー理工学研究所のヘリオトロンJ装置と文部科学省核融合科学研究所の大型ヘリカル装置で行った。ここでは、大型ヘリカル装置での H α スペクトルプロファイルの測定について報告する。

水素原子の挙動を理解するうえで重要なパラメーターの一つとして、その速度分布を挙げることができる。水素原子は主に周辺領域に存在しており、速度分布から水素原子の閉じ込め領域への浸入長を評価できる。また、発光に寄与している原子の原子・分子過程に関する情報も含んでいる。本研究では詳細な H α スペクトルプロファイルを測定するために、高分解能エッセル型可視分光器システムを構築した。分光器システムの絶対波長較正は、永久磁石による 1.13 T の磁場中での水素及び重水素によるホロカソード放電を光源として行った。得られた逆線分散は、

0.1 nm/mm であり高分解能を実現できた。大型ヘリカル装置の周辺プラズマ領域において測定された H α スペクトルプロファイルを図に示す。測定されたスペクトルプロファイルは中心波長に対して左右非対称であり、高温 (Broad) と低温 (Narrow) の二つのガウシアン成分に分解することができた。これは、水素原子の速度分布が空間的に一様でないことを示している。高温、低温成分の温度はそれぞれ 29.0 eV と 4.0 eV であり、中心波長は共に短波長側にシフトしている。また、スペクトルプロファイルの短波長側の裾野に対する水素原子の運動エネルギーは 27~134 eV であり、エネルギーの高い水素原子が存在することが分かる。測定視線との関係より短波長側のシフトは周辺領域から閉じ込め領域に向かって移動する原子が寄与していることが分かった。低温成分の温度はフランク-コンドンエネルギー程度であり、分子からの解離により発生した原子からの発光であることが分かった。一方、高温成分は真空容器の壁面やプラズマ対向材で反射した原子及び荷電交換反応により生成された原子からの発光であることが分かった。特に高温成分は、閉じ込め領域からの磁力線がプラズマ対向材に当たる位置において発光強度が強くなること確認し、高温成分にはプラズマ対向材で反射した原子からの発光が大きく関与していることが分かった。



大型ヘリカル装置で測定された H α スペクトルプロファイル

氏名	後藤 琢也
論文題目	Electrochemical Reactions of Nitrogen in Molten Salt Systems (熔融塩系における窒素の電気化学反応)
学位授与日	平成16年3月23日
指導教員	伊藤 靖彦

通常窒素分子は三重結合をもち、その結合エネルギーは 941.6 kJmol⁻¹ と大きく、さらに非極性分子であるために、一般的には不活性ガスとして取り扱われている。現在行われている窒素ガスを原料として用いる工業プロセスでは、常温常圧では不活性なこのガスに反応性を与えるために、高い温度や複雑な装置を必要とすることが多い。一方、近年の筆者らの研究によって、熔融塩中で窒素ガス電極を用いることにより、比較的容易に窒素ガスを電気化学的に還元することが可能であることが見出された。この陰極還元反応を用いることにより、窒素が関与する新たな工学プロセスの構築が可能となることを見出した。そこで本学位論

文において、溶融塩系における窒素およびその化合物の電気化学挙動について詳細な検討を加え、得られた知見を新たな工学的応用へと展開した結果をまとめた。得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 溶融 LiCl-KCl-Li₃N 中 (723 K) で Ni を陽分極することで、窒化物イオン (N³⁻) が反応式、 $N_3^- \rightarrow 1/2 N_2 + 3e^-$ によって電流効率 100% で窒素ガスに酸化されることを見出した。さらに、この陽極酸化反応は、可逆な拡散支配の 1 段階 3 電子反応であること、また、N³⁻ の拡散係数は、約 $1 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ であることを明らかにした。

2. 溶融 LiCl-KCl-Li₃N 中で N₂ ガス電極を陰分極することで、N₂ ガスが反応式、 $1/2 N_2 + 3e^- \rightarrow N^{3-}$ によって電流効率 100% で N³⁻ に還元されることを見出した。また、N₂ ガス電極の浸漬電位の N₂ ガス分圧依存性および N³⁻ 濃度依存性から、 $1/2 N_2 + 3e^- = N^{3-}$ で示される酸化還元平衡の存在を明らかにした。さらに、その 723 K での標準単極電位を、0.382 V (vs. Li⁺/Li) と求め、この値と種々の熱化学データを組み合わせて電位-pN³⁻ 図を作成し、これに基づいて窒素およびその化合物の熱力学的安定領域を図式表示する手法を確立した。

3. N³⁻ の陽極酸化によって窒化反応を進行させる新規な窒化物形成法を提案し、窒化 Ti の形成を例にとり、その可能性を実証した。具体的には、溶融 LiCl-KCl-Li₃N 中で、Ti を電極として 0.8 V (vs. Li⁺/Li) で陽分極させると、N³⁻ の酸化反応により電極表面上に窒素原子を生じ、固相反応・拡散を経て窒化 Ti が形成することを確認した。

4. 同様の手法により、侵入型窒化物である窒化 Fe、窒化 Zr、窒化 Zn、および共有結合型窒化物である窒化 Al、窒化 Sn の形成が可能であることを見出した。また、いずれの場合も、電解電位を制御することにより電極最表面に電気化学的に生成する吸着窒素の化学ポテンシャルを自在に変化させることができ、得られる窒化物中の窒素濃度を厳密に制御できることを明らかにした。

5. 上述の電気化学プロセスによる窒化物形成法に、N₂ ガス還元反応を対極反応として利用する新規な連続窒化プロセスを提案し、実際に N₂ ガス電極を対極に用いた装置を作成して Ti の連続窒化を行い、その可能性を実証した。具体的には、対極に N₂ ガス電極を用い、N³⁻ の陽極酸化による窒化反応を Ti 電極上で進行させると、Ti 電極上で窒化反応により消費された N³⁻ は、対極での N₂ ガスの陰極還元により生成した N³⁻ により補われ、結果的に、イオン源として Li₃N を添加せずに、連続的に Ti の表面窒化が可能となることを明らかにした。

