

る。本調査は2012年度末に報告書にまとめ、城南区に提出する予定である。

Ⅲ．ジェンダー／医療

本テーマでは、2012年12月6日に「東アジアの女性問題比較セミナー～中国と韓国～」を開催した。本セミナーでは、馬憶南氏（北京大学教授）と金エリム氏（韓国放送通信大学教授）のお二人をお招きして、中国と韓国の女性の地位をめぐる状況や問題点、対策などについて講演していただいた。講演後、参加者と活発な質疑応答がおこなわれ、研究者のみならず市民の方々と東アジア共通の諸問題についての認識を共有するとともに、その解決にむけての幅広い議論が展開された。

医療情報ネットワークについては、引き続き、患者自身がカルテを管理し、他者と共有することができるポータルサイト「Genkey」の構築を福岡大学病院を中心に進めている。

Ⅳ．研究所全体の取り組み

本研究所は、地域づくりに関する調査研究を実践的に進めていくため、定期的に「地域共生研究会」を開催している。

第1回地域共生研究会(2012年6月開催)は、「なぜまちづくりに学習が必要なのか～社会教育・公民館の課題と可能性～」をテーマとし、社会教育学を専門とする岡幸江氏（九州大学大学院准教授）に校区レベルの「小さな地域」におけるまちづくりの課題と可能性についてご報告いただいた。福岡市内の公民館長、自治体職員、学内の教員にも数多く参加いただき、公民館活動の現状や若い世代とどう連携するのかという課題も議論の対象となった。

第2回地域共生研究会（2012年8月開催）のテーマ「地域と生きる博物館～現状・課題・可能性～」では、博物館・資料館が地域のなかで果たすべき役割とは何か、どのような新しい可能性があるのか、また博物館・資料館、地域、大学等との間でどのような連携や協力が可能なのかを、登壇いただいた北部九州地域の学芸員の方とともに議論した。

第3回地域共生研究会(2012年12月開催)は、「マーケット化する文化～文化は地域活性化のための資源となりうるのか?～」と題したテーマのもと、地域

文化が資源化される基準、「マーケット化」がはらむ問題点、文化による観光と地域復興とのつながり方が論点となった。

他、2011年度に発行した研究紀要『地域共生研究』創刊号に引きつづき、現在、第2号の刊行に向けて準備を進めている。

おわりに 今後の展望

来年度は、これまで各テーマごとに積み上げてきた調査研究・実践研究を結集させ、「地域共生学」の創成に向けた理論的枠組みを固めていきたい。そのためには、積極的に外部資金にアクセスし、研究活動を充実化させることも重要である。具体的には、科学研究費補助金のほか、「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」や「地（知）の拠点整備事業（大学COC事業）」などの大型プロジェクトも想定している。福岡・東アジアという「地」と学際的な「知」とが融合・昇華していくことを今後も目指していきたい。



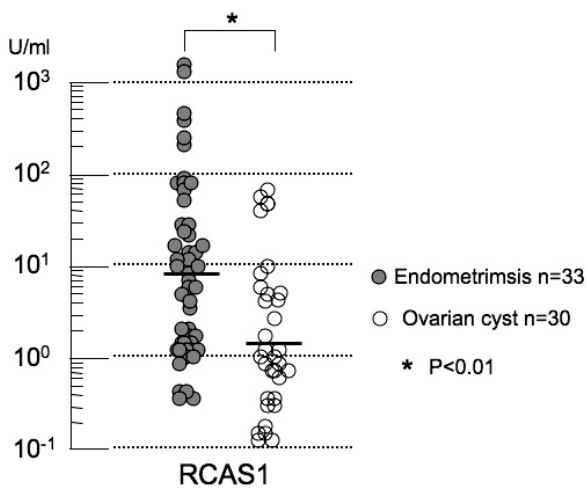


図 1

免疫染色で RCAS 1 の局在を検討した結果、子宮内膜症性嚢胞では嚢胞壁の上皮が染色され、間質中のマクロファージが強染された。一方、上皮性卵巣癌（類内膜腺癌・明細胞癌）では上皮に加え間質も染色された。

