

## 第3章 物質創成科学研究科

〈物質創成科学専攻〉

〈連 携 講 座〉



## 物質創成科学研究科

平成4年に閣議決定された科学技術政策大綱には、「基礎科学の振興と重要分野の研究開発の推進」の項において、物質・材料系科学技術が、今後の重要研究開発分野の第一に挙げられている。また平成7年の科学技術白書にも、今後開発すべき基礎的・先導的な科学技術として物質・材料系科学技術がまず取り上げられており、「特に近年、情報・電子、ライフサイエンス等の先端科学技術分野においては、未踏分野を切り拓く革新的な研究開発の多くは新たな材料にシーズを求めており、独創的な研究開発を推進し、科学技術立国を図っていく上での共通的・基盤的技術として物質・材料系科学技術の重要性がより高まっている」と述べられている。

このような認識のもとに、先行の2つの研究科と協力して新物質、新素材の創成を目指す新しい教育研究組織を作ることが緊急の課題とされ、「物質創成科学研究科」が、本学の3番目の研究科として平成8年5月に創設された。本研究科の理念は、物質の仕組みと機能の関係を電子・原子・分子といった微視的な観点から深く理解し、それに基づいて全く新しい物質や構造を創り出し、また、新規な機能を掘り起こして人類の未来に役立てようというものである。本研究科では、このような分野で世界的に評価される研究成果を挙げるとともに、次世代を担う創造性豊かな人材を組織的に養成することを目的として最先端の研究と教育が行われている。

本研究科は、12の基幹講座と6つの連携講座からなり、物理学、化学、生物学、電子工学、高分子科学など広い分野の専門家が垣根を取り払って総合的な見地から新しい分野の創造を目指すところに大きな特徴がある。基幹講座の役割が、物質創成科学における基礎的研究ならびに教育を推進することであるのに対して、ここで得られた新しい知識や新規物質を発展させて、新材料の開発や新規デバイスの構築への展開を図ることが連携講座の役割である。連携講座を担当する教官は、企業および大学以外の研究機関に属する研究者であり、本研究科においてスペースや予算を持って学生の教育と研究を行うばかりでなく、本研究科の学生が連携講座を受け持つ企業等の研究施設を利用して教育や研究指導を受けることができるシステムになっている。

基幹講座のスタッフに関しては、設立と同時に教授1名が着任し、平成9年4月には教授4名と助教授2名が着任、平成10年4月には教授12名全員がそろった。その後、学年進行により、13年度までに、教授12、助教授12、助手20のポストがついてお

り、残りの助手ポスト4は平成14年度に充足の予定である。また連携講座の教授12名と助教授6名は平成10年4月に全員が着任した。建物については、3期に分けて工事が行われ、平成10年2月に第Ⅰ期工事が、また平成11年4月に第Ⅱ期工事が終了し、12年12月に建物の全体が完成した。一方、学生に関しては、平成10年4月から受け入れを開始し（修士課程定員90名）、12年4月から博士後期課程（定員30名）が発足した。なお、平成10年4月に設置された学内共同の教育研究施設である物質科学教育研究センター（13年度現在、定員は教授2、助教授2）の教官も本研究科の教育研究に全面的に協力している。

学生の受け入れ開始以来のこの3年あまりで、本研究科では200名近い修士修了者を世に送った。その4分の1は博士後期課程に進学し、他の大部分は企業に就職したが、国家公務員や高校教諭などの道へと進んだ者もいる。

本研究科は、今後の方向として、ナノメーターサイズの材料や素子を自由に操る技術であるナノテクノロジーと、ボトムアップの手法を用いて分子を集積させてデバイス機能を持たせる新しい科学技術を融合させた新領域の基礎開発を行うことにより、情報通信、ライフサイエンス、環境などの分野を中心に、次世代の産業や社会を支える基盤技術に貢献して行くことを目指している。

なお、本研究科が中心になって行った主なイベントとしては、国内外の研究者を集めて平成10年11月に奈良県新公会堂能楽ホールで開催した NAIST International Symposium on Nanotechnology and Biotechnology for Future Devices、平成11年8月に大阪国際交流センターで行った公開シンポジウム「21世紀の科学技術と理科教育」などが挙げられる。前者のシンポジウムにはノーベル物理学賞受賞者のH.Rohrer博士をはじめ、この分野の一流の研究者が講演を行い、200名余りの研究者が参加した。一方、後者の講演会では、水野博之氏、秋山仁氏のほか、元科学技術庁長官の田中眞紀子氏が講演を行ない、一般市民を含めて800人を越える参加者があった。また2002年3月には、研究科の教授6名と学生5名が参加して、韓国科学技術院においてNAIST / K-JIST Joint Symposium on Advanced Materials と題する初の国際合同シンポジウムが行われる予定である。

(文責 櫛田孝司)

この講座には、平成9年4月に金光義彦が助教授として着任し、平成10年4月に櫛田孝司が教授として着任した。また平成12年4月に岡本慎二が助手となったが、平成13年6月に転出し、井上英幸が後を継いだ。

本講座では、レーザー分光学の手法を用いてナノメートルサイズの物質が示す特異な光学特性を研究し、それを物性科学的な立場から理解することを目的にしている。バルク結晶と異なり、ナノ構造の物質では境界条件のために電子の波動関数は制限を受け、バンド構造が変化する。さらに電子と正孔の相対運動も閉じ込め効果のために影響を受け、光学特性が大きく変化する。このような現象は新しいデバイスに利用できる可能性があり、ナノテクノロジーの1分野として大きな注目を浴びている。われわれは、次元性やサイズによる物性変化を深く追求し、その機構を明らかにするとともに、新しい機能性を掘り起こす際の指針を得ることを目指している。

一つの例として、シリコンを取り上げると、これは現在の情報化社会を成り立たせている最も重要な物質であるが、バンドギャップが狭いうえに間接遷移型と呼ばれるバンド構造のために、光とうまく結合せず、次の時代の主役となる光エレクトロニクス、フォトンクスには不向きである。ところが、これをナノメートルのサイズにするとバンドギャップが広がり、しかも光と強く結合するようになる。これは、電子が粒子性と同時に波動性をも兼ね備えていることによって説明できるもので、典型的な量子効果である。さらに試料のサイズによって結合する光の波長が異なるので、シリコンナノ結晶のサイズを変えると赤、緑、青などいろいろな色の発光をするようになる。これらの現象が新しい応用につながる可能性をもつことは明らかであろう。例えば全てがシリコンでできた各種フォトニックデバイスに道を開くばかりでなく、太陽電池の高効率化への応用なども考えられる。

われわれは、アモルファスシリコン、結晶シリコンナノ微粒子(ナノ結晶)、アモルファスシリコンナノ微粒子、結晶シリコンナノワイヤーなどさまざまなナノ構造シリコンについて発光のスペクトルとダイナミクスをバルク結晶シリコンの場合と比較し、微小なサイズの空間への電子や正孔の閉じ込め効果や、構造の乱れに基づく空間的な局在化効果と光学特性の関係を明らかにしてきた。

また本講座では、イオン打ち込みによって作られたナノ結晶の研究も精力的に進めているが、これは

今後の応用が期待されるユニークな研究である。これは例えばガリウムイオンと砒素イオンを高電圧で加速して $\text{SiO}_2$ 中に打ち込み、その後で温度をあげてGaAsのナノ結晶を作るというものである。イオンは質量分析器を通してから打ち込むので、極めて純度の高い試料が得られるばかりでなく、集束イオンビームを用いることにより空間的に場所を選んで打ち込みを行うこともできる。また、打ち込むイオンや基板の種類もかなり自由に選ぶことができ、結晶基板にイオンを打ち込むことにより、配列した化合物半導体のナノ結晶を得ることもできる。われわれは実際に $\text{SiO}_2$ や $\text{Al}_2\text{O}_3$ 基板中にGaAs, CdS, ZnSなどの化合物半導体ナノ結晶を作製し、その光学的な性質を明らかにしてきた。また、作製したナノ結晶中にさらに他のイオンを入れることにより、ドナーやアクセプター、或いは発光中心とすることができるとも示した。イオン打ち込み法は単純な手法であるが、今後、新しい構造や組成を持つナノ構造物質の作製に大きな威力を発揮するものと考えている。

さらに我々は、ナノ結晶中の不純物イオンの発光スペクトルが組成は同じでも試料の作製条件に強く依存することを見出した。これは対象物を標識し、それを同定分別する手段を与えるものとして実用的に大きな価値を持つと考えられる。

一方、2価のサマリウムイオンを含むZnSナノ結晶では、これまでのものと全く異なる新しい光メモリー効果が見出された。これは当てた光の波長と照射方向、偏光方向などを全て記憶するという現象で、室温で動作する超多重光メモリーを可能にするものである。そのメカニズムは、光の多重散乱によって作られた干渉縞を光誘起ブリーチング(脱色)によって記録するというもので、他の物質でも、散乱性が強く光照射によって蛍光強度が減るようなフォトリズムを示す物質では同様な光メモリー効果が見られることが確かめられた。このメカニズムでは3次元的に情報記録が行なわれるために記憶容量も $10^4$ ビット/ $\mu\text{m}^2$ と非常に高くなる。現在は、記録された情報を何度も読み出してもそれが記録情報を乱さないようにする方法と、それに適した材料の研究を行っている。

以上のように、本講座では、新しいナノ量子材料の創成と新しい物理現象の発見・理解を目指しており、ナノマテリアルズサイエンスを先導する研究室となることを目標としている。

(文責 櫛田孝司)

## 平成9年(1997年)度

凝縮系物性学講座は、平成9年4月に私、大門寛が教授として着任した時から始まった。当時はまだ物質創成科学研究科の建物は無く、研究調査センターの3階に間借りしていた。研究に必要なものを少しずつ購入していった。研究科の立ち上げの仕事、デスクワークでできる研究などが主な仕事であった。立ち上げに多額の研究費が使用できるはずであったが、バブルがはじけたことにより研究費が来ない事になり、多くの研究費の申請を行った。実験室が無かったので実験はできなかったが、実験室の設計をすることができたことは大きなメリットで、現在は使いやすい実験室が完成している。共同研究として、SPring-8での二次元光電子分光器の立ち上げを阪大の学生と行っていた。

平成10年の3月に、物質の1期棟ができ、仮の実験室(E201)に装置を入れた。前に所属していた阪大から超高真空槽を3台、その前に居た東大から1台、その前に居た物性研から1台搬入した。また、田無の物性研軌道放射物性研究施設から変形ローランド分光器を載せて、立命館大学放射光施設に移設した。