氏名	諫山 明彦
論文題目	JT-60U における電子サイクロトロン放射測定による新古典テアリングモードの抑制に関する研究
学位授与日	平成16年 3月23日
指導教員	佐野 史道

本論文は、高い閉じ込め性能の高温プラズマを得ることを目的とした、臨界プラズマ実験装置 JT-60U における電

子サイクロトロン放射 (ECE) 測定装置の開発、高ポロイダルベータ (β_p) H モードにおける新古典テアリングモード (NTM) 特性の理解および NTM 発生の抑制による高 β_p H モードプラズマの高性能化について研究した成果をまとめたものであり、得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 核融合プラズマにおいて ECE 測定装置は電子温度測定のための重要な位置を占める。本論文では、ECE 測定装置のヘテロダインラジオメータおよび回折格子型分光装置用検出装置の開発を行い、電子温度分布の高時間・高空間分解能測定を実現した。さらに、特異値分解および最大エントロピー法を用いた信号処理法を開発し、ECE 信号に適用して、前者に関しては不安定成分の分離やノイズ除去を、また後者に関しては ELMy H モード中のフーリエ分光法による電子温度分布測定を可能にした。

2. NTM はベータ値の高いプラズマにおいて発生し、閉じ込め性能を劣化させるため、その特性を明らかにすることは重要である。本論文では、(1) NTM の発生領域として圧力勾配の増大する有理面に現れやすいこと、(2) NTM 発生時のベータ値と NTM 消滅時のベータ値にヒステリシスが存在すること、(3) NTM 発生時の規格化ベータ値には、規格化衝突周波数依存性や規格化ラーマー半径依存性があることを明らかにした。

3. NTM の抑制によるプラズマ高性能化の手法として、電流分布や圧力分布の最適化による NTM 発生回避および電子サイクロトロン波電流駆動による NTM 安定化を検証した。その結果、1.8 MA のプラズマ電流を NB 駆動電流、EC 駆動電流、自発電流により維持し、完全非誘導電流駆動を達成するとともに、核融合三重積を向上させることができた。更に、このプラズマは閉じ込め改善度、規格化ベータ値や総合性能の点からも優れていることを検証した。

4. 上記の手法を活用し、ポロイダル磁場コイルの電源容量の改良と放電シナリオの最適化により、規格化ベータ値が 2.7 のプラズマを 7.4 秒間 (電流拡散時間程度) 維持することに成功し、機器性能で決まる運転領域まで JT-60U の高ベータプラズマ維持時間の伸長を可能にした。

5. また、電子サイクロトロン波入射による実時間 NTM 安定化を行うため、ECE 測定装置を用いた NTM 発生位置の同定と EC 波入射角の最適化を実時間で行うシステムを開発した。このシステムを用いることにより高ベータ領域における NTM の実時間安定化が可能となり、ベータ値や H ファクタの増加に寄与することができた。

氏名	太田 裕朗
論文題目	Molecular dynamics simulation of the plasma-surface interaction during plasma etching processes (プラズマプロセスにおけるプラズマ-表面相互作用の分子動力学計算による研究)
学位授与日	平成16年 7月23日
指導教員	近藤 克己

USLI などの半導体デバイス製造工程において、プラズマを用いるドライエッチングは微細加工技術として重要な役割を果たしている。この際用いるプラズマは化学反応性を

有しており、このようなプラズマと表面との相互作用は十分には理解されていない。本論文の目的は、古典的分子動力学法を用いた数値シミュレーションにより、プラズマ-表面相互作用を原子レベルで理解することである。

古典的分子動力学シミュレーションを行うためには、原子間相互作用ポテンシャルが必要である。本研究では、これを構築するための方法を検討し、従来からある手法の拡張と新しい方法の開発とを両方行った。また、ここで行った手法は、Gaussianなどの量子化学計算によるデータをもとにポテンシャル関数を構築するものであり、その意味で第一原理的である。具体的には、ハロゲンによるSi/選択エッチングのシミュレーションを行うためのSi/O/F系およびSi/O/Cl系のモデルと、CF_xビームによるSiO₂エッチング過程についてシミュレーションを行うためのSi/O/C/F系のモデルを新たに開発した。これらによって、Si系デバイスのドライエッチングを同じ枠組みで一通りシミュレーションすることが可能になった。計算結果として得られるエッチレート等は、実験と定量的にもよい一致を得ている。定性的な結論としては、反応特性は原子間の結合の強さと原子の大きさによって決まることが明らかになった。実際上重要な役割を果たすラジカルの影響も部分的にシミュレーションに組み込まれ、定性的な解析がなされた。CF_xビームによるSiO₂エッチング過程についてシミュレーションについては、分子間力を無視することができないことが明らかにされ、これを導入することでアモルファスC:F膜の堆積過程を再現することに成功した。エッチレート等を求め最新のビーム実験との比較を行って、モデル・結果が妥当であることを確認し、さらに、エッチレートに関する経験則を求めるなど、現状で複雑で困難とされるSiO₂エッチング機構の解明に貢献する知見を与えた。また、エッチング過程と堆積過程が競合する反応過程をシミュレーションで再現したことは非常に大きな成果といえる。

このように、本論分ではプラズマ-表面相互作用を数値シミュレーションによって理論的に研究する手法を確立し、これを用いた解析によって、SiおよびSiO₂ドライエッチングの反応機構を原子レベルで理解する知見を与えた。これらの方法は今後微細加工技術の発展のために有用なものであり、さらなる発展が期待される。

