

はばたき

エネルギー科学研究科
の教育研究

2008

京都大学大学院

目次

1

「はばたき」第6号に寄せて

教育研究委員会委員長 エネルギー社会・環境科学専攻

坂 志朗

1

2007年度の主なトピックス

1. 「学際的エネルギー科学研究者養成プログラム」について

運営委員会 エネルギー変換科学専攻

松本 英治

2. 「エネルギー科学研究科の理念に基づく教育体系の整備」事業について

エネルギー社会・環境科学専攻

石原 慶一

3. 産学連携シンポジウム

産学連携シンポジウム実行委員会 エネルギー基礎科学専攻

日比野 光宏

4. 平成19年度インターンシップ説明会の開催

教育研究委員会 エネルギー基礎科学専攻

前川 孝

5. エネルギー科学研究科同窓会「京エネ会」活動報告

京エネ会事務局幹事 エネルギー応用科学専攻

陳 友晴

7

インターンシップ参加学生の感想文

インターンシップに参加してー株式会社三菱総合研究所ー

エネルギー社会・環境科学専攻 修士課程1回生

村上 佳菜

インターンシップに参加してー株式会社村田製作所ー

エネルギー基礎科学専攻 修士課程1回生

岡崎 直美

学外プロジェクトを低回する

エネルギー基礎科学専攻 修士課程1回生

河音 憲

インターンシップに参加して

エネルギー基礎科学専攻 修士課程1回生

藤田 直樹

大阪ガスのインターンシップを受講して学んだこと

エネルギー変換科学専攻 修士課程1回生

阿部 淳

インターンシップを終えて

(関西電力(株)火力発電プラントオペレーション&メンテナンスコース)

エネルギー変換科学専攻 修士課程1回生

山本 晶信

インターンシップの感想ー新日本製鐵株式会社ー

エネルギー応用科学専攻 修士課程1回生

片平 圭貴

13

平成19年度修士論文題目リスト

18

博士論文要旨 平成19年1月～平成19年11月まで授与日順(専攻別)

エネルギー社会・環境科学専攻

Ritu Mathur

吉田 至孝

野々川 満

Sommani Piyanart

エネルギー基礎科学専攻

稲澤 信二

長谷川 哲也

エネルギー変換科学専攻

北村 泰隆

エネルギー応用科学専攻

長谷川 将克

朴 二玄

Nagendra K. Kamisetty

Annaluru SVJP Narayana

板倉 周一郎

吉武 惇二

Ahmed A. Saleh

長山 浩章

黒澤 美幸

Kamakshaiah C. Devarayapalli

卞 志強

吉永 智一

田中 太

高松 輝久

袴田 昌高

平田 晃義

Mohamed S.M. Salem

末石 裕一郎

福田 将虎

小野田 金児

金 思雄

「はばたき」第 6 号に寄せて

教育研究委員会委員長 エネルギー社会・環境科学専攻 坂 志朗

平成 19 年度のエネルギー科学研究科の教育研究活動を広く紹介する「はばたき」第 6 号をお届けいたします。

エネルギー科学研究科では、一昨年、創設 10 周年を迎え、心新たに成長期に向けて再出発をいたしました。この 11 年間に培ってきた「エネルギー科学」という新しい学問体系をもとに、本年もさらに進化、発展し、国際的視野と高度の専門性を有する有為な人材の育成に努めてまいりました。そして次年度に向けて、更に成長できるよう努めてまいりたいと存じます。

平成 17 年度からスタートした文部科学省の「魅力ある大学院イニシアティブプロジェクト」としての「学際的エネルギー科学研究者養成プログラム」も 3 年目を迎え、今後の展開について発展的見直しの時期を迎えています。このプログラムでは、修士課程、博士課程を一貫した基礎コース、応用コース、実務コースの 3 コースが設けられ、現代社会の要請に応え、種々の分野で能力が発揮できる博士号取得者を養成することを目的としています。すなわち、従来の一専門分野に特化した偏狭な研究者ではなく、様々な場面で直面する課題に柔軟に対応し、新たな道を切り拓くことができる研究者を育成することを第一の目的としています。

このプログラムには、企業の方々の献身的なご協力により成り立っている、企業への長期インターンシップや知的財産権に関連した産学連携による「産業倫理論」などが含まれています。従来の大学院教育とは一味違う、多彩で、先進的なプログラムに対し、大いにご期待をいただきたいと思います。

また、インターンシップ説明会を開催し、学生諸君の進路選択や実社会での実修についての情報を提供しています。是非ご活用ください。

エネルギー科学研究科で学んだ修了生は平成 20 年 3 月末現在、すでに 1,487 名を数え、それぞれの職場で中心的役割を演じ、後輩のよき見本となっている状況に、私ども教員一同、大変うれしく、頼もしく思っております。今後ますます精進し、更なる発展が見られるよう、期待しています。就職に関しては、今年も多く企業にエネルギー科学研究科の院生の採用が決まり、研究科の実績も京都大学に相応しいレベルにまで向上してきていると嬉しく思っています。

では本年も、何卒ご協力、ご鞭撻のほどよろしくお願い申し上げます。

2007 年度の主なトピックス

1. 「学際的エネルギー科学研究者養成プログラム」について

運営委員会 エネルギー変換科学専攻 松本 英治

1. プログラム発足の経緯

平成 17 年度から開始された「学際的エネルギー科学研究者養成プログラム」は、平成 19 年度で 3 年を経過しました。これは、大学院の研究者養成の役割を強化する意欲的かつ独創的な教育取組に対して、文部科学省が重点的な支援をおこなう「魅力ある大学院教育」イニシアティブに採択されたことを契機としています。

2. プログラムの概要

本研究科においては、博士後期課程の充足率が低く、高

度な研究者養成という使命を果たせていないことが最も大きな問題点でした。工学系の研究科の共通の問題ではありますが、修士課程の定員に比較して学部学生の配属数が約半数しかいないことも本研究科の特別な事情です。修士課程 1 年次では、大学院修了に必要な単位を取得することに追われ、外部から進学してきた多くの学生は、新しい研究室で研究成果を出すまでには至らないのが実情です。そして、1 年次の最後には就職活動の時期が始まり、否応なく将来の進路を決めなくてはなりません。この時点では、学生が自分の適性を判断して、博士後期課程への進学を志

望することが難しい状況です。そこで、修士課程1年次にできるだけ研究活動に専念して、より早い時期に研究能力を養うことをめざして、「学際的研究者養成プログラム」を開始したというわけです。すなわち、高度な研究能力を集中的・効果的に育成するために、「創発性育成プロジェクト」と「コア科目」という新しいカリキュラムを創設しました。また、エネルギー科学に関する大学等における基礎研究、企業等における開発研究、官公庁等における政策立案に携わる高度な研究者をめざす、「基礎」、「応用」、「実務」の3コースに志望学生を配属しました。

創発性育成プロジェクトは、研究室における研究活動、研究科教員や学会などが主催するさまざまな取組みに参加することをポイントとして認定するものです。そして、博士課程に進学することにより8単位が認定されるものです。一方、コア科目はエネルギー科学の各学問分野を網羅する16テーマから構成され、それぞれ解析、設計、シミュレーションソフトによる計算機演習を伴った新しい形態の授業です。こちらは、前期と後期それぞれ2テーマを学生が選択して、各2単位の必須科目です。

3. 現在までの取組み

平成17年度は、準備期間としていくつかの取組みを試行しました。たとえば、学生が学会などに参加する派遣費用の支給や、3月に企業交流研修会として福井、若狭地方のエネルギー関係の施設や企業を視察し、現地での講演会を開催しました。

平成18年度に正式に3コースを開設して、ガイダンスを通じて修士課程学生へのプログラムへの登録募集と各コースへの配属を行いました。博士後期課程の学生は全員登録としました。修士1回生の登録学生については、創発性育成プロジェクトの一環として、1年間の研究計画を提出させ、それにもとづいて学会などの派遣旅費の支給、研究科教員が主催する各種の取組みへの募集をおこないました。また、博士後期課程の学生をRAとして採用し、コア科目の各テーマにはTAを採用・配置しました。12月には、市内において中間発表会や、企業と大学から講師を招いての講演会と懇親会を開催しました。さらに、創発性育成プロジェクトの一環として、産業界や海外大学と連携して、産学連携セミナー、先進エネルギー技術セミナー、日韓合同セミナーなどを開催しました。一方、コア科目に関連して、計算機演習室やeラーニングシステムを整備しました。

「魅力ある大学院教育」イニシアティブ事業は2年間で

終了しましたが、平成19年度もこのプログラムを継続することにしました。平成18年度と同様に、登録学生を募集し研究計画を提出させ、12月には学内で中間発表会を開催しました。また、産学連携セミナーや先進エネルギー技術セミナーを引き続き開講しました。

4. 問題点と今後の取組みについて

当初のプログラムでは、博士進学を目指す学生を将来の進路に応じて、3コースに配属することになっていました。しかしながら、修士課程に進学した直後の学生が博士進学を目指すかどうか、その将来の進路がいずれであるかを決定することは、現実的には困難であることも事実です。そこで、平成19年度からは、プログラムへの登録の条件として必ずしも博士進学を目指すのではなく、その進路の一つとして可能性がある学生を対象として、コース配属も柔軟に考えることにした。それにもかかわらず平成18年度に比べて登録学生が減少していることは、その原因を明らかにして今後の改善方法を検討しなければならないと考えます。また、平成19年度はこのプログラムのための経費を十分に準備することができず、非常勤講師および博士後期課程学生のRAの雇用のみに経費を当てました。また、必須科目のコア科目の履修要件が厳しく、後期後半のテーマまで順調にテーマを履修してくる者が少なくなってしまうことも問題点です。この教育プログラムは修士課程で修了して、就職する学生に対しても教育効果が期待できるので、今後はより多くの学生にこれらの科目が受講できるように考える必要があると思います。

博士後期課程の学生数を増加させるためには、本プログラムのような教育内容の改善に加えて、博士後期課程の教育・研究環境の充実や経済的支援、修了学生の進路を開拓することも重要な要件です。博士後期課程および修了後の進路が魅力的でなければ、進学を目指す意欲ある学生が増加しないというわけです。このためには、研究科としての取り組みだけでなく、各教員が学問的、社会的にもより高い評価を得ることも必要です。一方、企業や官公庁などがより多くの博士課程修了学生を必要とすることも重要ですので、本研究科の修了生にもご協力をお願いできればありがたいと思っています。

最後に、当研究科の新しい取組みに協力していただいた企業の方々、教員や職員、その他の多くの皆さんに、運営委員会の一員として御礼申し上げますとともに、今後とも引き続きご理解、ご支援、ご援助を賜れば幸いです。

2. 「エネルギー科学研究科の理念に基づく教育体系の整備」事業について

エネルギー社会・環境科学専攻 石原 慶一

1. 「エネルギー科学教育シンポジウム」の開催

1. 1 「エネルギー科学教育シンポジウム」を開催するにあたって、次のような前準備を行った。

- ・ 各専攻でカリキュラム体系をまとめる（担当者）
- ・ 専攻から出されてカリキュラム体系を基にして意見交換（担当者）
- ・ シンポジウムにおいて各専攻からカリキュラムの特徴と体系について説明

その成果として、各専攻における授業科目の位置づけが明らかになるとともに、学位の認定方法や基準について専攻間で意見交換ができ、専攻の特徴が明確化できた。これは、エネルギー科学という教育体系の整備に大いに役に立った。

1. 2 シンポジウムの準備とほぼ平行してグローバルCOEにおける教育体系についての議論がなされ、その総括として21COEのまとめとグローバルCOEの提案内容について十分な比較・検討がなされた。また、グローバルCOEにおいては工学研究科原子核工学専攻との協力体制が重要であるが、シンポジウムにおいては原子核工学専攻のカリキュラムの特徴についてまとめていただき、特に研究科間の連携について重点的に検討された。

1. 3 魅力ある大学院イニシアティブの取り組みについて、検討され、この結果は来年度以降の学際的プログラムの位置づけや運営方法に反映された。

1. 4 パネル討論においてはあるべきエネルギー科学教育の将来像について代表者に語っていただき、また参加者からいくつかの意見を得ることができ、将来展望が明らかになった。

2. 資料購入と資料整備

シンポジウムでも明らかなようにエネルギー科学が広範な学問領域を包含し、総合的であることがその特徴であることから、学生に全て講義・研究指導によりエネルギー科学を習得することは困難である。そこで、エネルギー科学のカバーする領域において、全教員から推薦された図書などを整備することにより、学生の自学自習の助けとし、エネルギー科学の教育の一環とした。さらに、最近のエネルギー需給状況は年々変化しており、教育するほうも最新の情報を取り入れた教育をすることが困難な状況にある。これに鑑み、エネルギー科学教育に携わる教員（本プロジェクト参画教員）に最新の「エネルギー経済・統計要覧」

を配布することにより、プロジェクト参画教員の授業内容の検討を支援した。常に最新の情報に基づく養成があるところもエネルギー科学教育の特徴の一つであるといえる。

3. ホームページの充実

エネルギー科学教育の体系を見直すという本事業の成果をどのように反映させるかということについて考えたとき、上記シンポジウムのパネル討論会においてホームページがこれからは学内外への情報発信の場として重要であるとの意見が出た。そこで、本事業の成果として整備された教育体系をホームページに反映させることとした。但し、従来のホームページは体系化されておらず、学内外の（研究科外の）人々が見たとき体系が不明であるので、教育体系とあわせて整備を行った。

4. 情報収集

国際会議やタイ、米国を初め世界諸国のエネルギー科学に関する調査を現地調査、アンケート調査により行った。また、客員教員にも本エネルギー科学研究科に対する期待についての意見を得た。その結果、エネルギー科学という領域は必ずしも世界的に認知されたものでなくそのカバーする範囲も明確には定まらないが、必要性については十分認識されている。また、一部には初等教育より必要な学科目として考えられるという意見もあり、今後市民講座などを通じて広くエネルギー科学を広める必要がある。また、ベトナム国家大学ハノイ校ではエネルギー科学研究科のカリキュラムを検討され一部取り入れた形でエネルギー環境コースを新設された。従って、国内にとどまらず広く海外に体系化されたエネルギー科学が望まれており、それを今後とも継続して本エネルギー科学研究科が先導して築いていく必要がある。

5. 提案

このような取り組みは、大変重要であり一過性のものであってはならず、今後も引き続き検討していく必要がある。教育シンポジウムなどを通じたファカルティディベロップメントの機会を作り、エネルギー科学教育については常に最新の情報を取り入れながらその体系を見直していく必要がある。また、その成果は新しいプロジェクトや教育プログラムに随時反映されていかなければならない。エネルギー科学研究科においては「教育研究委員会」が中心となって教育シンポジウムの開催などの企画をおこなうこ

とや「将来構想委員会」が新しいプログラムの立案を積極的に行う役割を担っており、今後とも活動が継続されることを要望する。また、教育カリキュラムなどを英語化（多

言語化）して世界に発信することも重要であり、そのための整備が今後望まれる。

3. 産学連携シンポジウム

産学連携シンポジウム実行委員会 エネルギー基礎科学専攻 日比野 光宏

平成 20 年 3 月 18 日（火）、京都テルサ（京都府民総合交流プラザ）にて、エネルギー科学研究科・エネルギー理工学研究所合同産学連携シンポジウムが開催されました。産官学連携センターにご共催いただき、また工学研究科原子核工学専攻と原子炉実験所にご協賛をいただきました。昨年までに開催された 1 回のエネルギー科学研究科・エネルギー理工学研究所合同産学連携シンポジウム、続く 4 回の 21 世紀 COE「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」産学連携シンポジウムを発展させる形となっており、実質的には今回で第 6 回目となりました。この間に、本シンポジウムを通じていくつかの共同研究が進展しています。本年度は、原子炉実験所からもご出展を頂き 22 件のシーズ提供となりました。例年同様、教員の個性、研究の多彩さにあふれたシーズ出展は、見ごたえ、聞きごたえのある内容で、満席の会場の期待にこたえるものでした。メーカーなどの企業、調査機関、研究所、大学等から 60 を超える参加者となり、初めてご参加される方とともに、ほぼ毎回ご参加いただいている方もおられ、シーズへの関心の高さと熱意が伝わってまいりました。本シンポジウムも回数を重ねるごとに意義あるものとして捉えられ、浸透してきたことを実感するとともに新たな展開も望まれているのではないかと感じました。

当日は、第一部の講演会と第二部のシーズ提供プレゼンテーションが行われました。講演会では、まず八尾エネルギー科学研究科長から挨拶があり、（財）応用科学研究所理事長（前大阪工業大学学長、京都大学名誉教授）の西川禎一先生から「COEからNOEへ」と題するご講演を、また勝山憲夫新日本製鐵株式会社執行役員名古屋製鐵所長に「環境調和社会に貢献する鉄鋼素材開発の現状」と題するご講演を頂きました。講演会は尾形幸生エネルギー理工学研究所長の挨拶にて終了し、10 分間の休憩の後、各教員からシーズ提供のプレゼンテーションが行われました。1 件につき口頭で 4 分間、その後、パーティションで仕切って設置した各ポスターブースにて個別の説明が行われました。興味を持った人で溢れんばかりのブースもあり、非常に活発な討論、情報交換が行われました。終了後のアンケートにも発表内容に対して大きな関心を寄せた企業等が多数あり、本シンポジウムがまことに良い機会と

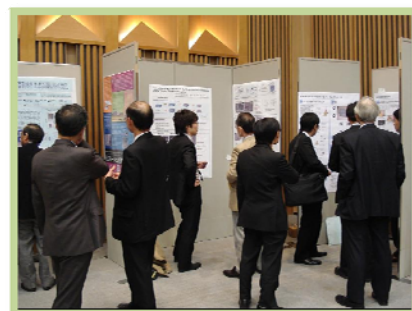
なったのではないかと感じられました。参加者は、経営トップから研究者まで多彩な顔ぶれで、産業界との連携・協力や社会貢献が、一層大学に求められる中で、産学連携を進めることの重要性和ニーズの高さが窺われました。また、企業からの参加者との意見や情報の交換により得られた産業界からのニーズのエッセンスは、研究者にとっても貴重なものとなったのではないかと感じました。



第一部講演会の会場の様子



シーズプレゼンテーション中の会場



ポスターを交えた情報交換

4. 平成 19 年度インターンシップ説明会の開催

教育研究委員会 エネルギー基礎科学専攻 前川 孝

平成 19 年度インターンシップ説明会が下記のプログラムで 3 月 7 日(金)午後 1 時から 4 時半まで開催された。参加者は 40 名であった。開催時期が 3 月でもあり、4 月から新 M1 に進学予定の学部生が主であった。

ディスコの山砥氏にはインターンシップだけに限定しないで就職活動も含めてより広い観点から、よき職業人を目指す上での基本的な心構えや考え方、加えて就職応募者に対する採用側の見方などについてお話いただいた。例年は 2～3 社にインターンシップ説明をお願いしているが、今回は東芝一社に限定し、その代わり時間も十分とって、3 名の講師によりそれぞれの立場から詳細な説明をいただくことができた。インターンシップ説明会は平成 13 年度から始まり今回で 7 回目であるが、初めてインターンシップ体験談を在学生から後輩にお話いただくことにした。守秘義務により体験をすべて詳らかにできない制限もあるなかで、インターンシップを行った動機や、その会社を選んだ理由、インターンシップで印象に残ったこと、それが今どのように生かされているかなど、生き生きと後輩に語っていただいた。最後の懇談会に残ったのは 10 名程度であったが、時間一杯まで熱心に講師の方と語りあっていた。

例年は 12 月開催であったが、今回は 3 月に行った。これは、前回の担当の富井先生がこの時期は適当ではないというご感想であったことと、それを知ったときはすでに 10 月に入っていたので、あまり選択の余地が無かったことによる。3 月だと新 M1 は学部の卒業研究を完了し、心は春からの大学院に向かっているので積極的に参加してくれるのではないかと考えた。掲示板およびホームページでの掲示に加えて、M1 には各専攻の就職担当の先生からメールによる案内、また新 M1 には個別に案内を郵送した。しかしながら、新 M1 の場合、遠方の学生は参加しにくい