## 平成10年(1998年)度

平成10年の4月が研究室としては本格的なスタートの時であった。助教授の服部賢が就任したとともに、第1期生8名(石原健太郎、伊藤拓嗣、榎本一紀、菅沼伸隆、濃野友人、堀まどか、宮武優、山本季宏)が入学してきた。秘書として山下友美さんも参加した。

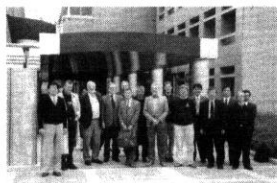


写真1

この年の特記事項は、科研費の特別推進研究と基盤研究Aが採択されたことである。特別推進研究では、従来の二次元光電子分析器のエネルギー分解能を大幅に向上することが目的である。研究室に新たに超高真空槽を整備するとともに、立命館大学の放射光施設にも測定装置を建設した。しかしながら、何も無いところから装置を動かすことができるようになることは容易ではなく、1期生とスタッフの苦労は大変なものであった。

11月には、NAIST国際シンポジウムが開催され、ノーベル賞学者のH.Rohrerさんや、J.K.Gimzewskiさんなど、関係ある人を招待して、交歓した(写真1)。12月にはM.vanHove氏も来訪した。

## 平成11年(1999年)度

平成11年の4月には、助手として武田さくらが就任し、同時に第2期生7名(小林篤史、紺野周重、田中宰、浜田洋司、福本恵紀、堀良明、水間章子)が入ってきた(写真2)。



写真2

この年の特記事項は、放射光を使わずに実験室で測定できる二次元光電子分光システムが完成したこと、および、高分解能の一次元光電子分光器SES2002を購入したことである。また、Spring-8でデータが出るようになった。1期生が、初めて修論発表を行って就職や進学をした。

## 平成12年(2000年)度

4月には、助手として松井文彦が就任し、第3期生8名(大久保知洋、岡本俊介、片桐洋、日比幹晴、

松本英明、宮井俊輝、宮田洋明、山谷寛)が入って来るとともに、1期生のうちの2人(濃野、宮武)が初めての博士後期課程の学生となった。

この年の特記事項は、大門の「立体原子顕微鏡」の発明と、国際会議「表面電子原子現象」の開催である。「立体原子顕微鏡」の発明(図1)は、特許をとって論文発表を行うと共に、記者会見を行い、テレビ、新聞などに大きく報道された(写真3)。国際会議「表面電子原子現象」を2001年1月に本学内で開催し、Bauer先生など欧米の著名な研究者を7名招待して講演会を開いた(写真4)。その他の研究では、SES2002から「ホールバンド」という新しいデータが出たこと、STMでCO吸着の実験が出来るようになったことなどが挙げられる。

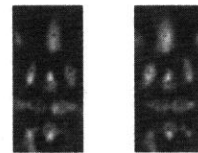


図1 W原子配列の立体写真



写真3 NHKテレビニュース



写真4

年度の終わりの3月には、やっと最終的な実験室(F301)が完成し、実験室の引越しを行った。同時に、多くの装置がトロッコシステムでつながり、超高真空の雰囲気中で試料の移動が出来るようになった。

## 平成13年(2001年)度

平成13年の4月には、第4期生7名(片岡恵太、龍田剛、中村洋次郎、中本梓、林敏史、東直人、本田充紀)が入学してきたとともに、博士後期課程への入学(橋本美絵)と進学(浜田)が一人ずつあった。秘書の川田えり子さんも加わった(写真5)。



写真5

トロッコにつながっている6台の試料作成・評価装置の整備が進んだ。特記事項としては、立命館放射光施設の装置から安定してデータが出るようになり、その成果により、助手の松井が真空紫外国際会議(2001年7月トリエステ)において、ベストポスター賞をいただいたことである(写真6)。また、2002年1月には、M2の宮田が第15回日本放射光学会年会・合同シンポ学生賞を受賞した(写真7)。

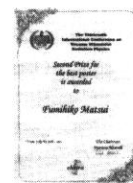


写真6

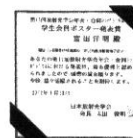


写真7

イタリアからErica Jacobさんが2週間滞在して実験したり、ドイツのBESSYからOliver Rader氏が来日して、外国人客員研究員として立命館の装置で実験していくなど、国際色が豊かになった。

(文責 大門 寛)

複雑系解析学講座は、平成10年度に相原正樹と稲垣剛の二人のスタッフによりスタートしました。翌年高橋聡をメンバーに加え、本年度は研究室も完成し本格的に始動を開始しました。物質創成科学研究科は先行する2研究科と共に、最先端の設備を備え、全国から優秀な学生を選抜して最高レベルの教育研究を目指した大学院大学として発足しました。現実には、目論見通りにはなかなか進まない面もありますが、当講座でも先端科学の名に恥じないように独自の斬新なアイデアにより新たな道を切り開くべく鋭意努力しています。決して安易な道ではありませんが、スタッフ全員大いなる希望と野心を持って研究に取り組んでいます。複雑系解析学といっても、当講座では単なるカオスやフラクタルを扱うのではなく、レーザー光で強く励起した種々の物質内で生ずる複雑な状態（光誘起複雑系）とそこで発生する多様な現象を研究対象としています。具体的には、光誘起超伝導や半導体中の電子正孔ペアの超流動などが主要な研究テーマです。

光誘起超伝導とは、レーザー光のある種の物質（強相関電子材料）に照射して超伝導を発生させるもので、我々独自のアイデアとして数年前から狙いを定めて研究を進めています。強相関電子材料（セラミックの一種）に不純物原子を混ぜると高温超伝導が発現することは既に良く知られていますが、それを光で励起する事によって自由に移動する多数の電子や正孔（キャリア）を作って超伝導を実現しようというのが狙いです。光で作ったキャリアは高いエネルギー状態にあるので、熱の発生のために超伝導の実現は困難であろうと大多数の研究者は考えている様です。しかし、量子力学的な効果（虚過程）を上手に利用すると熱にならないキャリアを作り超伝導を実現できるのです。これは我々の独自の着眼点であり、低いエネルギー状態だけを考えていた従来の超伝導研究者では思い付かないものであると自負しています。紆余曲折の結果、最近ようやく重要な解析結果が得られるようになり、国際会議（DPC）に第一報を出しました。光で超伝導状態を作るためには、いくつかの技術的な問題をクリアしなければなりません。実験で検証できれば、物性物理学の基本的問題のみならず光・電子デバイスなどへの応用の面でも大変にインパクトの大きな問題となります。不純物原子を混合して超伝導状態を制御するよりも光で制御のする方が有利なことは明らかです。

超伝導は、電気抵抗がゼロになる、つまり電源無しで電流が永久に流れ続けるという実に不思議な現

象ですが、これは量子力学によって引き起こされません。低温のヘリウムの液体が、摩擦（粘性）が全く無いためにどんな狭い場所にも入り込んで永久に流れ続けるという超流動も類似な量子現象です。半導体中の電子正孔ペアの集団もある条件の下で超流動になり、光によって物質中に注入されたエネルギーが損失無しに伝播します。電子正孔ペアは光と相互作用してポラリトンという疑似粒子になります。我々は、高密度ポラリトン系の異常に速い伝播現象を示す実験に着目し、それが超流動状態における多体効果によって生ずることを理論的に示しました。この研究により、稲垣剛助手がルミネッセンス国際会議（1999年）の若手研究者賞を受賞しました。電子正孔ペアの超流動状態はそこから発生する光のスペクトルにより検証する事ができますが、電子正孔ペアの密度の高低により全く異なるスペクトルとなります。すなわち異なった超流動状態になっているからです。我々はそれらを統一的に解析する事に成功し、密度の変化とともにスペクトルが大きく移り変わる様相を明らかにしました。

ところで、我々の研究分野はいわゆる理論物理学（物性理論）ですが、コンピュータの果たす役割は年々大きくなっています。物質は無数の原子から構成されているので、メモリやプロセッサなどを多量に消費します。従って、大規模計算機を共同利用する事が必要となります。本学には残念ながら小規模計算サーバしかありませんが、本学の情報環境システム全体の利用に当たっては情報科学センター、情報科学研究科、および遺伝子教育研究センターの皆様には並々ならぬ協力を頂いていることに感謝しています。新しい研究の芽は分野間の境界に生ずる事が多いと思います。その点、日本は問題意識が遅れていると思います。幸い本学にはいろんな分野の研究者が集まっていますので、研究科間や講座間の活発な交流や協力関係を大切にしていきたいと思っています。その一つとして、最近注目されている量子コンピュータについて情報研究科の有志とセミナーを行っていますので、関心のある方の参加を歓迎します。

（文責 相原正樹）

1996年(平成8年)5月10日、平成8年度国家予算の成立によって本学に物質創成科学研究科が創設され、翌5月11日に京都大学大学院工学研究科教授今西幸男が転任着任し、高分子創成科学講座を担任した。今西は研究科長を併任したため、定員の充足と設備の充実のための概算要求(会計課と協力)、研究科建物の設計と予算請求(施設課と協力)、カリキュラムの編成(学生課と協力)等の用務に忙しく、高分子創成科学講座としての特筆すべき活動は行われなかった。

1997年(平成9年)4月1日付で、京都大学大学院工学研究科助教授伊藤嘉浩が転任により、高分子創成科学講座助教授に着任した。伊藤は進化分子工学(In vitro selection)による新ホスト・ゲスト化学の展開と、一定パターンに固定化した細胞増殖因子による各種細胞のパターン状成長と分化の制御に関する研究を進展させ、豊富な研究成果を生んだ。今西は平成10年度からの博士前期課程学生の受け入れ準備に忙しく、研究活動は伊藤助教授や京都大学木村俊作助教授の協力を得て行った。

1998年(平成10年)は物質創成科学研究科に博士前期課程の第一回入学生108名(予算定員90名)を迎え入れた記念すべき年であった。高分子創成科学講座にも10名の学生が配属され、本格的な教育研究活動が始動した。本講座は、ジャイアント(巨大)分子の合成・反応・構造・物性・機能に関して基礎的並びに先端的局面の研究、そのような研究を行うことのできる人材の育成と、高分子化学工業界が必要とする技術者の養成を目標としている。しかし、単一の講座で高分子化学の全分野に対応することは困難であるため、ポリオレフィンの精密合成と、生体関連高分子科学(ポリペプチド超分子工学、進化分子工学、細胞工学)に重点を置くこととした。この目標を達成するために、平成10年4月に創設された物質科学教育研究センター機能物質合成領域助教授として、住友化学工業(株)石油化学品研究所主任研究員から採用された野村琴弘に、高分子創成科学講座の学生の教育研究指導の一部を委任することになった。この年度における主要な研究テーマは、(1)均一系錯体触媒によるオレフィンの立体特異性リピング重合、(2)非天然核酸アプタマーの合成とホスト・ゲスト化学への展開、(3)防汚活性を有する擬溶出型塗料用高分子の合成などであった。平成10年5月には今西が、高分子科学技術の発展における傑出した貢献に対して、高分子学会から高分子科学功績賞を受賞した。また、伊藤助教授が日本バイオマテリアル