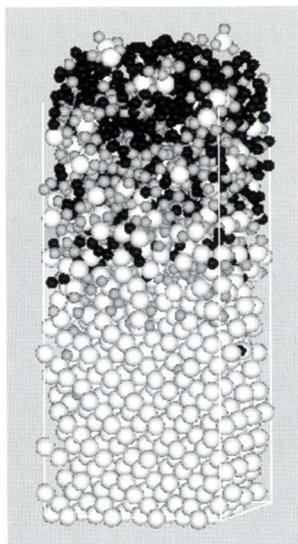


図1 CF_xビームによるSiO₂エッチング過程についてのシミュレーション例。入射イオンが低エネルギーである場合であり、表面に堆積が見られる。黒色は炭素、灰色フッ素、白はシリコン(大)と酸素(小)である。

氏名	武田 和雄
論文題目	Intermittent Thermal Transport Generated by Ion Temperature Gradient Driven Turbulence (イオン温度勾配駆動乱流により生じる間欠的な熱輸送)
学位授与日	平成16年7月23日
指導教員	近藤 克己

磁気閉じ込め核融合の研究において、プラズマに生じる微視的乱流とそれがもたらす異常輸送の理解と制御は重要な課題の一つであり、現在精力的に研究が続けられている。

本研究では、トカマクプラズマに生じる微視的乱流の一種である、イオン温度勾配(ITG)駆動乱流により生じる異常輸送を数値計算により解析した。イオン温度勾配Kiが十分大きく、系が強乱流状態にあるとき、熱輸送が間欠的に大きくなる現象が観察された。このような現象が生じるKi領域において、ヌセルト数(規格化された熱流束)NuのKi依存性を調べると、図1に示されるように $Nu \propto Ki^{3/1}$ のスケーリング則が得られた。これは中性流体におけるレイリー・ベナール対流による熱輸送のスケーリング則 $Nu \propto Ra^{3/1}$ と同様である。ここで、Raはレイリー数であり、ITG乱流においては、 $Ra \propto Ki$ となる。このことから、トカマクプラズマに生じる乱流の性質が熱対流のそれと類似している可能性が示唆された。

このような現象が生じる物理機構を調べるため、勾配方向(トカマクの半径方向に相当)のダイナミクスと準線形効果を取り入れた1次元のモデルと、最も不安定ないくつかのフーリエモードのみを抜き出した少数自由度モデルの

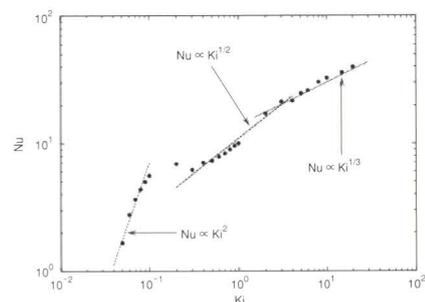


図1 イオン温度勾配Kiに対するヌセルト数Nuのスケーリング

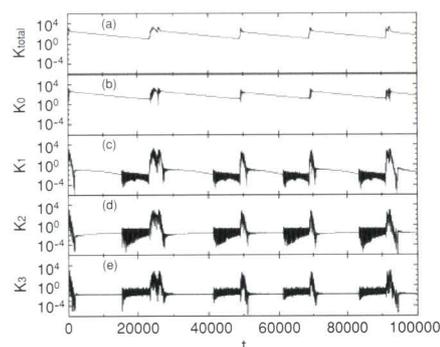


図2 少数自由度モデルから得られた運動エネルギーの時間発展

計算を行った。1次元計算から得られるヌセルト数のスケールリングは上述の結果ととても近い結果が得られている。このことから、ITGモードの非線形相互作用により生じる帯状流とそれによるITG乱流の抑制機構は、勾配方向のダイナミクスにより、その性質の多くが決まることが分かった。少数自由度モデルの計算から、各フーリエモードの持つ運動エネルギーの時間発展が図2のように得られた。図において、(a) 全運動エネルギー、(b) シアー流のエネルギー、(c)、(d)、(e) は各フーリエ成分のエネルギーを示している。この図から、系の間欠性がITG乱流とシアー流との相互作用により生じている様子がよく分かる。

氏名	設楽 弘之
論文題目	Development of a 70 GHz ECRH system on the Heliotron J device (ヘリオトロンJ装置における70 GHz ECRH システムの開発)
学位授与日	平成16年9月24日
指導教員	水内 亨

核融合炉を目指したプラズマ閉じ込め磁場配位であるトカマク方式、ヘリカル方式等において、電子サイクロトロン共鳴加熱 (Electron Cyclotron Resonance Heating, ECRH) はプラズマ加熱・電流駆動の手法として広く用いられている。本研究では、ヘリカル方式の一つであるヘリカル軸ヘリオトロン磁場閉じ込め装置、ヘリオトロンJ (京大エネルギー理工学研究所) においてプラズマの生成・加熱を行うため、さまざまな実験目的に要求される条件を満たす ECRH システムの開発、レイ・トレーシング計算による加熱効率の評価、プラズマ実験結果との比較を行った。

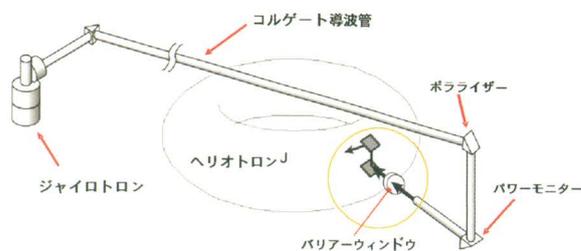
複雑な三次元形状を持つトーラス形状のプラズマに十分に集束させた高電力ミリ波を入射した場合、プラズマでの吸収を制御するため、入射方向の幅広い制御性、入射電磁波の偏波モード制御性、システムの高い安定性などが ECRH システムに要求される。これらは、電磁波の吸収位置、吸収効率の制御を行うために重要な物理的要求であり、実機での設置条件の厳しい制約下で要求される性能を十分に満たすことが必要である。

