

Suzuka National College of Technology

SNCT News Letter

鈴鹿高専技術便り

第11号

価値創造型ものづくり技術

鈴鹿工業高等専門学校長
高橋 誠記



「価値創造型ものづくり技術」は、第3期科学技術基本計画に見られる用語である。それまでの計画では、「製造技術」が推進4分野に挙げられていたが、これを「ものづくり技術」という用語に改めている。ここには、従来の製造技術の延長にとどまらず、「もの」の価値を押し上げるような技術の発展を目指そうという気持ちが込められている。これを牽引するのは、日本技術者教育認定機構（JABEE）の分類でいうテクニシャンやテクノロジストではなく、エンジニアであろう。鈴鹿高専の学科4、5年及び専攻科で構成するプログラムは、エンジニア養成プログラムとしてJABEEの認定を受けている。鈴鹿高専全体としては、エンジニアの養成を目指し、国策としての「価値創造型ものづくり技術」の振興を牽引していく意気込みが重要と考える。

現在審議が進められている中央教育審議会大学分科会高専特別部会では、高専のユニークな教育システムと人材養成機能を高く評価しつつ、社会の急激な変化、少子化、昨今の行財政事情に応じた改革や再編整備の必要性を指摘している。首肯できる方向ではあるが、国策とのリンクや養成する人材の量の面で、高専創設時に匹敵するような踏み込みはできないものだろうか。

「ものづくり」は、創造性と縁のない用語と受けとめる向きもある。しかし、「価値創造型ものづくり技術」には先端的、創造的な取組が不可欠であろう。平成13年開学の「ものづくり大学」は、構想段階から国民の「ものづくり」への関心喚起に大きな役割を果たしたが、英語名は Institute of Technologist である。鈴鹿高専がエンジニアという「ひとづくり」を目指し、地域企業とも連携を図りながら「ものづくり」をキーワードの一つとして取り組んでいくことは、決して小さな志とは言えない。

目次

価値創造型ものづくり技術（高橋 誠記）	1
第6回産学官連携推進会議に参加して（国枝 義彦）	2
第5回全国高専テクノフォーラムに参加して（江崎 尚和）	3
SUZUKA産学官交流会「日プラ（株）視察研修会」同行記（山崎 賢二）	5
「リーディング産業展みえ2007」（白井 達也）	8
研究者紹介 機能性セラミックスの変形・破壊挙動解析による信頼性材料評価（白木原香織）	11
研究者紹介 多糖誘導体を用いた光学異性体分離に関する研究（山本 智代）	13
お知らせ、行事内容、編集後記	16

第6回産学官連携推進会議に参加して

共同研究推進センター長

国枝 義彦



今、国の第3期科学技術基本計画では「科学の発展と絶えざるイノベーションの創出」を掲げ、システム改革と成果の社会・国民への還元を求めているが、人口減少下の我が国が、国際競争の一層激化する中で、持続的な成長を実現するには、社会システムや人材面を含めたイノベーションを全国各地で起こしていく必要がある。この趣旨のもと、内閣府等が主催し、平成19年6月16～17日、国立京都国際会館で開催された第6回産学官連携推進会議に参加しました。この会には産学官の第一線のリーダーや実務者・専門家等の約4200名が参加し、具体的な課題について、研究協議、情報交換、対話・交流・展示等の場が数多く設けられ、イノベーションの創出に向けた産学官連携の新たな展開が図られていた。（写真は、大学高専などの展示会場、および若手研究者による科学技術説明会会場、）



この第6回産学官連携推進会議では、産学官連携功労者表彰として、以下のような産学官連携の推進に多大な貢献をなし優れた成功事例に関して表彰もなされた。

- ・ フォトニックネットワーク技術の研究開発及び大学発・カーブアウト型ベンチャーの設立
- ・ ナノレベル電子セラミックス低温成形・集積化技術の開発
- ・ 米ぬかを原料とする高機能・多機能炭素材料 RB セラミックスの開発と応用
- ・ 少量量型消火剤の開発と新たな消火戦術の構築
- ・ 「産学連携による次世代モバイルインターネット端末の開発
- ・ 「九州広域クラスター」（システム LSI 設計開発拠点の形成）の推進
- ・ 次世代高性能レーザー技術の開発
- ・ 「身体機能を拡張するロボットスーツ HAL」の開発
- ・ TAMA プロジェクト広域的な産学官＋金融の連携による研究開発から製品化・販路開拓までの一貫した連続的支援体制の整備
- ・ 「Cat-CVD装置」の開発
- ・ 「高速原子間力顕微鏡」の開発

第5回全国高専テクノフォーラムに参加して

共同研究推進センター副センター長

江崎 尚和



高専における産学官連携活動の活性化と推進を目指し、当時の国専協が中心となってスタートした全国高専テクノフォーラムが今年度も8月9日から10日にかけて近畿地区高専担当で奈良高専を世話校として開催された。第1回目が北海道地区の釧路高専、第2回目に東北地区の宮城高専、第3回に東海・北陸地区の豊田高専、第4回に関東・甲信越地区の長岡高専とバトンが渡され今回が5回目の開催となる。毎年、サブテーマが設けられるが、本年度は「産学官連携・地域連携におけるヒューマンネットワーク」を掲げての開催であった。

ご存知のように、平成18年度より「高等専門学校等を活用した中小企業人材育成事業」が経済産業省の主導の下に実施され、多くの高専がこの事業に参画している。鈴鹿高専でも初年度より鈴鹿市商工会議所との連携で継続して実施されている。このことは、高専の地域に対する積極的な貢献がますます期待されていることの強い表れでもある。実際、このような形で地域に貢献することにより、人的ネットワークが広がり、より効果的な産学官連携・地域連携につながることを期待される。また、高専の人的・物的資源及び卒業生のネットワークの有効活用により、地域連携のみならず全国規模の産学官連携への展開の可能性も期待できるのではないかと考えたことを意図したテーマである。