ので、この時期も最適とは言い難い。インターンシップの時期がほとんどの場合 8 月、9 月であるので、6 月～7 月あたりがベストではと考える。

プログラム

はじめに (趣旨説明)

エネルギー科学研究科教育研究委員会 前川 孝

1. より良いインターンシップ、就職活動のために

(株)ディスコ 山砥 敏宏 氏

2. (株)東芝からエネルギー科学研究科在学生 (今春進学者を含む) の皆様へ

(1) 会社概要説明 :

人材採用センター 近藤 俊憲 氏

(2) 研究インターンシップの概要とその効果 :

技術企画室 山下 勝比拡 氏

(3) 電力システム社の紹介 :

原子力化学システム設計部 相坂 貴司 氏

3. 在学生によるインターンシップの体験談

(株)三菱総合研究所でのインターンシップ

村上 佳菜さん

(株)大阪ガスエネルギー技術研究所でのインターンシップ

阿部 淳さん

4. 懇談会

5. エネルギー科学研究科同窓会「京エネ会」活動報告

京エネ会事務局幹事 エネルギー応用科学専攻 陳 友晴

エネルギー科学研究科同窓会「京エネ会」が設立されてから早 5 年が経過しました。この間、会員間の親睦とエネルギー科学の学術、産業、文化の発展に寄与する設立の趣旨に沿って種々の活動を行ってまいりました。

その主な活動として、3 月に開催の「エネルギー科学研究科・エネルギー理工学研究所合同産学連携シンポジウム」

にご協力をさせていただきました。多くの会員が所属する“産”と出身校であるエネルギー科学研究科の“学”の橋渡しになれるよう、今後も活動を続けていきたいと考えております。また、昨年度末に発刊した新しい会員名簿の配布も行いました。同時に、修了生会員の現住所、勤務先等の個人情報について、今般の事情を鑑みさらなるセキュリ

ティの強化を図りつつ、継続して情報の収集と管理を行っています。

平成 18 年度の修士学位授与式においては、新たに会員となられた修了生のみなさんに、記念品として修了証書保管筒を贈呈致しました。お陰様で大変好評を博し、今年度も贈呈の予定でございます。さらに、平成 18 年に設立されました京都大学全学の同窓会に対しても、エネルギー科学研究科同窓会として連絡を密にしながら協力をはかっ

ております。会員の皆様が安心して親睦を深めることのできる一助となれますよう今後も活動してまいります。

会員の皆様並びに会員の在籍する企業・機関におかれましても、同窓会「京エネ会」を積極的にご活用いただけますようお願い致しますと共に、今後とも「京エネ会」の活動にご協力いただけますよう、よろしくお願い申し上げます。

インターンシップ参加学生の感想文

インターンシップに参加して ー株式会社三菱総合研究所ー

エネルギー社会・環境科学専攻 修士課程1回生 村上 佳菜

私は2007年の9月に、株式会社三菱総合研究所で2週間のインターンシップに参加させていただきました。インターンシップに応募させていただいた理由は、(1)漠然としたイメージしかなかったシンクタンクの業務や研究員の生活について理解したいと思ったから、(2)「ビジネスとしての研究」の現場を見てみたいから、の2つがありました。以前からシンクタンクには興味があったのですが、実際の業務や、研究員の方が普段どのような生活を送っているのか、どのような方が研究員として働いているのかなど、わからない部分が多くありました。また、ビジネスの現場で行われている研究とはどのようなものなのか、これまで自分が勉強してきたことをどのように活かすことが出来るのかを知りたいという気持ちに加え、実際のプロジェクトの一部を体験させていただけるということに非常に魅力を感じたことが、応募させていただくきっかけとなりました。

私が体験させていただいたプロジェクトは、ある地方公共団体における環境・エネルギー問題に関するものでした。2週間のインターンシップで私が学ばせていただいたことで、特に以下の二つが印象に残りました。

一つめは、研究の先の「相手」がはっきりわかることは、大きなやりがいにつながる、ということです。インターンシップでは、実際のプロジェクトの一部を体験さ

せていただき、行われている研究や調査が市民の方々の日常生活に深く関わっていたため、社会とのつながりをはっきりと認識することが出来ました。これまでそのような研究に携わったことがなかったため、非常に新鮮で、非常に責任がある仕事だと感じました。それが大きなやりがいと適度な緊張感につながったと思います。

二つめは、研究員の方々の仕事に対する誇りや熱意です。インターンシップに参加させていただく前は、研究員には非常にクールな方が多いのでは、と想像していましたが、実際にお会いし、ご指導していただいたり、お話しさせていただく中でどんどんイメージが変わっていききました。私がお世話になった部署の方々は、仕事に対して非常に熱い思い、誇りや夢を持っておられ、タフで人間的にも魅力的な方が多くいらっしゃいました。部署全体に活気があり、そのような環境に身を置かせていただいて大きな刺激を受けたことが、京都に戻ってから研究に対するやる気の源になったと感じています。

インターンシップに参加させていただいたことで、これまでのシンクタンクの印象が大きく変わり、将来の目標をよりはっきりさせることが出来ました。インターンシップでの経験が、現在の研究に対する姿勢にも大きなプラスの影響を与えたと感じています。私の学生生活において大変有意義で、研究や就職活動への意欲が高まった2週間でした。

インターンシップに参加して ー株式会社村田製作所ー

エネルギー基礎科学専攻 修士課程1回生 岡崎 直美

私は、2007年8月27日から9月7日の約2週間、株式会社村田製作所の滋賀県野洲事業所において「誘電体セラミック材料の開発実習」というテーマでインターンシップに参加させていただきました。私がインターンシップに参加しようと思った理由は主に二つあります。まず一つは、大学と企業の研究の違いを知りたいと思ったからです。大学では学術的な研究が主であるのに対して、企業の研究では商品化が最終目標となるために、研究に臨む姿勢がどう違うの

かを知りたいと思いました。もう一つは、就職活動を始めるきっかけとして、企業で技術者として働く方々と触れ合う機会を通して、自分が将来企業で技術者として働くとしてそのイメージをつかみたいと思ったからです。その中でも研修先として村田製作所を選んだ理由は、研究開発に力を入れているという話を聞いたことがあり、研究開発のやりがいを感じられる現場があるのではと考えたからです。

研修は、初日の全体説明、研修先部署での受け入れに

始まり、その後は毎日、各受け入れ先で社員の方に教えてもらいながら実験を行いました。そして、そこで得た経験、成果を最終日にプレゼンテーションしました。

私が研修を行った部署は、村田製作所の主力製品であるチップ積層セラミックコンデンサの材料研究を行っている部署でした。私自身の専攻とは少し異なっているために、参加前は理解しながら研修についていけるか不安がありましたが、社員の方が丁寧に説明しながら教えてくれたおかげで、時間を経るにつれて研究内容への理解も深まり、おおまかな全体像を把握できたと思います。研修では、担当社員の方に教えてもらいながら、誘電体材料の作製、電気化学的評価といった実験をさせていただきました。大学の研究室と比べて装置の種類と数が充実しており、調べたいことがある際に調べる手段がたくさん用意されているという意味で、研究を行いやすい環境にあると感じました。また、大学の研究との違いという点では、企業という性質上いつまでに結果を出さなければならない性能というものがある、研究部門といえどもその期限に対する責任が大きいと感じました。近年、メーカー間の製品化競争が激化している中で、成果を求められる期間が短縮傾向にあるという話もうかがい、仕事に対するやりがいがある一方で、責任の大きい大変な仕事でもあると感じました。

研修期間中は受け入れ先部署での実験が中心でしたが、

それ以外の場面でも様々な人たちと触れ合うことができました。研修生は私を含めて 31 人いました。初日から各部署にばらばらに配属されたのですが、宿泊先が同じメンバーが多く、毎日一緒にバスで会社まで行ったり、ご飯を一緒に食べるに行ったりして親睦を深めることができました。全国様々な地域、大学から集まっていたため、話しているとお互いに刺激になることが多くとても楽しかったです。また、人事の方が機会を見て、部門を越えての親睦会や本社見学会など楽しい行事を用意してくれていたため、研修先以外の場所でも村田製作所という会社を知ったり、多くの社会人の方とお話できる機会がありました。研修先やこうした場での社員の方とのお話を通して、自分が企業で働く際のイメージが描けるようになったと思います。

インターンシップは約 2 週間という短い期間ではありましたが、非常に密度の濃い経験ができたと思います。そして、大学と企業の研究の違いを知る、自分が企業で働くイメージをつかむという当初の目標も達成できたと感じています。インターンシップ期間中お世話になった村田製作所の人事の方、受け入れ先部署の方、また、インターンシップ仲間には本当に感謝しています。今回の経験を、これからの進路選択や社会人になってからの生活にも生かしていきたいと思っています。

学外プロジェクトを低回する

エネルギー基礎科学専攻 修士課程 1 年生 河音 憲

8 月中旬から 8 月 31 日まで原子力研究開発機構（那珂核融合研究所）に夏季休暇実習として「トカマクプラズマの MHD 平衡」を学びに行きました。もちろん学びに行った理由は自分の学力向上につながると思ったからです。

今回は教育研究委員会から「はばたき」の執筆依頼がきたので前の方が書いたインターンシップの感想や「はばたき」自身を読んで、みなさんが書いていることとは違った視点からインターンシップや「魅力ある大学院イニシアティブプロジェクト」としての「学際的エネルギー科学研究者育成プログラム」について述べて、企業や一般の方にエネルギー科学研究科の教育研究活動の実態を伝えたいと思います。

まず「学際的エネルギー科学研究者育成プログラム」の一環として学外実習（インターンシップ）があるわけですが、みなさんがインターンシップの感想に書いているようなものすごい成果があがった感覚は僕にはありませんでした。確かに夏期休暇実習で変分原理ということ

について学んでためにはなったのですが、これは僕の専門の核融合プラズマの一つの基礎的な考え方であり、けっして 2007 年度版の「はばたき」の冒頭に書いてあるような「従来の一専門分野に特化した偏狭な研究者ではなく、様々な場面で直面する課題に柔軟に対応し、新たな道を切り拓くことができる研究者を育成することを第一の目的とする」を達成できたわけではありません。むしろ専門分野に特化したこと以外はさせられていません。この前も僕が自分の専門分野からは少し違う数学を勉強しようとした時も逆にやるのをとめられたぐらいです。どうやら核融合プラズマで数学がわからなければその時にその分だけ数学書で調べるらしいのですがこれはまさに「はばたき」でうたっていることと反対に偏狭な研究者を育てているのではないのでしょうか。またこのプログラムに参加している人と参加していない人との違いは取る授業が少し違うだけでどこが「現代社会の要請に応え、種々の分野で能力が発揮できる博士号取得者を育成すること」になっているのか僕には理解ができません。

それともこれからこの目標に向かって様々な何かがあるのでしょうか。今のところは音沙汰なしです。

さらにこれだけならまだしも最近では学外実習を学問のためではなく就職のために行く人、行かす人が急増しています。紙幅の関係であまり詳しく書けませんが、「学問のすすめ」でも同様の趣旨が書いてありますが、就職ができる人というのはどれだけいまで勉強してきたかつまり努力をしてきた人であって学外実習で人とのつながりを作った人ではありません。これをいくら力があっても自分の研究を積極的に伝えなければ他の人がその実力に気付かないといかにももっともらしい意見をいう人もいますが、これが正しければ研究機関に実習に行った人

が行かずに自宅で猛勉強した人より就職が有利になり実力主義をうたっている日本の政策自身を揺るがしかねません。当然就職は力のみでいくべきです。学生や教職員などもそれを心に留めておいてほしいものです。

こんな人のつてを使って就職などと卑怯なまねで京都大学に相応しい実績のレベルまでもってこずに京都大学として実力でまわりの人に認めてもらって相応しいレベルまでもってくるように学生、教職員が頑張っていかなければならないと思います。おそらく割愛されるでしょうが「はばたき」の編集者の方々にだけでも伝わればと思いますインターンシップの感想とはほど遠いプロジェクトの感想として終わらせていただきます。

インターンシップに参加して

エネルギー基礎科学専攻 修士課程1回生 藤田 直樹

私は2007年度の夏に、中部電力株式会社の浜岡原子力発電所で約2週間の間インターンシップに参加させていただきました。

私がインターンシップに参加した理由は、就職活動前に一度実社会を体験して働くイメージをつかむと同時に、自分がどのような会社環境、社風に向いているのか早い時期にわかっておきたかったからです。

また数多くのコースの中から原子力を選んだ理由は、現在石油などの天然資源の枯渇が深刻な問題であり、化石燃料と比較して少量の燃料から莫大なエネルギーを生み出すことができ、二酸化炭素排出量の低く環境にやさしい原子力発電が将来不可欠であると考えていたからです。

研修は授業と実習に分かれており、授業では原子力の基礎的な知識だけでなく、浜岡原子力発電所が実際に行っている地震対策や多重防護の観点からの安全性、地域環境への配慮について学びました。

実習では原子炉やタービンの見学や定期点検の立会い、シミュレーターを用いた原子力発電所の運転実習、炉心流量と制御棒の調整による効率良い発電プランの作成、発電所周辺の環境調査などを行いました。

また実習最終日には、会議を見学させていただき、

改めて安全に対する意識の高さを感じ取ることができました。

実習終了後には他のコースの学生たちとの合同の成果発表会があり、火力や変電、工務、技術営業など違う体験をした学生の発表や考え方を聞くことができ、とても興味深く有意義でありました。

またこのインターンシップを通じて、社員の方々が電力という重要なインフラを支えていかなければならないという使命感と責任感を持っているだけでなく、電気のプロとしての技術の高さや自信、誇りを持って仕事に臨んでいることを強く感じることができました。

2週間という短い時間ではありましたが、研修だけでなく社員の方々との交流など学生生活では味わうことができない体験をでき、とても濃密な時間を過ごすことができました。この経験をこれからの学生生活、就職活動、社会に出てからの生活に存分に生かしていければと思います。

最後になりますが、忙しい中、懇切丁寧な指導をしてくださった中部電力株式会社の皆様に厚く御礼申し上げます。

大阪ガスのインターンシップを受講して学んだこと

エネルギー変換科学専攻 修士課程1回生 阿部 淳

私

は8月27日から9月7日までの2週間、大阪ガスのインターンシップを受講し、マイクログリッド技術開発コースに所属していました。最初に、各個人のインターンシップにおける最重点テーマを決めました。私個人としては以下の最重点テーマを挙げました。

- ・太陽光発電と風力発電のベストミックスを構築する技術について学習すること

普段あまり聞き慣れないマイクログリッド技術とはどのようなシステムで、太陽光や風力発電などの自然エネルギーを取り組む技術とはどのようなものか。これが私の最大の関心事でありました。電力ソリューションチームの方々のお話を聞き、実際に実験所で技術開発の体験をすることで、最重点テーマを習得することが出来ると考えました。

私は主に電力実験場で、電力ソリューションチームの方々にご指導を受けました。本コースの実験は、ガスエンジンと蓄電池による自然エネルギー出力の平滑化に関する検討で、太陽光・風力発電の出力を測定することから始まりました。その結果、太陽光・風力発電の出力は不安定なものでした。この不安定な出力が電力系統に影響を及ぼすようで、ガスエンジンと蓄電池をどのように用いれば出力の平滑化ができるか。これが大きな課題となりました。

ガスエンジンと蓄電池の平滑化にはそれぞれ長所と短所があり、ガスエンジンは細かい負荷変動には対応できないが、出力が安定しているといった特徴がありました。一方蓄電池は細かい負荷変動の平滑化は得意であるものの、ガスエンジンほど出力は安定せず、またコストが比

較的高い為、長時間出力し続けるのには不向きであることがわかりました。この2つを負荷変動に応じて巧みに組み合わせることで、それぞれの短所を長所が補って細かい負荷変動や長時間の出力に対応できる平滑化ができるのではないかと私はそう考えるようになりました。

その結果、予想していた通りそれぞれの長所を活かした平滑化が可能となりました。太陽光・風力発電などの自然エネルギー発電の導入を実現する段階として、電力系統に悪影響を与え無い為に、必要とされるエネルギー出力の平滑化が出来たので、私としては満足のいく結果となりました。

電力実験場での最終日、これらのデータをグラフ化し、チームの方々の前で発表しました。実験の経緯や結果に関しては良かったようで、最重点テーマの解決に向けて取り組んだ成果が出ました。電力実験場で学んだこととしては、私が思っていたよりも安全第一で実験を行っていたことや、限られた条件の中自分で考え、手順書を作成し実験を推し進めることの大変さや、コミュニケーション能力の大切さを知ったことです。また今回の経験や知識を基に、これからの研究や基礎科目の勉強に活かし、就職活動での職業選択に役立てていきたいと思っています。

最後に、社員の方々のお話で印象的だったこととして、文章作成能力が大事で、特に人に応じて作成できるか。またプレゼン能力、例えば2、3人で仕事を行う場合にきちんとした説明ができるか。このような能力を持った人材が求められているようです。しかし漠然と大学院の生活を送っているだけでは、なかなか身につく能力ではないので、私は自分で意識をして文章を作成する時や発表する時に取り組むことで、習得したいと考えています。

インターンシップを終えて

(関西電力(株) 火力発電プラントオペレーション&メンテナンスコース)

エネルギー変換科学専攻 修士課程1回生 山本 晶信

平

成19年8月20日から8月31日までの2週間、関西電力(株)のインターンシップに参加しました。私が参加したコースは「火力発電プラントオペレーション&メンテナンスコース」です。参加理由は主に2つありました。一つ目は、大学院の授業で学んだ発電の仕組みに興味を持ち、実際見てみ

たかったから。二つ目は、火力コースでは自分の研究の背景となっている保全の業務を体験することができると思ったからです。

はじめの4日間は姫路市にある姫路第二発電所で、実際の保守・点検に関する業務を体験しました。姫路第二発電所は関西電力で最も規模の大きい火力発電所で、6

つのユニットで構成されています。壮大な設備を保守・点検する業務は非常に大変ではありますが、重要であることを実感しました。また、ここで発電した電気が自分の家や、親族、友人の家に届いていると思うと仕事のやりがいを感じました。壮大な設備を、関西電力の社員の方だけでなく、様々なグループ会社の方が汗を流しながら運転、保守されている姿に強い使命感を感じたことも覚えています。

発電所での実習が終わると、火力発電所の保全・設計に関する技術検討を行っている火力エンジニアリングセンターで実習を行いました。私はそこで「発電所新設工事における主要変圧器2次ケーブルサイズの検討」という課題に取り組みました。経年化が進んでいる火力発電所の、新設工事における主要変圧器2次ケーブルの設計を、安全、安定供給を最優先にコストダウンを意識した実践的な設計に取り組みました。課題に取り組む前に、私が作った資料を今後の新設工事に役立てるかもしれないのがんばってほしい、と指導してくださった方から言われました。この言葉を聞いたとき、ここでの実習の重みを感じましたし、それだけ実践的な課題を与えてくださったことにやりがいを感じました。はじめは私の専門分野と異なる知識が必要で、不安もたくさんありました。しかし毎日家に帰っても本を読み、わからない箇所

は調べるなど毎日勉強していくうちに興味や知識が増え、最後には楽しんで実習を行うことができました。指導してくださった方の親切で丁寧な指導のおかげでもあると考えています。

インターンシップ最終日には、自分の成果をまとめた資料をエンジニアリングセンターの社員の方々の前で発表し、火力コースでの実習を終えました。その後、本社ビルで他コースのインターンシップ生と合同の成果発表会がありました。また初日に与えられた課題「関西電力に対する提言」をグループディスカッションし、人材活性化の社員の方々やインターンシップ生の前で、グループの代表者が発表しました。ここでは、それぞれのコースで異なる体験をしたインターンシップ生の話や、意見を聞くことができ、非常に貴重な時間を過ごすことが出来ました。