構築した 70 GHz ECRH システムの概要を図に示す。低電力、高電力試験により、要求される性能を満たすものであることを確認した。特に、水平方向に幅広い入射範囲を持つ入射アンテナの採用により、磁力線に対して垂直方向から平行方向近くまで局所化したビームの入射方向を変化させることが可能となった。システムの特徴を生かした広範囲な入射方向スキャン実験、入射電力/吸収電力制御実験等からヘリオトロンJ装置においてプラズマ生成可能領域が幅広いこと、プラズマを一回通過することにより吸収される電磁波の位置、割合を制御することが可能となった。

電磁波の電力吸収効率を制御することはプラズマの制御に非常に重要であるため、レイ・トレーシング計算により電力吸収率および吸収位置の評価を行った。プラズマ加熱の磁場依存性等の計算結果は実験結果と良い一致を示して

おり、レイ・トレーシング計算が実験解析に利用できることを示した。構築した ECRH システムにより、種々の実験条件下において高い一回通過電力吸収効率をもつ、局所的な吸収、加熱が可能となっていること、また種々の ECRH 実験において観測されたプラズマの特徴は一回通過電力吸収により理解できるものであり、プラズマの性能制御が可能であることを明らかにした。

本 ECRH システム構築により、種々の磁場配位条件におけるプラズマ生成、加熱の制御を可能とし、最適な閉じ込め磁場配位を探求するヘリオトロンJ装置の性能を十分に活用したプラズマ閉じ込め実験が可能となった。



70GHz ECRH システム概要図

氏名	Supachai Ngamsinlapasathian
論文題目	New Aspects of Dye-Sensitized Solar Cells Using Mesoporous Semiconductor Electrodes (色素増感太陽電池におけるメソ多孔性半導体電極に関する研究)
学位授与日	平成16年9月24日
指導教員	吉川 暉

The research work in this thesis focuses on mesoporous semiconductor preparing by surfactant assisted templating method for the application of dye-sensitized solar cells.

This thesis started out as an introduction, current status of solar cells and overviews of materials aspects in dye-sensitized solar cells (DSCs) as described in Chapter 1. In Chapter 2, nanocrystalline TiO₂ was synthesized by a modified sol-gel with lauryl amine hydrochloride as a surfactant. Fig. 1 shows the TEM images and electron diffraction pattern of synthesized TiO₂. The ordinal resolution TEM image showed microstructure of nanocrystalline TiO₂, the inset indicated electron diffraction pattern of a selected area of synthesized TiO₂ which displays the Debye-Scherrer rings of (101), (104), (200), (105), and (204) diffractions of anatase phase. The N₂ adsorption-desorption isotherms of the synthesized TiO₂ exhibited typical IUPAC type IV. This indicated that this material possessed a mesoporous structure. Synthesized TiO₂ (MP-TiO₂) was applied for the electrode of DSCs. The cell made from synthesized TiO₂ sensitized with N3 dye exhibited higher short-circuit photocurrent density and solar energy conversion efficiency than that made from commercial P25 in thin film region. To obtain high cell performance, the film thickness of TiO₂ electrodes must be

increased to improve light harvesting efficiency.

Single and double layered mesoporous TiO₂/P25 and TiO₂ electrode for DSCs was described in Chapter 3. To improve the light harvesting efficiency, thick film and scattering layer, which are incorporated into the film, are important for enhancing the photoresponse in red light region. A comparison of photovoltaic properties of blended synthesized titania with P25 (MP-TiO₂+P25) and double layered cell is shown in Fig. 2. The cell made from double layered electrodes, which consisted of transparent synthesized titania and blended synthesized titania with P25 (MP-TiO₂+P25) layer, showed higher cell performance than that made from single layer of MP-TiO₂+P25 at the same film thickness. This could be attributable to the transparent MP-TiO₂, which adsorbed higher amount of chemisorbed dye and MP-TiO₂+P25 layer, which provide higher film thickness and improved light scattering, leading to an increase in the light harvesting efficiency.

The effect of conducting substrate on dye-sensitized solar cell performance using nanocrystalline was investigated in Chapter 4. To improve the efficiency, matching of mesoporous semiconductor electrode with the based materials for transparent conducting film is one of key issue in DSCs, which has not been intensively investigated so far. A new type of ITO/SnO₂ conducting glass was applied for the DSCs. SnO₂ layer was deposited on the ITO layer to improve the heat stability. The efficiency of the cells using ITO/SnO₂ substrate remarkably increased comparing with that of the cells using ITO substrate.

In Chapter 5, photovoltaic properties of DSCs using

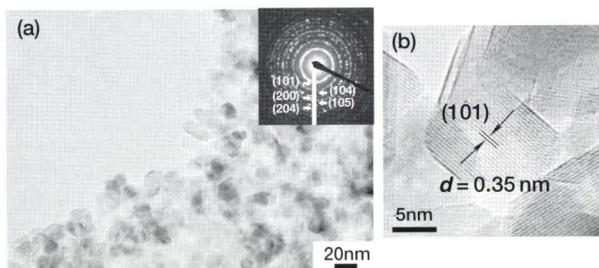


Fig. 1. TEM image and electron diffraction pattern of synthesized TiO₂ (a) ordinal resolution (b) high resolution.

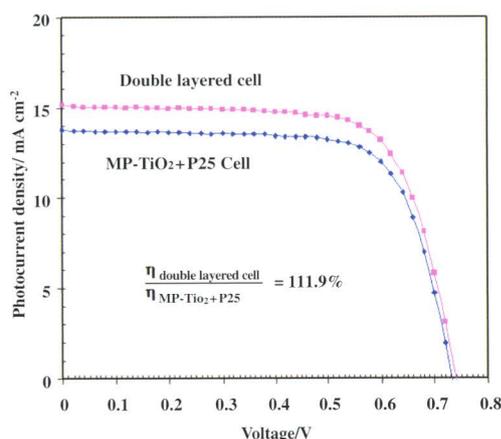


Fig. 2. A comparison of photovoltaic properties of MP-TiO₂+P25 and double layered cell at the same film thickness (17- μ m).

various metal oxide electrodes were investigated. To optimize the semiconductor/ dye couple, changing the metal oxide with same dye is one of the most important approaches to clarify the role and the feature of the semiconductor electrode. A various metal oxide electrodes, such as TiO₂, ZnO, SnO₂, Nb₂O₅, and ZrO₂, were prepared from their precursors by using surfactant assisted templating method. The cell made from the TiO₂ showed the highest efficiency. In spite of ZnO that has the same conduction band level, the photocurrent of ZnO cell was lower than TiO₂ cell. This could be attributable to the difference in crystal structure and surface properties.