学会奨励賞を受賞した。

平成11年度には教官の間に大幅な移動があった。まず、4月1日付で伊藤助教授が徳島大学工学部教授に昇任転任し、本学では非常勤講師として講義の分担と学生の研究指導を行うことになった。これに伴い、7月に野村助教授が学内移動により、高分子創成科学講座助教授に着任した。また、4月1日付で東京工業大学資源化学研究所研究員であった永直文が助手として着任した。4月に入学した二期生のうち、8名が高分子創成科学講座に配属された。平成11年度の研究テーマは、永助手の参加に伴い、環状構造を含むオレフィン共重合体の合成と構造解析に関する研究テーマが新しく加わった。年度の終りには本講座から7名の第一回修了生を送り出した。平成12年2月3日には、今西が研究科の教育研究の充実発展における貢献に対してNAIIST学術賞を受賞した。

平成12年4月には、川添直輝が本研究科教務職員に採用され、高分子創成科学講座においてポリペプチド超分子工学に関する研究に従事するとともに、学生の指導に当ることになった。今西は研究科長を任期満了により退任し、担任講座における教育と研究指導に専念することになった。三期生は8名が本講座に配属となった。また、博士後期課程学生1名が誕生した。研究活動には、平成11年度から継続の研究テーマに、関西電力(株)との共同研究が新しく始まった。年度の終りには第二回修了生7名を送り出した。また、野村助教授が住友化学工業(株)在勤中に行った仕事に対し、日本触媒学会賞(技術部門)を受賞した。

平成13年4月からは、高分子機能材料化学を教育研究目標に据え、今西、永、川添の3名の教官と教務職員による指導態勢を固めた。そして(1)均一系錯体触媒によるオレフィンの重合、(2)高性能高分子材料の設計・合成、(3)生体機能高分子材料の設計・合成の3本柱のもとに教育研究活動を進めている。平成13年5月には、今西が高分子学会名誉会員に推戴された。講座配属された四期生は4名に過ぎなかったが、10月には、博士後期課程に短期修了を前提とした2名の社会人学生が入学し、本講座において修学を開始した。

(文責 今西幸男)



## ～ 未来を拓くフォトニクス ～

## 光機能素子科学講座の沿革と狙い

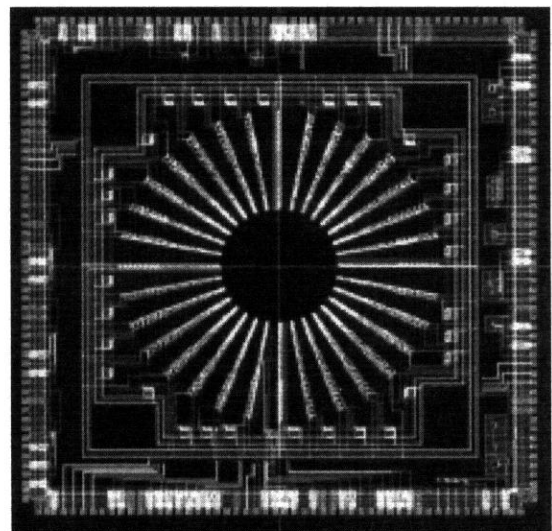
今世紀は「フォトニクスの時代」と言われ、超々LSIと共に高度な情報化・ネット化社会の重要な基盤技術である。本講座はその中核IT技術の更なる高度化のための新しい光機能デバイス/材料の研究開発を推進している。物質創成科学研究科と本講座は1998年4月に実質的スタートしたばかりで本学創立10周年にまだ胸を張る資格はないが、現在、私教授布下正宏と太田淳助教授、徳田崇助手、香川景一郎助手、及び博士課程2年生1名、1年生1名、修士課程2年生7名、1年生8名の総勢21名である。私と太田助教授は、三菱電機(株)の研究所にそれぞれ30年間、15年間勤務し、その間に種々の光機能デバイスの研究開発に携わって得た専門知識と実績を基に本研究科新設を機に新たな決意と大いなる期待を持って赴任してきた。私は、EL-TV用スイッチ素子の「非晶質半導体の電気的・光学的特性の研究」で学位取得の後、光ファイバ通信システムや光ファイバ応用計測とその光デバイスの研究開発と製品化に携わり、その後各種半導体レーザや赤外イメージセンサ、TFT液晶ディスプレイ、1 GbDRAM、Flashメモリ等超々LSI技術、高温超伝導デバイス等の幅広い先端的光/電子デバイスの研究開発とそれらの製品化を推進した。太田助教授は、光通信用OE-ICの研究に始まり光ニューラルネットとチップ、スマート受光アレイや人工網膜チップ等の視覚情報処理デバイスの研究開発に注力し、「光ニューロチップの研究」で学位を取得し、それらの成果により市村賞等多くの賞を受けた。赴任時、私達は日本及び世界のフォトニクス分野の技術動向と将来の技術課題について議論し、本講座の基本方針として次の3テーマを設定してその早期立上げと研究推進を図った。(1)GeSiC系、IV族混晶による新しいフォトニック(発光・受光)素子/材料の研究開発、(2)Si-CMOSプロセスによる新方式の知的画像処理素子の研究開発、(3)非線型光学による超高速光制御素子/新ナノ光学材料の研究開発、である。その後、徳田助手が「プラズマ励起MO-VPEによるGaInN/GaN成長技術の研究」で、香川君が「光・電子融合型マルチプロセッサシステムの研究」で学位を取得した後、それぞれ1999年、2000年から本講座に加わり、発足3年半を経て漸く陣容も充実し、研究も軌道に乗りつつあると実感している。上記テーマのどれも挑戦的であり、成功すれば社会や産業へのインパクト

は非常に大きく、5年、10年先を見通して着実に取り組んでいる。本講座では、物理や化学、生物、情報等に係る融合領域での基礎研究や新機能発現を目指す基本技術の獨創性を重視し、また情報通信システムの基盤としてのニーズや応用・実用化を強く意識して研究開発を進めている。大学(他研究科も含む)・国公立研究所、企業との連携にも力を入れ、共同研究(現在7件)を積極的に進めている。今年度、科研費や各種助成金は10件受けている。

## 研究業績

この3.5年間の実績は論文4件、国際会議発表7件、特許出願3件、受賞2件である。主な研究業績は、Si-CMOS標準プロセスを用いて、ヒトの視覚情報処理に近いパルス周波数変調方式ビジョンチップや全周囲カメラ(Hyper Omni Vision)用の32×32画素CMOSイメージセンサの研究・試作を行い、国内外の学会発表で注目を浴びた。図に全周囲カメラ用センサチップのレイアウトを示す。またSi-LSIと集積化可能な新しいフォトニックデバイスの研究では、MBE装置を用いてGeC/Siヘテロエピ結晶を成長してその結晶性や光学特性を明らかにし、デバイス化を進めている。光制御デバイスの研究開発に着手し、強誘電性PLZT薄膜の電気光学効果やファイバアンプ用材料の非線形光学効果等のメゾスコピック光学特性を調べている。今後の教育、研究における本講座の成果を期待して頂きたい。

(文責 布下正宏)



0.6  $\mu$ m CMOSプロセスで試作した全周囲カメラ用32×32画素イメージセンサチップのレイアウト図



演算・記憶素子科学講座は、これからの情報化社会に対応した高機能な演算・記憶素子を可能とする新規材料開拓の研究を行うことを目的として、物質創成科学研究科に設けられた基幹講座の1つである。私は、これまで京都大学大学院工学研究科において、圧電体や強誘電体等の機能性材料とその応用について研究を進めてきた。ここでは、更にそれを進め、そういった物質内での電子、光、音波の相互作用について研究を行い、原子・分子のレベルまで立ち返っての構造解析や物性理解をもとに、素子機能の向上や多様化を可能とする新物質・新形態や素子構造の創成の研究を行うことを目標の1つに掲げている。

当講座は、平成10年4月、私と同時に助教授として岡村総一郎君が着任し、9名の第1期生を迎えてスタートした。当時、物質創成科学研究科の建物はまだ3分の1しか完成しておらず、仮住まいでのスタートであった。研究室の一部を快く提供して下さいました今西幸男教授(当時の研究科長)に心より感謝したい。初年度は実験設備も十分でなく苦労も多かったが、化学溶液堆積法による強誘電体 $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ (PZT)薄膜や巨大磁気抵抗効果薄膜の作製と特性評価の研究に着手し、いくつかの有益な成果を得た。その中で、膜中の空間電荷の不均一な分布が分極特性や保持特性に大きな影響を及ぼすことを明らかにしたことは注目され、その後の国際会議での招待講演につながった。

平成11年度からは、助手として西田貴司君を、第2期生として9名の学生を迎えた。西田助手は電子材料の電気的特性評価のエキスパートであり、着任とともに強誘電体材料の物性に関するいろいろな評価の研究を開始した。建物も、もう3分の1が完成し、相変わらずの間借り状態ではあるが、実験スペースも少し広がった。スペースを提供して下さいました布下、冬木両教授に感謝したい。この年に、共通のクリーンルームが完成し、いくつかの大型製造設備が導入された。そこで、強誘電体薄膜メモリーへの応用を目指し、溶液気化有機金属化学気相堆積(MOCVD)法による高品質PZT薄膜の大面積・高速成膜を講座のメインテーマの1つとして掲げ、本格的に研究を開始した。PZT薄膜のMOCVD成膜に関して、京都大学時代から研究を行っており、これまで世界的に認められる成果を挙げてきたが、原料の安全性やバブリングという気化方式に伴う成膜速度の遅さの問題があり、量産化に向けては別のアプローチが求められていた。ここでは、世界に先駆けてより安全な液体原料を気化器にて直接気化させる方法にチャレンジすることとした。

平成12年度からは、もう一人の助手の武田博明君を迎え、スタッフは完成形となった。武田助手は結晶成長の専門家であり、圧電体や強誘電体の単結晶やバルク体の育成の研究を進めている。また、第3期生8名とともに、学内進学者3名を含む計5名の博士後期課程の学生を迎えた。この年においては、まずMOCVD成膜の研究が大きく発展した。解決すべき問題がいくつも残ってはいるものの、良質のPZT薄膜が安定して成膜可能となってきた。プラズマアシストによる成膜促進の研究も並行して進めている。これらの研究成果は、半導体メーカーを始め多くの注目を集めている。また、この年には、岡村助教授が、彼が長年研究を続けてきた電子線誘起反応を利用した微細加工法を更に発展させ、強誘電体微細キャパシタを作製する際に上部金属電極をも一括して自己整合的に加工する新規のプロセスを発表した。これは、ナノキャパシタ作製に有効な技術として注目されている。