インターンシップでは大学院の生活では経験できない貴重な経験をすることができました。まわりのインターンシップ生のレベルも高く非常にいい刺激になりました。このような場を提供してくださった関西電力の方々に深く感謝しています。ここで経験したことを、これからの大学院生活や就職活動に活かしていきたいと考えています。

インターンシップの感想 —新日本製鐵株式会社—

エネルギー応用科学専攻 修士課程1回生 片平 圭貴

私は2007年の夏に新日本製鐵株式会社の3週間インターンシップに参加しました。私がインターンシップに参加した目的は、非常に大規模な製鉄業の現場を直に目で見ることで、体験することでした。また、そこで働く技術者の方々と接することで、自分が将来、企業で働くイメージをつかみたいと考えていました。

インターンシップ期間の3週間は、社員の方々の住まれている寮で生活させていただき、就職後の生活が想像しやすい環境で過ごすことができました。また、休日にも小旅行に連れて行っていただくなど、実際の業務以外の面でも大変お世話になり、感謝しています。

業務については、溶銑脱硫のメカニズムについての解析、及び溶銑用硫黄センサーの開発を行いました。これらは、私が研究室で学んでいる内容に非常に関係が深く、大学での勉強と社会に出た際の仕事がどのように結びつくかがよくわかるテーマでした。行った実験に対する分析や考察は普段の研究と近い部分も多く、様々な制約の中でどのような実験を行うかは、技術者の方々と一緒に参加した仲間たちと活発に議論を重ねていきました。一

方、実験を行う前に十分な考察・予想をし、必要な試験を迅速に行う作業は、これまでに体験したことが少なく、非常に疲れを感じつつも充実したものでした。企業での業務と大学での研究との違いは多くありますが、今回のインターンシップの中で私が一番強く感じたのは、時間的な制約についてです。企業では実験に対して報告が求められ、そのため期限が決められています。たとえ、どんなに良い結果も期限内にできなければ何もしないのと同じであるということを学びました。インターンシップ終盤には発表のためにまとめるべきデータが膨大になり、かなり苦労しました。実際に出来上がった成果報告には不十分な点も多く、残念に感じる部分もありましたが、苦労した実体験を通じて、企業の仕事内容を見ることができ、非常に勉強になりました。

今回のインターンシップを通じて、これまでに体験したことのない多くのことを経験しました。技術者の方々は、常に様々な問題を抱えて仕事に当たっておられること。それに対して、解決しようという強い意欲を持っておられることを間近で感じる事ができました。また、実際に製品を作っている中で実験を行うため、実験

を予定通り行うことが難しいことなど、企業に入ってみなければわからないことも体験できました。

一緒に作業をして下さった新日本製鉄の技術者の方々には、お忙しい中で私たちのテーマについても熱心に議論し、アドバイスして下さい、たいへん感謝しています。

今回のインターンシップで感じたことを糧に、これからの学生生活、社会に出てからの生活を有意義にしたいと思います。

平成 19 年度修士論文題目リスト

エネルギー社会・環境科学専攻

氏 名	論 文 題 目	指導教員
諫山 洋平	トリアセチンを副生する超臨界法によるバイオディーゼルの創製	教 授 坂 志朗
石坂 閣啓	大気中における鉛エアロゾルと黄砂粒子の化学的変質に関する研究	教 授 東野 達
伊藤 亮太	SiC 薄膜の NOx 吸着・分解能に関する研究	教 授 石原 慶一
金丸 智	大気化学輸送モデルを用いた植物起源 VOC が二次物質生成に及ぼす影響評価	教 授 東野 達
北村 佑介	エネルギーシステム評価における情報の共有について	教 授 手塚 哲央
近藤 佑樹	オフィス環境評価のための新知的パフォーマンステストの開発と評価	准教授 下田 宏
白石 晴久	国際拡張型産業連関表を用いたわが国の家計消費が諸外国に誘発する環境負荷の分析	教 授 東野 達
常楽寺宏行	グリセリンを用いた木質系資源の液化による熱硬化性バイオ樹脂の創製	教 授 坂 志朗
高岡 利安	国内家庭部門における電力消費削減対策とその費用対効果	教 授 石原 慶一
徳山 相賢	ポートフォリオ理論に基づく日本のエネルギー資源輸入に関する評価	教 授 手塚 哲央
中川 祐一	日本の自動車用エネルギー供給の設備計画に関する一考察	教 授 手塚 哲央
沼田 健	小型電子機器からの資源リサイクル評価	教 授 石原 慶一
原 康祐	Ti-O 系のメカニカルミリング	教 授 石原 慶一
増山 泉	都市緑地が家庭内エネルギー消費行動に及ぼす影響の分析	教 授 手塚 哲央
松岡 聖二	セルロースと低分子グリコシドの混合物における熱分解挙動	教 授 坂 志朗
松田 亘司	リスクコミュニケーションにおける相互理解促進のためのディベート支援システムの応用に関する研究	准教授 下田 宏
森崎 裕幸	セルロース系バイオマスの熱分解におけるレボグルコサンの二次分解挙動とホウ酸を用いた高効率回収の試み	教 授 坂 志朗
吉田 悟	応用一般均衡モデルによる環境税導入の影響評価	教 授 手塚 哲央
楊 首峰	拡張現実感用画像マーカの 3 次元位置自動計測システムの開発と評価	准教授 下田 宏
林 涛	中国の電力システムにおける原子力の役割に関する研究	准教授 宇根崎博信
岩渕 巧	食に投入されるエネルギー量の分析	教 授 手塚 哲央
宮崎 大輔	環境負荷削減型ライフスタイル設計手法に関する研究	教 授 手塚 哲央

エネルギー基礎科学専攻

氏 名	論 文 題 目	指導教員
石川 怜	溶融塩電気化学プロセスによる Mg_2Si 薄膜の形成と制御	教 授 萩原 理加
大森 丈史	Organic Photovoltaic Cells Using Self-Organized Columnar Metallomesogen (液晶性金属錯体を用いた有機太陽電池の創製)	教 授 吉川 暹
片山 大輔	ヘリオトロン J プラズマにおけるイオンのエネルギースペクトルに関する研究	教 授 近藤 克己
加藤 道明	光イオン化過程を取り入れた高強度レーザーとクラスターとの相互作用に関するシミュレーション研究	教 授 岸本 泰明
金倉 淳志	Improvement of Dye Sensitized Solar Cell with Tandem Structure (タンデム構造をもつ色素増感太陽電池の開発)	教 授 吉川 暹
金村 祥平	Physicochemical Properties of Molten NaTFSI-CsTFSI System and an Application to Na/S Battery (NaTFSI-CsTFSI 系溶融塩の物性と Na/S 電池への応用)	教 授 萩原 理加
鎌田 享	Optimization of Hole Transport Layer in Polymer Solar Cells (有機薄膜太陽電池におけるホール輸送層の最適化の研究)	教 授 吉川 暹
川口 真一	Development of a New Method of Subcriticality Measurement Based on the Concept of Imaginary Neutron Source (仮想中性子源の概念を用いた新しい未臨界度測定法の開発)	教 授 代谷 誠治
河津 良和	マイクロ波球状トラスプラズマ形成過程の可視光像観測	教 授 前川 孝
北川 寛	EMPyCl-ZnCl ₂ 系中低温溶融塩の開発と高融点金属電析への応用	教 授 萩原 理加
倉田 康司	プラズマ電流を運ぶ電子サイクロトロン駆動高速電子テイルの X 線計測	教 授 前川 孝
上月 庸嗣	イオン温度勾配乱流に対する抵抗性テアリングモードの影響に関する研究	教 授 岸本 泰明
柴田 敏宏	金属イオン結合モチーフを用いたリボスクレオペプチド高次構造の分子設計	教 授 森井 孝
下川 俊久	放射線誘起表面活性による伝熱促進に関する研究 ―ガンマ線照射中の雰囲気の影響―	教 授 三島嘉一郎
鈴木 博晶	Ba-In 系酸化物電解質を用いた一室型燃料電池の研究	教 授 八尾 健
高橋 裕	ヘリオトロン J のイオンサイクロトロン周波数帯加熱における高速粒子挙動の実験的研究	教 授 佐野 史道
竹内 徹朗	軟 X 線 CT によるマイクロ波球状トラスプラズマ形成過程の観測	教 授 前川 孝
龍山 裕一	最小構造からなるメタン水酸化酵素の設計と特性評価	教 授 森井 孝
坪井慎一郎	バイオミメティック法による徐放性アパタイトマイクロカプセルの開発	教 授 八尾 健
寺島 純平	水溶液法によるリチウム二次電池新規機能性電極材料の開発	教 授 八尾 健
中嶋 祥乃	ヘリオトロン J における軟 X 線波高分分析法を用いた放射スペクトルの研究	教 授 近藤 克己
仲野 瞬	リボスクレオペプチドを用いたペプチド加水分解酵素の創製	教 授 森井 孝
西 哲平	レーザーアブレーションブルーム分光による液中金属表面のその場元素分析	教 授 尾形 幸生
西嶋 哲平	リン酸化タウペプチドによるナノ構造体形成	教 授 森井 孝
西村 信吾	Properties of Electric Double Layer Capacitors Using Fluorohydrogenate Ionic Liquids as Electrolytes (フルオロハイドロジェネートイオン液体を電解液として用いた電気二重層キャパシタの特性)	教 授 萩原 理加
濱上 史頼	ヘリオトロン J における荷電交換再結合分光法を用いた不純物イオン温度・回転速度計測	教 授 水内 亨
福村 集	Evaluation of Dye-Sensitized Solar Cells Using the Laser-Beam-Induced Current (LBIC) Method (LBIC 計測法を用いた色素増感太陽電池の評価)	教 授 吉川 暹

氏 名	論 文 題 目	指導教員
藤田 彰	LiMn ₂ O ₄ 系リチウム二次電池正極材料の開発	教 授 八尾 健
梶谷 将吾	プラズマ流の効果を取り入れた球状トーラスの平衡に関する研究	教 授 岸本 泰明
松岡 浩然	ヘリオトロン J における不純物挙動に関する分光学的研究	教 授 近藤 克己
松本 翼	p 型シリコン中に形成した配列マクロ孔内における貴な金属の電解析出	教 授 尾形 幸生
向井 清史	ヘリオトロン J 装置における電子密度分布計測を目的としたマイクロ波 AM 反射計の開発	教 授 水内 亨
村井 謙介	複数の方向性プローブによるヘリオトロン J 周辺プラズマ解析	教 授 水内 亨
村中 陽一	電気化学的手法による ZnO 薄膜作製に関する研究	教 授 萩原 理加
八木 貴宏	Development of Small Neutron Detector with Optical Fiber (光ファイバーを用いた小型中性子検出器の開発)	教 授 代谷 誠治
安田 弘之	ヘリオトロン J における ECH パワー吸収分布の共鳴位置依存性	教 授 水内 亨
山田 裕康	ヘリオトロン J プラズマにおける電子バーンシュタイン波加熱の数値解析	教 授 近藤 克己
渡邊 真吾	水溶液法による異種金属添加酸化マンガンの合成と充放電特性	教 授 八尾 健
渡會 篤	Studies on Rechargeable Lithium Batteries Using Molten (Li, K, Cs)TFSI Mixture as the Electrolyte (混合溶融(Li, K, Cs)TFSI を電解質に用いたリチウム二次電池に関する研究)	教 授 萩原 理加
前田 修平	垂直大口径管内多次元気液二相流の流動特性に関する研究	教 授 三島嘉一郎

エネルギー変換科学専攻

氏 名	論 文 題 目	指導教員
石堂 敦基	円筒放電管型核融合中性子源による中性子ビームの発生	教 授 小西 哲之
岩間万里明	低炭素オーステナイトステンレス鋼の SCC 感受性に及ぼす水素の影響に関する研究	教 授 木村 晃彦
大島 智	ディーゼルおよび PCCI 燃焼における着火と NO _x 生成に与える燃料の影響	教 授 石山 拓二
大萩 佑介	レーザ計測を用いたディーゼル噴霧内混合気形成過程の解析	教 授 塩路 昌宏
梶本 哲也	高分子圧電フィルムによる構造物背面欠陥のモニタリング法の検討	教 授 松本 英治
鎌原 本也	引張変形に伴う多結晶体の表面粗面化に関する解析的検討	教 授 星出 敏彦
貴傳名亮甫	二段噴射を用いたディーゼル噴霧燃焼における熱発生と NO _x 生成の特性	教 授 塩路 昌宏
小松 陽二	直接噴射式水素エンジンの性能および燃焼特性	教 授 石山 拓二
椎山 拓己	三極管構造による熱陰極型高周波電子銃生成ビームの高輝度長パルス化	准教授 増田 開
清水 健太	ビッカース硬さ試験に基づく電解銅箔の応力-ひずみ特性の検証	教 授 星出 敏彦
菅沼 寛之	ガス燃料噴流の火花点火燃焼特性に関する研究	教 授 塩路 昌宏
高橋 尚也	ボロノイ多角形によりモデル化した二相微視組織における疲労き裂成長解析と寿命予測	教 授 星出 敏彦
中嶋 一博	繊維強化複合材料における超音波伝搬特性の有限要素シミュレーション	教 授 松本 英治
仲田 圭吾	磁場および応力による Fe-Ni 合金の一軸異方性弾性係数の変化	教 授 松本 英治
中西潤二郎	予混合気の火花点火ノックおよび圧縮着火特性に関する研究	教 授 石山 拓二
長谷川隆康	核熱利用システムとしての木質バイオマスからの水素製造プロセスの基礎研究	教 授 小西 哲之

氏 名	論 文 題 目	指導教員
原田 慎治	PCCI ディーゼル機関における燃料噴射条件の選択に関する研究	教 授 石山 拓二
平野 雅人	スパッタ被覆ガラスの機械的特性に及ぼす被膜材種の影響	教 授 星出 敏彦
藤田 誠人	各種ガス噴流および液体噴霧の自着火燃焼特性に関する研究	教 授 塩路 昌宏
藤本 武士	慣性静電閉じ込め装置における核融合反応分布計測の高度化	准教授 増田 開
南 達矢	SiC における水素同位体の溶解および拡散挙動の研究	教 授 小西 哲之
矢野 弘樹	イオン照射した鉄二元系モデル合金の照射硬化に及ぼすMnの影響	教 授 木村 晃彦
山地 滋	圧電探触子の感度補正による接触音響非線形効果の定量評価	教 授 松本 英治
吉中 央任	天然ガス PCCI 機関の出力範囲拡大および天然ガス機関の諸元選択に関する研究	教 授 石山 拓二
米田 圭	ボクセル近似による均質化法を用いた多孔質体の力学的特性の解析	教 授 星出 敏彦

エネルギー応用科学専攻

氏 名	論 文 題 目	指導教員
浅尾 祐基	Fabrication of Metallic Microchannels by Spacer Method and Inner Microfluid Characteristics (スペーサー法による金属マイクロ流路の作製および内部マイクロ流体挙動)	教 授 馬淵 守
石川 博之	New Methods of Identifying Power System Characteristics Based on Data Measured On-line (オンライン計測データに基づいた電力システムの新しい解析手法)	教 授 福中 康博
板津 正明	Springback Characteristics of a Magnesium Alloy Sheet in Warm Draw Bending (温間引張曲げ成形におけるマグネシウム合金板のスプリングバック特性)	教 授 宅田 裕彦
稲荷 博文	Gravitational Level Effects on Cu Electrodeposition (銅電析に及ぼす重力レベルの影響)	教 授 福中 康博
伊吹 和也	Heat Transfer Characteristics of a Planar Water Jet Impinging Obliquely on a Flat Surface (傾斜した加熱固体平板に衝突するカーテン状水膜噴流の熱伝達特性)	教 授 宅田 裕彦
上野 洋平	高強度フェムト秒レーザーパルスによって誘起された配向分子のイオン化・解離と高次高調波発生	教 授 宮崎 健創
加納 慶達	アルコール還元法による炭素担持白金触媒作製における酸およびアルカリ添加の影響	教 授 平藤 哲司
木村 克也	Stretch Formability at Room Temperature in AZ31 Mg Alloy Sheets (AZ31 マグネシウム合金板材の室温張出成形性)	教 授 馬淵 守
國松 俊佑	スラブ型 β -FeSi ₂ フォトニック結晶光導波路の作製と導波モード解析	教 授 馬淵 守
小林 庸浩	プラズマ対向材としての炭化珪素系セラミックスへのタングステン被覆に関する研究	教 授 香山 晃
佐久間 剛	Interfacial Phenomena of Bubble Evolution in Water Electrolysis (水電解操作における気泡発生界面現象)	教 授 福中 康博
櫻田 優貴	Development of Finite Element Simulation Model in Roll Forming of Seam-Welded Pipes (電縫管ロール成形の有限要素シミュレーションモデルの開発)	教 授 宅田 裕彦
佐々木 怜	KU-FEL における 12 μ m 帯での増幅特性	教 授 大垣 英明
芝辻 悠太	Transport Mechanism of a Solid Particle in Pulsatile Pipe Flows (管内脈動流による固体粒子の輸送機構)	教 授 宅田 裕彦

氏 名	論 文 題 目	指導教員
正野 由美	Basic Studies on the Design of Superconducting Fault Current Limiter in Power System (電力系統における超電導限流器設計に関する基礎的研究)	教 授 岩瀬 正則
白坂 翔平	燃料電池用触媒における粒子形状および担持状態の評価	教 授 平藤 哲司
上西 隆文	Fe ₃ Si/Ge エピタキシャル成長界面の熱的安定性：原子相互拡散の影響	教 授 宅田 裕彦
竹下 裕晃	CaO-P ₂ O ₅ -SiO ₂ 系の熱力学	教 授 岩瀬 正則
中本 圭昭	Mechanical Properties of Cu and Co-Cu Alloy Processed by Electrodeposition (電析法で作製された Cu および Co-Cu 合金の機械特性)	教 授 馬淵 守
林 竜也	Na ₂ O-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ -Fe _x O 系の熱力学	教 授 岩瀬 正則
古河 直樹	固体鉄中への浸炭に及ぼす炭材結晶化度の影響	教 授 岩瀬 正則
宮谷 佳孝	フェムト秒レーザーによる硬質薄膜表面のナノ構造形成過程に関する研究	教 授 宮崎 健創

博士論文要旨

平成 19 年 1 月～平成 19 年 11 月まで授与日順（専攻別）

エネルギー社会・環境科学専攻

氏 名	Ritu Mathur
論文題目	Study on Coal Utilization in India - A Spatial Modeling Framework to Examine Optimal Coal Utilization Policy in the Power and Cement Sectors in India （インドにおける石炭利用に関する研究－電力およびセメント部門における最適石炭利用政策に関する空間モデル分析の枠組み）
学位授与日	平成 19 年 1 月 23 日
指導教員	手塚 哲央

本論文は、インドの発電部門における低品質石炭利用のコストおよび環境負荷低減のための方策を論じた結果をまとめたものである。

インドにおける石炭利用の問題点として、石炭消費量が今後大幅に増加すること、生産地と需要地が偏在していること、灰分含有率の高い低品質石炭が多いこと、石炭の取引が古くからの慣習に依存していること、今後環境負荷に対する規制がより厳しくなることなどが挙げられる。

本論文ではまず、インドの石炭利用に関わる広範な文献調査やヒヤリング調査を実施し、石炭生産と発電やセメント生産のための石炭消費が共に地理的に偏って分布していることや灰分含有率の高い石炭を利用しなければならないことなどに伴う経済的、環境的問題点を整理し、石炭利用システム改善方策策定のためには石炭の品質と石炭需給の地理的分布を考慮することが重要であること、そのための品質別石炭需給および輸送に関わるデータ整備と石炭利用総合評価モデルの開発が不可欠であることを指摘した。

