

Suzuka National College of Technology

SNCT News Letter

鈴鹿高専技術便り

第9号

第3回全国高専テクノフォーラム

共同研究推進センター長 小倉 弘幸



表記フォーラムが「Co-operative Education(共同教育)を見据えた産学官連携・地域連携」をサブタイトルとして、平成17年8月22日(月)～24日(水)に 愛知県産業貿易館西館で開催された。開催の趣旨の概要は「わが国は、自然との共生を念頭に持続的発展可能な循環型社会および国際競争力のある科学技術立国をめざしている。これを踏まえ、産学官が連携した技術者教育ならびに産業活性化に向けた多様な連携が求められている。こうした中、国立高専は、独立行政法人国立高等専門学校機構として1年が経過し、いよいよ高専教育の真価が問われることになる。本テクノフォーラムでは、高専教育の新たな展開をめざして、社会と共に次世代技術者を育てる取り組み、産学官連携による共同研究の推進と学生参画による高専教育の活性化に向けた取り組みについての情報交換、討論等を行う。」である。

国立高等専門学校機構理事・宮城高専校長・四ツ柳隆夫先生の「Co-operative Educationを見据えた産学官連携」と題した基調講演があり、次いで、「社会と共に次世代技術者を育てる教育プログラム」「共同研究、地域連携を活用した高専教育の新展開」をテーマに2つのパネル討論がなされた。更に「産学官連携、公的資金による共同研究等」「地域産学官連携、共同研究等」「知的財産権、技術者教育、共同研究等」を主題として事例発表がなされ、極めて盛りだくさんの講演、発表等が行われた。

このうち、四ツ柳先生の基調講演が印象的であったので、その概要を以下に紹介する。

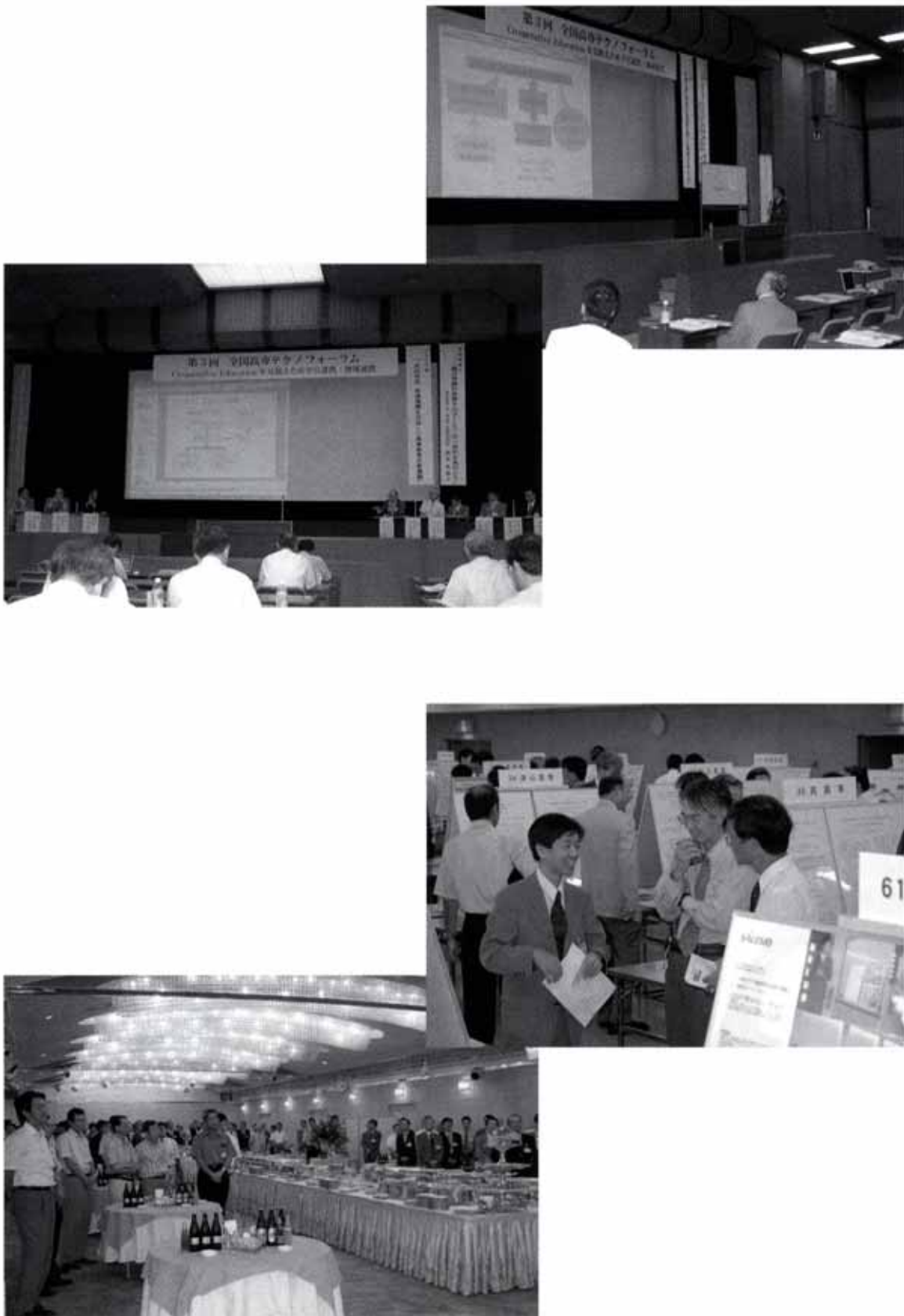
(次ページに続く)