平成12年末には、建物の残り3分の1が完成し、平成13年の2月末から引越しを始めて、いよいよ我々の自前の研究室を構えるに至った。また、幸いなことに、この年に(株)日本テキサスインスツルメンツからは超高真空スパッタ装置を、(株)トーキンからは高周波加熱単結晶引上げ装置をご寄附頂くことが出来、研究設備も一層充実した。

平成13年度からは、このように充実した研究室・実験装置のもと、これまでにも増して活発に研究活動が行える環境となり、第4期生として8名の学生を迎えた。この年の11月から3ヶ月間は、文部科学省のプログラムにより、英ケンブリッジ大学の著名なJames Scott教授を短期の客員教授として迎え、互いの研究成果について議論を交した。また、当講座の学生は、私が実行委員長を務める強誘電体応用会議にさまざまな形で参画することで、国内の大学・企業の著名な研究者の知己を得る機会に恵まれ、自己の可能性を開拓している。これまで2期に渡る博士前期課程修了生のうち、4名は博士後期課程(他大学含)に進学し、その他は、電気総合機器メーカー、電子情報機器メーカー、半導体メーカー、電子材料・部品メーカー、光学機器メーカー、計測器メーカー等に本人の希望通り就職している。今後とも、このように国内外の研究者、研究機関・企業とも積極的に交流し、最先端科学技術の教育と研究はもとより、国際的かつ開拓的で実行力のある指導者としての研鑽を行い、真に世界に通用する人材と研究成果を社会に送り出す文化学術研究の卓越的中心の一つとなることを目指して行きたい。

(文責 塩崎 忠)

教授：冬木 隆 fuyuki@ms.aist-nara.ac.jp  
助教授：浦岡行治 uraoka@ms.aist-nara.ac.jp  
助 手：畑山智亮 hatayama@ms.aist-nara.ac.jp  
      矢野裕司 h-yano@ms.aist-nara.ac.jp  
学 生：博士前・後期課程 20 名、研究生 2 名

次世代の高度情報処理、クリーンエネルギー創成、環境保護など持続的発展社会を支えるシステムを構築維持するためには、従来にはない新機能を集積した電子デバイスの開発が不可欠です。

本講座では、[1] 原子・分子レベルで制御された極微構造を有する新しい材料の創成、[2] 量子効果物性の発現・評価・制御、[3] 機能集積微細素子の創製、を三つの柱として、基礎から応用にわたる教育・研究を行なっています。

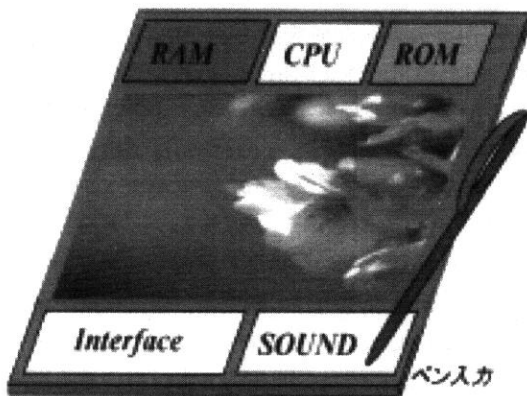
具体的には下記の分野で先端的な業績を挙げています。

#### [1] シリコン極薄膜の形成と機能集積システムへの応用

ガラスやプラスチックの上に形成した極薄シリコン膜を用い、次世代の表示素子やシートコンピュータ（絵参照）など新しいデバイスの開発を目指しています。携帯端末や電子ペーパーなど日常生活をより快適で便利なものにするものとして期待されます。これらの極微細デバイスの作製には従来のナノ加工法のみならず、超分子やバイオテクノロジーを用いた新しい手法も活用しています。

#### [2] エネルギーエレクトロニクスデバイスの開発

現代の生活には大電力の輸送や制御が欠かせませ



シートコンピュータ

ん。シリコンには無い特有の物性を持つワイドギャップ半導体（シリコンカーバイド、窒化ガリウムなど）を取り上げ、その結晶成長や電子物性の制御、さらにはパワーエレクトロニクスデバイス開発のための先端的プロセスを研究しています。低損失・高効率電力変換デバイスの実現は使用エネルギーの削減に直結し、環境問題の解決にも繋がります。

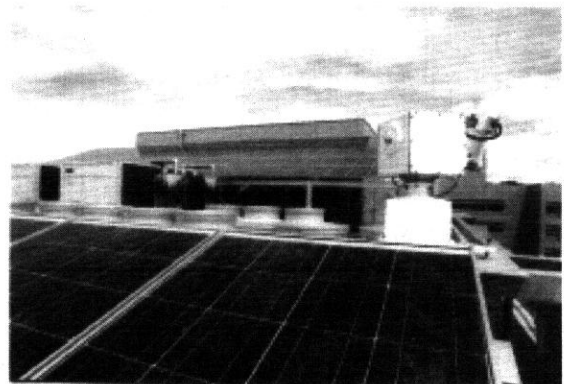
#### [3] 高効率太陽電池の作製と太陽光発電システムの開発

クリーンエネルギーのホープとして期待される太陽電池の高効率化研究とマスマプロダクションに適したプロセス開発を行っています。また、単に素子のみならずシステムとして効率良く設置、運用ができるよう実環境下でのシステム動作特性の詳細な解析（写真：NAIST太陽光発電システム）から、次世代太陽光発電システムの設計指針の確立を目指しています。

これらの研究は、高潔浄雰囲気クリーンルームの中で表面改質装置や、化学的気相成長（CVD）装置を用いて薄膜を堆積したり、また、1fA（10のマイナス15乗アンペア）まで精密に解析できる高性能の測定装置を駆使して行われます。

当講座では、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの委託による共同研究や、民間企業との受託・共同研究を積極的に進めており、着実な成果を挙げつつあります。これからの産・官・学連携のかなめとして、教育、研究を展開しています。

（文責 冬木 隆）



NAIST 太陽光発電システム

反応制御科学講座は、平成9年4月に垣内喜代三教授が着任してスタートした。先端科学技術調査センター3階に一室を借りて、翌年の博士前期課程の受入れ準備を行いながら、ラジカル中間体を経る骨格変換反応の新しい制御法の開発に取り組んだ。平成10年4月に堤健助手が着任し、10名の1期生を迎え、引き続き調査センターの3階全てを借りて実質的に講座の教育研究が始まった。次年度着任予定の中野環助教授も非常勤講師の傍ら教育研究に携わった。"物を創る"ことを目的に、合成化学における反応プロセスの新しい制御法の開発と、そのプロセスの応用による複雑な多環式有機化合物の合成、高度に構造制御された高分子化合物の合成と機能の評価、および高機能性有機金属錯体の合成と新しい触媒反応の開発を講座の目標に掲げた。平成11年4月に中野助教授が着任し、同時に完成した物質2期棟へ講座全体が移転して2期生6名を迎え入れた。平成12年3月に1期生8名を送りだし、さらに平成12年4月に森本積助手が着任し、スタッフの陣容が整った。この年から受入れが始まった博士後期課程に他大学から1名が入学し、また3期生8名が配属された。3期棟の完成に伴い、平成13年3月に待望の自前の研究室へ移動した。同時に2期生5名と遅れていた1期生1名が社会に巣立った。4月には、他大学及び企業から各1名の博士後期課程入学者と新たに7名の4期生を受入れ、講座としてセカンドステージに入った。

上記の研究目標を遂行するためには、少なくとも有機化学の知識と合成化学の実験技術が必要である。1期生には、外国語学部出身や金属材料を専門とする学生が配属され、まずは教育に重点をおいた。また、4期生に法学部出身者を受け入れている。有機合成化学の素養を習得した卒業生は、その専門分野を活かすことができる企業に就職した。昨今の就職難から就職活動は決してスムーズではなかったが、彼らの努力もあってこれまでの卒業生の進路は100%決定している。列記すると、1期生は、山本秀策特許事務所、上村工業、三洋化成工業、新高化学工業、ダイナボット、バイエル薬品、大塚製薬工場に、2期生は、セントラル硝子、マンダム、ウエルファイド、信越化学工業、ヤマトエスロンに就職し、3期生は、筒中プラスチック、千葉県上級職化学、日本曹達、積水化学工業、大日本インキ化学工業、日本農業に就職する予定である。

また、1期生の2名は、京都大学及び大阪大学の博士後期課程に進学し、3期生の1名が初めて内部

進学することになっている。残念ながら、進路変更した学生が3期生までに各1名いる。

学生を受け入れてからこれまでの間に華々しい研究成果はあがっていないが、スタッフと設備の充実に伴い着実に前進している。NAISTで本格的に開始した抗ガン剤タキソールの全合成研究は、中間地点までたどりつき大きな山場を迎えている。ラジカル中間体を経る変換反応の成果はTetrahedron Lett.誌に平成13年10月掲載された。また、新たに始めた不斉光反応を用いる光学活性化合物の合成もようやく実用レベルに達してきた。高分子合成に関してはNEDOの独創的高機能性材料プロジェクトの一環としてラジカル重合の触媒の立体制御を開発し、平成12年4月Macromolecules誌に報告した。また、名古屋大学との共同で種々の重合反応の基礎研究を行い、Macromolecules誌、Polymer誌、Macromol. Commun.誌、J. Polym. Sci.誌等に成果を発表している。さらに、光と特異的な相互作用を行なう $\pi$ -スタック型ポリマーの合成に成功し、この成果は平成13年9月J. Am. Chem. Soc.誌に速報として掲載された。大阪大学と共同して行なった有機金属錯体が触媒反応の中で果たす役割の解明にも成果が出つつあり、J. Am. Chem. Soc.誌、Bull. Chem. Soc. Jpn.誌などに報告した。最近になり有機金属化合物を用いる新しい触媒反応も見つかっており、今後の展開が期待できる(J. Am. Chem. Soc.誌に速報として平成14年春掲載予定)。また、4件の国内招待講演の他、国際学会(13件)及び国内学会(38件)に積極的に参加し、平成13年3月開催の日本化学会第79回春季年会ではポスター賞を受賞している。

これまで受託研究員として民間企業から3名を受入れた。また、平成13年秋から科学技術振興事業団の個人研究(PRESTO)が始まり、博士研究員を受け入れている。さらに同事業団の戦略的基礎研究推進事業(CREST)の分担研究が同時期に開始した。一方で、分子をノリとハサミで自在に操る現在の錬金術師とも言える合成化学者の役割を十分に把握し、実践的な反応の開発や機能性材料・ナノ分子構築を講座の次なる目標としたい。