そして、インドにおける石炭の生産、消費の品質別分布、鉄道とトラックによる石炭輸送ネットワーク（地点間距離と輸送費用）、および送電ネットワーク（地点間距離と送電設備費用）に関するデータベースを整備し、総費用が最小となる石炭輸送経路と石炭利用技術の組合せを求める発電用石炭利用最適化モデル（Coal Linkage (COLINK) Model）を構築した。このインドを対象とした石炭需給データベースとネットワーク型石炭利用モデルの構築の試みは今まで存在しなかったものであり、構築

したデータベースと最適化モデルは現在もインドにおける石炭政策の策定に継続して利用されている。このモデルのシミュレーション分析を通して、長年の慣習に基づいた長期相対取引契約が石炭輸送を非効率にしていること、その取引形態を改めることにより 23%の輸送コストの削減が期待できること、さらに、高灰分含有率に起因する発電所周辺での粉塵（SPM）問題の軽減のために導入が検討されている選炭プラントについては、現行の規制、制度と選炭技術特性の下では経済的にみて導入のメリットが小さく高品質輸入炭の利用が有利であることを定量的に示した。そして、国内炭の利用促進のためには、インド石炭に適した選炭プロセス技術の開発、環境規制や高品質石炭に対する優遇措置が必要であることを指摘し、その優遇措置の一つとして石炭の品質別輸送料金制度を提案すると共に、その有効性をモデルシミュレーションにより確認した。現在、技術開発が進められている石炭ガス化複合発電などのクリーンコールテクノロジーに関しては、設備投資費用の低減が必要であり、クリーン開発メカニズムなどを含め国際技術協力の対象として有力な候補となりうることを指摘した。

一方、経済成長に伴うセメント需要の増大と発電所周辺での環境規制の強化に対応して、発電部門から排出される灰分のセメント生産用への利用可能性検討を目的として、COLINK MODEL をセメントプラントの分布と灰分の道路輸送経路を考慮できるように拡張した COPLAN (Coal Planning) MODEL を開発した。現状ではセメント産業が発電部門から生成される灰分を有償で回収、再利用することはなされておらず、発電事業者にとって灰分を輸送することのメリットは存在しない。しかし、モデル分析の結果、セメント産業にとっても灰分を 1 トンあたり 500 ルピー（約 1300 円）程度で購入しても灰分利用による利益が発生することを明らかにし、輸送費用が灰分 1 トンあたり 200 ルピー程度である場合には発電事業者とセメント業者の双方にとって石炭の灰分輸送費用を分担するインセンティブの生じることを示した。そして、その適切な灰分の利用のためには灰分に適正な価格を付与できる市場の形成が必要であることを指摘した。

氏 名	Nagendra Kumar Kamisetty
論文題目	Development of Advanced DNA Microarray System by High Density Amine Functionalization of Solid Surface and Functional Design of DNA Probes (固体表面の高密度アミノ化および DNA プローブの機能設計による先進的 DNA マイクロアレイシステムの開発研究)
学位授与日	平成 19 年 1 月 23 日
指導教員	牧野 圭祐

本論分は、遺伝子情報を基本とした新しい診断技術である DNA マイクロアレイ開発において必須の技術であるプローブ固定化法に関して研究したものであり、主な成果は以下のとおりである。

DNA プローブを固定化してマイクロアレイ化する基板として用いるガラスの表面改良法の開発に関する研究を行った。DNA マイクロアレイの作製では、顕微鏡用カバーガラスの表面をより均一化したものを用い、化学修飾によってこの表面を反応性とし、個々に異なる塩基配列を持った DNA プローブ溶液（数ピコリットル）をその上にスポッティングして固定化し（多いときは数万スポット）、このスポット上で蛍光標識した標的 DNA 断片とのハイブリッド形成を行い、プローブと相補的な塩基配列をもった標的 DNA の有無を高性能蛍光スキャナーで検出・解析して被検者の個性の差別化を行う。しかし市販されている DNA マイクロアレイに関しては、スポットの変形や位置の変位などに加え、固定化反応が不十分なために起きるプローブ分子の剥離が大きな問題として残っている。数ピコリットルのプローブ液滴の溶媒蒸発時間内でプローブ固定化反応が完結することを目標に、適切なガラス表面化学修飾法が詳細を検討した。ガラス表面のシラノール基への化学反応によって導入されたアミノ基が未反応シラノール基と水素結合あるいはイオン対を形成して存在することによって活性が低下することが原因であるという仮定の下、化学的修飾法によってガラス表面にアミノ基を導入するに当たり、アミノ基導入後に未反応シラノール基に付加的に短鎖アルキル基を導入することによって未反応シラノールとアミノ基の相互作用を除去し、アミノ基の反応性低下を防止する方法を開発した。本研究では、導入したアミノ基に安定蛍光色素（Cy3-N-hydroxysuccinimide）を結合して活性アミノ基量の経日的変化を精密計測する方法を開発し、日本ガイシ㈱開発の最先端精密スポッターを使用することによって位置・形状の安定したスポッティングを行い、蛍光スキャナーによって個々のスポットの精密な解析を行い、導入アミノ基の反応性変化を詳細に測定して開発した固定化方法の効果を評価することによって、適当なアルキ

ル鎖長および最終的に得られる表面化学構造の適切化の指針を得た。また、ガラス表面の接触角測定を行い、得られたガラス表面の疎水性とアミノ基活性との関係を数値的に評価し、短鎖アルキル基導入がもたらすアミノ基の反応性向上効果を数値として表した。高精度スポッターおよびスキャナー等の特殊解析装置、さらには測定結果の信頼性を確保するために必要な膨大な試料量の調製等が要求されるため、今日まで未解決であった本課題が詳細に記載された初めての報告である。

精緻で高い安定性を持った DNA マイクロアレイ作成にとって重要な第二の課題はプローブとして用いる DNA オリゴマーの供給である。本研究では、活性化ガラス表面に導入するプローブ DNA の適切な構造に関しても検討を行った。その一つはアミノ基反応性塩基であるデオキシオキザノシンを鎖中に持った DNA オリゴマーの調製法開発であり、新規な DNA オリゴマー合成法である。他の一つは H-ホスホネート法を用いたアミノ基を有した DNA オリゴマーの簡便合成法の開発であり、アミノ基の保護基として trifluoroacetyl 基を、5'端保護基として monomethoxytrityl 基を用いるこれまでの複雑で安定性を欠くアミノ基含有 DNA オリゴマー合成法の欠点を克服し、さらには重要な要素である低コスト化に成功した。反応性官能基をもった新規構造 DNA オリゴマー調製法開発の結果を示した。

氏 名	吉武 惇二
論文題目	天然ガス市場の国際動向と日本の都市ガス事業の展開に関する分析研究
学位授与日	平成 19 年 3 月 23 日
指導教員	手塚 哲央

エネルギー資源の少ない我が国において、量的な安定性供給、環境負荷の低減、エネルギーセキュリティの向上の観点から今後ますます天然ガスの利用が促進されるべきであり、そのためには天然ガス市場の国際的な動向とその予測、および国内における輸送・配給インフラの整備と利用技術のさらなる開発が必要である。

そのため、本研究では、まず日本に輸入される天然ガスの 8 割を依存しているアジア太平洋地域のエネルギー消費動向や経済成長とエネルギー消費との関連を分析し、特に天然ガスの生産・需給動向について分析した。分析した需給予測に基づき、我が国が今後 LNG を安定的かつ経済的に輸入するための課題について考察した結果、①LNG 供給元の多様化、②取引契約条件の柔軟性の向上、③資源開発・輸送事業への参画、④天然ガス生産国との協力体制の構築が必要不可欠であることがわかった。

次に、前述の④天然ガス生産国との協力体制の構築に

着目し、アジア太平洋地域の発展途上国での未開発天然ガス資源を開発して都市ガス事業を創成する協同スキームを提案した。ここでは、まず未開発天然ガス資源保有国での都市ガス事業創成の成功例として、日本の技術支援によるマレーシアの事例を分析し、これを元に事業創成のために必要な6つのサブスキームからなる新しい協同スキームを提案するとともに、このスキームの適用条件を検討した。具体的には、提案する協同スキームは、(1)天然ガス事業の事前検討のための需給予測サブスキーム、(2)都市ガス事業推進母体の設立サブスキーム、(3)需要家のための業務確立サブスキーム、(4)インフラ整備のための資材調達サブスキーム、(5)ガス事業関連法律の制定サブスキーム、(6)産ガス国への技術移転サブスキームの6つから構成される。また、この協同スキームを適用するための条件として、(a)天然ガスの埋蔵量が十分であること、(b)ガス田から需要地までの距離が短いこと、(c)これまで都市ガス事業が存在していないこと、(d)都市ガス事業を推進する母体が存在すること、(e)需要が十分も込めること、(f)政情が安定していること、の6つを挙げた。さらに、アジア太平洋地域で上記の条件を検討した結果、フィリピンとベトナムが要件を満たしていることがわかった。

一方、日本国内における天然ガスの普及拡大を支える輸送・配給インフラのあり方を検討するため、日本における天然ガスインフラの発達形態を分析した。さらに、今後の天然ガスの普及拡大を考慮し、将来の天然ガス輸送形態のあり方を検討するため、ローリートラック、鉄道コンテナ、LNG内航船、パイプラインの4つの輸送方法について、経済性、環境負荷、安全性、信頼性等の観点から評価した。特に経済性については、各輸送方式における費用を積み上げることによって輸送コストを算出した。これらの評価結果をもとに今後はローカル市場同士をパイプラインで連結する方法が有効であることを示すとともに、これを纏めて新たに「滲み出し・連結方式」という発達形態の概念を導出した。

また、欧米と日本の天然ガス生産、形態変換、輸送、需要の流れを図式表現法の一つであるマルチレベル・フロー・モデルで表現することにより比較し、欧米がインサイドアウト型&サプライ・プッシュ型に対して、日本がアウトサイド・イン型&デマンド・プル型とする新たな分析結果を導出した。これをもとに欧米と比較して日本が特異的な天然ガス供給構造を有することを明らかにし、この構造が日本における天然ガス高価格化の要因となっていることを示した。さらに、日本で天然ガス普及拡大を図るための克服課題として、①天然ガスパイプラインの整備、②LNG売買契約や価格決定方式の改善、③燃料電池やガスタービン等の新たな利用形態の推進、④電力部門、都市ガス部門、運輸部門における需要拡大のあり方などを論じ、その具体策を提案した。

氏 名	黒澤 美幸
論文題目	水質保全型農業のエネルギー・環境負荷の推定および普及政策の検討
学位授与日	平成 19 年 3 月 23 日
指導教員	手塚 哲央

京阪神地域の主水源である琵琶湖は一層の水質改善が必要であるが、その水質保全には農業に起因する汚濁を削減することが重要となっている。

本論文は、琵琶湖を対象として、その水質保全のための農業環境政策の制度設計のあり方について、新技術を導入した環境保全型農業に関わるエネルギー・環境負荷の推定、現状の制度下での環境保全に対する農業者の意識分析、および排出権取引制度という新たな水質保全制度の構築の視点から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) 水稻栽培の環境保全型農業に関わるエネルギー・環境負荷の推定については、ライフサイクルインベントリ分析手法を用いて、富栄養化、地球温暖化、省エネルギー効果の3つの評価軸によりライフサイクル影響評価を行った。具体的には、環境保全型農業の各作業段階における窒素、リン、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素の各排出量、およびエネルギー消費量を推定した。その結果として、水稻栽培のエネルギー消費量では肥料の製造段階でのエネルギー消費が大きく、肥料の削減が省エネルギーに効果的であることが確認された。さらに、環境保全型農業は3つの評価軸の全てについて従来の慣性農法よりも有効な農業手法であることが定量的に示された(Figure 1)。
- (2) 環境保全型農業に取り組む農業者の、農作業や水質保全に対する意識分析については、農家に対するアンケート調査を実施し、環境保全型農業の普及に必要な条件を検討した。その結果、環境保全型農業に取り組み始めた動機については、経営耕地規模が大きいほど経済的な動機を重視する傾向が認められた。また、環境保全型農法の費用や労力が農作物の市場価格に反映されていない現状においては財政的な支援が必要であり、特に大規模専業農家層で財政的支援によって環境保全型農業が普及する可能性の高いことなどが示唆された。
- (3) 農地・事業所からの窒素、リンの排出権取引制度に着目した琵琶湖の水質保全方策の制度とその効果については、琵琶湖集水域における排出権取引を想定し、水質保全のための各種農法の費用とその水質改善効果との関係を琵琶湖の三次元富栄養化解析モデル(Biwa3D モデル)を用いて分析、評価した。その際、農地・事業所からの汚濁排出の実績値を地域

ごとに推定し、汚濁排出分布の変化と水質変化との関係を定量的に検討した。その結果、事業所の方が農地よりも大幅な削減が可能であるものの、農地においても追加的な技術の導入によって汚濁が削減できることが示された。すなわち、これまで対策が遅れていた農地でも削減技術を追加的に導入することで汚濁削減が可能であることが定量的に明らかになった。さらに、汚濁排出の地域的分布による環境影響を取引価格に反映する排出権取引制度では、地域的分布を考慮しない取引よりもおよそ 4%~25%総削減費用が低くなるとの結論を得た(Figure 2)。よって、排出権取引制度の設計において排出源の地域的分布が水質に与える影響の度合いを考慮することが、費用対効果の観点から重要であることが示された。

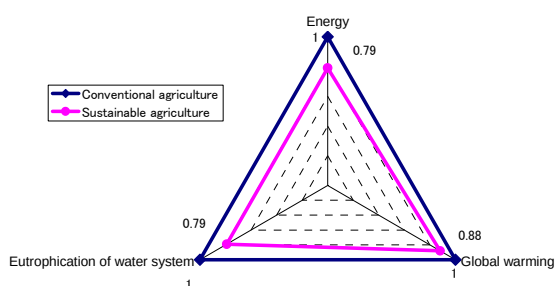


Figure 1. Energy consumption, eutrophication impact to water system and global warming for conventional and sustainable agriculture

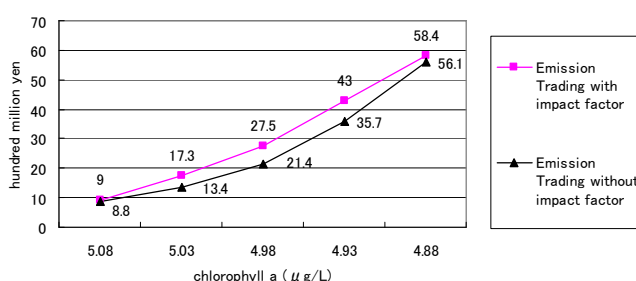


Figure 2. Water quality improvement cost

氏 名	吉田 至孝
論文題目	原子力災害対応支援技術の開発に関する研究 ―原子力発電所におけるアクシデントマネジメントの有効性評価―
学位授与日	平成 19 年 3 月 23 日
指導教員	中込 良廣

原子力政策を推進するにあたっては、甚大な災害が発生したことを前提とする公衆防護対策ならびにアクシデ

ントマネジメントが整備され、原子力防災の重要性が認知されてきたが、前者と比較して、後者は、意思決定に必要な定量的指標が得られず、意思決定者の知識レベルに依存し、アクシデントマネジメントを的確に実行するための支援技術が不足しているという問題点を有する。この対処のために、アクシデントマネジメントが持つ固有の特質に留意しつつ、有効（正の効果）でかつ悪影響（負の効果）の少ない対応手段を選択する手法と、従業員の破ばく線量を予測する手法の必要性を述べ、正負効果および従業員の破ばく線量を明らかにすることが重要となる。

このような背景のもと、本研究は、原子力災害の脅威に速切に対処するため、脅威の抑制および影響の緩和（「アクシデントマネジメント」という）の観点から、対応手段の効果および従業員の破ばく線量に焦点を当て、緊急時組織の意思決定支援のための具体的な方策を論じたものである。

本論文で得られた主な結果は以下のとおりである。

- (1) 原子炉格納容器の健全性維持の観点から確率論的安全評価手法を応用して、意思決定過誤を考慮しつつ、アクシデントマネジメントによって期待される正の効果と付随して生ずる負の効果を定量化する手法を開発した。この手法を用いて、個々の対応手段とその全ての組み合わせの正負効果を定量化し、最も効果が期待できかつ悪影響の少ない対応手段が抽出できることを示した。さらに、対応手段とアクシデントマネジメントに用いる設備の重要度を定量的に評価し、これらの信頼性を維持していく活動の重要性を示した。
- (2) 原子力災害時の原子力発電所内の放射線量率変化を、実用的な計算速度を維持しつつ計算精度の向上を図って算出し、緊急時の被ばく線量限度を超過する恐れの有無および高放射線量率となる場所を予測する手法を開発した。この手法を用いて、アクシデントマネジメントを実施する際に従業員の過剰被ばくを回避できること、ならびに従業員の被ばく低減の観点から対応手段を選択できることを明らかにした。
- (3) これらの成果を用いて、原子力防災訓練のシナリオ解析や災害事象の進展を予測し、原子力災害の影響緩和と過剰被ばくの防止のための支援技術として役立つことを示した。さらに、開発した手法を要素技術として、緊急時組織の意思決定過誤を防止するため、災害事象の進展に沿った最適な対応手段またはその組み合わせをリアルタイムで提示する技術への発展性を示した。

以上の結果は、原子炉施設におけるリスク情報の活用、新設プラントのシビアアクシデントを考慮した安全設計にも資することが期待される。

以上、本論文は、アクシデントマネジメントの実施に伴う緊急時組織の意思決定において、有効かつ悪影響の

少ない対応手段またはその組み合わせを定量的に明らかにするとともに、その操作にあたる従業員の被ばく線量を推定できることを示しており、原子力災害時対応の実務を技術的に支援する際において寄与するところが少ない。

氏 名

Annaluru SVJP Narayana

論文題目

Thermostabilization of Xylose Metabolizing Enzyme by Protein Engineering for Efficient Ethanol Production from Woody Biomass

（木質バイオマスからの高効率エタノール生産を目指したタンパク質工学によるキシロース代謝酵素の高温安定化に関する研究）

学位授与日

平成 19 年 3 月 23 日

指導教員

牧野 圭祐

本論文は、木質バイオマスのエネルギー物質、特にバイオエタノールへの生物的高効率変換において、重要な役割を担う酵素の高機能化に関して行った研究であり、主な成果は以下のとおりである。

木質バイオマスからのバイオエタノール高効率生産において重要な役割を担う酵素の一つであるキシリトール脱水素酵素 (XDH) を研究対象として、たんぱく質工学的手法により熱安定性の向上を達成した。すなわち、野生型の XDH には触媒活性に必須の亜鉛イオンが一つ結合しているが、この XDH に変異を加え、さらに一つの亜鉛イオン（構造亜鉛イオン）を結合させることにより熱安定性の向上した XDH が作成されている。この C4XDH と名付けた酵素の熱安定性をさらに向上させることを目指してたんぱく質工学的手法により研究を進めた。そのためまず、すでに立体構造が明らかにされている類似の酵素の立体構造を参考にして、XDH および C4XDH の立体構造を推定した。その推定構造に基づき、構造亜鉛イオンが結合している酵素タンパク質部位近傍がループ構造を持っていることを見出し、その部位を変異させることによりさらに熱安定性が向上する可能性があると考え、他の類似の酵素たんぱく質と比較し、構造亜鉛イオンが結合している部位近傍の熱安定性に寄与すると推測されるアミノ酸残基を 4 つ選択した。次に、選択した 4 つのアミノ酸残基（95 番残基のプロリン、98 番残基のフェニルアラニン、101 番残基のグルタミン酸および 112 番残基のヒスチジン）をそれぞれ、セリン、アルギニン、フェニルアラニンおよびアスパラギン酸に変異させた酵素（それぞれ、C4/P95S, C4/F98R, C4/E101F および C4/H112D と名付けた）を PCR 法を利用した部位特異的