目次

第3回全国高専テクノフォーラム(小倉弘幸)	1
JABEEの概要と鈴鹿高専における教育改善の取り組み(花井孝明)	4
第4回産学官連携推進会議参加報告(澤田善秋)	7
SUZUKA 産学官交流会 第3回会員企業見学会(藤松孝裕)	8
鈴鹿高専ヒューマン&テクノロジーネットワークの活動報告(近藤一之)	9
研究者紹介(下野 晃、柴垣 寛治)	12

すなわち、高専の産学官連携は、教育研究活動と関連して三つの大きな特色を持っている。第一は、高専教育体系そのものがもつ特性を利用している点にある。中学を出てすぐの若い頭脳を大学受験の制約から解放して、理工系の基礎重視型の一貫教育を行うと共に、専門性を重視した創造性の手ほどきを、自ら創造の体験を持つ教員の指導の下で行っている点にある。第二は、技術の実態にふれつつ、社会との明確な接点を体験的に認識できるように養成された学生をパートナーとした教員団が、教育を主たる任務としながらも「教育を展開するために必要な研究を行うものとする」と位置づけられた研究に関する成果を得ていることが特徴である。大学に比べると研究遂行上、質量ともに大きなハンディキャップを負っているが、研究成果はアイデアが決定的な要素となる。教員が常日頃、基礎を踏まえた教育を行っているからこそ、学術的、根源的な問題と出会う機会も多い。さらに、若い学生たちの斬新なアイデアの発露に出会うことも多い。このように醸成されたなキャンパスの風土は、「最先端技術、特に最先端ローテク」に分類される類の独創的な技術を生み出す上での豊かな土壌として機能している。一見、地域のローテクに見える技術が、世界的技術として大きな展開を見せようとしている例さえある。第三は、産学官連携が「社会と共に次世代の技術者を養成する方法」となる点にある。いろいろなコンテストで垣間見せる学生達の若々しい着想力には、時として審査員であるプロさえ思い至らない非凡なものがある。このように、高専は、大学とは一味違った身近で実践的な技術と知恵のセンターとして機能している。





JABEEの概要と鈴鹿高専における教育改善の取り組み

電気電子工学科 花井孝明



日本技術者教育認定機構（Japan Accreditation Board for Engineering Education : JABEE）による技術者教育プログラムの認定制度については、まだ社会によく知られていないように思われる。そこで、JABEEの認定制度の目的と概要、および鈴鹿高専がJABEEの認定を受けた「複合型生産システム工学」プログラムに関連した教育改善の取り組みについて解説する。

JABEEは、大学・学協会・文部科学省・経済産業省・経団連など産学官が共同して1999年に設立した。その背景には、大学学部レベルの教育が、将来国際的に活躍できる技術者を養成するための基礎教育として不十分であり、その結果、日本の産業の国際競争力が低下してきているとの認識があった。日本においては、工学系の学部を毎年約10万人が卒業し、「技術者」と名乗っているが、この数は例えばアメリカの約5倍であり、将来的に海外の“engineer”と対等に渡り合える者は10万人のうちのごく一部である。世界最大の学会であるIEEEは、“engineer”と名乗ることができるのは、第三者機関であるABET（Accreditation Board for Engineering and Technology）によって認定された教育プログラムを修了し、しかるべき職業において十分な実務経験を積んだ者に限定すると表明しており、日本の「技術者」と英語圏の諸外国の“engineer”の概念には大きな隔たりがあった。この隔たりをできる限り小さくし、「技術者」と“engineer”の同等性を確保するためには、大学学部レベルの教育を審査・認定する第三者機関の存在が不可欠であるとの認識からJABEEが誕生した。

このような設立の経緯から、JABEEの大きな目的のひとつが「技術者教育の国際的同等性の確保」であることは当然であるが、このことに関連したもうひとつの主要な目的は「教育プログラム修了生の質の保証」である。以前から、日本の大学は入るのは難しいが出るのは容易であると指摘されてきた。いかに立派な内容の教育プログラムであっても、社会が要求する能力を身に付けていない学生を卒業させていたのでは国際的に通用する技術者教育とは言えないであろう。JABEEは、大学等の高等教育機関に対して、JABEEの定めた基準を網羅し、かつ、その達成度を評価できる具体的な「学習・教育目標」の設定を要求し、その学習・教育目標をすべて達成した学生だけをプログラム修了生とすることを求めている。学習・教育目標は広く一般に公開することが義務づけられており、社会との契約と位置付けられる。高等教育機関は、学習・教育目標を達成した学生だけをプログラム修了生とすることにより社会との契約を果たし、修了生の質を保証することができる。JABEEは認定したプログラム名と教育機関を公表し、そのプログラムの修了生は質が保証されていることを社会に周知する仕組みとなっている。

現在では、JABEEが認定したプログラムの修了生は、技術士の1次試験を免除され、修習技術者となることができるようになっている。修習技術者は、所定の実務経験を積んだ後、2次試験に合格すれば技術士の資格を取得することができる。2005年には、JABEEのWashington Accord (WA) への加盟が正式に認められた。WAは、加盟国の技術者教育プログラム認定機関が、それぞれの認定基準および審査の手順と方法

(次ページに続く)

[illegible]

記事

さて、鈴鹿高専に話を移すと、JABEEが認定するのは学部レベルの教育プログラムであるから、高専の場合、対象は学科4、5年生と専攻科を対象としたプログラムになる。鈴鹿高専では、5学科と専攻科の2専攻すべてを含む「複合型生産システム工学」プログラムを設定し、2003年度の審査でJABEEの認定を得ることができた。このプログラムの学習・教育目標やカリキュラムなどについては紙面の都合で割愛し、本校の教育点検・改善システムについて簡単に紹介する。詳細については、本校のホームページ (<http://www.suzuka-ct.ac.jp/>) の「複合型生産システム工学」を参照いただきたい。