④子宮内膜症性嚢胞間質細胞の3次元培養における RCAS 1 のゲル収縮亢進作用

コラーゲンゲル三次元培養法は皮膚科や形成外科、眼科などの広い分野で癒痕化の in vitro モデルとして頻用されている。この実験では、細胞をタイプ I コラーゲン溶液に懸濁したものを dish に分注し、37 で 2 時間培養してコラーゲンをゲル化させる。このゲルを tapping して dish から浮遊させ、ここに培養液を加えて培養し、ゲルの収縮率を観察する。本研究では子宮内膜症における癒痕（癒着）形成のモデルとしてこの培養法に注目し、子宮内膜症性嚢

胞の間質細胞を用いて、培養液に RCAS 1 を添加して癒痕形成における RCAS 1 の作用を検討した。RCAS 1 を添加すると、ゲルの収縮が有意に亢進することが明らかになった。また、コラーゲンゲル内の細胞形態を実体顕微鏡で観察すると、RCAS 1 を添加したものでは、細胞がよくコラーゲン繊維に接着し、コラーゲン繊維を引き寄せて収縮していた。（図 2）

⑤ 3次元培養細胞の発現アレイ

④の細胞から RNA を抽出し、遺伝子発現解析をしたところ、神経系、免疫系、上皮性腺癌関連遺伝子の発現増強が認められた。現在さらに解析をすすめている。

まとめと考察

これまでの研究で、子宮内膜症患者では腹水中の RCAS 1 が高濃度であり、癒着が重症であるほどその濃度が高いことが明らかになった。また、in vitro で、子宮内膜症病変が周囲もしくは遠隔臓器へ接着・浸潤・増殖するのに重要な役割を担うと考えられる間質細胞が、RCAS 1 によって、癒痕形成を亢進することが明らかになった。これにより、我々の協同研究者により開発がすすめられている RCAS 1 の特異的阻害剤が、子宮内膜症の癒痕形成に対する新たな治療薬となりうる可能性が示唆された。今後は発現アレイの結果から、再現性・特異性よく出現する癌関連遺伝子を明らかにし、子宮内膜症から卵巣癌が発生するメカニズムに迫りたいと考えている。

おわりに

欧米では、女性研究者の割合は30%程度であるのに対し、我が国では10数%と未だ著しく低い状態にある。本研究所が、女性研究者がいきいきと活躍できる環境を提供することで、女性が家事・育児・介護などの家庭責任を負い、いわゆる「ガラスの天井」という意識さえもたなかった時代を過去のものとし、本学アカデミア全体としての知力の底上げに多大な貢献をもたらすことが期待される。また、次の世代を担う女子学生への、女性研究者というキャリア形成の在り方やロールモデル提示による裾野の開拓・拡大へ寄与したいと考えている。

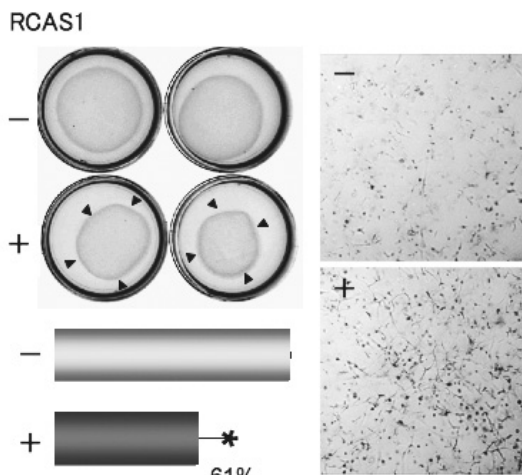


図 2

膵島移植について

膵島研究所長 医学部再生・移植医学教授 安波 洋一

はじめに

膵島研究所の研究は文字通り、「膵島」を対象にしている。膵島は膵臓に島状に散在して存在する細胞塊で、生体で唯一の血糖降下ホルモンであるインスリンの産生細胞を含有する。糖尿病はインスリンが相対的、また絶対的に不足する疾患で、膵島インスリン産生細胞（膵島細胞）の機能と関連しており、膵島の研究は糖尿病の新規治療法開発に直結している。膵島研究所ではインスリン産生細胞障害の機序解明と制御法開発、インスリン産生細胞の移植、ならびに再生に関する基盤的研究を行い、その成果により糖尿病の新たな治療法開発を目指している。本稿では糖尿病の治療としての膵島移植について紹介する。