変異法により作成した。作成した酵素の比活性は C4/XDH とほとんど変化していないことを見出した。さらに、それらの作成した変異酵素の熱安定性を酵素活性の熱による失活曲線および温度変化による円二色性 (CD) の変化を測定することにより求めた。その結果、作成した 4 つの酵素のうち 2 つの酵素（C4/F98R および C4/E101F）の熱安定性が C4XDH より向上していることを明らかにした。これは、構造亜鉛イオン結合部位近傍のループ構造近傍のアミノ酸残基を変異させることにより熱安定性が向上させることができることを示したものであり、同様の手法は構造亜鉛イオンが結合している類似の他の酵素タンパク質についても適応できる技術であり、汎用性が高い技術であると考えられる。

上記の結果に基づき、さらに熱安定性の向上した変異 XDH 酵素の作成を目指した。上記の研究では、構造亜鉛イオン結合部位のループ構造近傍のアミノ酸残基を 4 つ選び、それぞれのアミノ酸残基を部位特異的変異法により変異させた酵素を作成し、それらの変異酵素の酵素活性および熱安定性を測定した結果、4 つの変異酵素のうち 2 つの変異酵素（C4/F98R および C4/E101F）の熱安定性が向上していることを見出した。そこで、これらの 2 つの変異を同時に酵素に導入することによりさらに熱安定性の向上した酵素が得られるのではと考えて研究を進めた。そこでまず、すでに作成した C4/E101F をテンプレートとして PCR 法を利用した部位特異的変異法により 98 番残基をアルギニンに変異させた酵素 C4/F98R/E101F を作成した。作成した酵素の比活性はもとの C4/F98R および C4/E101F とほとんど変化していないことを見出した。さらに、C4/F98R/E101F の熱安定性を酵素活性の熱による失活曲線および温度変化による円二色性 (CD) の変化を測定することにより求めた。その結果、C4/F98R/E101F の熱安定性は C4/F98R および C4/E101F よりさらに向上していることを明らかにした。すなわち、さらなる XDH の熱安定性の向上に成功した。本研究は、立体構造が明らかでない酵素であっても、立体構造の明らかとなっている類似の酵素と比較することにより変異アミノ酸を特定することにより酵素機能の高度化を行えることを示しており、特に構造亜鉛イオンを結合している類似の酵素の熱安定性向上には本研究の手法がほぼそのまま適応できると考えられ、本研究で得られた結果は非常に汎用性の高いものであるといえる。

氏 名	Ahmed Abu Saleh
論文題目	New Approach of Highly Efficient Fermentation Process for Bio-Ethanol from Woody Biomass (木質バイオマスからの高効率バイオエタノール発酵プロセスの開発研究)
学位授与日	平成 19 年 3 月 23 日
指導教員	牧野 圭祐

本論文は、更なる有効利用が望まれている木質バイオマスのバイオエタノールへの高効率変換に関して行った研究であり、主な成果は以下のとおりである。

木質バイオマス由来の糖のうち、主要五炭糖の一つであるキシロースの高効率エタノール発酵に関して研究を行った。エタノール耐性に優れ培養技術の確立されている酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) はエタノール生産能は優れているが、五炭糖を炭素源として用いる能力がない。他のキシロース代謝酵母 *Pichia stipitis* のキシロース還元酵素 (xylose reductase: XR) およびキシリトール脱水素酵素 (xylitol dehydrogenase: XDH) 遺伝子を導入した形質転換酵母は、キシロース代謝能を獲得するが、エタノール生産能は実用化に耐えうるものではない。その原因の一つとして、XR と XDH の補酵素依存性の違いによる細胞内酸化還元環境のアンバランスが指摘されてきた。前者は両補酵素とも利用できるのに対し後者は NAD^+ 依存性を示す。この問題解決のために、本研究は、タンパク質工学的手法により補酵素依存性を変異させた新規 NADP^+ 依存型 XDH 変異体を酵母 *S. cerevisiae* に形質導入することにより、高効率キシロース-エタノール変換組換え酵母の創出を試みたものである。12 種類の変異 XDH および野生型の XR を形質導入した遺伝子組換え酵母を作成し、それぞれの組換え酵母において、XDH および XR の酵素活性および、キシロース-エタノール変換効率を測定し、XDH および XR とも酵母内で有為に酵素活性を発現していることを明らかにした。それらの組換え酵母のエタノール発酵能を測定し、ARSdR と名付けた 4 つのアミノ酸を変異させほぼ完全に NADP^+ 依存性となった XDH を導入した組換え酵母が、最も高効率にキシロース-エタノール変換を行うことを明らかにした。ARSdR 酵素を含む酵母は野生型 XDH を含む酵母に比べて、約 3 倍の変換能を示した。さらに、今まで問題となっていた中間物質であるキシリトールの排出に関しても、キシリトールがほとんど排出されないことを明らかにした。

次に、タンパク質工学的に補酵素依存性を変異させた XR および野生型 XDH を酵母に形質導入し、それぞれの組換え酵母において、XDH および XR の酵素活性およびキシロース-エタノール変換効率を測定し、酵素活性に

関しては、XDH および XR とも酵母内で有為に発現していることを明らかにした。キシロース-エタノール変換効率を測定したところ、R276H と名付けたタンパク質工学的にほぼ完全に NADH 依存性となった XR を含む組換え酵母について、野生型の酵素を含む組換え酵母よりエタノール生産効率が若干向上することを明らかにしたが、上記で明らかにした NADP^+ 依存性 XDH を用いた場合ほどの高効率化得られなかった。この現象の原因を考察するために、これらの組換え酵母における NAD^+ , NADH , NADP^+ および NADPH の細胞内濃度を測定し、これらの組換え酵母のうち最もキシロース-エタノール変換効率のよかった酵母 (ARSdR を含む酵母) では、 NAD^+/NADH の比, $\text{NADP}^+/\text{NADPH}$ の比が野生型の酵母とほぼ同様の比に保たれていたのに対し、野生型の XDH および XR を含む酵母および R276H を含む酵母では、これらの補酵素濃度のバランスが異なっていることを明らかにした。この結果から、XDH および XR の補酵素要求性の違いを解消し、酸化還元バランスの乱れを解消することにより、ARSdR を含む組換え酵母ではキシロースからの効率的エタノール生産が達成されたのではないかと考察した。本研究は、組換え酵母 *S. cerevisiae* によるキシロースからのエタノール生産において、懸案であった低効率と中間物質キシリトールの蓄積とを、タンパク質工学的に補酵素依存性を変異させた酵素を用いることにより同時に解決したものであり、バイオマスからの効率的エタノール生産に大きく貢献すると考えられる。

氏 名	Kamakshaiah Charyulu Devarayapalli
論文題目	Fabrication of DNA-Immobilized Solid Surface and Its Use for the Base-Sequence-Dependent Detection of Targeted Nucleic Acids in Liquid Phase (固体表面への DNA 固定化および液相塩基配列認識による標的認識法の開発研究)
学位授与日	平成 19 年 3 月 23 日
指導教員	牧野 圭祐

本論文は、遺伝子情報を基本とした新しい診断技術である DNA マイクロアレイの中で、これまでに達成されていない転写産物の定量的解析法開発を目的とし、同様に研究例のないフロー系 DNA アレイを用いて行った研究であり、主な成果は以下のとおりである。

これまでに全く研究結果が報告されていないフロー系中での DNA オリゴマー分離法の開発を試みた。この研究で採用した分離・検出原理は、標的 DNA オリゴマーと相補的塩基配列を持ったプローブ DNA オリゴマーをキャピラリー内壁に固定し、これに標的 DNA オリゴマ

ーを含む試料溶液を通液し、固体表面上で標的とプローブの二重鎖形成を行い、これを溶液中における両鎖の二重鎖の融解温度付近に昇温することで二重鎖解離を誘発し、この化学平衡を制御することによって標的 DNA オリゴマーの溶出の遅れを生じて検出することを基本としているが、これを達成するために必要なパラメータは全く不明であった。本研究ではパラメータ数を最小にして系を単純化するために、長さ 30 cm、内径 75 μ m の、いわば最小単位の中空キャピラリーカラムを用いた系を採用し、カラム内壁に対しては 3-aminopropyltrimethoxysilane 固定化によるアミノ基導入、butyltrimethoxysilane による未反応シラノールのキャッピングによるアミノ基反応性の向上、disuccinimidyl glutarat によるアミノ基の活性化、5'端をアミノ化した DNA オリゴマーの固定化、によって長期使用に耐えうる DNA アレイカラムを作成した。キャピラリー内壁の表面積は限られているために固定化されたプローブ分子量が少ない。このため、この系で測定するための工夫を施し、カラムは昇温機能をもったオープンに固定し、カラム入り口をナノリットル/分の送液が達成できるポンプに装着されたナノリットルの試料注入装置に結合し、出口をキャピラリーを通過する溶液を直接検出できるように改造した 268nm 紫外検出器に結合し、システムを構築した。種々条件を探索してこの系を作動することに成功し、初めて標的とプローブ DNA オリゴマーの二重鎖形成によるピークを検出することに成功した。特に、二重鎖融点の接近した二つの標的 DNA オリゴマーについても、二重鎖融点付近の温度勾配を選択することによって二つの異なるピークとして検出することに成功した。また、一塩基のミスマッチをもつ標的 DNA オリゴマーが、ミスマッチの位置が異なる場合には異なる位置に溶出することも明らかにした。またピーク面積は標的の量を示すため、単純な系を駆使して、流路系で標的とプローブの二重鎖形成を行い、DNA オリゴマーを塩基配列選択的にしかも定量的に計測する方法を発見した。

さらに、アミノ基修飾を行ったガラス表面へ効率よくしかも副生成物を残すことなくプローブ DNA オリゴマーを固定化するための開発を行い、特に市販の DNA マイクロアレイ作成で用いられる 80 度付近での Baking が活性化を行っていないカルボキシル基とアミノ基の反応を誘発することを明らかにし、これに代わる方法として、鎖中にアミノ基と直接反応する構造をもったオキザニン塩基を導入した DNA オリゴマーの反応条件を精査した。その結果、系の温度と湿度を変化し、反応時間を調節することで高いプローブ固定化率が達成でき、紫外線照射等と組み合わせることによって、長期使用に耐える DNA アレイ調製が可能であることを明らかにした。

氏 名
論文題目
学位授与日
指導教員

野々川 満
新規プテリン誘導体の開発とその化学的および生物学的特性に関する研究
平成 19 年 3 月 23 日
牧野 圭祐

本論文は、生体中で葉酸から生成する内因性化合物であり、NADH 存在下の光照射によって活性酸素種(ROS)を生成し、虚血再灌流傷害から神経細胞を保護する等の生理活性をもつ 6-ホルミルプテリン (6FP) に関し、誘導体化によって実用化の懸案であった水あるいは有機溶媒への溶解性向上に成功し、さらには遮光下で活性酸素種を生成する新しい 6FP 誘導体の開発を行い、その化学および生化学特性を明らかにし、6FP の作用機序解明の糸口を作り、6FP 特性の医療応用の可能性を開いた研究であり、主な成果は以下のとおりである。

まず、6FP 応用の最大の問題である水および有機溶媒への溶解性の極端な低さを解決するために、同様にこれまでに解決することが困難であった 6FP の誘導体化を成功させ、溶解性の問題も同時に解決した。具体的には、2 位と 3 位を *N,N*-ジメチルアミノメチレンアミノ基やピバロイル基等へと効率良く置換できる合成法を開発し、2-(*N,N*-ジメチルアミノメチレンアミノ)-6-ホルミル-3-ピバロイルプテリジン-4-オン (DFP) 等の 6FP 誘導体の開発に成功した。これらの誘導体は光存在下で NADH などの還元剤を酸化して ROS を生成することを証明した。次に、6FP 誘導体 DFP を膵臓癌細胞である Panc-1 細胞へ適用し、光照射下における ROS 生成を利用した光線力療法 (PDT) への応用を試みた。DFP は 6FP に比べて高濃度で細胞に取り込まれ、UV 光照射によって癌細胞中で一重項酸素 $^1\text{O}_2$ を生成し、細胞を死滅させた。誘導体が癌治療への PDT 応用のための医薬品になる可能性を示した。

さらに、光遮蔽下での誘導体の化学的反応性を解析し、3 位の水素原子を他の置換基へと置換した 6FP 誘導体が、NADH 存在下で ROS 生成を行うことが示した。3 位未修飾の場合は、水溶液中で 3 位の水素原子がプロトンとして脱離することによりプテリジン環の電子状態に変化が生じてこのような特性を消失すると推察し、生体内でなぜ 6FP が強い生理活性を発現したかについて考察し、「水素原子が予め他の置換基に置き換えられる」あるいは「タンパク質等の生体高分子との水素結合によって 3 位に固定される」ことなどによって 3 位の水素原子がプロトンとして脱離する過程が妨げられることによるのではないかと推察した。

また、誘導体 DFP を用い、HeLa 細胞に取り込ませて増殖および生存率を調べ、24 時間経過しても細胞が死滅するほどの強い効果は観察されなかったが、この系にエ

ダラボンを作用させることによって、HeLa 細胞中で ROS の生成等による強力な生理活性を発揮することを示すと共に、このシステムを用いることで細胞に導入する生理活性の強さを調節できることを示した。

さらには、ヌクレオンド類似の構造をもつ 6FP 誘導体 1-(β-D-リボフラノシル)-2-(N,N-ジエチルアミノメチレンアミノ)-6-ホルミルプテリジン-4-オン (REDF) 等を新規開発し、この誘導体が遮光下で DFP が示した活性を持つことや、DFP と同様にエダラボンと使用することで強い細胞死滅効果が生じることを示した。リボースをもつ RDEF 等の誘導体は核酸化学合成法と組み合わせて容易に核酸へ導入することができるため、今後の用途は大きいと思われる。また、1 位を修飾することによって 3 位を修飾した 6FP 誘導体が遮光下でも活性を獲得するという結果から、上で示した 6FP の活性発現の機構が正しいと推測した。以上、6FP の誘導体化に初めて成功し、水溶性を向上することによって、6FP 研究の進展に貢献する結果を明らかにした。

氏 名	板倉 周一郎
論文題目	核物質及び原子力施設の物理的防護の体系化に関する研究
学位授与日	平成 19 年 9 月 25 日
指導教員	石原 慶一

第 1 章は序論で、まず、研究の背景を述べている。核防護の制度が形成されてきた過程を概観することにより、「核爆発装置製造を目的とする核物質の盗取」と、「原子力施設の妨害破壊」という、想定される被害の規模が格段に異なる犯罪類型が、核防護制度の中で共通に取り扱われてきた経緯を確認するとともに、現在、核防護制度が直面している諸課題を明確化している。その上で、これらの諸課題を抜本的に解決するために、「達成目標を設定した上で防護水準を評価することにより、安心感を醸成していくことを目指した新たな核防護制度の体系を構築する。」との本研究の目的を示している。

第 2 章「核防護制度の課題解決の方針」では、第 1 章で明確化された諸課題を解決するため、その要因を抽出し、整理した上で、核防護制度の課題解決の方針を提示している。課題解決の基本的考え方としては、達成目標を明確に設定して評価を行い、公衆が共有できる防護水準を形成して安心感を醸成することを提唱している。これを具現化するため、不法行為者側の最終的な犯罪目的とその被害に着目した新たな視点から、核防護が対象とする犯罪を整理している。具体的には、核爆発装置製造を目的とする核物質の盗取を防止する措置である「核爆発目的犯罪防止措置」と、原子力施設の妨害破壊や放射性物質散布装置 (RDD) による放射性物質の散布を防止

する措置である「放射性物質散布目的犯罪防止措置」の 2 つに峻別した体系を構築することを提唱している。

第 3 章「核防護措置の目標設定」では、第 2 章で示した方針に基づき、「核爆発目的犯罪防止措置」と「放射性物質散布目的犯罪防止措置」のそれぞれについて、評価を行う上で必要な達成目標の設定の考え方を提示している。具体的には、「核爆発目的犯罪防止措置」については、想定される被害規模が無限大であるとの考え方に立ち、対象を限定した上で厳格管理を行い、リスクがゼロとなることを目標としている。一方、「放射性物質散布目的犯罪防止措置」については、原子炉事故で想定される仮想事故と同等のリスク評価を行い、目標を設定することを提唱している。

第 4 章「核防護措置の評価方法」では、公衆の安心感を醸成するためには、一部情報の開示を伴う第三者評価が有効である、との考え方を示している。その上で、情報の開示が可能な評価基礎脅威 (EBT) の設定、標準評価シナリオの構築、さらには評価の結果及び内容の開示、という 3 つの方策からなる新しい評価の方法を提案している。また、評価の具体例として、インサイダー対策のうち中核的な措置でありながら有効性についての検証がなされていない two-man-rule (防護すべき区域の中で常に 2 人が一緒に行動することを義務付ける規則。以下「相互監視手法」という。) を採り上げて、その有効性に関する定量的な考察を試みている。

第 5 章「結論」では、第 2 章で提唱した達成目標設定に基づく評価を可能とする核防護の体系、第 3 章で示した達成目標設定の考え方、及び第 4 章で示した評価の方法を踏まえ、本研究で提示した核防護の体系と評価制度の有効性を総括するとともに、その意義を述べている。また、本研究が示した方向性に沿って、関連する研究が行われることにより期待される今後の展開について記述している。

氏 名	長山 浩章
論文題目	発展途上国における電力セクター改革に関する研究
学位授与日	平成 19 年 9 月 25 日
指導教員	手塚 哲央

本論文は、アジアや中南米の発展途上国において現在進められつつある電力セクターの規制改革における制度設計のあり方について、研究した結果をまとめたものである。

第 I 章は序論であり、発展途上国の電力セクター改革に関する概観、歴史、改革の効果に関する指標 (価格)、先行研究について整理した。II 章ではアジア発展途上国における電力セクター改革の現状を述べ、その問題点の

指摘を行った。その後、発展途上国でありながら電力セクター改革において先行する南米3カ国(アルゼンチン、ブラジル、チリ)の事例を比較検討し、そこからの教訓の抽出を行った。第Ⅲ章では発展途上国の電力セクター改革に関わる施策の電力価格への影響について、明らかにした。データについてはこれまでの先行研究にあったOECD等の先進国だけでなく、南米、旧ソ連、アジア発展途上国のデータも収集し、国際比較ができるように統一的に加工したものを使用した。第Ⅳ章では2005年から2006年にかけて49ヶ国の電力規制委員会に独自に実施したアンケート調査の結果を用いて、電力規制機関の効率性をデータ包絡分析法(DEA)及び確率的フロンティア(SFA)分析の手法により分析した。発展途上国における電力規制機関の効率性とその要因分析にかかわる評価、目標規模についての推計を1次データの取得から行った。第Ⅴ章では発展途上国電力セクターにおける投資促進政策について論じた。

本論文において得られた結果は次のとおりである。

- (1) 南米主要3ヶ国(アルゼンチン、ブラジル、チリ)における規制改革(電力自由化)の制度設計における経験から発展途上国においては以下3つの政策手段において各国ごとの慎重な対応が必要になる。:
(ア) 国営電力公社の民営化、(イ) インフラ事業を促進するための条件整備、(ウ) 健全かつ公平な競争環境を築くための条件整備
- (2) 世界89カ国の1985年から2002年までのパネルデータによる計量経済学の手法を使った分析により、電力セクター改革の諸政策の中で、アンバンドリングは価格を上昇させる傾向があること、しかしながら、交差項として独立した規制委員会の存在があれば、アンバンドリングは電力価格の値下げを促す可能性がある、との結果を得た。
- (3) 諸外国の電力規制機関の分析の結果、発展途上国、経済体制移行国と先進国の間には規制機関の効率性において大きな構造上の差異があることを確認した。また、中米の電力規制機関の例で、対象とする業務量が同じ場合、4カ国の統合機関にしたほうがより潜在的に削減できる人数を増やし、効率化につながることを示した。
- (4) 先進国で導入されている電力分野への投資促進政策の発展途上国への通用について各国特有の状況を鑑み、ケース・バイ・ケースで導入の検討を行う必要があることが示された。