JABEEの認定基準は、学習・教育目標だけでなく、学習・教育の量、教育手段、教育環境など多岐に渡るが、ここで関係してくるのは「教育改善」に関する基準である。この基準によれば、高等教育機関は社会の要請や学生の要望にも配慮しながらプログラムを点検するシステムと、点検結果に基づいてプログラムを継続的に改善するシステムを併せ持ち、実際に点検・改善活動が実施されていなければならない。このシステムは、基本的にPlan（計画）→ Do（実施）→ Check（点検）→ Act（改善）→ Planのフィードバックループ（PDCAループ）の形を取り、ループが一巡する度に教育の質が向上するようなシステムでなければならない。企業の方には、ISO9001の教育版と言えれば理解していただけるであろう。

図1に2005年度の時点における鈴鹿高専の教育点検・改善システムを示す。図1は、PDCAループを構成する主要な部会を記したもので、部会の活動をそれぞれの上部組織である委員会がモニタすることにより、継続的な改善活動が行われることを保証している。このシステムにより、学習・教育目標の改善、カリキュラムの改善、シラバスの改善、授業アンケートや公開授業などのFD（Faculty Development）活動による授業改善、全校一斉オフィスアワーズの導入、学科の教員と一般科目の教員が授業内容について話し合う教員間連携システムの導入、学業成績の評価方法・評価基準の明確化など様々な教育改善が実施されてきた。また、社会の要請を取り入れるために、外部評価委員や専攻科修了生の上司を対象にアンケート調査を行い、学生の要望にも配慮するために、学生代表と教員の意見交換会も毎年開催している。この教育点検・改善システムはJABEEの基準に則して構築されたもので、大学学部レベルの教育を念頭に置いているが、JABEEが対象としない学科1～3年生の教育改善にも役立っていることから、学校全体の教育点検・改善システムとしての形を明確化するために、2006年度には委員会組織の再編成を行うことを検討している。

JABEEが認定したプログラムは年々増加し、2004年度までに約180プログラムが認定を受け、認定プログラムの修了生は累計で約18,000名に達している。2005年度に認定を受けたプログラムは2006年5月に公表されるが、1年当たりの認定プログラム数はさらに増加することが予想される。JABEEの活動には問題点もあり、JABEEの基準に「エンジニアリング・デザイン」の観点欠落しているとの指摘や、増加する受審プログラム数に対してボランティアである審査員を十分に確保できるのかといった危機、旧帝大系の大学が大学院重点化されているため、学部教育を対象としたJABEEを静観する傾向にあることなどが現時点での問題点として挙げられる。将来的には、入社後の実績を重視する企業において、JABEE認定プログラム修了生が実績面で優位に立つことができるのか検証されるであろう。さらに、技術士資格を取得した技術者が、実際に海外において“Professional Engineer”と対等に渡り合えるのか、国内において医師や弁護士と同様のステータスを得ることができるかなど、不明な部分もある。また、様々な外部評価への対応に追われて教育・研究に割くことのできる時間が減少する、いわゆる「評価疲れ」も現実のものとなってきている。しかし、JABEEが教育改善の原動力となっていることも事実であり、我々教育者としては、積極的にJABEEの審査を利用して教育改善の努力をしていくことが必要であると考えます。

第4回産学官連携推進会議参加報告

生物応用化学科 澤田善秋



第4回産学官連携推進会議が平成17年6月25日～26日に国立京都国際会館で開催され、参加したのでその概要について報告する。趣旨は「これまでの産学官連携サミット、地域産学官連携サミット及び産学官連携推進会議の成果を踏まえ、産学官連携の推進を担う第一線のリーダーや実務経験者等を対象に、具体的な課題について、研究協議、情報交換、対話・交流・展示等の機会を設けることにより、産学官連携の実質かつ着実な進展を図り、もって科学技術創造立国の実現に資する。」というものである。

小泉総理大臣からのメッセージ、科学技術政策担当大臣・棚橋泰文、日本経済団体連合副会長・庄山悦彦、日本学術会議会長・黒川 清ら各氏の挨拶後、科学技術政策担当大臣・棚橋泰文氏の基調講演がなされ、続いて下記各氏の特別講演が行われた。

- ①「日立の産学官連携」理化学研究所理事・武田健二
- ②「ポスト・パソコン時代の新たな産業を育成せよ」デフタ・パートナーズ取締役グループ会長・原丈人
- ③「新たなステージを迎えた産学官連携」東京大学理事・副学長・産学連携本部長・石川正俊

その後、「1. 産学官連携の新たな展開」、「2. 大学発ベンチャーの発展と支援」、「3. 地域クラスターと中小企業」、「4. 産学官連携と知的財産」の4分科会で討論がなされた。私は「1. 産学官連携の新たな展開」の分科会に参加した。その要旨は「我が国の企業では、世界的な競争力の向上と進化を目指し、世界規模で優れた大学・研究機関をパートナーに選択し、戦略的に産学連携を進める動きが加速している。大学も、国立大学の法人化を契機に、国公立立を通じ、自らの特色や強みを活かしつつ、研究教育機能の強化に繋がる、より戦略的・実地的な産学連携を志向している。産学官連携の推進には、より創造的な、より実践力のある人材を育成し、産学官の各セクターで活用することが不可欠である。そのためには、インフラとしての人材を育成・活用する面でも産学官の連携強化が必要である。この分科会では、こうした観点から新たな取り組みを始めている産・学・官のリーダーによる問題提起をもとに、参加者間で討議を行い、産学官連携の新たな展開の方向を明らかにする。」ものであった。また、主な検討課題は、(1) 大競争時代における新たな産学官連携の取り組み、(2) 産学官連携による創造的人材・実践的人材の育成と活用、産学官連携を支える専門的人材の育成であった。