(文責 垣内喜代三)

当講座は、物質創成科学研究科が博士前期課程の第1期生を受け入れた平成10年4月に、菊池純一教授と有賀彦助教授の2名のスタッフでスタートした。

翌平成11年4月には、佐々木善浩助手が着任した。平成13年4月から有賀助教授は科学技術振興事業団相田ナノ空間プロジェクトに転出し、平成13年12月より当講座の2代目の助教授として池田篤志助教授が着任している。また、平成14年4月に橋詰峰雄助手の着任が決定しており、これにより当講座の教育研究体制は完成することになる。

平成10年度の学生は、博士前期課程1年の10名に、菊池教授の前任地である九州大学から博士前期課程2年の特別研究学生5名が加わり15名であった。講座開設4年目を迎える平成13年度は、博士後期課程5名、博士前期課程15名、研究生1名の総勢21名に膨らみ、またその内の2名は外国人留学生である。

当講座は、生物の優れた機能を規範にして、生体系に学び、生体系を越えるサイエンスの開拓を目指して研究を行っている。多岐にわたる生体機能の中で、当講座では特に生体膜が関与する諸現象に焦点をあてて独自の研究を展開し、現在までに以下のような研究成果を得ている。

#### (1) 生体膜の分子進化に関する研究

本研究は、フランスのルイパスツール大学と本学との国際学術研究として、科学研究費の支援を受けて推進した。生命機能の発現にとって生体膜は不可欠なものであるが、その生体膜を構成する脂質の起源や分子進化に関しては未解明の点が多い。当講座では、フランス側での研究で提案された起源候補脂質について、界面での物理化学的挙動を検討することで、生体膜の分子進化に関与する脂質の存在を明らかにした。

#### (2) 表面をセラミックコーティングした人工細胞膜「セラソーム」の開発

生物の世界では、細胞膜に代表される生体膜は有機物で構成されているという常識が通用する。しかし、バイオミメティック科学の視点に立って、機能性材料として生体膜を捉えることで、当講座では従来に無い新規の人工細胞膜を開発した。すなわち、生体膜モデルとしての人工脂質膜に関する研究と、無機材料開発のための有力な技術であるゾルーゲル法によるセラミックス作製法を融合させて、セラミックス表面をもつ人工細胞膜「セラソーム」を開発した。これは、まったく新しいタイプの有機-無機複合材

料として、日経サイエンスや複数の新聞紙上でも注目を集めており、現在、科学研究費「基盤研究」の援助を受けて、更なる研究の展開を図っている。

#### (3) 圧力を光情報に変換する分子デバイスの開発

誘導適合機能をもつ大環状化合物であるステロイドシクロファンは、当講座で開発されたユニークな人工分子である。この分子認識能に関する研究を、水中から二分子膜中、さらには単分子膜へと展開することで、圧力を光情報に変換できる分子デバイス機能を見出した。現在、科学研究費「萌芽的研究」の援助を受け、従来に無い新規分子デバイスの開発を目指して研究を展開中である。

#### (4) 脂質デンドリマーの開発と人工脂質ラフトへの展開

機能性かつ構造規則性高分子として近年注目を集めているデンドリマーの概念を、人工細胞膜形成脂質の設計に導入して、ユニークな脂質デンドリマーを開発した。また、最近、生体膜上での機能分子相互のコミュニケーションにおいてその重要性が指摘されている脂質ラフトの機能に着目し、この脂質デンドリマーの人工脂質ラフトとしての利用を精力的に検討している。

#### (5) 脂質膜上での人工シグナル系の構築と分子ロジック回路への展開

生体系の情報ネットワークはシグナル伝達系とよばれ、近年バイオサイエンス分野の中心的な研究対象である。当講座では、生体膜上にみられる情報伝達系を規範にした人工シグナル伝達系の開発に成功している。これは、科学研究費の特定領域研究「高分子ナノ組織体」の研究成果であり、現在、この超分子系を拡張して、ナノサイズの分子ロジック回路へと研究を展開中である。

バイオミメティック科学の研究は、医療への応用を含むバイオサイエンス分野から、ナノテクノロジーを支える情報科学分野にわたる広範な領域をカバーするものであり、今後は、バイオミメティックからバイオインスパイアードへと新たな展開の時期を迎えつつある。

(文責 菊池純一)

平成10年4月、片岡幹雄教授と三原憲一助手が着任し、本講座がスタートした。エネルギー変換というキーワードを幅広く捕らえ、生物における光エネルギー変換の分子機構の解明とそれに基づく新規光受容蛋白質の設計創成を研究目標と定めた。講座の開設が、ゲノムプロジェクトの進展とポストゲノム研究における蛋白質研究の重要性が再認識されてきた時期に重なったことから、学外からも本講座の開設は歓迎された。我々の最終目標である蛋白質設計工学の実現は、ゲノム創薬やテーラーメイド医療の実現などとともポストゲノムの最も期待されている夢である。研究遂行のために、設計・合成、構造・物性及び機能・反応の3研究グループを構成し、各スタッフがそれぞれのグループを指導するという体制をとることにした。

平成11年4月には、今元泰助教授が着任し、また片岡が高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所(物構研)の客員教授を併任していたため、物構研の上久保裕生助手が準スタッフとして加わった。平成12年10月には、講座開設以来献身的に立ち上げに貢献された三原助手が都合により辞職し、11月に山崎洋一助手が着任した。平成13年3月に研究室は完成したばかりの第三期棟に移転した。同年4月に物構研から上久保助手が転任し、講座スタッフがそろい、新研究室の整備とともに、講座の第2期が始まった。なお、平成12年3月から13年5月までRemco Kort博士(オランダ)が外国人特別研究員として滞在し、研究教育に携わった。

これまでに受け入れた学生は、一期生10名、二期生4名、三期生8名、四期生8名である。学生の出身は磁気物理学、金属工学、有機化学などまちまちであり、当講座に関係ある分野での教育を受けてきた学生はほとんどいないという状況である。しかし、多くの学生は学会発表を行い、生物物理や光生物学分野で高く評価できる修士論文を書くまでに成長している。ただ、投稿論文にまとめる前に、卒業してしまうのが悩みの種である。学生には、研究を通して、組換えDNA技術、各種分光学、シンクロトロン放射光を用いたX線溶液散乱・回折、及び中性子散乱などの蛋白質物理学に関わる先端的な測定技術・解析法を身につけ、ポストゲノム研究の中心的人材となることを期待している。就職先企業は、講座の教育方針もあり、特定の業種に集中することはなく、アストラゼネカ、三菱製紙など化学系企業、日立製作所、富士通などIT関連企業、ベンチャー企業など多岐にわたっている。また、当講座では、後

期課程への進学を奨励しており、一期生、二期生の6名(うち1名は他大学へ)が進学している。一方、残念ながら、講座での厳しい教育研究についていけず退学した者も4名いる。意欲があり、それを支える基礎知識と学習能力を持ち、また自己管理ができるようなバランスの取れた学生、責任感が強く協調性に富んだ人材を育てることを今後とも講座の方針としたい。また、これまでに、特別研究学生を、大阪大学から3名受け入れ、横浜市立大学に1名派遣している。当講座では、国際共同研究も積極的に展開しており、これまでに、5名の学生を海外に派遣している。外国からの訪問も多く、英会話能力は必須となっている。

講座開設以来これまでの3年半は、新たな研究を展開するための地歩固めの時期と考え、研究室の整備と学生の教育に重点をおいたが、着実に研究成果は生み出されている。これまでに22編の英文論文を発表し、国際学会で6件、国内学会で3件の招待講演を行った。主だった成果は、①シンクロトロン放射光を用いたバクテリオロドプシン光反応の時間分解測定・構造学的解析と光駆動プロトンポンプ分子機構モデルの提唱、②イェロープロテインの構造機能及び光反応解析とさまざまなアミノ酸の役割の解明、③欠損変異を用いた蛋白質物性や折畳みの解析、④X線溶液散乱による機能性蛋白質の動態解析、⑤蛋白質動力学的実験的解析などである。①の成果は、Proc. Natl. Acad. Sci. USAに掲載され、またBiophys. Biochim. Actaから招待レビューを依頼された。④の中のMutS蛋白質に関する成果は、J. Mol. Biol.誌の表紙を飾り、③の成果の一部は、日刊工業新聞で紹介されたほか、②については、現在欧米のグループとの熾烈な競争になっている。⑤については、ポストゲノムの蛋白質研究において蛋白質機能予測と関連して最も期待されている研究分野の一つであり、平成12年12月に日仏共同セミナーを組織した。これまでの研究成果から、蛋白質設計への指針がおぼろげながら見えてきており、人工蛋白質の創成と分子進化の研究に着手したところである。

(文責 片岡幹雄)

### 1. 立上げ

超分子集合体科学講座(以下超分子)は奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科の基幹12講座の一つとして平成10年4月に誕生した。研究室は一期工事分のE棟5階北側にあり、研究室の一部を平成13年3月まで3年間エネルギー変換科学講座とシェアする形で研究室の立上げが始った。超分子には静岡大工から小夫家芳明が教授として、名市大薬から釘宮慎一が助教授として参加し、全国から10名の大学院生が一期生としてこれに加わった。また後期から1名の転学生が加わった。

### 2. 講座のコンセプト

本講座は生物の持つ優れた機能を化学の方法論で実現するため、簡単な分子が自ら集まる科学的方法論である超分子集合体科学の手法を確立し、生物の機能を超越する機能素子を創り出すことを目指している。

### 3. 戦略的基礎研究事業(CREST)

平成10年10月に科学技術振興事業団のCREST「分子複合系の構築と機能」領域に課題「生体のエネルギー変換・信号伝達機能の全構築」が採択されたことにより、シングルチャンネル電流測定装置など静岡大から移管した講座機器に加え多数のCREST大型機器が設置され、またポストクの募集が可能になった。このプロジェクトは平成15年秋まで継続されることになっている。

### 4. 超分子講座構成員の拡大

平成11年1月よりCRESTの職員2名を採用、4月より理化学研究所から佐竹彰治助手が着任、博士研究員1名を加え、8名の二期生とともに大所帯の講座になった。この後、平成11年秋には博士研究員1名、平成12年4月には2名の博士研究員が加わった。この間平成11年には初めての卒業生を送り出し、うち稲葉、尾関、服部が後期課程へ進学し、12年には西川、満永が進学している。平成13年4月には小川和也助手が着任し、四期生の配属で現在教官4名、博士後期課程学生5名、前期課程学生15名、クレスト雇用職員8名から構成されている。