意義と適応

糖尿病は2型と1型に分類される。2型糖尿病は膵細胞障害によるインスリン分泌の減少、もしくは効果減弱による相対的インスリン不足、1型糖尿病はインスリン産生細胞が破壊され、体内インスリンの枯渇により高血糖となる。膵島移植の対象となるのは1型糖尿病である。1型糖尿病ではインスリン治療が必須で、通常1日に4回、血糖を自己測定、血糖に応じてインスリン量を調節、注射し血糖を管理する。しかしながら病態が進行するとインスリン注射による血糖管理が困難となることがあり、その際低血糖が問題となる。通常低血糖になれば冷汗、頭痛、手指のふるえなどの症状があり、糖分の経口摂取で対応でき、症状は直ちに改善するが、病態が進行すると神経が障害され、低血糖症状を自覚できなくなることがある（無自覚性低血糖発作）。この無自覚性低血糖は極めて危険で、介助者がいない場合低血糖は改善できず、意識障害は継続、さらには生命に重篤な影響を及ぼすこととなる。また血糖管

理が不十分であると糖尿病血管合併症が発症、進展し、網膜症による失明、腎障害による血液透析を必要とする事態になる。このような1型糖尿病に対する治療法として移植医療がある。膵島インスリン産生膵細胞には糖に対するセンサーがあり、血糖に応じてインスリンを産生、分泌する。従って、膵島の移植後には、レシピエントの血糖は移植膵島により制御され、直ちに正常血糖となり、低血糖発作は消失する。さらには生理的血糖管理により糖尿病血管合併症の進行を阻止、もしくは改善が期待できる。

移植医療には膵島を含む膵臓器移植、もしくは膵島のみを取り出して移植する膵島移植がある。膵臓器移植は1990年代には確立され、現在では我が国でも保険医療として普及している。一方、膵島移植は、2000年に世界で最初の臨床成功例が報告され、2004年に我が国で開始、福岡大学では2006年に九州沖縄での第一例目を経験している。細胞移植である膵島移植は侵襲が少なく、患者さんに優しい魅力的治療法であり、今後の発展が期待されている。

移植手技

膵島は心停止、もしくは脳死ドナーから提供された膵臓より、膵島を分離し、移植に供する。膵島移植も臓器移植と同様に臓器提供があって初めて成り立つ医療である。臓器提供病院で膵臓を摘出、保存液に入れ、福岡大学病院に搬送し、病院内の細胞調整室（Cell Processing Center）で膵島を分離する。得られた膵島が移植基準を満たした場合にレシピエントが入院し、次の日に移植となる。移植は手術室ではなく、血管造影室で放射線科医が施行する。具体的には局所麻酔後に超音波で観察しながら、肝臓内の血管（門脈）を腹壁から穿刺、カテーテルを留置し、点滴の要領で分離した膵島を注入（移植）する。移植膵島は肝臓内血管（門脈）の末端に塞栓後

に生着し肝臓内で血糖に応じてインスリンを分泌し、血糖を正常化する。局所麻酔であるために移植中、レシピエントは覚醒しており、術者と会話が可能で、移植時間は20 - 30分である。また、移植当日夕より経口摂取でき、1週間以内に退院できる。

我が国に於ける実施体制と経費

膵島移植は、開発途上の新規治療法であり、文部科学省科学研究費（橋渡し研究）ならびに現在は厚生労働省科学研究費の支援を受け、先進医療に認定され実施されている。先進医療としての膵島移植実施施設は主管の福島県立医科大学病院をはじめ、東北大学病院、千葉東病院、京都大学病院、大阪大学病院、福岡大学病院の6施設で、福岡大学病院は九州地域を担当している。膵島移植経費は混合診療が適応され、健康保険分と私費からなるが後者は厚生労働省科学研究費が充当され、患者さんの負担は健康保険負担分のみとなっている。今後は厚生労働省科学研究費による研究事業の後に保険医療として認可申請を行う予定である。