産業界では大競争時代に入り、入社後に教育をする人的、時間的余裕がなくなりつつある。そこで、われわれ高等教育機関には「基礎をしっかりと、先端に触れ、実社会を感じる教育」、「基礎学力を徹底訓練、考える力を重視した教育」の実施が求められている。従来のキャリアに応じた初任給一律制も廃止の方向が検討されており、「入社時の実力・学力をお金で買う」ということも起こり得る。本校においても様々な取り組みを行っているが、学科4年次、専攻科における民間企業でのインターンシップを通じて、早期に実社会の雰囲気を感じ、モチベーションをアップさせることも重要なことである。単に教えるだけではなく自ら学ぶ姿勢を、身をもって教えていくことが今後の重要な課題のひとつであると考えられる。

SUZUKA 産学官交流会 第3回会員企業見学会



機械工学科 藤松孝裕

平成17年10月24日（月）、SUZUKA 産学官交流会の企画の1つである企業見学会が開催されました。今回訪れた企業は、物流を通じて、地域、環境、お客様に「存在を喜ばれる企業」を目指している（株）ホンダ・エクスプレスであります。この会社の主たる業務としては、製品輸送、納入代行、流通加工、梱包、倉庫保管というような物流に関連するものが挙げられ、オリジナルの物流機器の開発や物流の効率化によるコストの削減などについての研究・開発がなされております。

さて、今回の訪問会は午後から開催され、本校からは私のほか仲野教授と齋藤（洪）教授の3名、その他教育機関から2名、企業から11名、鈴鹿市の関係者が6名、総勢22名が参加いたしました。

はじめに、「会社概要および物流機器の位置づけ」について、技術開発部長の加藤 達美氏から説明を受けました。ここでは、会社の国内外拠点、主業務、商品が生まれるまでの流れなどについて、非常に丁寧に説明されました。また、事業所内の見学では、3次元CAD および CATIA を用いた設計工程の一例が紹介され、コンテナへの製品の詰め効率（どのようなコンテナに、どのような治具を用いて詰め込めば最も効率がよくなるか）、そのコンテナの積載効率（搬送する際にコンテナをどのように積み込めば最も効率がよくなるか）といった検討を、アニメーションを用いて非常に分かりやすく説明されました。次に、実際にトラックに積み込まれた製品が搬送途中にどのような影響（コンテナへの負荷や製品への振動といった問題）があるかを検討するための包装試験機（圧縮試験と振動試験）によるデモンストレーションがありました。

その後、オリジナルの物流機器について、担当者から説明を受けました。物流機器は、いかに環境負荷をかけずに、コストダウンにつなげるかという事が課題とされており、「梱包の統一」、「廃棄物削減」、「リターナブル」、「合理化」というものが求められています。いくつか紹介させていただきますと、まず、「リターナブルケース」は、小ささまざまなコンテナが簡単に組み立て・折りたたみが可能となることで、使い捨てであった梱包ケースが何度でも繰り返し使用できるようになっています。「ネスティング（重ね合わせ）」は、中仕切り板を折りたたんで容器内に収納できるため、空容器の積み重ねが可能となったものです。結構驚かされたものは、「ワンタッチ組立」と呼ばれるもので、容器を組み立てることで、中仕切りが同時にセットされてしまうというものであり、これは、作業者にとっては非常に便利なものであると思いました。これらの物流機器は、どちらかという、現場の作業者による作業効率の改善により生じてきたもののように入れ、職員の発想力には驚かされるものがありました。

最後に用意されたものは、「おいん鈴鹿」などにも出展されるため、読者諸氏におかれましてはご存知の方が多数みえられることと思いますが、DDS と呼ばれる運転適正診断の体験であります。このトラックには、2種類の試験機が備わっており、1つは、簡単な適正試験のようなもので、画面に出てくるマーカーによってアクセルやブレーキを操作しながら、道路中央部を走行するというものであります。免許を持って20年ほど経ちますが、結果は無残なものでした。もう1つは、過酷な条件下を走行するシミュレーションであります。これは非常に厄介なもので、普段している目視が全くできず、さらに大画面のせいか途中で気分が悪くなり、リタイアしてしまいました。皆さんも機会があればチャレンジしてみたいはいかがでしょうか。

最後になりましたが、見学の間を与えてくださったホンダ・エクスプレスの担当者各位、企画等でお世話になった商工会議所の皆様方に紙面をお借りして御礼申し上げます。

鈴鹿高専ヒューマン&テクノロジーネットワークの活動報告

電気電子工学科 近藤一之



鈴鹿高専ヒューマン&テクノロジーネットワーク（以下SHTNと省略）が、鈴鹿高専卒業生相互および鈴鹿高専教職員との人的ネットワークの構築、互いの自己啓発、異業種および異年代間交流による新発想の開拓や新規技術の創出などを目的として平成12年10月に発足してから5年半が経とうとしています。この間、年1回の総会と年2回の技術交流会を定期的に開催して来ました。

平成17年11月5日（土）には第6回総会と第11回技術交流会をマルチメディア棟視聴覚室において開催し、卒業生、教職員28名が出席しました。今回の総会・技術交流会では、参加者を増やす試みとして、比較的最近卒業され、今までSHTNに参加されたことのない方に講演を依頼してみようと言うことになりました。学内幹事各位のご協力により3名の新会員の方に講演をしていただくことができました。また、講演者に関連する卒業生のグループから新しく2名の方に参加していただきました。学内幹事やSHTN会員の勧誘で3名の方が参加されました。以上のように計8名の方に新たにSHTNの輪に加わっていただくことができました。総会と技術交流会の様子を以下に記します。