### 5. 超分子講座研究の進展

静岡大で生まれた人工イオンチャンネル研究を発展させるに加え、NAISTでのオリジナルな研究を目指し模索を続けた結果、平成11年イミダゾールポルフィリン亜鉛錯体のメソ連結二量体を構成単位とする自己組織化ポルフィリン連鎖体の合成に成功した。最大重合度400の巨大分子に関わらず高い溶解性を示し、極性溶媒の添加により分子鎖長を自在に

制御(550nmから2nmまで)できるこの系は講座のコンセプトを具体化したものと言える(平成12年Angew.Chem.誌へ掲載)。またこの分子のスペシャルペア型構造は光合成反応中心モデルへの展開を可能にし、ポルフィリン鎖がつながる分子構造は分子デバイスへの応用が期待され、研究を更に推進している。

### 6. 共同研究

講座の研究テーマが有機合成を基盤にしながら、扱う対象がバイオ系から分子デバイス系を目指すものまでであるので、内外の各分野の最先端研究室との共同研究を推進している。人工イオンチャンネル研究では曾我部教授(名大医)、人工光合成・分子デバイス研究では吉原教授(北陸先端大)、他京大、阪大、北大、愛媛大、無機材研など多数と共同研究を行っている。またCREST研究プロジェクトでは樋口主任研究官(界面ナノアーキテクトニクスセンター)、木下助教授(名工大工)等と平成10年プロジェクトを開始し、平成13年度から本研究科光機能素子科学講座太田助教授等の参加を得て研究を展開している。

また本研究科物理・デバイス系の講座との共同研究やクリーンルームなどの施設・様々な大型共通機器を利用した微細加工技術を駆使した研究を行っている。

### 7. 今後の超分子講座

生物のもつ優れた機能の実現を目指すことから講座はスタートしたが、平成12年からエレクトロニクス・ホトニクス・イオニクス分子デバイス研究への展開を進め、これからの物質科学研究の重要な分野であるナノ・ケモサイエンステクノロジー研究を担ってゆく。

(文責 小夫家芳明)





## 1. 講座の概要

本講座では人工材料と生体の相互作用を分子レベルで解析して、その知見に基づき人工臓器、医薬、新治療方法などに用いる安全で優れた機能性生体材料の創成を目指した教育研究を行っている。この分野は比較的新しい学際領域であり、大きな発展性を秘めている。斬新な発想と計画性、主体性を持って新領域に果敢に挑戦する研究者の育成が本講座のモットーである。

## 2. 講座の歴史

平成9年4月に谷原正夫（専門：生体高分子）がまず着任し、先端科学技術研究調査センターの3階で本講座はスタートした。物質創成科学研究科棟はやっと地上に骨組みを見せ始めた段階であった。平成10年度の学生受け入れに向けて、準備を行っていたが、この時に発想したいくつかのテーマが、現在の研究の柱に成長したことは感慨深い。その後、平成10年4月に第1期生10名を受け入れ、新築の研究科棟で教育研究を開始した。平成10年10月から大槻主税助教授（専門：セラミックス）が、平成11年4月から尾形信一助手（専門：分子生物学）、平成12年4月から宮崎敏樹助手（専門：物理化学）がそれぞれ着任し、現体制となっている。

## 3. 主な研究分野と研究成果

### (1)人工細胞外マトリックスを用いる組織構築・再生

多糖類や生体活性セラミックスを利用する新規な人工細胞外マトリックスの研究を行っている。細胞外マトリックスの機能を人工材料で実現した人工細胞外マトリックスは、組織の再生や修復を可能にする。例えば、海藻由来の酸性多糖類であるアルギン酸を共有結合で架橋して得られるアルギン酸人工細胞外マトリックスは、動物実験や臨床試験で皮膚や神経の修復・再生効果が高いことが確かめられた。さらに、ヘパリンを組み合わせたヘパリン/アルギン酸人工細胞外マトリックスは、生理的条件下で1ヶ月間以上、塩基性線維芽細胞増殖因子を徐放でき、動物実験で血管新生が確認された。このマトリックスは心筋梗塞等の虚血性疾患の治療に大変有用であると考えられる。

### (2)インテリジェント生体材料

人工細胞外マトリックスにインテリジェント性を付与するために、生体内環境にตอบสนองし、情報伝達機能を発揮するペプチドの設計も主要な研究課題である。これらを複合化することにより、抗炎症作用や骨粗鬆症の予防などの薬理機能や組織再生を促す機能を持つ材料になる。例えば、骨修復を促進する因子として Bone morphogenetic protein (BMP) が

知られているが、我々が新たに創成したBMPの活性を持つ短鎖ペプチドをアルギン酸人工細胞外マトリックスに結合した材料は、動物実験で骨を形成した。この短鎖ペプチドを、骨と直接結合する生体活性セラミックスと組合せて、短期間で骨を再生する新規な人工骨を開発している。その他にも、温度で相変化する生体吸収性インテリジェント材料、生体シグナルである酵素活性にตอบสนองして薬剤を活性化あるいは放出する材料、アポトーシスを制御して癌細胞を死滅させる材料の研究も行っている。

### (3)有機-無機ハイブリッド材料

生体活性セラミックスの示す骨結合性は骨再生用材料としてたいへん有用な性質であるが、セラミックスは骨に比べて硬くて脆いという欠点がある。生体内分解性有機高分子と、骨の無機成分であるヒドロキシアパタイトをナノメートルレベルで複合化した材料は、骨のような強靱さを発現することが期待される。既に骨結合性発現の鍵となるシラノール基とCa<sup>2+</sup>をポリメチルメタクリレート系骨セメントに適用し、人工関節を固定する骨セメントに骨結合性を付与することに成功している。

## 4. 終わりに

本講座では生体を手本とする新しいアイディア（分子設計）に基づきながら、実用性のある材料の開発を目指している。比較的早い段階から臨床医や企業との共同研究を積極的に行っている。したがって、特許出願件数が多いことも特徴である。

## 5. 研究業績のまとめ（1997年以降）

受賞：第35回日本人工臓器学会大会「オリジナル賞」（谷原）、2000年度日本バイオマテリアル学会バイオマテリアル科学奨励賞（大槻）、2000 Corning Research Grant Award（宮崎）；原著論文数（総説を含む）：46報；国際学会発表件数：32件；出願特許件数：25件；

主な競争的外部資金導入実績：JSPS科学研究費（基盤研究A（1件）、基盤研究B（1件）、奨励研究（3件））、JST独創的研究成果育成事業、NEDO産業技術研究助成事業等

（文責 谷原正夫）



■講座概要

本講座は1998年三洋電機(株)研究開発本部との連携講座として発足しました。

本講座では、

1. 次世代の太陽電池やディスプレイの中心となるアモルファス半導体
2. マルチメディア機器のキーデバイスを実現する機能材料(機能性セラミックス、有機電子材料)
3. 高機能な半導体レーザを実現するマイクロオプティクス材料

の3つの材料分野について、微視的な観点から解析を行うとともに、これらの材料系を用いた新規な機能デバイス開発を目指します。

■スタッフ

教授：津田信哉、柴田賢一 助教授：庄野昌幸

■研究分野

以下の分野について研究を進めています。

1. アモルファス半導体
  - (1) 光電物性の解析
  - (2) アモルファスSiと結晶Siのヘテロ接合界面の解析
  - (3) 上記ヘテロ接合を用いた新型太陽電池の開発
2. 機能材料(機能性セラミックス、有機電子材料)
  - (1) 強誘電体材料の物性解析評価
  - (2) 上記材料を用いた焦電センサ、弾性表波素子の開発
  - (3) 有機機能材料を用いた有機エレクトロルミネッセンス素子、有機記録素子の解析、評価
  - (4) 電子のスピン自由度を利用した材料、デバイスの解析、評価
3. マイクロオプティクス材料
  - (1) 化合物半導体結晶の解析、評価
  - (2) 量子井戸構造の物性と発光デバイスへの応用
  - (3) 量子井戸、歪量子井戸半導体レーザの物性評価

■研究業績

最近の研究業績の概要を示します。

1. 有機フォトクロミック分子の電子機能変化を用いた高密度光メモリ

有機フォトクロミックメモリは分子レベルの高い解像度を有し、次世代高密度光技術の候補であるフォトンモード近接場光メモリ用の媒体として有望であるが「非破壊再生の実現」という固有の問題があります。

本研究では、有機フォトクロミック分子の種々の特性変化の中でイオン化ポテンシャルの変化に着目し、分子が吸収が有しない波長の光照射により生じ

た電氣的キャリアを光電流の変化として検出し再生する非破壊再生法を提案しました。

本再生法に適した必要な有機フォトクロミック分子の設計を行い、その実証実験を行った。100万回以上再生を行っても信号電流が全く変化しないことが確認されました。

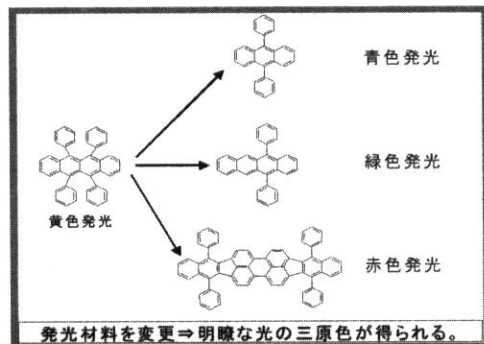
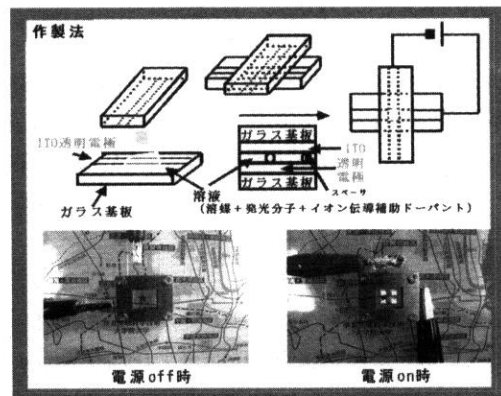
2. イオン伝導補助ドーパントを用いたエレクトロケミルミネッセント素子の高輝度化

近年、携帯可能な高機能情報端末が実現しつつある。このため薄型、軽量、低消費電力の表示素子の研究が活発化しています。

本研究においては、溶液であるため素子作製が容易であることと、自発光素子であるため視野角が大きいという利点を兼ね備えたエレクトロケミルミネッセント(ECL)素子に着目しました。

従来型ECL素子では、明瞭な発光を得ることができなかったが、本研究では、イオン伝導補助ドーパントを用いることにより、約500倍の高輝度化を達成しました(986cd/m<sup>2</sup>)。