上記の分析を通して、発展途上国において今後、電力セクターの市場設計、価格設定、規制機関の設立を行う上でのベンチマーク(設計標準)を得ることができた。但し、このベンチマークはそのまますべての国にとっての最適解となるわけではないが、各国の状況を適切に反映させることにより実際の制度設計の際の有用な指標となりうる。

本研究は、今後、発展途上国において推進されつつある電力セクターの自由化政策に新たな枠組みを構築する上で重要な示唆を与えるとともに、統計データに基づく実証分析結果は発展途上国の電力セクター改革における制度設計に資する多くの有用な具体的知見を提供するものである。

氏 名	卞 志強
論文題目	A Study on Augmented Reality Technology for Supporting Field Work of Nuclear Power Plants (原子力発電プラントの現場作業支援のための拡張現実感技術に関する研究)
学位授与日	平成19年9月25日
指導教員	手塚 哲央

地球温暖化防止対策に重要な役割を担う原子力発電に関し、電力市場自由化による発電コスト削減の要請、高経年化による保守作業の複雑化、熟練保守作業員の減少等の問題が起きつつある。その対策のためには、現実の世界に情報や仮想の物体を重量表示させる拡張現実感技術を利用してプラント現場作業を支援することが有効である。拡張現実感技術をプラント現場という特殊環境下で利用するためには、実空間とユーザの視線との位置関係をリアルタイムで計測する新しいトラッキング技術が不可欠である。本研究では、従来の人工マーカ方式に代わる方法として、(1)トラッキング可能範囲の拡大、(2)トラッキング精度の向上、(3)トラッキング信頼性の向上を実現する技術を開発した。

- (1) トラッキング可能範囲の拡大では、新しいラインマーカ法とハイブリッドトラッキング手法を提案し、実験によりその有効性を検証した。具体的には、プラント現場と従来の人工マーカ法の特徴を考察し、図1に示すようなプラント内に多数あるパイプ等に貼付しやすい線形のラインマーカ(以下、マーカ)を新たに考案し、これを用いてトラッキング可能距離とトラッキング精度を評価した。その結果、提案したラインマーカ手法のトラッキング可能距離が10m以上に延び、トラッキング可能範囲を拡大できることを確認した。また同時に、貼付するマーカの配置がトラッキング精度に大きな影響を与えることもわかった。さらにトラッキング可能範囲を拡大するため、複数のカメラと半導体ジャイロセンサを用いるハイブリッドトラッキング手法を提案し、実際のプラント現場において評価実験を行うことにより、その有効性を確認した。
- (2) トラッキング精度の向上では、環境に貼付するマーカの配置がトラッキング精度に大きな影響を与える

ことに着目してマーカ配置を最適化する手法を開発し、計算機シミュレーションによりその有効性を検証した。まず、トラッキング誤差を定量的に評価する手法として、従来手法より格段に高速な WTEC (Wheel Tracking Error Computation) アルゴリズムを考案し、これを評価関数として GA (Genetic Algorithm) によりトラッキング誤差を最小にするマーカ配置を決定する方法を提案した。提案手法を評価するため、プラント構内にマーカを配置する場合を考え、計算機シミュレーションを行った。その結果、ランダムなマーカ配置に比べて最適なマーカ配置により最大トラッキング誤差を大幅に減少させることが可能であり、トラッキング精度が著しく向上できることを確認した。

- (3) トラッキング信頼性の向上では、ラインマーカ手法のトラッキングの信頼性向上のため、トラッキング結果の誤差をリアルタイムで推定する手法を提案し、その効果を評価した。ここでは、ラインマーカが線形であることの特徴を活かしてマーカ認識の際の誤差を計算し、さらにプロジェクション誤差を考慮して WTEC アルゴリズムにより誤差を高速に評価することを可能にした。評価の結果、プロジェクション誤差のみを用いてトラッキング誤差を評価した場合に比べて精度良くトラッキング誤差を推定できることを確認した。これにより、トラッキング誤差が大きい可能性があるときに、間違った位置に情報を重畳表示されることを避けることができ、支援情報表示の信頼性を向上させることができる。

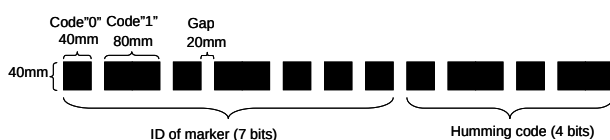


図1 ラインマーカのデザイン

て欠かすことのできない分子である酸素分子 (O_2) について、 O_2 を基質とした生理作用や O_2 から生じて生理作用に関与する活性酸素 (Reactive Oxygen Species、ROS) の生体内での動態制御に関し、内因性含窒素複素環化合物 6-ホルミルプテリン (6FP) とその誘導体のもつ効果を細胞レベルで評価し、分子構造と効果との関係を明らかにし、環境変化による O_2 を中心とした生理作用の変化を制御することの可能性に関する研究を行ったものであり、主な成果は以下のとおりである。

まず、ヒト肝細胞の癌細胞を用い、6FP により細胞中で生成する ROS が Hypoxia(低酸素濃度) 条件下で発現する HIF-1 α タンパク質を酸化することを明らかにした。Normoxia (通常酸素濃度) 条件下では、酸素を基質とした酵素反応等によって、HIF-1 α は常に酸化され分解されることが知られているが、本条件下でも、生体内で通常行われるのと同様のメカニズムで分解を受け、結果的に生体内の HIF-1 α の量が減少することを解明した。6FP の虚血性疾患等の治癒への応用はもとより、HIF-1 α は癌組織の血管伸張を促進する作用等をもつため、癌細胞中で HIF-1 α を抑制することのできる 6FP が癌治療に貢献できると推測した。また、6FP によって生成する ROS を利用して HIF-1 α 等の生体分子を酸化して生体の代謝系を制御する可能性について記述した。

次に、ヒト好中球細胞系を用い、新しく開発された 6FP 誘導体が ROS の一つであり高い酸化能を有した一重項酸素 (1O_2) の高効率消去能を持つことを明らかにした。好中球により生成された 1O_2 に対して、6FP の 2 位と 3 位を N,N-ジメチルアミノメチレンアミノ基やピバロイル基等へと置換した 2-(N,N-ジメチルアミノメチレンアミノ)-6-ホルミル-3-ピバロイルプテリジン-4-オン等の 6FP 誘導体が、6FP と比較して高い 1O_2 の消去能をもつことを示し、6FP に対して置換基を導入することにより、6FP の持つ 1O_2 の消去能を調整できることを明らかにした。また、これらの化合物は 6FP に比べてはるかに高い改良された水溶性を持ち、このため細胞系での実験に適しており細胞による取り込みにも優れていることを示し、またこれらが暗所で、NADH 存在下、活性酸素種スーパーオキシドアニオンラジカル ($\cdot O_2^-$) を産生する分子であることも示した。さらに、虚血性疾患用治療薬として多用されているエダラボンが高い 1O_2 消去能をもつことを示し、6FP 誘導体との比較も行った。

さらに、6FP 応用の最大の問題である水への極端な低溶解性解決のために、有機化学的手法で 6FP の 1 位にリボースを修飾することで水溶性を向上させることに成功するとともに、そのような 6FP 誘導体である 1-(β -D-リボフラノシル)-2-(N,N-ジエチルアミノメチレンアミノ)-6-ホルミルプテリジン-4-オン (RDEF) が生体内と同様の遮光下、中性条件下で $\cdot O_2^-$ を生成することを明らかにした。上で示したように、このような条件下で $\cdot O_2^-$ を生成する 6FP 誘導体は 1O_2 消去能もあわせてもつことから、

氏 名	Sommani Piyanart
論文題目	Study on the Modulation of Reactive Oxygen Species Generation in Cellular Systems and Its Effects on Some Biologically Significant Events (細胞内活性酸素生成制御およびその生物学的に重要なシステムへの影響に関する研究)
学位授与日	平成 19 年 9 月 25 日
指導教員	牧野 圭祐

本論文は、環境中に多量存在し、生物の生命維持にとつ

本研究で開発した RDEF が虚血性疾患等の治療に大きな貢献ができると推測した。

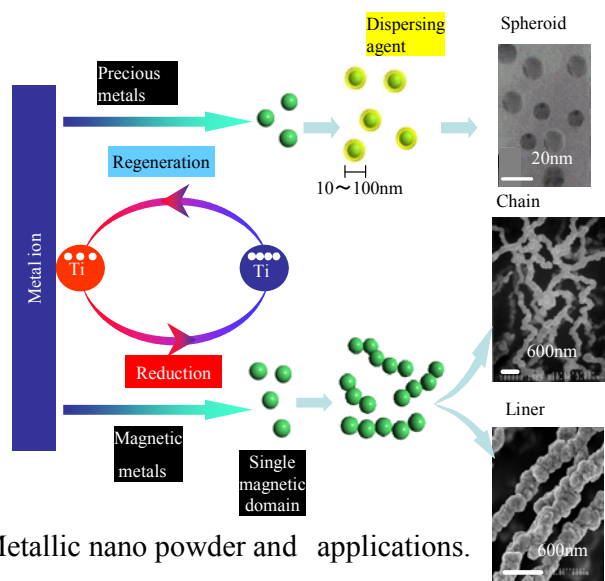
以上、ROS が関わる生体内での反応機構の解明やそれに関わる ROS の制御に関して、6FP および 6FP 誘導体の作用機序解明とそれに基づく ROS 生成・消去制御の可能性を述べており、得られた結果に基づく虚血性疾患の治療に関しての見解など、難しい研究課題である O_2 の関係する生命科学にとって重要な結果を明らかにした。

エネルギー基礎科学専攻

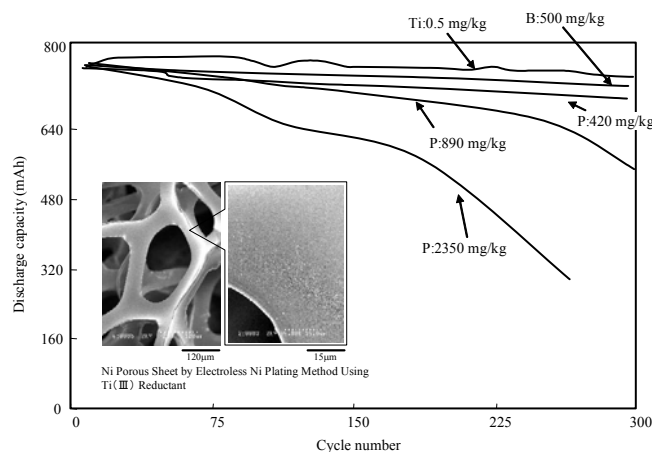
氏 名	稲澤 信二
論文題目	チタンイオンを使用する無電解ニッケルめっきに関する研究
学位授与日	平成 19 年 3 月 23 日
指導教員	萩原 理加

本論文は、リサイクル性に優れた無電解ニッケルめっきに関する研究であり、 $Ti(III)$ イオンを還元剤として用いニッケルイオンを還元すると共に、複製した $Ti(IV)$ イオンの再生を検討したものである。まず電解浴を構成する金属イオンの濃度、添加剤濃度、および pH と析出速度との関係を検討し、無電解ニッケルめっき浴の最適化を実施した。その結果、錯化剤としてニトリロ 3 酢酸 (NTA) とクエン酸を使用することで安定な電解浴を構成でき、NTA 濃度と pH により主に析出速度を制御できることを見出した。また、金属源として Ni 以外にも Pt, Au, In, Sn, Ir, Re, Rh 等の塩を用い、錯化剤を使用せず浴中に還元析出させた場合は、金属塩に対応する金属粉末が析出し、粒度分布が狭くかつ粒径も数 10nm の特徴を有する微粒子が得られた。再生処理に関しては、還元析出に使用した浴を電極に酸化処理を施したカーボンフェルトを用い電解還元することで、 $Ti(IV)$ イオンから $Ti(III)$ イオンへの再生が可能であることも確認した。

本手法の産業分野への利用については、不純物を含まない高純度な無電解ニッケルとしての用途としては電極材料や磁性を利用する分野へ適応が考えられ、また、ニッケル以外の金属に関して特にナノ粒径の微細粉末は種々の用途への適用が見込める。本論文では、具体例として、①二次電池の電極として使用される発泡ニッケル基材への適用、②金属ナノ粉末の導電ペーストへの適用、③電磁波吸収材料としての適用を検討した。①については、発泡ニッケル基材を製造する連続設備を導入し、工業的に適応可能なプロセスであることの実証試験も合わせて検討した。本連続設備で得た発泡ニッケル基材を使用したニッケル水素電池は 300 サイクルまでの充放電評価では初期容量からの低下が極めて少ないことを確認した。②の導電ペーストへの適用は、本法で得られたニッケル微粉末が平均粒径 50nm の鎖状クラスターであり、球状粉末適用時に比べ体積固有抵抗は約 1/8 以下に低減できた。③電磁波シールド用途への適用については、Ni-Fe20%組成の粉末を得る浴組成を検討し、1MHz～1.8GHz の高周波数領域で μ' が μ'' を上回り、携帯電話用途で要望されている電磁波の減衰を抑え人体頭部への電磁波暴露を抑制する SAR 対策用途への有効性であることを示した。



Metallic nano powder and applications.



Cycle tests of Ni-MH batteries (50°C).

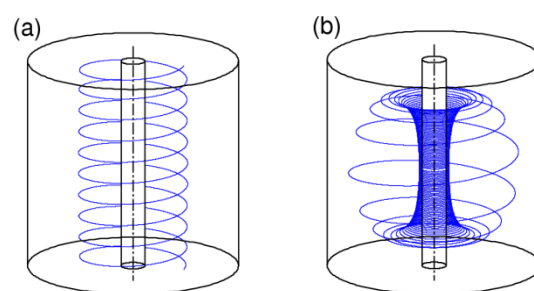
力線構造(図(b))に自発的に到達することを見出した。

すなわち、トロイダル磁場 B_t と垂直磁場 B_v で構成される外部定常磁場の螺旋状磁力線構造の下でマイクロ波を入射すると、ECH により放電が開始し、プラズマ電流 I_p が流れ始める。最初 I_p はゆっくり増大するが、 I_p が作る自己磁場 B_p の強度が B_v の半分程度に到達すると、電流ジャンプが起きて磁気面が形成される。磁気面形成後のプラズマ電流値 I_p は B_v に比例した。より大きな B_v 下で電流ジャンプを得るためにはより大きな入射電力を要した。クライストロンによる 130kW の入射電力により、 $B_v=85G$ において $I_p=7kA$ を得た。

電流増大に伴うプラズマループの平衡特性の変移の重要性に着目した。 I_p が小さい電流ジャンプ前の放電初期では、プラズマ圧力によるバレーニング力が I_p と B_v による $J \times B$ 力と釣り合う圧力バレーニング領域にあり、一方電流ジャンプ後では、プラズマ電流環の電流フープ力が I_p と B_v による $J \times B$ 力と釣り合う電流フープ力領域となることを実証した。外場が主な圧力バレーニング領域ではトロイダルドリフトによる荷電分離を抑制する圧力駆動電流としてプラズマ圧力の上昇とともに I_p も上昇し、 I_p が作る自己磁場が B_v の半分程度に至ると、電子速度空間での閉じ込めの非対称性が顕著になり、これに起因する電流が加速度的に成長し、電流ジャンプとなる。電流ジャンプにより閉じた磁気面が形成されると速度空間非対称性は無くなるが、代わりに ECCD が有効になり、マイクロ波のサイクロトロン共鳴吸収により高速電子テイルが生じてプラズマ電流を定常維持する。すなわち、電流ジャンプをとまなう磁気面形成過程においては、磁力線構造、平衡特性、電流生成機構が互いに密接に関連して発展することを明らかにした。

氏 名	吉永 智一
論文題目	電子サイクロトロン加熱・電流駆動によるプラズマ電流の生成と磁気面形成
学位授与日	平成 19 年 3 月 23 日
指導教員	前川 孝

建設コストの大幅な低減が期待できる中心ソレノイドを省いたコンパクトなトカマク型核融合炉が注目されている。このとき、中心ソレノイドの代わりにプラズマ電流を立ち上げて磁気面を形成する手段が必要となる。電子サイクロトロン加熱・電流駆動(ECH/ECCD)による方法は、マイクロ波をプラズマから遠く離れた小型アンテナから入射すればよく、プラズマ近傍に構造物を一切必要としないので炉工学的に有利であり、幾つかの研究がなされてきたが、不十分であった。このような状況において、外部磁場(図(a))の下での ECH により電流ジャンプと名づけた急速な自発的電流上昇が起き、開いた磁力線構造から磁気面を有する磁



氏 名	平田 晃義
論文題目	タンパク質組織化構造体の形成機構
学位授与日	平成 19 年 3 月 23 日
指導教員	森井 孝

本論文では、バイオナノマテリアル創製に関わる基盤研究として、生体高分子間の分子認識機構と規則的な組織体形成機構に関する研究を行った。特に、DNA 認識タンパク質と DNA の組織化構造体の形成機構と、タンパク質によるナノ構造体として、神経変性疾患にみられるアミロイドに代表される凝集性タンパク質に注目し、その組織体形成機構の解明を目指した。得られた成果は以下の通りである。

- (1) 植物由来の転写因子である EmBP1 と、酵母由来の転写因子である GCN4 の DNA 認識領域ペプチドに二量化モジュールを導入し、EmBP1 もしくは GCN4 DNA 認識領域ペプチドの同種または異種二量体と特定の DNA 塩基配列間の組織体形成について研究した。EmBP1 同種二量体では天然の EmBP1 の認識配列である G box 配列 DNA だけでなく C box 配列 DNA と組織体を形成した結果から、天然の EmBP1 タンパク質では、直接 DNA と結合する塩基性領域だけでなく、二量化ドメインであるロイシンジッパー部位およびそれに近接するヒンジ領域が、DNA 塩基配列選択的な組織体形成に関与していることを明らかにした。
- (2) アルツハイマー病患者の脳内沈着物中に含まれるタウタンパク質が高度にリン酸化を受けていることから、リン酸化によりタウタンパク質の繊維状組織体形成の制御が行われている可能性が高い。そこで、タウタンパク質の凝集コア配列ペプチド中のチロシン残基をリン酸化したペプチドを化学合成し、非リン酸化ペプチドと組織体形成について比較した。その結果、凝集コア配列ペプチドの繊維状組織体形成において、ペプチドのネットチャージが重要であることを明らかにした。
- (3) タウタンパク質凝集コア配列ペプチドに存在するチロシン残基がニトロ化されることにより、繊維状組織体は安定化された。これはチロシン残基がニトロ化されることによりフェノール性水酸基の pKa が低下し、ペプチド内もしくはペプチド間のリシン側鎖のカチオンとの静電的な相互作用が強まる。このことにより、繊維状組織体形成に必要なペプチド間相互作用が安定化される機構を提唱した。
- (4) タウタンパク質の凝集コア配列ペプチドのチロシン残基部分を非天然アミノ酸に置換したペプチドに関して研究したところ、チロシン残基側鎖芳香環 4-位にフェニル基を導入することで疎水性を高め

た場合、極度にペプチドの溶解性は低下し、透過型電子顕微鏡の観察結果より繊維が束になった形状の組織体形成が観測された。また、メチル基やフッ素を導入した場合、 β -シート構造形成能は上昇したが、組織体の安定性は水酸基を失ったことにより低下した。タウタンパク質の凝集コア配列ペプチドのチロシン位置に導入された疎水性官能基は、繊維状組織体の形状や特性に大きな影響を与えることを明らかにした。

- (5) タウタンパク質の凝集コア配列周辺に存在する、生体内ではリン酸化されるセリンに着目し、凝集コア配列内に存在するチロシン残基とその周辺に存在するセリン残基のリン酸化がペプチドの繊維状組織体形成に与える影響について研究した。その結果、セリン、チロシン残基の両方がリン酸化されたペプチドでは組織体形成が抑制されることを明らかにした。