総会

小手川SHTN代表の「継続は力なりと言いますので、この会も地道に息長くやっていきましょう」との挨拶に会が始まりました。設立当初に比べ、参加者が減少傾向にあることに対し、これを改善する方策などについて意見が交わされました。この会のことを知らない卒業生が多い、たくさんの卒業生にSHTNの存在を知っていただき、会員数を増やす努力をする、そのために色々な場（ホームページ、高専祭でのポスターの貼付等）で広報活動をする、著名な方の講演を企画してみる、若い卒業生も気楽に参加してもらえるようにするなどの意見が出されました。

技術交流会

総会に引き続き、技術交流会が開催され、3件の講演が行われました。演題と講演者は以下の通りです。

- (1) 「現場からの製品開発」
今村 晋一郎さん（H2E 株式会社デンソー）
- (2) 「企業において高専卒女性社員が歩んだ道」
下岡（旧姓 疋田） 里美さん（H5C 三菱化学株式会社）
- (3) 「金型生産を支えるITとその活用」
山本 忠司さん（H7I 株式会社ヤマナカゴーキン）

講演された方の卒業年度はすべて平成に入ってからであり、昨年度までに講演していただいた方々より10年以上若い方たちばかりでした。ご講演の内容から、日本の産業界の各分野で鈴鹿高専の卒業生が元気

に活躍している様子が、目に浮かぶようでした。参加していただいた方からも「大変新鮮でした。」との感想をいただいています。

時間的には前後しますが、平成17年3月8日（火）に第10回技術交流会として、明日への挑戦・産学官共同 ～ 明日を拓く産学官連携をテーマとして、SUZUKA産学交流会と共催で第15回産学官交流フォーラムを開催しました。その中で、RSP関連リレー講演としてSHTN会員の江崎尚和さん（52H, 鈴鹿高専 材料工学科助教授）と藤松孝裕さん（62M, 鈴鹿高専 機械工学科講師）のお二人がそれぞれ「次世代エレクトロニクスに対応する異方性導電フィルム基材の整合技術の確立」、「インクジェット方式を用いた蛍光体塗布装置の開発」と題して講演されました。

お願い

この技術便りをお読みのみなさま、SHTNの会員の増大、技術交流会への参加にご協力をお願いいたします。また、SHTNは鈴鹿高専教職員のみなさまの会でもあります。積極的にご参加いただきますようお願いいたします。



第6回総会・第11回技術交流会の参加者の皆さん



今村さんの講演



下岡さんの講演



山本さんの講演

希土類マンガナイトの合成と物性測定



下野 晃 (SHIMONO Akira)

生物応用化学科
所属学会：日本化学会

日本セラミックス協会

日本希土類学会

使用・応用分野

1. セラミックスの合成
2. 雰囲気炉の設計
3. セラミックスの熱処理 等

研究分野

無機材料化学

キーワード

有機金属錯体
酸素不定比化合物
希土類マンガナイト

1. はじめに

化学式 ABX_3 で示されるペロブスカイト型の化合物やその関連構造を有する化合物（図1）は、触媒や電気・磁気的特性について古くから研究されています。また、近年、この構造を有する希土類マンガナイトは、電極材料への応用や巨大磁気抵抗効果について注目されています。このような希土類マンガナイトの構造を基礎的な面からみると図1に示す八面体の各頂点には酸素イオンが位置し、その中心にMnイオン、また酸素の層間に希土類イオンもしくは希土類イオンを一部おきかえたアルカリ土類イオンが位置するために MnO_6 酸素八面体結晶場があり、このMnイオンは+3価と+4価の混合価をとります。従って、この化合物の熱処理を行う際の雰囲気酸素分圧を調整し、Mnイオンの混合価の割合を変化することにより酸素不定比性を有する化合物を調整することができます。この酸素不定比量の変化は化合物の結晶構造や電気・磁気的、および熱的特性等に影響を与えます。また、定比に近い化合物では、+3価のMnイオンのJahn-Teller効果^{1,2)}により結晶歪を有し、高温でこの歪がとかれて対称性の良い結晶構造に相転移する可能性もあります。

(a)ペロブスカイト構造 (b) K_2NiF_4 型構造 (c) $SrTi_2O_7$ 型構造

図1 ペロブスカイト構造およびその関連構造

私たちは、これまでに種々のペロブスカイト型構造を有するものとその関連構造を有する希土類マンガナイトの生成条件を調べ、すでに幾つかの新規化合物の合成に成功しています。そして、さらに合成した化合物についてはその結晶構造の決定

を行ったり、電気的特性、熱的特性、および磁性等の物性を測定することでJahn-Teller効果によって歪んでいる結晶の相転移温度も見出しています^{3,4)}。

ここでは、一連の希土類マンガナイト化合物の中でペロブスカイト構造を有する $LaMnO_{3+x}$ （X：酸素不定比量）を例に上げてこの化合物の合成法、酸素不定比量調整法、電気伝導度および磁化率測定による相転移温度決定法について解説します。