課題と研究成果

現時点の膵島移植では1回の移植でレシピエントの血糖は正常化、低血糖発作は消失し、意識障害の問題は解決する。しかしながら、移植後にレシピエントがインスリン治療から解放されるには2 - 3回の膵島移植、言い換えれば2 - 3人のドナー膵臓が必要である。このことは様々な要因により移植膵臓が障害され、喪失し、結果的に生着した膵島数が不足していることを示している。我々は膵島移植部位が肝臓という点に着目し、肝臓内での免疫反応が移植膵臓障害の主因ではないかと想定し、研究を進めた。その結果、膵島移植後早期、24時間以内に膵島移植特有の拒絶反応が発現することを見出し、その機序ならびに制御法を見出した（文献1、2）その結果、動物実験では1回の膵島移植で糖尿病を完治することができた。さらには移植前の膵臓に対する試験管内治療で移植後膵臓細胞死を防止する新たな治療法を開発した（文献3）。この方法は従来法がレシピエントに対して薬剤を投与し、拒絶反応の治療を行うのに対し、ドナー膵臓を対象に移植前に治療を行う全く新しい治療法で、膵島移植が細胞移植

である利点を生かした画期的成果である。今後は、臨床導入に向けた実施体制を構築する予定である。

今後の方向性

細胞移植である膵島移植は臓器移植とは異なり、侵襲が少なく、安全で患者さんに優しい治療法であるが、移植医療にかわりはなく、臓器提供があって初めて成り立つ医療である。すなわち提供臓器の恒常的不足に直面している。この課題解決には膵島移植が細胞移植であるという利点が重要性を帯びてくる。すなわち、膵島移植の目的がインスリン産生細胞の移植であり、インスリン産生細胞を新たに創生できればドナー不足は解消できることになる。その点に於いて、iPS細胞やES細胞からインスリン産生細胞を試験管内で作り出す研究が世界的に開始され、我々も参入しているが、課題は山積しており、実際の臨床応用には程遠いと思われる。もう一つの方向性としては前駆細胞よりインスリン産生細胞分化の研究がある。これはインスリン産生膵細胞になる前の幹細胞を同定し、インスリン産生細胞を増やそうとする試みである。この方法が成功し、合わせて膵細胞障害の制御法が見出されれば、1型糖尿病で一旦破壊された膵細胞を膵臓内で再生できる可能性があり、糖尿病の根本的治療法となる。我々は移植膵臓に膵細胞の幹細胞が存在することを見出しており、このプロジェクトが膵島研究所にとり最も重要と判断し、研究を推進している。

おわりに

膵島研究所で取り組んでいる膵島移植について紹介した。福岡大学での膵島移植がここまで発展できたのは、関連部門（内分泌糖尿病内科、消化器外科、感染症内科、放射線科、臨床検査医学、臨床検査部、薬剤部、薬学部）をはじめ皆様方からの多大なご支援のお陰であり、感謝に堪えない。今後も膵島移植が福岡大学の特色ある臨床・研究部門として、福岡大学の発展に貢献できるよう精進する所存であり、一層のご指導、ご鞭撻をお願いしたい。

参考文献

1. Y. Yasunami, S. Kojo, H. Kitamura, A. Toyofuku, M. Satoh, M. Nakano, K. Nabeyama, Y. Nakamura, N.

- Matsuoka, S. Ikeda, M. Tanaka, J. Ono, N. Nagata, O. Ohara, M. Taniguchi, V α 14 NK T cell-triggered IFN-gamma production by Gr-1⁺CD11b⁺ cells mediates early graft loss of syngeneic transplanted islets. *J. Exp. Med.* 202, 913-918 (2005).
- 2 . N. Matsuoka, T. Itoh, H. Watarai, E. Sekine-Kondo, N. Nagata, K. Okamoto, T. Mera, H. Yamamoto, S. Yamada, I. Maruyama, M. Taniguchi, Y. Yasunami, High-mobility group box 1 is involved in the initial events of early loss of transplanted islets in mice. *J. Clin. Invest.* 120, 735-743 (2010).
- 3 . T. Mera, T. Itoh, S. Kita, S. Kodama, D. Kojima, H. Nishinakamura, K. Okamoto, M. Ohkura, J. Nakai, T. Iyoda, T. Iwamoto, T. Matsuda, A. Baba, K. Omori, J. Ono, H. Watarai, M. Taniguchi, Y. Yasunami. Pre-treatment of donor islets with a specific inhibitor of Na⁺/Ca²⁺ exchanger improves the efficiency of islet transplantation. Submitted for publication.