メイン会場における開会式で祝辞を述べる高市早苗内閣府特命担当大臣（当時）

第1日目の午前中は文部科学省研究振興局研究環境・産業連携課長佐野太氏の基調講演のほか、阿南高専や奈良高専をはじめとするいくつかの高専における人材育成事業の紹介があった。午後からは「人材育成事業と地域におけるヒューマンネットワーク」と題した参加者全員によるパネル討論があり、その後2つの分科会に分かれ「地域における産学官連携の在り方とヒューマンネットワーク」および「卒業生との連携

記事

と「ヒューマンネットワーク」と題したテーマに関連したパネル討論会が行われた。2日目は、3会場で「人材育成事業」、「地域連携・地域貢献」、「一般研究成果」に分かれた口頭事例発表が行われ、その後、各高専における産学官連携活動等の紹介のポスター展示・発表が行われた。本校からは、事例発表として材料工学科宗内教授が「燃料電池関連技術者養成のための実践技術教育」について発表され、ポスター発表としては鈴鹿高専の紹介パネルのほか、生物応用科学科澤田教授により「鈴鹿高専卒業生で組織するヒューマン&テクノロジーネットワーク（SHTN）の紹介」が行われた。SHTNは本校が産学官連携活動をスタートさせた平成11年に、ほぼ時を同じくして発足した鈴鹿高専OBの企業経営者、技術者、研究者で構成するネットワーク組織である。まさに今回のサブテーマを8年以上も前から実行していたことになり、午前中のパネル討論でも少し紹介されたほか、他高専の参加者からも大変興味を示された。



宗内教授による事例発表



澤田教授によるポスター展示・発表風景

最近のテクノフォーラムではその内容、話題、事例などが現代GPや文部科学省関連の産学官連携事業（産学官連携高度化促進、大学発ベンチャー創出、知的クラスター創成、都市エリア産学官連携促進、地域イノベーション創出総合支援、ものづくり技術者育成など）あるいは今回のような経産省のものづくり人材育成事業など競争的外部資金として獲得、実施されたものの成果発表が多くを占める傾向になってきている。これらの事業は地域と密着した連携活動をベースにするものが多く、前述のようにこれからの高専を含めた高等教育機関が地域貢献を強く意識しなければならないことが明確に読み取れる。幸いなことに本校は高専の中では比較的早くより産学官連携に取り組み、その活動に対する地域からの大きな理解と協力、そして期待に支えられながら今日に至っている。ただ、その恵まれた現状に満足することなく、常に前向きな姿勢を維持しながら新しい取り組みに挑戦し続けることは極めて大切であると思う。本フォーラムはちょうど学生達のロボコン大会を観戦するがごとく、他高専のアイデアにあふれた取り組みに大いに刺激を受けながら、本校の活動を見直せる絶好の機会でもありと感じている。

SUZUKA産学官交流会「日プラ（株）視察研修会」同行記

研究推進・産学官連携部会員
 教養教育科
 山崎 賢二



平成19年10月4・5日の一泊二日の行程で、SUZUKA産学官交流会「日プラ（株）視察研修会」が実施されました。本校からはこの同行記を書くため広報担当WG（ワーキンググループ）の私と、研究者交流推進WG長の藤松先生が参加いたしました。企業から11名、鈴鹿医療科学大学、鈴鹿国際大学から各1名、鈴鹿市から2名、三重県から1名、お世話いただく商工会議所から3名の計21名のご一行様でした。

硬い内容の多い技術便りですので、この同行記は私の私見も交えて少し柔らかい文章で書こうと思います。今年の視察研修会の目玉は、経済産業省「ものづくり日本大賞」内閣総理大臣賞を受賞した香川県の日プラ株式会社でした。日プラ株式会社という社名はご存知なくても、皆さんは水族館に行ったことはありますよね。近辺では鳥羽水族館や名古屋港水族館、日本を代表する水族館である八景島シーパラダイスや海遊館、沖縄美ら海水族館などのアクリル水槽窓を製造している会社です。中でも沖縄美ら海水族館の「黒潮の海」に使われたアクリルパネルは、長さ22.5m、高さ8.2m、厚さ60cmと巨大で、1本の柱もなく7500tの水圧に耐えられるもので現時点では（なぜ現時点かは後述をお楽しみに）ギネスブックに世界最大と認定されています。

一行は、4日朝鈴鹿商工会議所を出発して、途中休憩をとりながら名阪国道、西名阪道、近畿道、中国道を経由して神戸三田IC近くの三田屋本店にてステーキランチの昼食をいただきました。メインのステーキのほか、添えられた玉ねぎとハムが豪快でとても美味しかったです。こういう研修旅行では訪問先はもちろんですが、宿泊する旅館や食事もしみの一つです。



写真1



写真2

昼食後、この日の訪問先の兵庫県加東市にある株式会社松下エコテクノロジーセンター (<http://www.panasonic.co.jp/eco/metec/index.html>) に到着しました。ここは平成13年4月に施行された「家電リサイクル法」に伴って、近畿2府4県から集められた使用済み家電4品目（テレビ、冷蔵庫、洗濯機、エアコン）の再商品化（リサイクル）およびリサイクル技術の研究・開発・実証を行う工場です。