2. 希土類マンガナイト合成法

化合物の合成には1)通常のセラミックス法と2)有機金属錯体を出発物質とした湿式法の二種類の方法を試みています。1)では出発物質として原料のストイキオメトリーを調整するために前処理を施した La_2O_3 と Mn_2O_3 の粉末をモル比が1:1になる様にそれぞれ秤量・混合し、金型で加圧成型してペレットを作製します。そしてこのペレットを空气中、1573Kで72時間焼成して試料を調製します。一方、2)の方法ではLaイオンおよびMnイオンの2-エチルヘキサン塩溶液を調製し、それぞれの錯体溶液中の金属イオン含有割合を粉末X線回折分析および熱重量分析で同定・定量した後、この2種類の溶液を金属イオンのモル比が1:1になるように混合し、加熱して脱溶媒し、引き続き熱分解して粉末を得ています。そして、この粉末を加圧成型してペレットを作製し、空气中、1273Kで72時間焼成して試料を得ています。この方法は1)に比べて試料を得るまでの操作数が増えて複雑になりますが出発物質を溶液状、分子レベルで混合できることにより焼成温度を低く抑えられる利点があり、1473K程度の温度で昇華してしまう出発物質を用いるような場合や熱分解してしまう希土類マンガナイトの合成には有効であるといえます。そしてこのようにして合成した試料が単一相であることを確認した後酸素不定比量の異なった試料を調製します。

3. 酸素不定比調整法

試料の酸素不定量の調整には自作の雰囲気炉を用います。雰囲気酸素分圧の調整法には酸素-アル

ゴンガスの混合系を用いる方法と水素-炭酸ガス混合系の熱力学的平衡を用いる方法を採用しています。それぞれの系でガスの混合比を単一ガスのみ気流および1000:1~1:1000の混合比に調整することができる流量計を用いているので、酸素-アルゴン混合系では酸素分率の対数として $\log P_{O_2} = 0 \sim -3$ の雰囲気酸素分率の調整が可能です。また、水素-炭酸ガス系では酸素分率は次式で与えられます。 $\log P_{O_2} = 2(\log K_2 - \log 2 + \log(a-1 + ((1-a)^2 + 4a/K_1)^{0.5}))$

ここで、 K_1 、 K_2 はそれぞれ $H_2 + CO_2 = CO + H_2O$ および、 $CO_2 = CO + (1/2)O_2$ に対する平衡定数で、 a は CO_2/H_2 の混合比です。この系の場合、1273~1473Kでの熱平衡関係から計算上、 $\log P_{O_2} = -4 \sim -20$ 程度の雰囲気酸素分率を発生させることができます。試料の熱処理は図2に示すクエンチ炉内に混合ガスを導入し、実際の炉内の酸素分圧を酸化コバルト酸素センサーで測定しながら、試料を1273K、12時間保持した後氷点へ急冷して酸素不定比量を固定します。 $LaMnO_{3+x}$ の場合の酸素不定比量 x は、この試料を、1273K、 $\log P_{O_2} = -15$ 付近で処理すると La_2O_3 と MnO に分解するため、この点を基準として各酸素分圧で処理した試料の重量変化から決定しています。



図2 試料熱処理用クエンチ炉

4. 相転移温度測定

相転移温度の決定には電気伝導度と磁化率を測定しています。電気伝導度は、ペレット状の試料に4本の電極を埋め込み、定電流を流しながら電圧を測定して4端子法で電気伝導度の温度依存性および酸素分圧依存性を求めることができます。また、磁化率はファラデー法により磁化率の温度依存性を液体窒素温度より1000K程度まで測定することができます。図3に酸素不定比量を調整した5種類の試料の電気伝導度の温度依存性の測定結果を示します。この図から分かるように比較的酸素不定比量の大きな試料($x = 0.057$)では電気伝導度の対数の値は温度の逆数に比例しますが、不定比量が小さい試料では電気伝導度曲線に急激な変化が起きる部分が観察できます。また、この変化は定比に近い試料ほど大きくなる傾向があります。また、図4に示す磁化率の温度依存性の測定においても酸素不定比量の小さい試料ほど急激な変化が見られ、比較的酸素不定比量が大きな試料($x = 0.068$)ではこのような変化が見られなくなります。

またさらに、電気伝導度曲線と磁化率曲線に現れる急激な変化の始まる温度は定比に近い組成の試料ほど高温になります。これらの変化の起こる温度と高温X線回折分析の結果とをあわせて考えると次の様にまとめることができます。

1. $LaMnO_{3+x}$ では定比に近い組成の試料は室温では+3のMnイオンのJahn-Teller効果により斜方晶系の結晶構造をとっている。
2. また、酸素不定比量が大きい試料では菱面体晶系の結晶構造になっている。
3. 室温で斜方晶をとる試料では高温で菱面体晶へ相転移する。
4. この相転移温度付近で電気・磁氣的挙動が変化する。

したがって、電気伝導度や磁化率の温度依存性測定を行うことによりJahn-Teller効果に起因する相転移温度を見出すことができます。私たちはこの他の測定法としてDSCによる熱分析なども行っていますが、それぞれの手法から決定された相転移温度の値はよい一致を見せており、これらの手法による相転移温度の決定法は有効であると思われます。

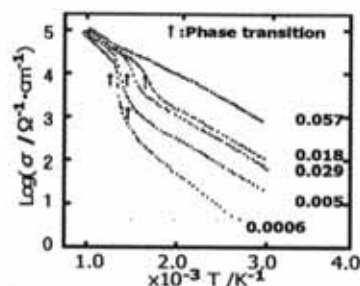


図3 電気伝導度の温度依存性

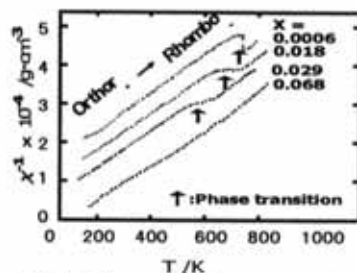


図4磁化率の逆数の温度依存性

参考文献

- 1) L. E. Orgel: 遷移元素の化学、(岩波) (1966)
- 2) W. Moffitt and W. Thorson, Phys. Rev., Vol.108, p.1215 (1957)
- 3) Akira Shimono and Naoki Kamegashira, Mater. Chem. Phys., Vol.21, pp.307~311(1989)
- 4) Akira Shimono, Kouji Hyashi and Naoki Kamegashira, Mater. Chem. Phys., Vol.28, pp.175~190