The effect of conducting substrate on dye-sensitized solar cell performance using nanocrystalline was investigated in Chapter 4. To improve the efficiency, matching of mesoporous semiconductor electrode with the based materials for transparent conducting film is one of key issue in DSCs, which has not been intensively investigated so far. A new type of ITO/SnO₂ conducting glass was applied for the DSCs. SnO₂ layer was deposited on the ITO layer to improve the heat stability. The efficiency of the cells using ITO/SnO₂ substrate remarkably increased comparing with that of the cells using ITO substrate.

In Chapter 5, photovoltaic properties of DSCs using various metal oxide electrodes were investigated. To optimize the semiconductor/ dye couple, changing the metal oxide with same dye is one of the most important approaches to clarify the role and the feature of the semiconductor electrode. A various metal oxide electrodes, such as TiO₂, ZnO, SnO₂, Nb₂O₅, and ZrO₂, were prepared from their precursors by using surfactant assisted templating method. The cell made from the TiO₂ showed the highest efficiency. In spite of ZnO that has the same conduction band level, the photocurrent of ZnO cell was lower than TiO₂ cell. This could be attributable to the difference in crystal structure and surface properties.

氏名	井原 禎貴
論文題目	燃料噴霧ならびにガス噴流の着火・燃焼過程に関する研究
学位授与日	平成16年3月23日
指導教員	塩路 昌宏

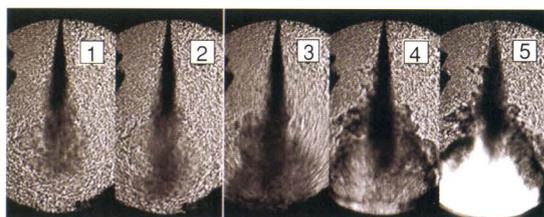
各種機械の動力源として広く使用されている内燃機関において、一層の高効率化と排気浄化を実現するためには、燃料供給の基本となる非定常噴霧ならびにガス噴流の着火・燃焼過程の解明が必要である。しかし、これらの現象には、噴射燃料の微粒化・蒸発・周囲空気との混合・熱分解・着火・発熱反応など、高乱流場における物理・化学過程が同時に進行する複雑なプロセスが含まれており、その解明は容易でない。本研究では、高温高圧雰囲気中で発達する液体燃料噴霧ならびにガス噴流を対象とし、定容燃焼装置を用いた自着火過程の計測と確率過程論モデルを基礎とする理論計算を行うことにより、とくに燃料と空気の不均一と乱流混合の作用に着目して着火・燃焼機

構を明らかにした。

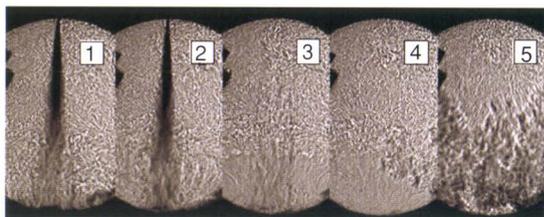
まず、容器内の高温・高圧空気に *n*-ヘプタン、iso オクタン、軽油などの燃料噴霧を噴射して自着火させる実験を行い、着火遅れの温度依存性を種々の条件において調べた。その結果、着火遅れが長くなる条件では、iso オクタンを除いて着火遅れに負の温度依存性が現れること、このとき容器内圧力経過に二段着火が認められ、さらに噴霧のシャドウグラフ画像から、噴霧先端部が燃焼室壁面に衝突・混合した後に着火することなどを示すとともに、これらの現象を混合気形成と予混合気の着火遅れ特性に基づいて合理的に説明した。

つぎに、高乱流中で発達する非定常噴霧の混合気形成過程において、濃度・温度の強い不均一が乱流混合により均一化する過程を確率過程論モデルで記述し、同時に反応・着火モデルを考慮することによって、自着火過程の基本特性を表現できることを示した。これにより、燃料の噴射開始から着火までの時間遅れの温度依存性や、燃焼過程の熱発生経過の実測における傾向を再現し、モデルの妥当性と乱れの重要性を明らかにした。さらに、着火過程を多段連鎖反応により記述するモデルを確率過程論モデルに組み込んで、混合気の濃度・温度分布の時間推移と着火遅れの温度依存性について記述・考察した。その結果、雰囲気温度が低いと噴霧内の温度・濃度が均一化してから着火に至るため予混合気の着火特性を反映するが、高温雰囲気では噴射直後の不均一な状態で、先に着火条件を満たした部分から着火を開始することなどが明らかになった。

最後に、天然ガスおよび水素噴流について、燃料噴霧と同様の定容燃焼実験を行い、着火・燃焼の基本特性を明らかにした。すなわち、噴射条件および雰囲気条件の影響について系統的に調べた実験から、ガス噴流と液体噴霧の発達状況と着火遅れの温度依存性の類似点と相違点を示した。



1.5 ms 2.0 ms 2.5 ms 3.0 ms 3.5 ms
(a) 雰囲気圧力 4 MPa、温度 850 K



2.0 ms 3.0 ms 4.0 ms 5.0 ms 6.0 ms
(b) 雰囲気圧力 2 MPa、温度 850 K

図 8 ディーゼル噴霧の着火過程

(*n*-ヘプタン燃料を直径 0.22 mm の単孔ノズルより圧力 40 MPa で噴射し、噴霧の発達・着火状況をシャドウグラフ画像により捉えた。(a) では噴射後 2 ms で着火し、強い輝炎が発生するのにに対し、雰囲気圧力の比較的低い (b) では、より長い遅れ期間の後 3 ms で着火に至り、輝炎は観察されない。)