記事

す。パンフレットに「ようこそ、観て、聞いて、ふれて、学べる体験型施設」とあるように、最初から見学されることを意識してつくられた工場です。写真1は洗濯機のドラムを再利用したガラステーブルです、マテリアルリサイクルといってもそんなにガラステーブルの重要はないでしょうから、これはお遊びでしょうね。写真2はマテリアルリサイクルの定番、アルミニウムのリサイクルです。工場を見学して一番感じたことは、ロボットが主役じゃなくて多くの従業員が手作業で黙々と仕事をしているラインを久しぶりに見たなでした。また今では、新製品を開発する際に、その製品が使用され、廃棄され、そしてこの工場に持ち込まれてリサイクルされることまで考えて商品化するという話は、リサイクルという概念がなかった時代には思いもよらなかったことでしょう。説明の中で今後の課題は、雑多なプラスチックへの対応（ゼロエミッション達成の障害）、液晶テレビやプラズマテレビへの対応などでした。（株）松下エコテクノロジーセンター関係者の皆様、大変お世話になりました、ありがとうございました。

工場をあとに、播但道、山陽道、瀬戸中央道、高松道を経て、四国高松の宿泊先、喜代美山荘・花樹海に到着しました。瀬戸大橋を渡るときにちょうど瀬戸内海は日暮れ時で、小柳ルミ子が歌った「瀬戸の花嫁」（古い！）の歌詞そのままの夕焼けが見られました。到着した頃には辺りは真っ暗でしたが、高台にある旅館だったので高松市の夜景が眼下に広がっていました。花樹海での夜のことは皆さんのご想像にお任せいたします。



写真3



写真4

5日はいよいよ日プラ株式会社（<http://www.nippura.com/>）訪問でした。世界の水族館が注目する製品を作る会社が、香川県木田郡三木町という片田舎（三木町の皆さんごめんなさい）にあることは、まさに知る人ぞ知るといった存在です。最初、会社概要について1時間ほどのお話があり、1969年にたった6名で設立したことから現在に至るまで、47カ国260余りのプロジェクトを成功に導いた苦労話を交えた立身出世話でした。以前NHKで放映された「プロジェクトX〜挑戦者たち〜」が今でも続いていれば、きっと題材になったことでしょう。ギネスブックの認定について前述しましたが、ドバイ（アラブ首長国連邦）で建設中のドバイモール水族館の亚克力パネルが世界最大になる予定というお話でした。その大きさは沖縄美ら海水族館のおよそ1.5倍、オイルマネーで裕福な国は何もかもが桁外れです。質問してみました、「お金があればどんな大きさでも可能ですか？」、いとも簡単に「はい」のお返事でした。写真3はアクリ



写真5



写真6



写真7



写真8

ルパネルの前で説明を聞いています。このアクリルパネルを積層して厚みを出す接着技術、接着剤の硬化時に強度を増す熱処理技術、巨大パネルを現場で接着して水槽の躯体に接合する施工技術などがこの会社のノウハウです。写真4はアクリルパネルを磨いているところです。写真5は積層したときの厚みとその透明度にすごいなと感心しています。写真6はアクリルパネルを切断しているところです。フラットパネルだけではなく、あたかも水中を歩いているかのような疑似体験を可能にしたトンネル状のパネルもこの会社の製品です。写真7はフラットパネルをプロジェクションスクリーンに応用した製品の紹介です。300インチのシームレススクリーンで、大きさはもちろんですが映像の鮮やかさ、奥行き感目は見張るものがありました。写真8は本社前での集合写真です。日ブラ（株）関係者の皆様、大変お世話になりました、ありがとうございました。

帰路は高松道、神戸淡路鳴門道で淡路島に渡り、明石海峡大橋で本州にもどり、往路と同じく山陽道、中国道、近畿道、名阪国道と経て無事に帰ってきました。長時間のバス移動で参加者はみなお疲れ気味でしたが、会員間の交流も深まり実のある2日間でした。

最後に本視察研修会の企画等でお世話いただきました鈴鹿商工会議所の皆様にお礼申し上げますとともに、またの機会を楽しみにしております。ありがとうございました。

「リーディング産業展みえ2007」

研究推進・産学官連携部会員

機械工学科

白井 達也



平成19年11月9日（金）、10日（土）の二日間に渡り四日市ドーム（三重県四日市市）で開催された「リーディング産業展みえ2007」（同時開催「みえ研究交流フォーラム」）に参加する機会を得ましたので、ここにその時の様子を報告いたします。

主催は、県内産学官各界からの代表により構成されたリーディング産業展みえ2007実行委員会で、平成15年5月に県内企業の販路拡大・技術革新を目的とする県内最大級の展示会としてスタートした「三重の21世紀リーディング産業展」の第5回目です。出展企業・団体数は183社（280ブース）で、昨年の169社（262ブース）よりも、さらに増えています。来場者は2日間で6,821人、こちらも昨年の6,236人を500人以上、上回っています。

単に展示ブースを提供するだけではなく、二日間で14件のセミナー、展示会場内でのプレゼンテーション（二つのステージで18企業）、13社の発注企業による個別商談会、大手流通業者12社との商談会も同時に行われていました。また、HONDA ASIMOショーが二日間で5ステージ、燃料電池自動車やSEGWAYの試乗会、小中学生も対象とした燃料電池教室や鋳物づくり工房といった体験コーナーが設けられており、企業人だけでなく、一般市民も楽しめる展示会でした。同時開催された「みえ研究交流フォーラム」では、三重大学、近畿大学工業高等専門学校、鈴鹿国際大学、鳥羽商船高等専門学校、三重県立看護大学地域交流センター、三重県科学技術振興センター、（財）三重県産業支援センター、中勢北部サイエンスシティ、（株）三重ティーエルオーのもつ研究シーズ、産学連携の窓口および大学発ベンチャーの紹介が行われました。