さらに、明瞭な光の三原色を得ることができ、フルカラーデバイスとしても応用可能であることを示しました。



今後とも、連携講座の特長を活かした、積極的な産学共同研を継続して進めます。

(文責 柴田賢一)

1. 沿革

本講座は、松下電器産業(株)先端技術研究所(京都府相楽郡精華町)を連携先として、1998年4月に設置された連携講座である。これまでに3名が博士前期課程を修了、現在も3名が在籍している。

2. 講座概要

性質の異なる物質を原子オーダーで制御し積層した超格子構造を用いることにより、単一素材では不可能な新しい機能の創出や、飛躍的な特性の向上が期待されている。本講座では、これらの観点のもとメゾスコピックレベルで機能する磁性体や誘電体などの薄膜の設計・合成・機能解析の研究を行っている。

3. 研究内容

(1) 磁性体薄膜

超高密度HDD用GMR(巨大磁気抵抗)膜や、次世代メモリーとして期待されるMRAM用TMR(トンネル磁気抵抗)膜の研究を行っている。具体的には、図1に示すようなMBE(分子線エピタキシー)や超高真空多元スパッタ装置を用いて、各層厚が1nmオーダーの磁性層/非磁性層/磁性層より成る人工格子膜を形成し、従来材料の10倍以上の磁気抵抗変化率を示す新規人工格子膜の探求を行っている。

GMRやTMRが発現する原理は、図2に示すように、磁性層/非磁性層界面での電子のスピンの散乱によるもので、この基礎となる原子オーダー制御成膜技術や、電子の界面での鏡面反射等の基礎物性の研究を、シミュレーションもふまえて行っている。

これまでに、高スピン分極率を有し優れたTMR特性が期待される $Fe_3O_4$ についてMgO基板上でのエピタキシャル成長に成功し、MR特性の明瞭な面内異方性を確認するなどの成果を得ている。

(2) 誘電体薄膜

従来の1T(トランジスタ)/1C(キャパシタ)構造とは異なり、金属/強誘電体/絶縁体/半導体より構成されるMFIS型強誘電体メモリー(図3)の基礎研究を行っている。この様な構成とすることにより、大容量・低消費電力の理想的な不揮発性メモリーが実現可能となるが、実際にはF/I/S部の界面制御成膜技術が未だ確立されていない。

本講座ではRFマグネトロンスパッタ装置を用い、Si基板上に $TiO_2$ バッファー層を介して(Pb,La) $TiO_3$ 強誘電膜の成膜を行い、MFIS構造で明確な

メモリー効果を示すC-V特性を得るなどの成果を得ている。

(文責 三露常男)

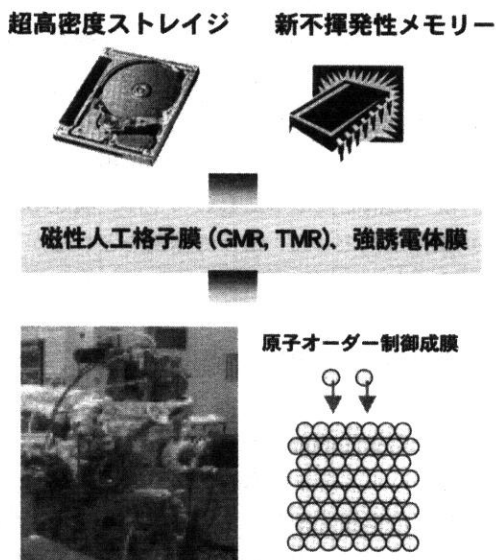


図1 メゾスコピック物質創成とその応用

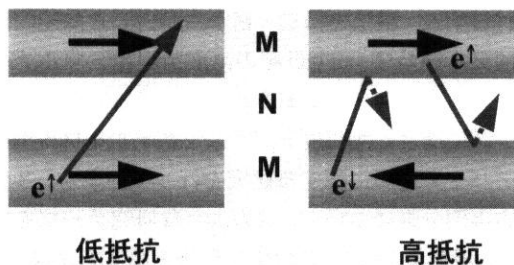


図2 GMR発現の原理図

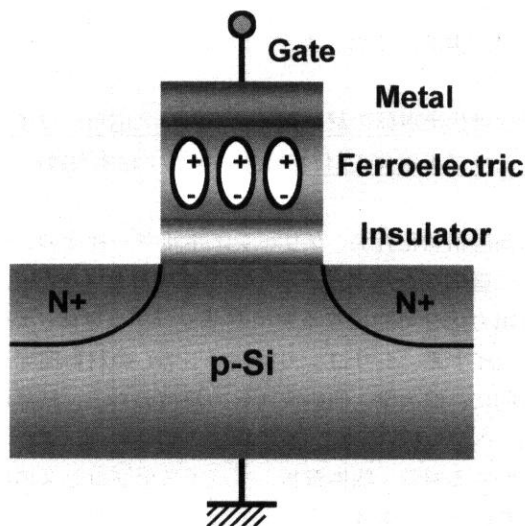


図3 MFIS構造の強誘電体メモリー

シャープ株式会社連携講座 知能物質科学講座は、当社技術本部を担当責任部門として、技術本部基盤技術研究所 鈴木彰(教授)、ディスプレイ技術開発本部機能デバイス開発センター 向殿充浩(教授)、および生産技術開発推進本部光ディスク開発センター 高橋明(助教授)の3名の技師長によって運営されております。研究科の発足当時は、いずれも技術本部に所属しておりましたが、その後の社内組織改変に伴い、所属部門自体が技術本部から独立し、現・組織名となったものですが、現在も技術本部が責任部門として、相互に連携をとりながら講座の運営を行っております。いずれも、奈良県天理市のシャープ総合開発センターの中にあり、液晶・IC・電子部品の各事業本部部門とともに、総合的な研究開発の一翼を担っております。3教官は、それぞれ、化合物半導体、ディスプレイ、光ディスクの、当社デバイス事業の基幹となる分野を専門分野とし、豊富な経験と知識を生かして、配属の大学院学生の研究指導にあたるとともに、分担して材料物理解化学の講義を担当しております。

【講座研究テーマ】

材料物質・構造を微細・精密に制御した知能物質の開発を通して、21世紀の高度情報化・マルチメディア社会、クリーンエネルギー・環境適応社会のニーズに適した新規デバイスを創出する材料創成とデバイス応用に関する研究を行っております。3教官の専門分野について、次のような研究テーマを推進し、現在までに、2名の学生が修士論文を完成、卒業し、2名(博士前期課程1年1名、2年1名)が研究に取り組み中です。学生の研究に際しては、微細素子科学講座研究室、量子物性学講座研究室の協力を得て推進しております。

◎次世代半導体の材料創成とデバイス応用ーワイドギャップ半導体の材料開発 (担当：鈴木教授)

高度情報化社会、クリーンエネルギー社会のニーズに適したパワーデバイスの高周波化・小型化・省電力化を可能にするワイドギャップ半導体(ナイトライド系、シリコンカーバイド等)の材料開発を目的に、他大学、他研究所との連携のもと、結晶成長、ヘテロ接合形成、量子構造作製を行い、これらに関する材料・物性解析、デバイス化プロセスの研究を行っております。

◎次世代液晶材料とデバイス応用ー液晶材料および液晶配向技術の研究 (担当：向殿教授)

液晶ディスプレイは、マルチメディア技術の顔ともいべき「マン・マシン・インターフェース」のキーテクノロジーであり、次世代の新しい機能を持った液晶材料およびそのデバイス応用が創出されることが期待されています。この目的に向かって、機能性液晶材料の研究、液晶配向技術の研究など、次世代液晶技術の創出に向けた材料研究、デバイス研究を行っています

◎非晶質合金の光磁気機能ー磁氣的超解像記録媒体の開発 (担当：高橋助教授)

デジタル情報化社会対応の小型・大容量メモリデバイス実現のため、光磁気記録方式において、従来の光記録の限界密度を超える磁氣的超解像技術を使った光磁気記録媒体を開発しています。このため、光と磁気の物性を多層膜で制御し、個々の単独材料だけでは得られない特性を新たに作りだし、記録と再生の信号処理までを含めて、光記録技術の研究を行っています。

【修士論文題目】

- ◎「RF-MBE法によるSiC基板上へのGa<sub>2</sub>N結晶成長とその電気的特性の評価」
  - ・平林知弘 2001年3月博士前期課程修了
  - ・水島裕三 博士前期課程1年在学
- ◎「GdFe非晶質合金薄膜の磁気特性および磁気多層膜による光磁気記録媒体への応用」
  - ・庄司 剛 2000年3月博士前期課程修了
  - ・印南航介 博士前期課程2年在学

なお、向殿教授の研究テーマは、向殿教授が2001年3月まで在京の研究所勤務となっていたため、配属学生の研究テーマとしては取り上げてきませんでした。

【学生就職先】

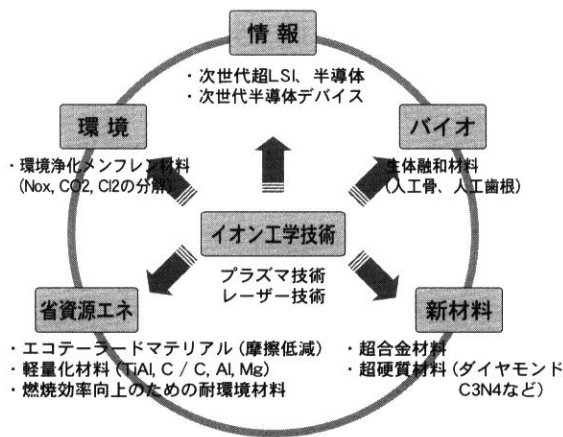
テクノス、シャープ

(文責 鈴木 彰)

私共、物質創成科学研究科・連携講座の一員として参画した経緯および研究業績などについて簡単に触れてみたいと存じます。

(株)イオン工学研究所は、新エネルギー・産業技術総合開発機構 [NEDOと称]、大阪府・京都府・奈良県の3地方機関および数多くの有力民間企業が出資する(株)イオン工学センターに併設して、昭和63年11月に発足し、現在13年目を迎える第3セクター方式の研究受託会社です。創設の目的は、先進的なイオン工学研究が活発に行われている関西地区に、数多くの新鋭イオン注入・成膜・解析・試験設備を具備することにより、地方産業の活性化と併せて、国家プロジェクト・民間との共同研究・更に機器のレンタル業務を推進するものであります。