レーザー光を用いたプラズマの生成と計測



柴垣 寛治 (SHIBAGAKI Kanji)

電気電子工学科

所属学会：応用物理学会

電気学会

プラズマ・核融合学会

レーザー学会

研究分野

プラズマ科学

量子エレクトロニクス

キーワード

プラズマ、レーザー、ナノテクノロジー 等

使用・応用分野

1. プラズマ診断
2. プラズマエレクトロニクスへの応用
3. 炭素ナノクラスターの創製

1. はじめに

筆者および共同研究グループでは、レーザーを用いたプラズマの生成と計測をテーマとした研究を進めている。本稿ではこれまでの成果と現在取り組んでいる研究について紹介させていただく。

2. プラズマ計測とは

そもそもプラズマを研究する意義は何であるかをまず述べておきたい。現在、プラズマはエレクトロニクス分野で幅広く使用されているツールのひとつであるといえる。近年よく知られるようになったプラズマテレビは応用のほんの一部に過ぎない。もっと重要なのは、半導体集積回路を作製する際の、微細な配線パターンを実現するためのツールとしての役割である。プラズマによる半導体材料のエッチング、あるいは薄膜作製技術などにより、究極の微細加工が実現でき、半導体デバイスの小型化と高性能化が達成されている。

しかし現在、より一層のデバイスの小型化と高性能化が求められ続ける中で、これまで以上に精密な微細加工技術が必須となってきた。そのためにはプラズマ内部に存在する原子・分子・荷電粒子などの運動を制御する必要性が指摘されているが、それらの挙動は極めて複雑であり、完全に理解されているとはいえない状況にある。したがって、できるだけ簡便かつ高精度にプラズマをモニタリングする技術の開発が産業的に望まれている。そこで筆者を含む研究グループでは、主にレーザーを用いた分光法によりプラズマを計測・診断する技術の開発を行っている。以下では各テーマについて解説する。

3. スパッタリングプラズマの二次元画像診断

薄膜作製法として現在幅広く使用されているスパッタリング法について、スパッタされた粒子の密度および速度を実験により観測した。これらのデータは薄膜作製の指針を得るためのツールとして大変に有用であると考えている。本研究の特色は、スパッタされた粒子のプラズマ中での密度と速度

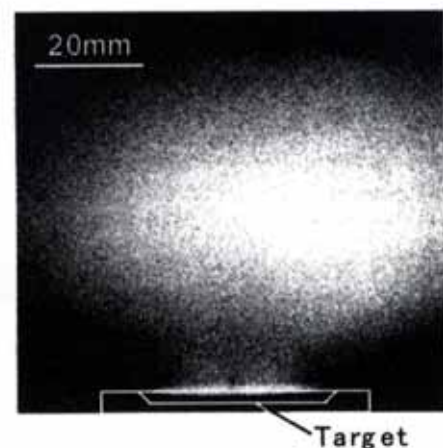


図1 鉄をターゲットとした場合のマグネトロンスパッタ鉄原子のLIF画像

を画像として検出する点にある。この二次元画像診断技術、特に速度の空間分布のデータに関しては、これまでになかった新規性の高い成果として論文を著したので参考にしていただきたい。方法の概略は、まず、測定対象となるスパッタリングプラズマに、波長可変レーザー光をシート状に成形して入射させる。このとき、プラズマ中の測定対象粒子の遷移波長に同調させて、誘起蛍光を観測する。この手法はレーザー誘起蛍光法 (Laser Induced Fluorescence : LIF) と呼ばれ、手法自体は新しいものではないが、本研究では高感度CCDカメラを用いて、シート状レーザー光によって作られる誘起蛍光の二次元画像を撮影した。この誘起蛍光強度の空間分布は基底状態の粒子密度にそのまま比例するため、絶対密度校正を行うことにより、プラズマ中の粒子密度の二次元空間分布が得られる。プラズマ測定技術として一般的な発光分光法と比較すると、高価なレーザー光を用いるという点がポイントになるものの、プラズマ中に存在する粒子の絶対密度を、優れた時空間分解能で測定できるという圧倒的な利点を有する。図1に典型的な画

研究者紹介

像例を示す。この例ではスパッタされた鉄原子の密度分布を観測したものであるが、スパッターゲットから離れた位置に密度のピークが存在していることが分かり、直感的な理解と実際の密度分布は異なっていることが示された。

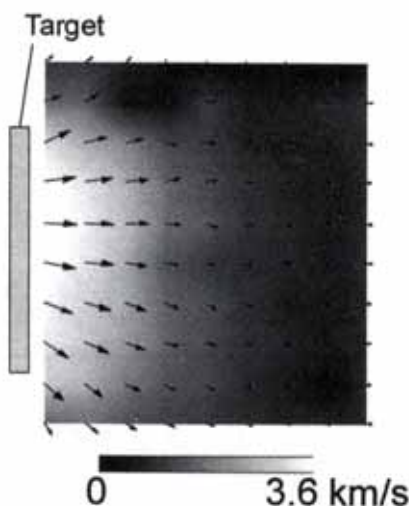


図2 マグネトロンスパッタ鉄原子の速度の二次元ベクトルマッピング

また、本研究では狭帯域レーザーを用いることにより、誘起蛍光のドップラープロファイルを観測して、スパッタされた粒子の速度分布関数の二次元空間分布を取得することに成功した。図2に観測された速度の空間分布の例を示す。一連のデータから、スパッタされた粒子がどこでどのように運動しているかについての情報を素早く取得することが可能となった。こうしたプラズマ計測技術によりこれまでになく知見を得ることができ、それらを現場にフィードバックすることで、より生産性の高いプロセスの開発につながることを期待している。