鈴鹿工業高等専門学校は“研究・支援・公的機関ゾーン”へ出展しました。本校の展示は「非線形バネと電子工作キット・エブリモコンの紹介」（機械工学科・白井達也）、「平面研削盤用の高精度円筒研削アタッチメント試作」（機械工学科・佐脇 豊）、「磁気反発型振動リミットスイッチ」（電気電子工学科・西村一寛）、「燃料電池技術者育成教育の紹介」（材料工学科・宗内篤夫）の4名の研究テーマ紹介がメインでした。特許出願済みのもの、企業との共同開発中ものなど、産業界とのマッチングが期待される研究テーマが選ばれています。それぞれポスターと実物を会場に展示し、来場者に実際に手で触って頂きながら説明を行いました。研究展示だけではなく、学校紹介パンフレットの配布や本校学生の課外活動の一つである「ウォーターボーイズ」のビデオ上演も行い、多くの本校OBや在校生の御家族の方からも声を掛けて頂きました。本校のブース以外にも隣のSUZUKA産学官交流会のブースで、（有）オオニシ・ヒートマジックとの共同研究の成果であるレーシングバイク用スイングアームの紹介（機械工学科・末次 正寛）や、（株）東海オールセットとの共同開発の成果である抗菌学生服（生物応用化学科・生貝 初）の展示・紹介も行われました。

国主導で進められた産学官連携の動きはひと段落したようですが、鈴鹿高専において地元企業との連携は根付いたな、という実感があります。昨年度から始まった「ものづくり人材リーディングエンジニア育成セミナー」事業のような活動を地道にサポートし続ける鈴鹿商工会議所の方々の力添えや、「鈴鹿市ものづくり研究開発事業補助金」で産学官連携の機会を用意してくれる地元鈴鹿市のバックアップは貴重です。その成果をリーディング産業展で実際に目にすることが出来ました。



図1 リーディング産業展会場内



図2 鈴鹿高専の展示ブース



図3 展示「非線形パネと電子工作キット・エプリモコン」

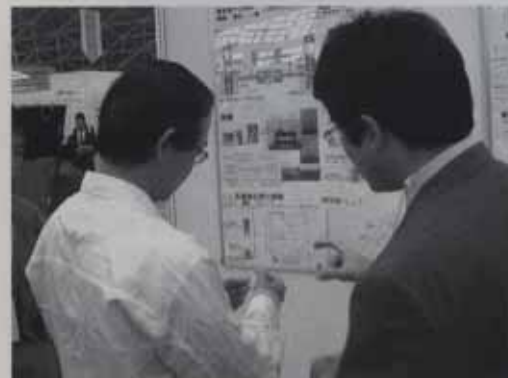


図4 展示「磁気反発型振動リミットスイッチ」

記事

今年で第5回になるリーディング産業展ですが、スケジュールが合わないなどの理由もあって私は今年が初参加・初出展でした。事前に想像していたよりも立派な会場かつ豊富な企画が用意されていることには驚きましたが、初日の金曜日は期待していたよりも来場者が少ない。お陰で企業ブースや大学等の展示をゆっくりと時間を掛けて見て回ることができました。それに対して二日目は家族連れの一般市民の方々も多く来場し、活況を呈していました。もし、来年、リーディング産業展に行こうと思う方は初日が狙い目です！

ただ、鈴鹿高専のブースは私も含めて展示スタイルが真面目過ぎて“お祭り”としてのアピール度が低かったのが反省点です。それに対して、たとえば鳥羽商船高専のブースは高専ロボコン出場ロボットなど一般市民にも分かりやすい展示物を前面に出し、若々しい学生が中心になって説明するなどの工夫により多くの来場者を集めていました。リーディング産業展は、研究活動はもちろん、ものづくりに励む若い人材作りに取り組んだ成果を示す良い機会でもあります。本校は今年度から平成21年度までの三年度に渡る「エキスパートのスキルと感性を導入した創造工学プログラムの構築」事業が採択され、“高いモチベーションと創造力を備えた学生、ものづくりの流れと勘所が理解できる学生、技術の価値を理解し適否が判断できる学生”を育成するために教育プログラムの改善を始めました。次回のリーディング産業展ではその成果も併せて発表できるのではないかと考えています。



図5 展示 SUZUKA産学官交流会・鈴鹿市



図6 SEGWAY試乗中

機能性セラミックスの変形・破壊挙動解析による信頼性材料評価



白木原 香織 (SHIRAKIHARA Kaori)

機械工学科

所属学会：日本機械学会

日本材料学会

使用・応用分野

1. 材料寿命予測
2. 材料内部損傷評価
3. 非鉛系圧電セラミックスの創製

研究分野

X線回折評価

疲労強度特性評価

キーワード

圧電セラミックス

チタン酸ジルコン酸鉛

ドメインスイッチング

1. はじめに

戦後の電子技術の発展に伴い、様々なエレクトロニクス製品が新規発現している。特に各種センサを内蔵したマイクロコンピュータを知能としたエレクトロニクスと、機械的動作を融合させたメカトロニクスの更なる進歩が期待されている。その発展を支える構造体として、電気的エネルギーと機械的エネルギーを可逆的に変換できる圧電体の存在が大変重要となる。機能性材料としての利点のみならず、高強度・耐食性・耐熱性等の高い機械特性をも有していることから、特に圧電セラミックスが機械構造物の至る所に使用されている。

圧電セラミックスにおけるこれまでの研究は、機能性向上を目指した材料開発に主眼が置かれたものがほとんどであった。しかしながら、脆性材料として取り扱うことはできる他のセラミックス素材とは異なり、分域反転機構（ドメインスイッチング）により金属の延性機構に似た非線形挙動を示す圧電セラミックスは、疲労強度評価が必要となる。また、材料寿命予測の観点から非破壊的に材料内部を評価する損傷パラメータの決定が必要不可欠である。