過去13年間に亘り、下図に示すあらゆる分野に多くのプロジェクトを取り上げてまいりました。



【連携講座参加とその歩み】

連携講座としての参画の打診は、平成8年の夏に、榊田現物質創成科学研究科長(当時、大阪大学理学研究科長)からお話があったことに始まります。只、私共の会社形態が、他の参画各社と異なることが、問題とならないかと考えました。しかし、既に、国公立大学の学生諸君を多数おあずかりしている実績があること、上述のように多くの研究・開発テーマに取り組んでいることなどから、連携講座に加えて戴くことに決定致しました。教員の構成に関しましては、当初、岩本・田畑・井須の陣容で出発致しました。その後、平成13年8月から池田・井須・藤田になっております。

平成10年度から、博士前期課程の学生を受け入れ、省エネルギーや低エミッションの社会的要請から、エンジン部品としての軽量新素材TiAl合金の耐食性改善、また(Ti,Al)N薄膜の耐摩耗性向上にNb或いはBイオン注入の有効性を見出すなど、関連する国家プロジェクトの成果としておおいに貢献できました。またこれらの結果は学会報告を通して学生諸君の今後の研究者としての第1歩になるものと考えます。

当講座の博士前期課程を修了または在席の学生諸君の氏名、研究テーマ、学会発表に就いて下表にまとめております。

【今後の抱負】

国の一重要研究テーマとしての“ナノ・コーティング”領域の研究に有力な私共の手法を用いて、学生諸君の研究を推進したく考えております。

(文責 岩本信也)

修了年度	氏名	研究テーマ
平成11年度	藤谷 隆司	ガスタービン用合金開発のための金属イオン注入による表面改質 * 日本金属学会1999年春季大会(東京工業大学) 1999.3 題目; Ti-Al合金の還元雰囲気での耐食性に対するイオン注入効果
平成12年度	森元 栄一	B <sup>+</sup> イオン注入による(Ti,Al)Nコーティングの大摩耗性 * 日本金属学会2001年春季大会(千葉工業大学) 2001.3 題目; B <sup>+</sup> イオン注入による(Ti,Al)Nコーティングの耐摩耗性改善
平成13年度	(M2) 赤松 真希 (M1) 大塚 寛典	(Ti,Cr)Nコーティングの機械的特性および耐酸化性 炭素系新材料(BCN系化合物)薄膜の合成と評価に関する研究

客員教授：山口 務 鈴木栄二

客員助教授：田畑研二

環境適応物質学講座からは平成10年より3名の学生が卒業し、現在4名の学生が在籍しています。本講座では地球環境の改善を目指し、固体触媒、薄膜技術を利用した環境適応型材料の研究開発を行ってきました。これまでの研究内容の概略を以下に紹介します。

#### 酸化モリブデン触媒を用いたメタン部分酸化反応の基礎的研究

メタンからメタノール、ホルムアルデヒドの合成は広く工業的に行われているが、エネルギーを大量に必要とする水蒸気改質反応のプロセスを含んでいる。本研究はメタンと酸素からメタノール、ホルムアルデヒドを生成する触媒の基礎研究である。これまで最適な触媒の設計は困難とされてきたが計算機化学、表面化学を用い、触媒表面で起こっていることをシミュレートすることで設計の道を開こうとしたものである。

#### 薄膜光触媒積層光電池による水の光分解反応の研究

太陽光から高効率な水素生産を目指し、薄膜積層型光触媒による水分解の研究を行った。本研究では、光起電力発生に積層型アモルファスシリコン太陽電池、酸化還元サイトに酸素、水素発生薄膜触媒を積層させた系を用いた。水素、酸素発生触媒としてCoMox、FexNiOy薄膜をスパッタ法により作成した。

太陽電池として市販の化合物半導体、二層接合a-Si:H、及び作成したa-Si:H/c-Siをそれぞれ用いた。作成したa-Si:H/c-Si太陽電池を用いたとき、水分解の作動点が太陽電池の最大出力に近いところであり、太陽電池の出力を有効に水素エネルギーに変換していることが示された。

#### ルテニウム錯体を光増感剤とする水分解反応の研究

色素修飾光電極を用いて酸化反応と還元反応を分離し、光照射下で生成する電荷（電子、正孔）を高効率に分離する方法を開発すると共に、これらの色素修飾電極を光増感剤とする水の光分解水素生成反応を検討した。

多孔質酸化チタン薄膜に化学吸着したRu錯体に還元剤(LiI)存在下で光照射を行うと光エネルギーが電気エネルギーに変換され高効率で光電流が発生

することがわかった。また、これらの色素修飾電極を用いた水分解系に光照射すると、色素から注入された励起電子が多孔質の酸化チタン薄膜を通りITO電極から白金電極に移動し、還元セル側のプロトンを還元して水素生成を行うことを見出した。

#### 研究業績

- 1) The Enhancement Effects of Added Methanol on Methane-Selective Oxidation in the Gas Phase Reaction of  $\text{CH}_4\text{-O}_2\text{-NO}_2$  (Y. Teng, T. Takemoto, Y. Yamaguchi, K. Tabata\*, E. Suzuki) Phys. Chem. Chem. Phys. 2 (2000) 3429-3433.
- 2) Synthesis and Characterization of Homogeneous Lead-Substituted Tin Oxide with the (110) Face of Rutile Structure (C. Nozaki, K. Tabata\*, E. Suzuki) J. Mater. Res. 15 (2000) 2076-2079.
- 3) Optimization of  $\text{C}_1$  Oxygenates for the Selective Oxidation of Methane in a Gas Phase Reaction of  $\text{CH}_4\text{-O}_2\text{-NO}$  at Atmospheric Pressure (T. Takemoto, K. Tabata\*, S. Yao, A. Nakayama, E. Suzuki) Energy & Fuels 15 (2001) 44-51.
- 4) Study of the topmost surface structure of a y-cut  $\text{LiNbO}_3$  single crystal with Coaxial Impact Collision Ion Scattering Spectroscopy (T. Yamada, K. Tabata\*, T. Choso, E. Suzuki) Appl. Surf. Sci. 171 (2001) 106-112.
- 5) Methanol Adsorption on  $\text{SnO}_2$  Thin Films with Different Morphologies (T. Kawabe, K. Tabata\*, E. Suzuki, Y. Nagasawa) Surf. Sci. 482-485 (2001) 183-188.

(文責 田畑研二)

教 授：吉田 多見男、教 授：大谷 文彦、  
助教授：中西 博昭

<http://msw3.aist-nara.ac.jp/ms/LABs/shimadzu/index-j.html>

## 1. 講座概要

(株) 島津製作所・基盤技術研究所は、奈良先端科学技術大学院大学の関西学研都市・高山地区に隣接する精華・西木津地区に立地している。その地の利から、当講座は企業連携講座として物質創成科学科の設立と同時に発足した。主としてマイクロマシニング技術、磁気センサ技術、赤外線センサ技術、X線検出/X線源技術、レーザ技術など、センサ・デバイス関連の基盤技術研究に取り組んでいる。また、それらの技術を統合・集積化する事による高機能デバイスの開発や信号処理・画像処理技術の開発にも取り組んでおり、それらの技術を結集した高付加価値システムの開発を目指している。

## 2. 最近の主な研究の紹介

### 2. 1 マイクロマシニング技術

半導体プロセス技術を応用して、シリコンやガラスの基板に微細加工（マイクロマシニング）を施すことで微小な三次元構造体を作製し、各種物理量センサや超小型化学分析システム（ $\mu$ -TAS: Micro Total Analysis Systems）など小型かつ高機能なデバイスの実現を目指した基盤技術研究を行っている。その例として、図1に歪み検出機能を有する原子間力顕微鏡用プローブのSEM写真を示す。カンチレバーの根元部にピエゾ抵抗素子が形成されており、変位を抵抗変化で捉える事が出来る事から従来の光学検出系が不要となる。図2は $\mu$ -TASの研究例であり、マイクロチップ電気泳動に用いる石英製電気泳動チップ<sup>1)</sup>のSEM写真である。数10mm角のガラスチップ上でDNAの分析などに多用されているキャピラリー電気泳動分析が可能である。我々は、独自のエッチング技術<sup>2)</sup>と接合技術<sup>3,4)</sup>を開発して、紫外線の透過効率の良い石英基板を材料とするチップを実現しており、非常に汎用性の高いUV吸光度測定が可能である<sup>1)</sup>。さらに、このチップ技術を応用して、ガラスチップ上の数10~数100 $\mu$ mサイズの微小空間で化学合成反応を行う研究を実施している。

### 2. 2 磁気センサ技術

前記のマイクロマシニング技術を応用し、薄膜の積層・パターニングを繰り返す事で、室温動作が可能な汎用の高感度磁気センサ（薄膜フラックスゲート）、超伝導薄膜を用いた超高感度磁気センサ

(SQUID 磁気センサ)を開発した。薄膜フラックスゲートセンサは、方位計や非破壊検査などに応用が可能である。SQUID 磁気センサは、脳の神経活動から発生する微弱な磁界を計測することが可能であり、生体の活動状態や機能を解明するための生体磁気計測装置に応用している。

## 参考文献

- 1) Fabrication of quartz microchips with optical slit and development of a linear imaging UV detector for microchip electrophoresis systems, *Electrophoresis*, 22, pp230-234 (2001)
- 2) 電気泳動用石英ガラス製マイクロチップの開発、*電気学会論文誌E*、Vol.119-E、No.10、pp476-481 (1999)
- 3) Studies on SiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> Bonding with Hydrofluoric Acid, *Sensors and Actuators*, 79, pp237-244 (2000)
- 4) Condition Optimization, Reliability Evaluation of SiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> HF-Bonding and its Application for UV Detection Cell, *Sensors and Actuators*, 83, pp136-141 (2000)

(文責 中西博昭)

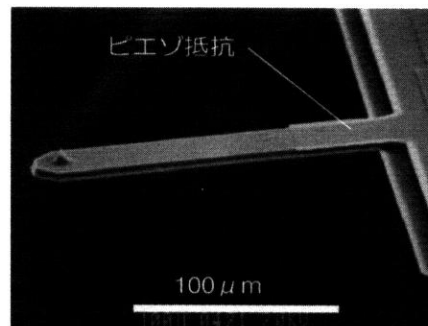


図1 AFMカンチレバー SEM写真

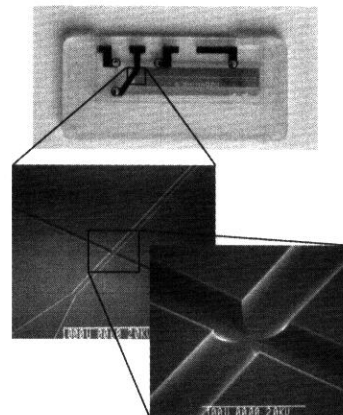


図2 電気泳動チップ微細流路のSEM写真