氏名	菅野隆一郎
論文題目	低放射化マルテンサイト鋼の組織構成要素とヘリウムの相互作用に関する研究
学位授与日	平成16年 3月23日
指導教員	木村 晃彦

本論文は、核融合炉構造材料低放射化マルテンサイト鋼の組織構成要素とヘリウムの相互作用に関する基礎的知見を得るため、鉄系合金における組織構成要素（転位、ラス構造、炭化物、Cr 原子）とヘリウムの相互作用に関する研究成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1. 鉄格子からのヘリウムの脱離挙動と高分解能電子顕微鏡による内部組織観察からイオン照射されたヘリウムは、700 K 近傍から長距離移動を開始し、集合合体することによりヘリウム-空孔集合体を形成し、昇温に伴ってより大きなヘリウムバブルへと成長することが判明した。

2. α/γ 変態に伴う脱離ピークを見出した。このピーク存在は、 α 相中に比べ γ 相中ではヘリウム-空孔集合体の熱的安定性が低いことを示唆しており、 α/γ 変態により熱的に不安定になったヘリウム-空孔集合体が崩壊することにより、ヘリウム脱離が生じたものと解釈される。

3. Fe の加工材を用いたヘリウム照射後の昇温ヘリウム脱離測定において、転位密度に依存する新たなヘリウム放出ピークが 800 K 付近に見出された。このヘリウム放出ピークは、弾性論や分子動力学法に基づく計算機シミュレーションの結果、Fe 中のらせん転位のジョグや刃状転位に捕獲されたヘリウムの解離に伴う放出であると解釈される。また、Fe-C 合金やマルテンサイト鋼のようなマルテンサイト組織を有する材料においても同様のヘリウム放出ピークが観察され、マルテンサイト鋼中の転位もヘリウムを捕獲することが明らかになった。

4. マルテンサイト組織の特徴であるラス境界とヘリウムの相互作用を調べ、ラス境界自体のヘリウム捕獲能力は転位ほど大きくはないが、ヘリウム-空孔対の長距離移動を抑制する働きを持つことを明らかにした。

5. Fe-Cr 二元系合金の観察から、Cr 原子とヘリウムは直接的な相互作用を持たないことが明らかになった。一方、高 Cr 合金の観察においてヘリウムバブルの成長の遅れを見出したことから、Cr 原子はヘリウム-空孔対の移動を抑制すると提案した。

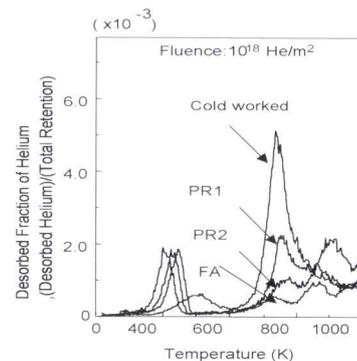


図 9 純鉄におけるヘリウム注入後の昇温脱離スペクトルの例。FA、PR2、PR1、Cold worked の順で試料中の転位密度が高くなっており、転位によってヘリウムが捕獲されていることを示唆している。

氏名	工藤 健
論文題目	軽水炉圧力容器鋼モデル合金における照射硬化支配因子に関する研究
学位授与日	平成16年 3月23日
指導教員	木村 晃彦

本論文は、軽水炉圧力容器鋼モデル合金において照射硬化支配因子とされている照射欠陥集合体やナノスケールの銅析出粒子を直接観察法により同定するとともに、その照射硬化への寄与を定量的に評価し、照射脆化機構論に基づいた高精度の照射脆化予測に関する研究成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1. Fe-Cu 合金における電子線照射下での照射硬化支配因子の同定およびそれらの照射硬化への寄与を定量的に評価した結果、空孔集合体 (V-cluster) は直接的な照射硬化支配因子ではないことを示した。

2. 高分解能透過電子顕微鏡法および3次元アトムプローブ FIM 分析法を用いてナノスケールの格子間型転位ループ (I-loop) および銅析出物の直接観察を行うとともに、強度特性との相関を調べた結果、電子線照射した Fe-Cu モデル合金における照射硬化支配因子は、I-loop および銅析出物であることを明らかにした。

射下における損傷速度依存性ならびにカスケードの影響を評価した結果、シミュレーション実験は大筋で実験結果と一致し、電子線照射下と中性子照射下とは、照射硬化挙動に本質的な相違は見られないこと、および微細組織変化に及ぼす損傷速度の影響は小さいことを示した。

3. 分散強化モデルおよび Russel-Brown モデルを用いた微細組織変化による照射硬化の評価では、I-loop と銅析出物の形成による照射硬化の定量化を実現し、I-loop および銅析出物の照射硬化への寄与がほぼ同等であることを明らかにした。

4. Fe-Cu 合金の中性子照射下における照射硬化支配因子は、電子線照射下における支配因子とほぼ等しいことを示した。

5. 照射環境下の微細組織変化を反応速度論に基づいた計算機実験によって模擬し、中性子照射下および電子線照射下における損傷速度依存性ならびにカスケードの影響を評価した結果、シミュレーション実験は大筋で実験結果と一致し、電子線照射下と中性子照射下とは、照射硬化挙動に本質的な相違は見られないこと、および微細組織変化に及ぼす損傷速度の影響は小さいことを示した。

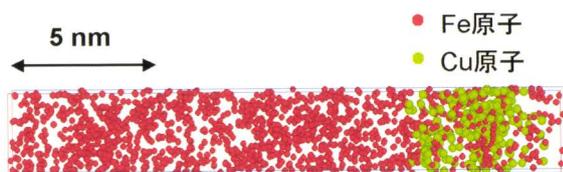


図1 3次元アトムプローブ FIM 観察例。電子線照射した Fe-0.15wt%Cu 合金においてナノスケールの Cu-クラスターが観察された。照射硬化機構の解明と定量的な評価に大きく貢献した。