本稿では、圧電セラミックスの非破壊的および破壊的材料信頼性評価法の一例を紹介する。

2. 圧電セラミックス

供試材として使用するチタン酸ジルコン酸鉛（PZT： $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ ）について解説する。結晶構造はペロブスカイト構造を有し、材料における固溶比率はZrが53 at%、Tiが47 at%であり、結晶系は正方晶である。図1に示すように、中心イオンが偏心しており、自発分極方向[001]を有している。極性材料であるため、外的負荷（電界、力）が印加されると、自発分極方向が反転する現象が発生する。この現象がドメインスイッチングと呼ばれ、 90° および 180° 方向に生じる。通常、PZTは高電界処理（分極処理）を施して結晶方位を揃えた後に、アクチュエータ等の機能性材料として使用されている。

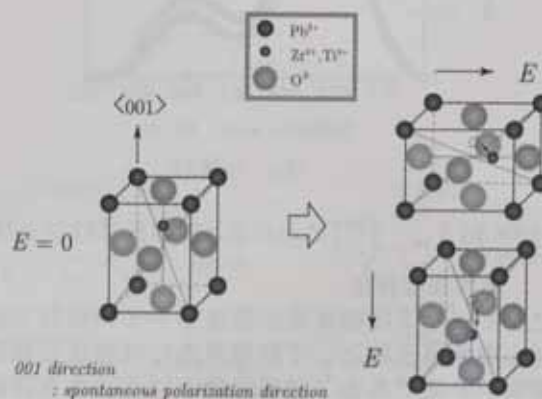


図1. 正方晶PZTにおけるスイッチング挙動

3. X線回折法による評価

ドメインスイッチングおよび格子ひずみの評価法としてX線回折法を用いる。非分極処理材、分極材の測定結果を図2に示す。非分極材と分極材の結果は、(002)と(200)回折の強度比が明確な差異を示しており、非破壊的に結晶配向性を評価する手法としてX線回折法が有用であることを明らかにした。更に、これらに素材に引張り荷重が加わると材料内部では、ドメインスイッチングが生じると共に格子ひずみが導入される。格子ひずみは圧電特性の機能劣化の要因となる。機械的負荷治具をX線回折装置に設置して、その場観察を行った結果を図3に示す。外的負荷を増加させると、 $2\theta - \sin^2 \psi$ 線図の傾きが増大している。この傾きは格子ひずみの変化量に比例しており、材料固有の縦弾性係数およびポアソン比を考慮すると応力評価が可能である。

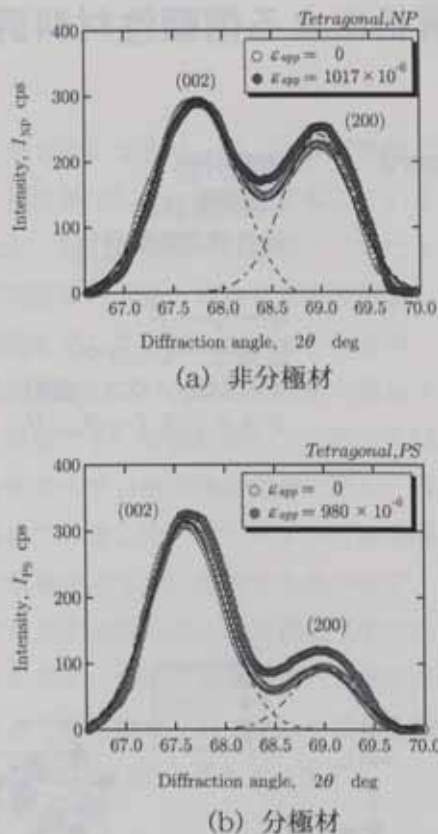


図2. PZTにおけるX線回折プロファイル

4. 破壊強度評価

セラミックスは個体差が発生しやすい材料であるが、機械構造物として使用するには強度信頼性の確保が必須である。材料強度のばらつきを評価する手法としてワイブル分布を用いる。ワイブル分布は次の分布関数で与えられる。

$$F(\sigma_T) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{\sigma_T}{\sigma_0} \right)^m \right]$$