これらの研究成果は、様々な規則的形状と大きさの繊維状組織体を形成するペプチドを基にして、環境に適したバイオナノマテリアルの開発への展開が期待される。

氏 名	福田 将虎
論文題目	RNA-ペプチド複合体を用いた機能性分子の創製
学位授与日	平成 19 年 3 月 23 日
指導教員	森井 孝

現在の化石資源を中心としたエネルギー供給体系を見直し、エネルギー・環境問題を改善するためには、環境負荷が少なく、クリーンかつ高効率なエネルギー生産・利用システムの開発が望まれる。その一つとして生物のエネルギーシステムを利用する方法論がある。クリーンで、極めて高いエネルギー利用効率を持つ生物のエネルギーシステムは、酵素をはじめとする機能性生体高分子によって構築されている。社会で必要とされるエネルギー利用にあつらえた機能性生体高分子は、持続可能社会でのエネルギー・環境問題を解決する一端を担う分子であると考えられる。

現在までに、機能性生体高分子を構築する上で、RNA またはタンパク質をそれぞれ単独で機能化する方法は数多く試みられている。しかしながら、RNA-ペプチド複合体 (RNP) を用いた機能性生体高分子を作製する試みは、生体内に数多くの機能性 RNP が存在するにもかかわらず、未だ端緒についたばかりである。現在までに天然に存在する RRE RNA と Rev ペプチドの複合体を基本骨格とし、RNA サブユニットを多様化した RNP ライブラリーに *in vitro* セレクション法を適用することにより、ATP (アデノシン三リン酸) に高選択的に結合する ATP

結合性 RNP リセプターを選択する方法論が既に開発されている。本論文ではこれら ATP 結合性 RNP リセプターのペプチドサブユニットに着目し、RNP リセプターを高機能化する方法論及び機能改変する方法論を開発することにより、機能性 RNP 創製という新たな分野を開拓した。得られた成果は以下のとおりである。

- (1) ATP 結合性 RNP リセプターのペプチドサブユニットにループ構造を導入し、ループ構造を構成する 7 アミノ酸をファージディスプレイ法を用いてライブラリー化した。ライブラリー化したペプチドサブユニットと RNA サブユニットから得られる RNP リセプタープールから、新たに ATP 結合性 RNP リセプターを選び出した。その結果、もとの RNA サブユニットのみを機能化した ATP 結合性 RNP リセプターよりも高い ATP 親和性と ATP 選択性をもつ ATP 結合性 RNP リセプターが作製できることを明らかにした。
- (2) ATP 結合性 RNP リセプターのペプチドサブユニットに蛍光分子を導入することで、リセプターとしての性能を維持しつつ、ATP との結合に伴い蛍光強度が変化する ATP 応答性蛍光 RNP センサーに機能改変できることを明らかにした。さらに、種々の蛍光分子で修飾した蛍光性ペプチドサブユニットライブラリーを用いることにより、望みとする励起・発光波長で応答する ATP 応答性蛍光 RNP センサーを簡便に得る方法論を開発した。
- (3) ペプチドサブユニットのアミノ末端に ATP を固定化した ATP-Rev ペプチドを用いてセレクションを行う方法論を新たに開発し、基質 ATP の結合配向性を制御した ATP 結合性 RNP リセプターを得ることに成功した。

本論文で開発した RNP リセプターの段階的高機能化法と基質結合配向性を制御した RNP リセプター作製法を用いることにより、天然の酵素に見られる「化学反応の進行に伴う構造変化」と「厳密な配向性のもと基質が結合する」という特徴の設計が可能となり、天然の酵素に引けをとらない触媒活性を有したテララーメイド RNP 酵素の作製が期待できる。さらに、本研究で新たに開発した蛍光性 RNP センサー構築方法論を用いることにより、迅速かつ簡便に地球環境に存在する数多くの環境汚染分子をそれぞれ高感度に検出できる計測ツールの開発が期待できる。

氏 名	長谷川 哲也
論 文 題 目	シグナル分子に応答する RNA-ペプチド複合体の創製
学位授与日	平成 19 年 3 月 23 日
指 導 教 員	森井 孝

細胞内エネルギー利用システムを社会で構築する為には、それらに関わる特定の細胞内シグナル伝達経路の解明が必要である。本論文は、環境適合性の高い生体高分子である RNA-ペプチド複合体 (RNP) を利用し、生体内シグナル分子を高選択的に捕捉する RNP リセプターと、シグナル分子を光学的に検出する RNP センサーの構築について研究した結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。

本研究では、RNP を基本骨格とした ATP リセプター構築方法論と、ATP リセプターを迅速かつ簡便に ATP センサーに機能改変できる方法論を基盤として、標的シグナル分子に対して迅速かつ高感度に検出する蛍光性 RNP センサーの開発を行なった。標的としたシグナル分子は、タンパク質中のチロシンリン酸化部位とドーパミンである。チロシンリン酸化または脱リン酸化反応は、細胞増殖、分化、ガン化などの多様な生理現象の制御に関与する細胞内シグナル伝達経路の重要な反応として着目されている。また、ドーパミンはチロシンから代謝される神経伝達物質であり、生理活性に関わるシグナル分子として標的とした。

- (1) 三次元構造情報に基づいた RNP の合理的な分子設計と、試験管内選択法による機能化法を組み合わせた RNP リセプター構築方法論を用いて、シグナル分子であるリン酸化チロシンに対する RNP リセプターを作製した。リン酸化チロシンに結合する RNP リセプターは、チロシン部位の芳香環とリン酸基に対して高い親和性を有していた。これにより、ATP とは異なる分子構造・物理化学特性をもつアミノ酸に対しても RNP リセプター構築方法論が適用可能であることを示した。
- (2) リン酸化チロシンを認識する RNP リセプターが作製できたことから、リン酸化チロシンだけでなく、その周辺のアミノ酸配列までも高選択的に識別できる RNP リセプターを作製した。得られた RNP リセプターと、励起・発光波長が異なる様々な蛍光分子を化学修飾したペプチドライブラリーを組み合わせた簡便なスクリーニングにより、リン酸化チロシン含有ペプチドを配列特異的に識別できる蛍光性 RNP センサーが作製できた。このことは、特定のシグナル伝達経路に関わるチロシンリン酸化タンパク質を特異的に検出できる蛍光性バイオセンサーの作製が可能であることを示した。
- (3) RNP のペプチドサブユニットへの蛍光分子の導入

法を改良することによって、RNP センサーの機能を向上させることに成功し、RNP センサーの作製法をより一般的な方法論として確立した。

- (4) ATP やリン酸化チロシンとは異なった化学的性質を有するシグナル分子ドーパミンに対して RNP センサーの構築を行なった。ドーパミンに対して、その特徴的な官能基を識別する RNP センサーが作製できたことにより、個々のシグナル伝達経路に応じたシグナル分子に対する一般的な方法論として RNP センサーが作製できる可能性を示した。

これらの研究は、広範囲な標的分子に対して適用が可能なバイオセンサー構築方法論であることを示した。生体高分子を基盤としたバイオセンサーを活用した技術が確立されれば、細胞内エネルギー利用システムに関わるシグナル伝達経路の解明が促進されるだけでなく、簡便な環境評価装置への応用が期待でき、環境問題の解決に向けた次世代の基幹技術として有用である。本論文の成果は、持続可能社会におけるエネルギー・環境問題の解決に向けた革新的な技術を創出する基盤となる。

氏 名

田中 太

論文題目

Study on Boiling Heat Transfer in Narrow Gap Channels (狭間隙流路内の沸騰熱伝達に関する研究)

学位授与日

平成 19 年 3 月 23 日

指導教員

三島 嘉一郎

本論文は、種々の核エネルギーシステムの様々な場面で遭遇する狭間隙流路における沸騰熱伝達現象に着目し、そのメカニズムを広範囲の伝熱面サイズ及び流動条件に亘って究明し、様々な条件下における狭間隙流路の沸騰熱伝達予測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) 軽水型動力炉の炉心熔融事故時において問題となる圧力容器下部ヘッドにおける熔融炉心のギャップ冷却などに関連して、傾斜した狭間隙流路において流れが停滞した劣悪な冷却条件下における限界熱流束相関式を、対向流制限のメカニズムに基づく理論的考察から導き、実験データをよく再現する良好な結果を得た。また、高温伝熱面の過渡的な冷却過程において、膜沸騰状態から核沸騰状態に移行する沸騰熱伝達のメカニズム及びそのメカニズムに及ぼす流路間隙の影響を実験的に究明するとともに、各条件下での熱伝達率及び沸騰限界熱流束を予測する相関式を提案した。
- (2) 高密度で発熱する核破砕中性子源固体ターゲットの熱水力設計に関連して、冷却効率の良い高流量・高サブクール条件下の短い狭間隙流路内の単相流

及び沸騰二相流の熱伝達特性に対する影響因子を実験的に調べ、沸騰限界熱流束のメカニズムを明らかにするとともに、高発熱密度で短い狭間隙流路の熱水力設計に適用可能な熱伝達率及び沸騰限界熱流束の予測式を提案した。

- (3) 陽子ビームを極端に絞った核破砕中性子源固体ターゲット冷却あるいは高発熱密度の電子回路冷却の問題に関連して、極端に小さい伝熱面を有する狭間隙流路内の沸騰熱伝達現象の特性を実験的に明らかにするとともに、得られた実験データに基づいて既存の沸騰限界熱流束相関式の検証を行った。また、高流量・高サブクール状態の短小流路では、気泡微細化沸騰と呼ばれる特異な現象が発生することにより、沸騰限界熱流束を超える極めて高い熱流束が実現できることを見出した。
- (4) 本研究及び既往の研究結果を取りまとめ、狭間隙矩形流路における沸騰限界熱流束について、広範囲に亘る加熱長さの影響を実験観察に基づいて考察することにより、この影響を取り入れた新しい限界熱流束相関式を提案して検証した。

以上のように、本論文は、種々の核エネルギーシステムの様々な場面で遭遇する狭間隙流路内の沸騰熱伝達現象のメカニズムを、通常の流路の結果と比較しながら明らかにするとともに、それらの現象の解析あるいは核エネルギーシステムの熱水力設計に適用可能な計算手法を研究したもので、得られた成果は今後の核エネルギーシステムの安全性と信頼性のさらなる向上に寄与するものと考えられる。

氏 名

Mohamed Shaker Mohamed Salem

論文題目

Electrochemical Formation of Porous Silicon Multilayers and Analysis of Their Optical Properties for Sensing Chemical Vapor (多孔質シリコン多層構造の作製と化学物質の光学検知特性の解析)

学位授与日

平成 19 年 9 月 25 日

指導教員

尾形 幸生

本論文は、新規材料として多様な分野への応用が期待されている多孔質シリコンを用いた屈折率正弦波変調多層構造の作製に取り組み、その光学特性の構造依存性を明らかにし、センサーに応用するための構造最適化を論じた結果をまとめたものである。具体的には、生成電流密度を変調することによって多孔度を変化させる多孔質シリコン多層構造の電気化学的作製と、化学物質の光学検知への応用に取り組んだ。得られた主な成果は次のとおりである。

- (1) 屈折率を正弦波変調したルゲート型光学フィルターを、シリコンから電気化学的に陽極溶解電流を正弦波変調して作製した。同フィルターは一次元フォトリソニック結晶構造を持つ。この構造を作製する際に生じる理想構造からのずれが光学特性に及ぼす影響を明らかにし、理想構造を得るための電流制御条件設計法を新たに提案した。さらに、理想構造からのずれが非常に大きくならない範囲では、光学フィルター特性に致命的な影響を及ぼすには至らないことを見いだした。
- (2) 高不純物濃度の p 型シリコンから作製したルゲート型光学フィルターをアルコール蒸気の光学検知に適用し、反射スペクトルにおいて一次元フォトリソニック結晶構造に起因して観察されるストップバンド位置が、蒸気中への暴露により低エネルギー側にシフトすることを確認し、本多層膜構造が化学物質蒸気の検知に適用可能であることを示した。また、多孔質シリコン内への毛管凝縮によってもたらされる屈折率の変化による検知における検出限界を決める要因を詳細に検討した。
- (3) 長期の使用または空気中での放置によってセンサーの劣化が起り、シリコンの表面酸化が経時的に進行することが劣化の原因となることを明らかにした。この劣化を防ぐ対策として、電気化学的に表面を予め酸化させることを提案し、迅速に検知特性を安定化させることができることを示した。
- (4) 低不純物濃度のシリコンを出発物質とすることによって、微細孔径を持つ多孔質構造が生成するために細孔内凝縮効率が向上し、より低濃度の検出が可能となり、検知時間が短縮することを確認した。逆に、バイオ関連物質検知への応用の基盤研究として、中間孔径 (50-300 nm) のマクロ孔を有する多孔質シリコンの形成に取り組み、フッ酸濃度の調整と酸化剤の共存により、50-150 nm 孔径の多孔質シリコンを作製することに成功した。

これらの研究は、多孔質シリコン多層膜の作製についての理解を深めることに貢献するとともに、多孔質シリコンを用いる広範な分野における応用への展開のひとつとして、同材料からなるセンサーによる燃料検知の可能性を示すものである。

氏 名	小野田 金児
論文題目	Energy and Environmental Use of High Performance Titanium Materials (高性能金属チタン材料のエネルギー・環境分野への応用)
学位授与日	平成 19 年 9 月 25 日
指導教員	吉川 暉

本論文は、金属チタンの特性を表面機能性材料として多方面に活用することを意図して行われたものであり、金属チタンに陽極酸化等の表面処理を施すことにより、光触媒機能を発現させ環境材料としての開発を行うとともに、エネルギー材料としての色素増感太陽電池への応用、生体材料としての防汚材料等の創製について、多くの新たな知見を明らかにし、まとめられである。得られた主な成果は、以下の通りである。

- (1) 従来の金属チタンの陽極酸化処理では光触媒活性を示さない非晶質酸化チタンが形成されるのに対し、金属チタンを予備窒化処理するとともに電圧制御した陽極酸化処理を併用することにより、光触媒活性に富んだアナターゼ型酸化チタン皮膜が創製できることを明らかにしている。また生成したアナターゼ型酸化チタン皮膜形成量と光触媒活性との有意な相関を見出し、これまでにない高活性な光触媒創製法を見出している。
- (2) 予備窒化処理を施した後、工業量産化に適した定電流電解での陽極酸化処理を併用することによって、より高い光触媒活性を有する酸化チタン皮膜が創製できることについて述べるとともに、陽極酸化条件などの液温、電解時間、電流密度、各種電解液濃度を変化させることにより、光触媒活性の至適条件化を行っている。同時に、地下水や土壌汚染の原因となっている揮発性有機塩素化合物であるテトラクロロエチレンの光触媒分解を調べ、実用可能性を見出している。
- (3) エネルギー材料としての応用を目的として、金属チタン板を基板とした色素増感太陽電池 (DSC) の創製について述べている。従来の DSC の基板には、FTO 等の透明導電膜を被覆したガラス基板が用いられているが、本ガラス基板は、高価である、シート抵抗が高い、加熱によりシート抵抗がさらに高くなるなどの欠点があった。金属チタンは耐食性に優れ、DSC に使用される腐食性が高いヨウ化物イオンに対しても耐性を示すことがばかりではなく、FTO 等の透明導電膜を被覆したガラス基板と比較しても、極めてシート抵抗が低く、加熱処理した後もシート抵抗が変化することがないという優れた特性を有しており、大面積でも変換効率の低下率が少ない DSC が得られていることから、将来の大面

積化に向けて優れた材料であることを見出している。

- (4) 各種金属材料に対して腐食性を引き起こす塩化物イオン濃度が極めて高い海水中においても完全耐食性を示す金属チタンに、予備窒化と陽極酸化を組み合わせた処理を行うことより親水性の高い表面状態を有する材料を創製できることについて述べている。海洋での大型生物付着には、初期段階でのタンパク質付着、さらには細菌付着が重要な因子になっていることから、金属チタンの陽極酸化により創製した材料の親水性とタンパク質や細菌付着の関連性について明らかにしている。特に予備窒化処理と陽極酸化を組み合わせることにより、生物付着速度の広範囲な制御が可能になることを見出している。

本研究成果は、金属チタンの優れた物理的・化学的特性を発現させる手法として、陽極酸化等の表面処理を新たに開発することにより、近年注目を集めている環境、エネルギー、生体材料への広範な展開や可能性を示唆する知見を与えている。

エネルギー変換科学専攻

氏 名	北村 泰隆
論文題目	混合制御による直接噴射式ディーゼル機関の低エミッション化に関する研究
学位授与日	平成 19 年 3 月 23 日
指導教員	石山 拓二

本論文は、自動車用ディーゼル機関において、将来、中核的燃焼技術となることが期待されている高過給ディーゼル燃焼ならびに予混合圧縮着火（PCCI）燃焼について、燃料と空気の混合過程の制御を通じた燃焼改善について研究した成果をまとめたものである。

広範囲の雰囲気および燃料噴射条件を設定できる定容燃焼装置、ならびに燃焼中の任意の時期に燃焼ガスの反応を凍結・採取し、成分を分析できる全量ガスサンプリング装置を構築するとともに、燃料・空気の混合過程と熱発生および環境影響物質生成との関連を解析できる着火・燃焼モデルを作成し、これらを研究手段として以下の成果を得ている。

- (1) 定容のもとで、高過給条件に相当する高い雰囲気圧力を与えると、燃焼過程が混合律速となり、最終的な総括窒素酸化物（NO）質量がほぼ熱発生期間により決まることを見出した。単位発生熱量あたりの NO 生成質量は、燃料噴射圧力の増加および雰囲気中酸素濃度の低下とともに減少することなどを実験的に明らかにした。
- (2) 着火・燃焼モデルを用いた解析により、定容下とエンジン条件下での NO 生成特性を比較し、高過給条件では、ピストン下降に伴う燃焼室容積増大により NO 生成が凍結される前に混合気を十分希薄化できれば、NO 生成を抑制できることを明らかにした。しかし、総括当量比が高くなると、混合気濃度の早期低下が難しく、噴射条件の選択による NO 生成抑制が困難になるので、空気流動の活用が必要になることを明らかにした。
- (3) 直接噴射による PCCI 燃焼においては、混合気の均一・希薄化を速めると、通常のディーゼル燃焼とは逆に着火時期が遅れ、NO 生成量が減少することなどを実験的に明らかにした。さらに、数値解析により、上述の効果がみられる燃料噴射量には限度があり、それを超えると、空気導入と混合の速度を非常に大きくしない限り NO 生成量を減少させることができず、効果的な抑制には空気質制御の併用が必須となることを指摘した。
- (4) 小さな噴孔を近接配置したノズル（近接噴孔ノズル）

を用いると、燃料噴霧到達距離と燃焼室内の混合気分布の操作がある程度可能となることを実験的に明らかにした。噴孔仕様の選択により、ディーゼル燃焼相当の雰囲気条件では、初期の熱発生を促進し、PCCI 燃焼条件では、熱炎発生時期を制御できることなどを明らかにした。

以上、本論文は、今後のディーゼル機関の環境性能向上の重要な手段とされながら、未だ開発途上にある高過給ディーゼル燃焼ならびに予混合圧縮自着火（PCCI）燃焼について、燃焼と窒素酸化物生成過程の基本的理解を得て、混合制御による燃焼改善の基本的な方針を提示している。

氏 名	高松 輝久
論文題目	Research and Development of an Inertial Electrostatic Confinement Fusion Device for Humanitarian Landmine Detection（人道的対人地雷探知のための慣性静電核融合装置の開発研究）
学位授与日	平成 19 年 3 月 23 日
指導教員	吉川 潔

本論文は、グロー放電などによって生成した重水素イオンを静電界でメッシュ状中空陰極中心に加速・集束させて核融合反応を生起する慣性静電閉じ込め(Inertial Electrostatic Confinement: IEC)核融合装置の高性能化を目的に、核融合反応に直接関わるイオンビーム生成特性について理論的・実験的解明を行うと共に、応用例として超小型・高性能が必須の人道的対人地雷探知用可搬型中性子源への応用を目指して行った研究の成果をまとめたもので、得られた主な成果は次の通りである。