氏名	余 寧
論文題目	A Study on Thermo-mechanical Simulation Based on Non-Fourier's Heat Conduction (非フーリエ熱伝導則に基づく熱・力学シミュレーションに関する研究)
学位授与日	平成16年11月24日
指導教員	星出 敏彦

固体中の熱伝導現象は、力学的効果との連成効果を広く熱応力問題として捉えるだけでなく、温度・応力さらに組織変化を考慮した複雑な問題の解析も行われるにいたっており、古典的な構造物の熱応力問題、電子マイクロデバイスの熱・力学的挙動、焼入れなどの熱処理、レーザー加工プロセスなど、その対象とする寸法や現象の時間のスケールも多岐にわたっている。熱伝導則のフーリエの法則は、温度は無限大の速さで媒体 (固体) 中を伝ばすることになる。これは物理的な実態と異なっており、連続体力学の概念のもとでいくつかの非フーリエの法則が提案されている。非フーリエ熱伝導則では、緩和時間を導入することで温度が有限な速さで媒体中を伝ばする。このような性質は、特に時間の短い挙動、具体的にはパルスレーザーなどでの温度変化に支配的な因子となることがわかっている。

本研究では、非フーリエ熱伝導則に基づいた数値解析手法の構築と熱・力学的挙動の解析を試みた、力学的アプローチとして非フーリエ熱伝導則と応力・ひずみの連成問題に関する基礎式を導出した。非フーリエ熱伝導則については、Newmark- β 法を用いて逐次温度場を求める方法を提案し、数値解析を試みて温度場の波動的性質を議論した。図は非フーリエ熱伝導則に基づく温度波の伝ばの様子であり、温度場が拡散過程ではなく波のように伝ばしていることがわかる。さらに非フーリエ熱伝導での温度場と応力 (ひずみ) 場の連成問題を有限要素法で解析する手法を提案して、解の性質について検討した。

本研究では数値解析手法の構築を主眼とした検討を行ったため、具体的な材料パラメータの同定に関しては、今後の実験的検証によるところが大きいと考えられる。今後、各種の熱処理やレーザーを用いた材料プロセスへの応用が期待できる、本研究で提案した手法をさらに発展させて、実加工プロセスの現象の把握に役立つことが期待できる。

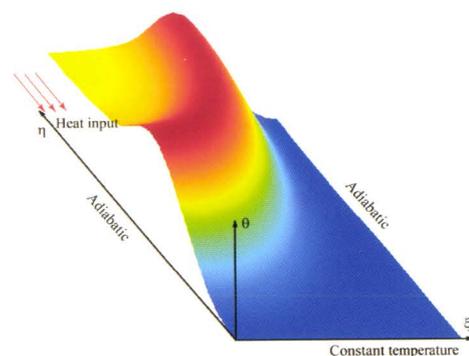


図 非フーリエ熱伝導則の温度波の伝播

氏名	酒瀬川英雄
論文題目	低放射化鉄鋼材料の強度特性と組織の相関における照射効果に関する研究
学位授与日	平成16年 3月23日
指導教員	香山 晃

本論文は、核融合発電プラントのブランケット構造用材料である低放射化鉄鋼材料の強度特性と組織の相関における照射効果の解明を目的としたものである。

核融合発電プラントの構造材料は、14 MeV の高エネルギー中性子照射下において、高温、クリープ、熱疲労などが重複した環境下で利用される。この複雑な環境下における材料の強度特性などのマクロ挙動をナノスケールオーダーの組織構造に代表されるミクロ挙動から機構論的に説明することが照射効果の解明の主題であり、この知見をベースとして初めて実用時の材料挙動の予測やさらなる材料性能の向上が可能となる。そのため、この環境を、高温、クリープ、照射の環境因子に分解し、各々の因子下において研究を遂行した。

まず、高温下における強度特性変化を系統的に整理し、ブランケット設計に必要なデータベースの整備と拡充を行った。そして、この強度特性変化をミクロ組織構造から説明して、炉の健全性に大きな影響を及ぼす材料脆性低下現象における $M_{23}C_6$ (M = Fe, Cr) や Fe_2W 型 Laves 相の析出挙動が及ぼす影響の重大性を明らかとした。

次に、この高温に合わせて定荷重が負荷されるクリープ環境下の材料挙動に注目し、クリープ強度の強化機構に対するマルテンサイト・ラス構造の安定化の重要性を指摘し、ナノスケール析出粒子による安定化の有効性を示した。この知見をモデル検討して、ナノスケール析出粒子によるサブグレイン構造の安定化がクリープ強度の顕著な強化に寄与できることを実証した。さらに、このモデル検討成果を実用材料にも拡張して、今後のより望ましい性能を有する低放射化鉄鋼材料の具体的な材料設計の提示を行った。

最後に、これらの非照射下における十分な知見をベースとして中性子照射硬化メカニズムにおける析出相の役割に注目した。これより、析出粒子安定性に対する照射効果を初めて明らかとして、新たな照射硬化モデルを構築した。これは、従来の Petch-Hall モデルを基礎とした Locking Parameter の内容を説明できるものであり、完全に照射硬化

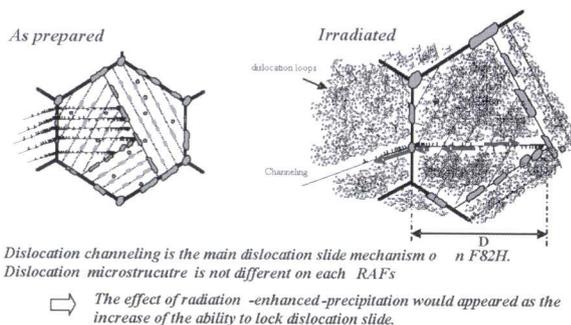


図 照射後塑性変形メカニズム

を説明できるものである。これに加えて、ナノスケール析出粒子の誘起析出、アモルファス化、再固溶現象などを明らかとして照射脆化モデルの構築に対しても新たな知見を得た。