ここで、 m は形状母数、 σ_0 は尺度母数、 F は累積破壊確率である。破断試験の真応力 σ_T を前述の分布で近似を行った結果が図4である。また、各母数を

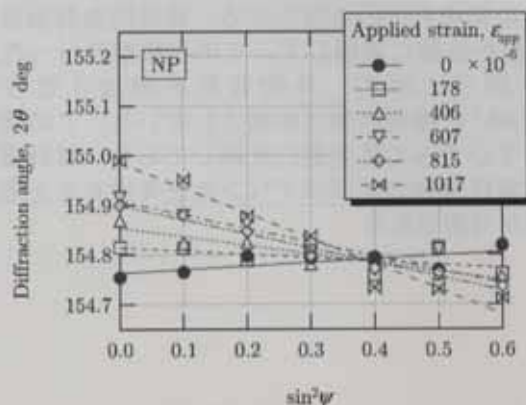


図3. X線による格子ひずみ評価

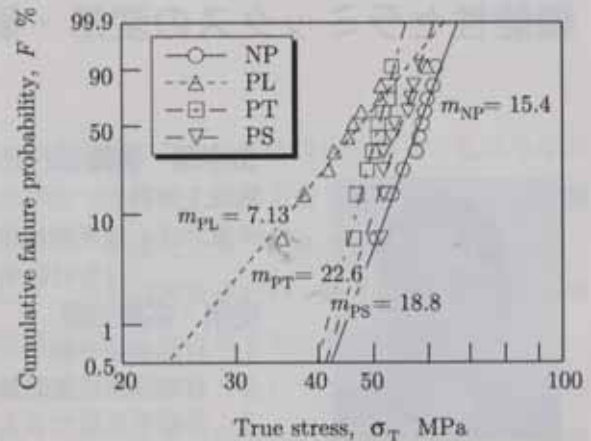


図4. ワイブル分布による破壊強度評価

表1. 破壊強度評価パラメータ

	σ_0 (MPa)	m	Mean true stress $\bar{\sigma}_T$ (MPa)
NP	60.1	15.4	58.1
PL	49.4	7.13	46.3
PT	49.1	22.6	47.9
PS	56.1	18.8	54.6

表1にまとめる。PL、PTおよびPSは分極材であり、各々の分極方向が直交している。 m はばらつきを示す係数であるため、グラフでの傾きが大きく m 値が大きい時は、強度のばらつきが小さく信頼性が高い材料であると言える。また、 F が50%の強度を平均強度として評価する。平均強度が高い材料であっても、強度のばらつきが大きい場合では、低強度の個体が存在する可能性を示唆している。

5. おわりに

本報には、圧電セラミックスを評価対象とした結果のみを示したが、X線回折法は結晶性材料であればセラミックスに限らず金属、複合材料に適用が可能であり、破壊強度評価法は非結晶材料においても有用な手法である。紙面の都合上、静的強度評価法のみを紹介させていただいたが、動的強度評価法（疲労試験）に関する研究を行っている。特に、視覚的には観察が不可能である高速振動環境下（30Hz）でのき裂進展挙動評価技術の開発を行っている。

また、大強度加速器施設（J-PARC）内に整備される応力評価装置「匠」の研究協力者であるため、中性子線を利用した応力測定にご興味ございましたらお問い合わせ下さい。

多糖誘導体を用いた光学異性体分離に関する研究



山本智代 (YAMAMOTO Chiyo)

生物応用化学科

所属学会：高分子学会

日本化学会

アメリカ化学会

セルロース学会

研究分野

機能高分子化学

キラル分析

キーワード

多糖、分離機能高分子

キラリティー、光学分割、

クロマトグラフィー

使用・応用分野

1. 機能高分子材料の開発
2. 光学異性体分離
3. 多糖の機能化

1. はじめに

右手と左手は互いに鏡に映した関係（鏡像）にあり重ね合わせることはできません。これと同様に、分子の中にも互いに鏡像の関係にあるものが数多く存在しており、これらを鏡像体あるいは光学異性体と呼び、キラル（手を意味するギリシャ語）な分子であるといいます。光学異性体は、物理的・化学的性質のほとんどが同じであるため、これらを融点や沸点の違いなどで分離することはできません。しかし、私たちの身体は光学異性体の違いを見分ける能力を持っています。それは、タンパク質、核酸、多糖など生体を構成している分子自身も光学異性体の一方で構成されているからです。野球で捕球の際に使うグローブは、私たちの右手と左手を識別し、逆の手にはめれば違和感を感じます。これは、グローブにも右と左があるからです。一方、左右の区別のない軍手では、右手と左手を識別できず、どちらにはめても違和感はありません。つまり、私達の体はグローブのような左右の区別のあるものの一方から成り立っており、そのため、右手と左手の関係にある光学異性体を見分けることができるのです。

2. 光学異性体と生理活性

私たちの身体が光学異性体を見分けることができると、どんなことが起こるでしょうか。例えば薬であれば、光学異性体が異なる効能を示したり、あるいは一方のみが薬理活性を示したり、また、一方が薬として働くのに対し他方は副作用を引き起こしたりするなど、光学異性体間で私たちの身体に異なった作用を引き起こすものがでできます（図1）。

これまでに、光学異性体間で生理活性の異なる医薬品等が数多く見出されてきていますが、合成医薬品の中には光学異性体の等量混合物（ラセミ体）として用いられているものも数多くあります。医

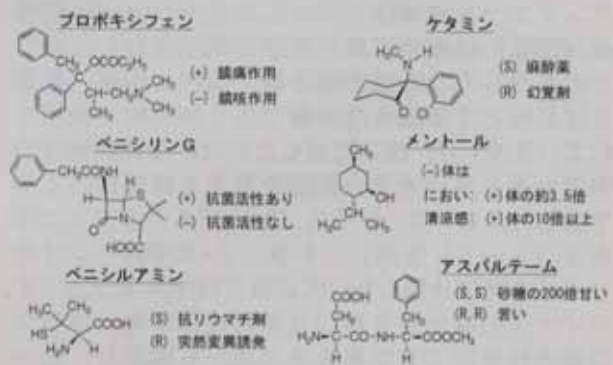


図1 光学異性体間における生理活性の違い

薬品をラセミ体として用いることは副作用等の危険性を考えれば当然避けるべきであり、光学異性体間での体内動態の差を明らかにすることは極めて重要であると言えます。そのためには、両光学異性体の入手法および微量分析法の確立が必要不可欠となります。

こうした背景を踏まえ、光学異性体の一方のみを合成する不斉合成や、光学異性体の混合物からそれぞれの異性体をわける光学分割の研究、開発が、現在、活発に行われています。その中でも、高速液体クロマトグラフィー(HPLC)による光学分割は、光学異性体をわける簡便かつ実用的な手法として近年著しい発展を遂げており、多くの優れたキラル固定相（不斉識別材料）が開発されてきました。またその結果として、キラルな医薬品に占める光学活性体の割合は年々増加してきています。