4. レーザーアブレーションによるナノ微粒子の創製

これまでに紹介したプラズマ計測とは異なり、レーザー光を用いてプラズマを生成する研究も行っている。これはレーザーアブレーションと呼ばれるもので、高強度のレーザー光を集光して固体あるいは液体材料に照射し、瞬間的に加熱・気化させることにより、局所的なプラズマ状態を作り出す技術を指している。筆者はこれまで、このレーザーアブレーションプラズマによって生成された微粒子に注目し、それらを計測する技術開発を進めてきたのでここに紹介する。

筆者らが特に注目しているのは炭素材料のアブレーションによって生成される炭素ナノクラスターである。この炭素クラスターをイオン化して、飛行時間型質量分析法を用いてその種類や密度を系統的に調査した。図3は筆者らが開発した飛行時間型質量分析装置の模式図および観測された質

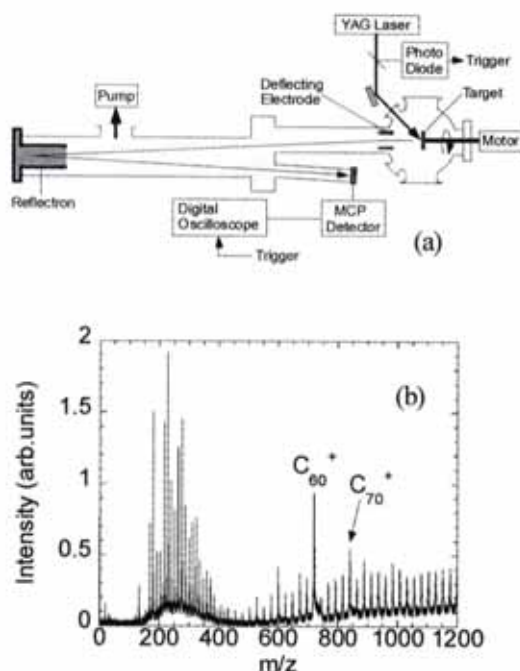


図3 (a)飛行時間型質量分析装置の概略図、および (b)観測された質量スペクトルの一例

量スペクトルの一例を示している。これは市販の製品ではなく、筆者らが設計から行い、真空容器を組み合わせて製作した自作の装置である。この装置により、高い質量分解能で分析を行うことが可能となり、プラズマ中での炭素ナノクラスターの生成機構について多くの知見が得られた。また、特定のポリマー材料をアブレーションすることで特殊なクラスターが多量に生成されることを見出した。一連の成果についての詳細は論文を参考にしたい。現在、レーザー光発振装置を含む質量分析装置は鈴鹿高専に設置されており、今後新たなテーマを模索しつつ実験を遂行していきたいと考えている。

5. おわりに

限られた紙面ですべてを紹介することはできないが、ここに紹介した以外のテーマの研究も行っている。プラズマエレクトロニクスの分野は技術進歩が進むにつれ、より一層学際的な色合いが濃くなりつつあり、電気・プラズマ以外の知識や能力、あるいは設備を必要としている。そうした背景から、専門分野を超えた共同研究の重要性が高まっている。プラズマエレクトロニクスに興味がおありの方々からの助言・提案などがあれば大歓迎であるし、研究コミュニティへの参加や技術相談などのご希望があれば、喜んで紹介させていただく。私の研究成果および連絡先などの詳細は、鈴鹿高専の研究者データベースのウェブサイト

http://www.suzuka-ct.ac.jp/sangaku/DB/E_karaji.html をご覧いただければ幸いである。

◆ お知らせ ◆

お問い合わせ・ご質問・ご要望等は下記までお願いします。

〒510-0294 三重県鈴鹿市白子町 国立鈴鹿工業高等専門学校庶務課

TEL 059-368-1717 FAX 059-387-0338 E-mail : sangaku@jim.suzuka-ct.ac.jp

産学技術サロン（主催 鈴鹿商工会議所）

毎月最終金曜日 16:30～

鈴鹿高専共同研究推進センター会議室

せれんでクラブ

毎月第3金曜日 16:30～

鈴鹿高専共同研究推進センター会議室

行事内容

平成18年

3月24日（金）

卒業式、専攻科修了式

3月3日（金）

SUZUKA産学官交流会産学官交流フォーラム

3月25日（土）～26日（日）

おいん鈴鹿産業フェスタ（鈴鹿市文化会館付近）

3月3日（金）

鈴鹿高専ヒューマン&テクノロジーネットワーク

技術交流会

編集後記

本校が独立行政法人化され2年が経とうとしています。これに伴って外部評価が必要となり平成15年にJABEE（日本技術者教育認定機構）による教育プログラム認定審査、そして今年度、大学評価・学位授与機構による認証評価が行われました。今回の技術便りでは企業の皆様にJABEEについてもっと知ってもらおうとJABEE記事を掲載しました。御一読頂ければ幸いです。

また、全国的に学校の独立が期待されています。本校においても学校を地域社会の皆様にオープンし、企業の皆様と連携して技術相談や共同研究に力を入れていきます。

SNCT News Letter 第9号 平成18年2月印刷 平成18年2月発行

編集 国立鈴鹿工業高等専門学校 共同研究・地域貢献推進委員会

発行 国立鈴鹿工業高等専門学校

三重県鈴鹿市白子町（〒510-0294）TEL 059-368-1717 FAX 059-387-0338 <http://www.suzuka-ct.ac.jp/>

印刷 東写真工芸株式会社

（再生紙を使用しています。）