本論文の成果は、核融合発電プラントの先進ブランケット・システム設計活動に貢献して、核融合エネルギーの早期実現を確実なものとする。

氏名	朴 璟 喚
論文題目	Effects of Ion Irradiation on β -SiC for Advanced Nuclear Energy Systems (先進原子力エネルギーシステム用 β -SiC のイオン照射効果に関する研究)
学位授与日	平成16年 9月24日
指導教員	香山 晃

本論文は、SiC/SiC 複合材料を核融合実用炉やガス冷却型第4世代原子炉の炉心構造材料に利用する際の最大の課題である照射効果について研究したもので、高結晶性 β -SiC に対して、低温から 1400 °C の温度域で照射実験を行い、超微小及び微小押し込み試験法を用いて数 μm 以下の極微小な照射損傷部の強度特性を評価している。また、照射による硬度及び弾性率変化を微細損傷組織の面と比較・検討している。さらに、破壊靱性変化については、塑性変形の開始から破壊に至る過程までの転位と損傷組織の観察を行い、その機構解明を明らかとしたものであり、SiC の照射効果基礎過程の理解に基づく体系的な結果が次のとおりである。

高結晶性 β -SiC の強度特性を超微小及び微小押し込み試験法を用い体系的に整理し、高温強度特性及び圧縮応力下破壊過程を明らかにした。

次に超高温・高損傷量など様々な照射条件下で SiC の強度変化を系統的に整理し、この強度特性変化を組織変化観察から説明し、最も重要な課題である照射下 SiC の点欠陥集合体・転位ループ・cavity 形成に対する強度特性変化を明らかにした。様々な照射条件下で SiC の強度変化はほとんど劣化しておらず、逆に増加・回復することを明らかにした。

SiC の優れた照射下組織安定性と亀裂進展の抑制が明確に示唆され、優れた耐照射性を明らかにした。

高密度・高結晶性のセラミックス (SiC) の強度は表面近傍の強度及び破壊に大きく依存することで押し込み試験による強度評価は β -SiC の強度特性に極めて有効である。この結果、先進 SiC/SiC 複合材料は 200 dpa をこえる核融合実用炉環境やガス冷却型第4世代原子炉においても利用可能であるとの理論的な基盤を提示している。

本研究は、高結晶性の β -SiC を主たる構造とする先進 SiC/SiC 複合材料の将来の実用炉での利用に対して明るい展望を与えるものであり、照射効果基礎過程の理解に基づく体系的な研究は今後の多様な照射研究の基盤としても重要である。

氏名	岡村 崇弘
論文題目	Forced Convection Heat Transfer of He I and He II up to Supercritical Pressures (超臨界圧に到るまでの種々の圧力下における He I 及び He II の強制対流熱伝達)
学位授与日	平成16年11月24日
指導教員	塩津 正博

本論文は、超伝導マグネットの強制対流ヘリウム冷却による冷却設計や安定性解析のための基礎データを得ることを目標として、大気圧から超臨界圧に到る種々の圧力における超流動ヘリウム (He II) 及び常流動ヘリウム (He I) の強制対流熱伝達を実験的・解析的に研究した成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

まず、大気圧下 He II の強制対流熱伝達について、種々の流路断面積と長さを持つダクト中央部に張り付けた平板発熱体を用いて実験を行い、定常熱伝達と臨界熱流束を測定して、臨界熱流束の流速、液温、平板寸法依存性を明らかにした。さらに、流路中心軸における液温分布を測定し、狭い流路中の He II 流れでも発熱体部に温度境界層が存在し、流速が速くなるに従ってその厚さが薄くなり断面平均温度が減少することを初めて明らかにし、この効果による顕熱輸送の変化を組み込んだ臨界熱流束表示式を提示した。

また、発熱体に臨界熱流束より高い波高値を持つステップ状熱入力加わった場合の非定常熱伝達についても実験を行い、有限の寿命を持つ準定常状態が存在してから発熱体温度が急上昇し膜沸騰に移行すること、寿命とステップ熱流束の関係に対する流速の影響を明らかにし、寿命の表示式を提示した。次に、He II の熱流動をより詳細に解析するため、二流体モデルと超流動乱流理論に基づく2次元計算コードを開発し、広範囲な流速や液温に対する臨界熱流束解析結果が上述の実験結果と良く一致することを示し、このコードの有効性を確認すると共に、各流速における流動様相の特徴や流路内液温分布等を明らかにした。

論文後半では、超臨界圧下における He I 及び He II の強制対流熱伝達について研究を行っている。まず、臨界温度より高い液温の実験を行う成層化を利用した実験方法を開発し、この方法を用いて定常熱伝達を実験的に求め、熱伝達や臨界熱流束に対する流速、圧力、液温の影響を明らかにした。特に、超臨界圧 He I、亜臨界圧 He I、超臨界圧 He II、亜臨界圧 He II の各冷却モードにおける強制対流熱特性を同一試験流路と発熱体を用いて測定し、それらの特徴を比較対照して明らかにした。さらに、超臨界圧 He I の強制対流熱伝達について理論的考察に基礎をおく表示式を提示し、種々の寸法の流路や発熱体における実験結果が層流域から乱流域まで、この表示式で大略記述されることを示した。次に、超臨界圧下 He I の2次元強制対流熱伝達解析コードを開発した。臨界温度以上では流体の圧縮性が強くなるため、圧縮性を考慮した基礎式を計算精度と安定性に注意を払ったアルゴリズムで解析し、実験結果と比較してその有効性を確認した。流体の速度分布や温度分布を求め、流体の粘性が温度が高くなるに従い急激に大きくなることに基づく発熱体近傍の特異な速度分布や温度分布を明らかにした。