3. 多糖誘導体による光学分割

HPLCで光学異性体間の違いを認識し分離を達成するためには、装着するカラムの固定相に光学活性な物質を用いる必要があります。これは、前述したように、右手と左手を区別するには軍手ではなくグローブが必要であるということによって説明できます。通常、カラムの中には、シリカゲルなどの担体に光学活性な物質（キラル固定相）を導入したものを充填剤として詰め、光学分割に用います。このキラル固定相は、低分子からなるものと高分子からなるものの2種類に大別でき、さらに後者は、合成高分子を用いたものと天然の高分子由来のものにわけることができます。私がこれまでに所属した研究グループでは、天然に存在し入手の容易な光学活性高分子であるセルロースやアミロースなどの多糖を用いて、長年、HPLC用のキラル固定相を開発してきました。セルロースやアミロースは、それ自身が高い光学分割能を示しませんが、化学的に修飾可能な水酸基を有していることから、これを適切な置換基に変換することで様々な光学活性高分子へと導くことができます。特に、酸クロライドやイソシアナートを反応させて得られるベンゾエート誘導体、フェニルカルバメート誘導体（図2）は極めて高い光学分割能を有しており、そのキラルカラムは市販され、現在、医薬、農業をはじめとする様々な分野で広く実用的に使用されています¹⁻³。図3に示したのは、多糖誘導体の中でも最も高い光学分割能を有する誘導体の1つであるセルロース トリス（3,5-ジメチルフェニルカルバメート）を用い、トランス-スチルベンオキサイドを光学分割したHPLCのクロマトグラムです。マイナスの旋光性を持つ光学異性体が先、プラスの旋光性を持つ光学異性体が後から溶出し、ピークの裾まで切れた完全分割が達成されているのがわかります。現在、これら多糖誘導体型のキラル固定相を用いることで、キラル化合物のおよそ8割は光学分割が可能であると言われています。

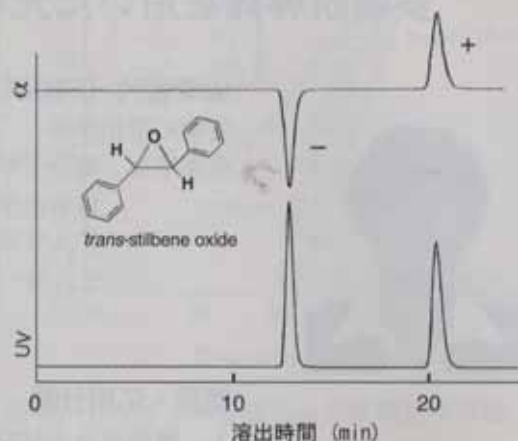


図3 Cellulose tris(3,5-dimethylphenylcarbamate)によるtrans-Stilbene oxideの分割（溶離液：Hexane/2-Propanol (90/10)、流速0.5 ml/min）（上：旋光検出器、下：UV検出器）

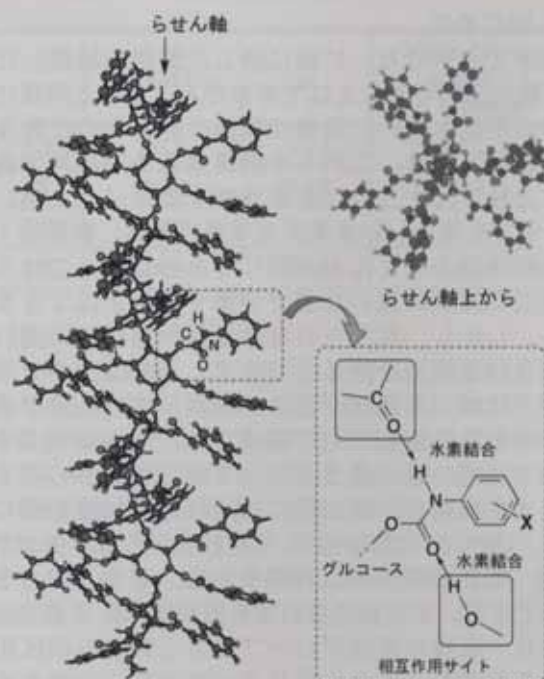


図4 セルロースフェニルカルバメート誘導体の構造とラセミ体との相互作用

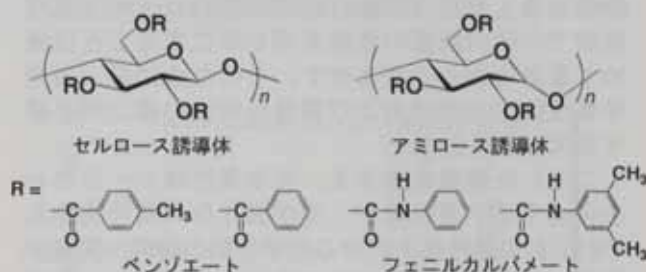


図2 多種のベンゾエートおよびフェニルカルバメート誘導体

4. 多糖誘導体の不斉識別機構

多糖誘導体がどうやって光学異性体を識別しているのか、その不斉識別機構については、HPLCや一次元および二次元NMR^{4,5}、さらにはコンピュータシミュレーション⁶を行うことで、その詳細な検討を行っています。図4に示したのは左巻きの3/2らせん構造を有するセルロースフェニルカルバメートの構造とラセミ体との相互作用図です。通常、よく用いられるヘキサン/アルコールを溶離液に用いる順相系では、フェニルカルバメートの最も重要な相互作用サイトはカルバメート基の部分であり、ラセミ体は多糖誘導体の内部に入り