- (1) マグネトロン放電による外部イオン源を用いて IEC 核融合装置の低圧力運転に成功し、またグロー放電が不可能な圧力領域で、ハイブリッド放電モード、ならびに、ビームインジェクションモードと呼ぶ動作モードのあることを明らかにした。また、イオンのエネルギー上昇と再循環の促進により、それぞれのモードにおける規格化中性子発生率が、グロー放電の場合より優れていることを明らかにした。
- (2) 分光計測でドップラーシフトを利用してハイブリッド放電モードにおけるイオンエネルギー分布の測定を行い、グロー放電と比較して、イオン平均エネルギーが 30 %程度向上していることを明らかにした。さらに、実測したエネルギー分布と核融合反応断面積から中性子発生率の推定値を評価し、実験値と大きく矛盾しないことを明らかにした。
- (3) 超小型の IEC 核融合中性子源を設計、製作し、また

高電圧導入端子部に窒化硼素絶縁体を併用して従来の大型の IEC 核融合装置以上の中性子発生率と絶縁破壊の抑制を実現した。さらに、水冷ジャケットの設置により、大出力運転時における安定した中性子発生の可能性を示すとともに、陰極サイズ効果についても、大口径陰極により中性子発生率が増加するが、条件により IEC 放電特性が不安定になることを実験で明らかにした。

- (4) 冷却ジャケット部分を生成中性子の減速材ならびに反射材として利用する方式を考案し、実験とモンテカルロコードを用いた解析によって、実際に上部の厚い冷却部により等方的に発生する中性子が減速、反射され、その結果薄い冷却部の下方部に熱中性子束が大幅に増加し、中性子の空間分布に指向性を持たせることが可能であることを明らかにした。
- (5) 以上の研究成果を元に、人道的対人地雷探知装置実験のための超小型高性能 IEC 核融合中性子源を設計、製作し、実際に模擬爆薬（メラミン樹脂）に含まれる窒素原子からの中性子捕獲ガンマ線の計測によって窒素原子の検出に成功し、IEC 中性子源が地雷探知用中性子源に十分応用可能であることを示した。

以上のように、本論文は IEC 核融合装置の性能改善のために理論、実験両面で基礎的研究を行い新たな知見を得るとともに、実用化にむけて運転の安定性や中性子利用効率の向上について学術的に検討を行い、新型 IEC 核融合装置の提案と実験での性能評価を行って同装置が高性能中性子源として有望であることを示している。さらに、模擬地雷探知実験において、開発した新型 IEC 中性子源が爆薬成分探知に有効であることを明らかにした。

エネルギー応用科学専攻

氏 名	長谷川将克
論文題目	Thermodynamic Studies on Metallic and Oxide Solutions for Environmental-Friendly Iron and Steelmaking （環境調和型鉄鋼製錬のための金属及び酸化物融体の熱力学）
学位授与日	平成 19 年 3 月 23 日
指導教員	岩瀬 正則

本論文は、環境調和型製鉄プロセスに関与する金属系および酸化物系溶体の熱力学を論じた結果をまとめたもので、6章からなっている。

第1章は序論で、現行製鉄法の概要を述べ、環境調和型製鉄プロセスの構築にあたって(i)炭素ガス発生量の抑制、(ii)高炉の低温操業、(iii)硫黄酸化物発生量の低減、(iv)燐酸発生量の低減、を実現することが不可欠であることを指摘し、第2章以下の内容を概述している。

第2章は、炭酸ガス発生量抑制の観点から、いわゆるカーボンニュートラルと称される木質系バイオマスによる酸化鉄の還元と金属鉄生成の可能性について実験的、理論的に論じたものである。まず、木質系バイオマスの高温熱分解反応を1400～1800℃において行い、熱分解反応の反応生成物を調査し、バイオマスに含まれる水素の形態が、熱分解反応によってどのように変化するかを検討している。つづいて、酸化鉄と木質系バイオマスの圧縮体を低酸素分圧下で急速加熱し、凝縮相および気相の反応生成物を分析し、圧縮体中の炭素と酸素の原子比、反応温度等によって、反応生成物の構成および反応生成物の一つである金属鉄中の炭素濃度がどのように変化するかを調査検討している。さらに炭素ガスを発生させずに金属鉄を生成させ、かつバイオマスに含まれる水素を回収する手法について検討している。

第3章は、現行製鉄法の根幹である高炉プロセスを環境調和型へ転換するために不可欠な低温操業に関する熱力学を論じたものであり、高炉内を降下する焼結鉱の主成分であるCaO、SiO₂、Al₂O₃、MgO、FeOが関与する3または4元系酸化物の相平衡と相対部分モル自由エネルギーを取り扱ったものである。これら5成分が関与する酸化物相と金属鉄を共存平衡させ、その平衡酸素分圧をジルコニア系固体電解質を用いた固体電池によって測定し、FeOの相対部分モル自由エネルギーを求めている。さらに温度の低下とともに変化する系の熱力学自由度に着目し、これと関連づけて平衡凝縮相の組成を求め、さらにその結果を用いて高炉内を降下する鉱石中に生成する融体組成を論じ、高炉内の反応温度を低下させた際に生成しうる融液と凝縮相の関連を論じている。

第4章は、製鉄プロセスにおいて発生する硫黄の除去

と無害化に関するものであり、製鉄プロセスにおいて各種の産業廃棄物を有効活用しようとする最近の傾向に鑑み、硫黄を熔融スラグなどの酸化物融体中へ効率的に分離移行させるのに必要な熱力学について論じている。すなわち酸化物系状態図を詳細に検討して、Al₂O₃濃度30%以上の高Al₂O₃系スラグが優れた脱硫効果を有するものと予想し、Ar-SO₂-CO-CO₂混合ガスと熔融スラグを1400～1550℃の高温で平衡させ、サルファイドキャパシティーを求め、その結果をもとに、実操業におけるスラグ使用量（または発生量）と溶銑中硫黄濃度の関係について論じている。

第5章は、製鉄プロセスに伴う廃棄物の一種である製鋼スラグの発生量を支配する最大の因子である熔融金属ならびに酸化物系溶体中の燐の熱力学的挙動を論じたものであり、これに必要な実験手法にも検討を加えている。燐を含有する金属系溶体、燐酸アルミニウム、ハーシナイトを含む凝縮相を共存平衡させ、該系の平衡酸素分圧をジルコニア系固体電解質を用いた起電力法により測定するという新しい実験手法を考案し、これを用いて従来未知であった種々の金属系溶体中の燐の相対部分モル自由エネルギーを求めている。さらに各種の燐含有金属系溶体とP₂O₅を含有する酸化物系スラグを共存平衡させ、その平衡酸素分圧の測定からP₂O₅の活量を求めており、これら一連の測定結果をもとに反応効率が最適でかつ発生量を極小にできるスラグ組成を決定している。

第6章は以上の内容を簡潔にまとめたものである。

氏 名	袴田 昌高
論文題目	Fabrication and Properties of Microporous and Nanoporous Metals （マイクロポーラスおよびナノポーラス金属の創製と特性評価）
学位授与日	平成 19 年 3 月 23 日
指導教員	馬淵 守

ポーラス（多孔質）金属は軽量化・省資源化・多機能化の観点からエネルギー問題の解決に資する新素材として注目されている。しかし、気孔性状が不均一かつ粗大であるがゆえに十分な材料特性が得られていないという問題点があり、実用化に至った例は少ない。本論文は、ポーラス金属の実用化や高機能化に向けて、微細かつ均一な気孔性状を有する「マイクロポーラス金属」および「ナノポーラス金属」の創製プロセスならびに各種特性を論じた研究の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) 粉末冶金スパーサー法によりマイクロメートルオーダーの微細かつ均一な気孔性状を有するマイクロポーラス金属を作製し、その力学特性（単純圧縮

特性、高温圧縮特性、圧縮□圧縮疲労特性)を調査した。その結果、単純圧縮特性においては流動応力に変動が少なく、また圧縮□圧縮疲労特性においては繰り返し数の増加に伴いひずみが漸次的に増加するなど、マイクロポーラス Al がこれまでのポーラス Al と異なる力学特性を有していることを明らかにした。これらのことより、気孔性状の均一化・微細化がポーラス金属の力学特性向上に有効な手段であることを提示した。また、種々の相対密度を有するマイクロポーラス Cu の圧縮特性を調査し、圧縮特性の相対密度依存性がセル壁の変形様式と密接に関わっていることを明らかにした。

- (2) スペーサー法により作製したマイクロポーラス Al の機能特性 (流体透過特性・吸音特性・電気抵抗特性)を調査した結果、これらの機能特性が、気孔率、孔径、連通孔径等の気孔性状と密接に関連していることが示された。特に吸音特性の調査においては、適切な気孔性状の制御により、厚さ 1 mm のマイクロポーラス Al において吸音率ほぼ 1 を達成できることを見出した。これらのことより、ポーラス金属の機能特性を向上させるためには精緻かつ微細な気孔性状制御が必須であることを提示した。
- (3) 脱成分腐食法により孔径およびセル柱径が約 5 nm のナノポーラス Au を作製し、熱処理および酸処理に供した。その結果、熱処理と酸処理においてはセル柱の自己組織化過程が異なり、特に酸処理においてはナノポーラス構造と緻密壁の混在した異方的な気孔性状を有するナノポーラス Au を作製できることを示した。このことから、熱処理や酸処理によりナノポーラス Au の気孔性状を制御できることが示唆された。
- (4) ナノインデンテーション試験によりナノポーラス Au の力学特性を調査した結果、セル柱径が小さいほど強度が高くなることを明らかにした。この気孔の微細化に伴う強度向上は、従来の粗大気孔ポーラス金属には見られない性質であり、気孔がナノメートルオーダーの大きさになって初めて現れる。さらに、ナノポーラス Au を構成するセル柱の強度は理想強度に匹敵しており、このような高強度は結晶粒微細化強化機構では説明できない。ナノポーラス Au のセル柱では、転位等の欠陥が少なく完全結晶に近い状態になっているため、降伏強度が理想強度に漸近していることが示唆された。

以上、本論文はポーラス金属の気孔性状の均一化・微細化を実現し、またそれらが各種特性に与える影響を明らかにしている。この研究結果により、ポーラス金属の実用設計に供することのできる基礎的な知見が得られ、また、ポーラス化という新しい手法による金属への高機能付与の可能性が示された。

氏 名	末石 裕一郎
論文題目	現象論的アプローチによる IASCC のメカニズムに関する研究
学位授与日	平成 19 年 3 月 23 日
指導教員	香山 晃

本論文は原子力発電所において多発する照射誘起応力腐食割れ(IASCC)に対し、現象論的研究からそのメカニズムを明らかにし、メカニズムに基づいた防止策を策定することを目的とした研究の成果を纏めたものである。

運転開始から一定の運転期間を経た商業用炉では経年劣化に伴う応力腐食割れ(SCC)現象が顕在化し始めており、それらの早期の対応策の確立が求められている。本論文では、近年、東京電力の不正問題で社会の関心を集めた沸騰水型原子力発電所(BWR)の SUS316L 鋼製炉心シュラウドに発生した IASCC に対して、“full range inspection”と呼ぶ新しい現象論的アプローチによる詳細かつ正確な事実の積み重ねにより形成した現象を基にメカニズムの解明に結び付けた。主要な成果として、亀裂発生に係る研究としてシュラウド内表面に存在する硬化領域に着目した研究では、原子炉挿入前の機器製造段階において施された表面加工に伴う加工組織に対する結晶学的な知見を取得し、それらの炉内環境における中性子照射及び炉水腐食で生ずる経時変化を抽出した。そして、この知見とシュラウド内表面に顕在化した微小亀裂に対する解析結果を統合し、亀裂発生が主としてグラインダー加工により表面の極近傍に形成する特定の方位関係を有する γ 、変形双晶と呼ばれる加工組織の境界において加工残留応力、溶接残留応力、炉水腐食が加わることで割れを発生するメカニズムを明らかにした。そして、亀裂発生メカニズムに基づいた SCC 防止策として、亀裂発生に結びつく加工組織の除去に関する機器製造段階での工夫あるいは処理について述べた。亀裂進展に係る現象論的研究では、亀裂発生後に生ずる粒界型で、亀裂進展に及ぼす要素解明を目的とした研究を行った。表面近傍の硬化した領域から表面加工の影響のない母材までの範囲を対象とし、粒界型で進展する亀裂の内部について主として透過型電子顕微鏡により従来に無い精度で亀裂内部の腐食過程について調査した。主要な成果として、亀裂先端の前方において酸素が内部拡散する結晶性が低下した拡散領域が存在し、その領域での化学組成は母材と著しく異なることを初めて見出し、亀裂進展に及ぼしうる要素として提案した。IASCC に係る照射効果に関する機構論的研究では、亀裂先端前方における偏析と照射効果の関連を調べた。ここで得られた重要な知見は、イオン照射では、加工組織によらず均一に高密度の照射欠陥集合体が形成しており、粒界に対する照射誘起偏析量は限定的であること、照射欠陥集合体の点欠陥と溶質原子の相互作用により生じた照射誘起偏析量の定量的な評

価からは照射による影響では亀裂先端前方の偏析は起こり得ないことを示した点であり、亀裂前方の偏析は腐食と照射効果との重畳効果である可能性の高いことを指摘した。

以上、要するに本論文は例題としての“BWR の SUS316L 鋼製炉心シュラウドにおいて発生した IASCC”に対して、主として現象論的研究から亀裂発生メカニズムを解明し、そのメカニズムを基に策定した防止策、機構論的研究から得られた亀裂進展と照射の関連についての知見について纏めたものであり、本研究内容は IASCC 防止に向けた工業的な適用のみならず、今後の IASCC 研究に大きく貢献するものである。

氏 名	金 思雄
論文題目	低放射化鉄鋼材料の低サイクル疲労と組織相関に関する研究
学位授与日	平成 19 年 3 月 23 日
指導教員	香山 晃

本論文は、発電を目指して開発が進んでいる核融合炉の核心技術となる第一壁・ブランケット構造用低放射化鉄鋼材料の研究に関するものであり、疲労特性と組織相関を検討し、最大の課題である核融合中性子による照射効果についても新たな分野を開拓している。本研究は核融合炉ブランケットの設計や総合特性評価において不可欠である低サイクル疲労特性を系統的に検討し、これまでの知識の整理と新たな情報の追加を通して低サイクル疲労と組織相関に関する理解の体系化を目指すものである。本研究は、(1) 微小試験片による低サイクル疲労挙動特性評価手法の確立、(2) 低サイクル疲労挙動特性と微細組織の相関の解明 (3) 中性子照射による低サイクル疲労挙動特性と微細組織変化の解明、に大別される。まず、低サイクル疲労特性に及ぼす試験片の表面状態の影響に着目し、表面粗さを制御した微小試験片を用いてその効果の解明を行っている。また、この成果に基づき、10 年後の実現を目指して開発されている国際核融合実験装置 (ITER) のテストブランケットモジュール (TBM) 用冷却管の寿命を表面粗さの観点から予測し、要素部材の設計/製作に対する方針を提案している。次に、低サイクル疲労特性に及ぼす試験片表面介在物の影響を解明し、鉄鋼材料中の介在物の制御における表面介在物の量及び形状の管理の重要性を述べ、高纯净度鉄鋼材料のあり方を提案している。これらを通じて、低放射化鉄鋼材料における低サイクル疲労挙動特性評価法を提案し、その技術基盤から低サイクル疲労挙動特性と微細組織の相関を系統的に整理している。中でも繰返し荷重の負荷による転位の再配列より、転位セル構造の形成過程を解析し、亀裂形成及び進展に及ぼす微細組織影響についての走査

型電子顕微鏡や透過電子顕微鏡観察を用いるマルチスケール研究の有効性を示している事は新たな学問領域の開拓といえる。これまでは誘導放射化や複雑な照射損傷組織の形成により解析がほとんどなされていなかった低サイクル疲労挙動に及ぼす中性子照射の影響についてはじめて体系的に述べており、中性子照射による著しい低サイクル疲労寿命の低下を照射損傷組織形成と疲労による微細組織発展との面より現象論的/機構論的に解明している。最も重要な中性子照射材における疲労メカニズムとして、試験片表面からの亀裂発生に注目し、応力負荷方向と垂直に伸びる旧オーステナイト粒界近傍が主要な発生サイトであることを明らかにしている。また、疲労の蓄積による組織発展においては、マルテンサイト・ラス構造中に高密度に存在する転位が再配列の過程で集積し、亜粒界が形成される事実を明瞭に示している。また、低サイクル疲労試験の要素データである負荷応力変動 (ヒステリシスループ) の flow stress 解析法を用い、低サイクル疲労の進展に伴う変形応力変化を解析し、疲労進展挙動と微細組織の相関について究明している。中性子照射により導入された照射欠陥及び欠陥集合体が照射硬化をもたらし、疲労進展下での転位の再配列を促進させることで顕著な疲労軟化をもたらし、疲労寿命を低下させることが示唆された。本研究の範囲では照射による疲労挙動の機構的な変化は無いが、疲労特性への影響は顕在化することを初めて示し、設計概念の構築への貢献も認められる。

氏 名	朴 二玄
論文題目	高性能・多機能性ポーラス SiC セラミックスの開発に関する研究
学位授与日	平成 19 年 11 月 26 日
指導教員	香山 晃

本論文は、次世代原子力エネルギーシステムの安全性の向上及び高効率化に要求される高性能・多機能性ポーラス SiC セラミックスの研究開発に関するものである。本研究は、①ポーラス SiC セラミックスの気孔率、気孔の形状や形態、サイズ等を簡潔なプロセスで制御できる製法の基礎の確立、②微細構造の制御による高性能・多機能性ポーラス SiC セラミックスの作製法の提示、③強度特性・断熱性・耐熱衝撃性等の評価に基づく、多様な分野における適用可能性の提示、④ガス冷却型原子炉 (高温ガス炉) における設計要求を満たすための解として、熱媒体 (ガス) の圧力損失の高精度な制御等のために要求される円柱状貫通孔を有するポーラス SiC セラミックスの製法の提示、に大別される。高性能・多機能ポーラス SiC セラミックスの製法として、炭素粉末を含む SiC 焼結体を作製した後に脱炭処理を行い、ポーラス構造を

形成する製法と、SiC セラミックスを焼結する際に SiC 短繊維の添加により微細構造を制御しポーラス構造を形成する製法等を検討し、組織・機能制御に関する基本的な方向性を示し、平均粒径 50 nm 以下の SiC 超微粒子を加圧成型法で焼結することにより、気孔の周辺で SiC 超微粒子間に優れた結合力を付与し、従来のポーラス SiC セラミックスが主として単一機能を目的として製造されており、強度特性においては制限・限界があった点を改良し、優れた強度特性を持つポーラス SiC セラミックスを作製する技術の基礎を確立している。従って、次世代原子力エネルギーシステム等に機能性を持つ構造材料としての適用が期待できる。

一方、高温ガス炉用の要求性能からは緻密な SiC セラミックスに貫通孔を導入すること等が検討されてきたが、セラミックス材料が有する本質的な破壊靱性値の低さのため、緻密なセラミックスに円柱状貫通孔を導入するのは極めて困難であった。本研究により、炭素繊維や炭素棒を貫通孔の前駆体として用い、 μm オーダーから mm オーダーの任意の直径を有する円柱状貫通孔を緻密な SiC セラミックスに損傷を与えずに導入する技術の基礎も確立している。

本研究成果が、ポーラス SiC セラミックスを採用するシステム、特に、次世代原子力エネルギーシステムの安全・安定性、経済性等を高めるための、設計自由度の向上へ大いに貢献することが期待できる。



京都大学大学院事務室

本部地区 〒606-8501 京都市左京区吉田本町

宇治地区 〒611-0011 宇治市五ヶ庄