込んで、主に水素結合を介して相互作用すると考えられます。HPLCで光学異性体を完全分割する際に必要な、多糖誘導体と各光学異性体との相互作用エネルギーの差は、0.11 kcal/molとわずかであり、一度に識別される度合いは小さいものですが、カラムの中を通過する間に、高分子上に規則的に並んだ相互作用サイトで同じ相互作用が繰り返されることで完全分割に至ります。したがって、高分子の構造の規則性が低い場合には高分離は得られず、精密に制御された高分子で高い不斉識別能力が発揮されることになります。その点、多糖誘導体は、極めて高度に制御された立体規則性を有する高分子であり、置換基を変えることで異なる能力を有する様々な誘導体へと変換可能であることから、不斉識別材料として適していることがわかります。

5. 次世代型キラル充填剤の開発

高い光学分割能を有し、キラル化合物の8割を分割することが可能な多糖誘導体ですが、全てのキラル化合物の分割が可能であるわけではありません。そこで私たちは、現在も様々な新しい多糖誘導体を合成し、その光学分割能の評価を行っています。またさらに、これまでにない新しい特徴を持つ次世代型キラル充填剤として、多糖誘導体をシリカゲル上に化学結合させた耐溶剤性の高い充填剤⁷⁾、シリカゲルを用いない多糖誘導体のみからなる充填剤⁸⁾、また、分けたい化合物を分けるための合目的キラル充填剤の開発⁹⁾などを行っており、その結果、従来のカラムでは分割できなかったキラル化合物の分割が可能になるなど、多糖誘導体型キラルカラムの有用性はさらに高くなってきています。また、今後、不斉識別機構を分子レベルでより詳細に検討することで、新しい不斉識別材料の設計や光学分割条件の迅速な決定が可能になると期待されます。

6. おわりに

多糖誘導体からなる単カラムを用いたHPLCによる光学分割は、得られる光学活性体の光学純度、簡便さ、汎用性などの点で優れた方法ですが、使用する溶媒の量が多くコスト高になりがちなため生産プロセスには不向きであると考えられてきました。しかし近年では、二成分分離において分離効率の高いシステムである疑似移動床法 (Simulated Moving Bed (SMB法)) が工業レベルでの光学分割に適した方法として注目され、すでに実用化されています。医薬品開発のスピードがどんどん増している現在、10年前までは「製造手法としては皆無」であったHPLCによる光学分割は、その特長を活かし、キャピラリーカラムを用いた超微量分析からSMBによる工業規模での分離にいたる様々な分野で、今後、ますます発展していくことと期待されます。

なお、本研究は、筆者が平成19年3月まで籍

を置き、現在も共同研究させていただいている名古屋大学大学院工学研究科ならびに名古屋大学エコトピア研究所で行われたものであり、岡本佳男先生、上垣外正己先生、研究に携わった学生・大学院生の皆さんに心より感謝申し上げます。

7. 参考文献

- 1) C. Yamamoto, Y. Okamoto, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **77**, 227-257 (2004).
- 2) 山本智代, 八島栄次, 岡本佳男, 季刊化学総説 48糖鎖分子の設計と生理機能, 121-128 (2001).
- 3) E. Yashima, C. Yamamoto, Y. Okamoto, *Synlett*, 344-360 (1998).
- 4) E. Yashima, C. Yamamoto, Y. Okamoto, *J. Am. Chem. Soc.*, **118**, 4036-4048 (1996).
- 5) C. Yamamoto, E. Yashima, Y. Okamoto, *J. Am. Chem. Soc.*, **124**, 12583-12589 (2002).
- 6) C. Yamamoto, E. Yashima, Y. Okamoto, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **72**, 1815-1825 (1999).
- 7) T. Ikai, C. Yamamoto, M. Kamigaito, Y. Okamoto, *Chem. Lett.*, **35**, 1250-1251 (2006).
- 8) T. Ikai, C. Yamamoto, M. Kamigaito, Y. Okamoto, *J. Sep. Sci.*, **30**, 971-978 (2007).
- 9) C. Yamamoto, K. Yamada, K. Motoya, Y. Kamiya, M. Kamigaito, Y. Okamoto, *J. Polym. Soc., Part A.*, **44**, 5087-5097 (2006).

◆ 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総務課

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 17:00～ 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 17:00～ 鈴鹿高専共同研究推進センター会議室

ニューマテリアル講演会 平成20年1月21日(月)

講師：大阪市立大学大学院工学研究科機械物理系専攻 佐藤 嘉洋 教授

テーマ：最近の研究から ー抗菌性金属材料および高素鋼ー

行事内容

3月 7日(金) SUZUKA産学官交流会産学官交流フォーラム

3月22日(土) 卒業式、専攻科修了式

4月 7日(月) 入学式

編集後記

SNCT News Letter (鈴鹿高専技術便り) が発刊されて今回で第11号を迎えることができました。振り返ってみれば、鈴鹿高専が地域に根ざした高等教育機関として社会や地域産業界の多様なニーズに答えるため、産学官の連携協力を推進する組織として産学官共同研究推進協議会を立ち上げたのが平成11年4月のことでした。本協議会は現在では研究活動推進委員会へと進展し、その間SNCT News Letter (鈴鹿高専技術だより) の刊行、研究者データベースの構築、異分野の研究者が共同で行うプロジェクト研究の実施、企業技術者との技術懇談会の開催など様々な活動を実施してきました。これからも鈴鹿高専における教育研究活動状況をこのSNCT News Letter (鈴鹿高専技術便り) に掲載し皆様に発信していきます。このSNCT News Letter(鈴鹿高専技術だより)が産学官共同研究推進の一助になれば幸いです。(H.S)

SNCT News Letter 第11号 平成20年2月印刷 平成20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。)