次世代人材開発研究所のこの1年

- 動き出した1年を振り返る -

次世代人材開発研究所長 商学部教授 田村 馨

2年目の次世代人材開発研究所。2012年度は、次の3つの委託事業と1つの連携事業、1つの協力事業に取り組みました。

<委託事業>

- ・ぼくたちの未来塾（福岡県大刀洗町）
- ・不動産証券化の啓蒙プログラムの開発（福岡リアルティ）
- ・中高生夢チャレンジ大学（福岡市役所）

<連携事業>

- ・企業再生を現場とする人材育成プログラム（朝日ビジネスコンサルティング）

<協力事業>

- ・書く力をきたえるプログラム（福岡大学地域ネットセンター地域連携事業）

ぼくたちの未来塾

ぼくたちの未来塾は2012年8月19日にスタート。以降、月1回のペースで12月まで5回（9月9日、30日、10月28日、11月18日）に公開特別講義（12月2日）の計6回開催された。次世代研究所は本プログラムの開発とファシリテーションを担当した。



未来塾が目指したのは、未来を託す人材の発掘と育成です。ただし、未来塾では「自分は未来を託す人材ではない」と想定しました。託すのは自分よりも若い世代。大学生なら中高生あるいはそれ以下の子どもたち、中高年なら自分よりも下の世代。自分

が想定する未来を託す人材に何を伝えるべきか、何を残すべきか、いま何をしてみせておくべきか。そういう観点から未来塾は進められた。大刀洗町の住民はもとより、福岡市や周辺市町から受講生が参加した。



<https://www.facebook.com/BokutachinoWeiLaiShu>

不動産証券化の啓蒙プログラムの開発

福岡大学商学部は福岡リアルティの寄付講座「不動産証券化」を2012年9月に開講した（集中講義）。不動産関係の講義は西日本ではじめての開講だと不動産ビジネス関係者は話す。講義では、難しい不動産証券化の業務が要領よく解説され、最後は複数の物件に投資するシミュレーションゲームで終わった。

商学部の学生は、成長分野である不動産ビジネス（しかも金融と合体した）を聴講する機会に恵まれたといえる。半面、馴染みがない不動産分野の講義だけに、とっつきにくさがあったようだ。教える側（福岡リアルティ側）からもそのような感想があった。

せっかくの寄付講座「不動産証券化」開講と連動して、不動産証券化の啓蒙プログラムを現在、開発中である。実験的なセミナー開催は2013年3月を予定している。

中高生夢チャレンジ大学

夢チャレンジ大学は福岡市役所こども未来局がはじめて手がける中高生向け事業である（2013年度以降も継続）。次世代研究所はプログラム全体の企画・監修と、合宿研修（2012年8月10・11日）、修了式（11月4日）のメインのワークのプログラム開発・運営を担った（所長である田村は夢チャレンジ大学の学部長に就任）。



福岡大学商学部の学生を中心とした約40人の学生スタッフの協力のもと、合宿研修で次世代研究所が仕掛けたのは「未来のまちづくり」ワーク。未来のまちを創るワークに取り組むうちに中高生は「自分はクリエイティブかもしれない」と認識するようになる。中高生が自分はクリエイティブかもしれないと認識すると彼ら彼女らに何が起こるのか？それが今回、明らかになった。



合宿研修終了時に実施したアンケートによると、クリエイティブだと認識する中高生ほど「自分の未来の可能性がみえた」、 「未来がイメージできた」とこたえる。次世代に向け人材育成プログラムに不可欠な要素が「クリエイティブ性の発掘」であることを検証したのである（詳しくは商学論叢58巻1号掲載の「次世代の人材育成プログラムに求められるのは創造性の発掘である」）。

合宿前と後の創造性に対する自己認識を説明変数とする回帰分析の推計結果

		X'	X'
		自分は創造的だ： 合宿前	自分には創造性がある： 合宿後
Y	合宿を通して自分の未来の可能性が発見された	0.161*** R ² =0.048	0.609*** R ² =0.446
	合宿を通して進むべき未来がイメージできた	0.177*** R ² =0.067	0.351*** R ² =0.171

注：Y=a+bX'、Y=a+bX'の回帰分析の推計結果。上段は係数(b)、下段は決定係数。係数はすべて統計的に1%水準で有意。変数は「全くその通り」を5点に以下4、3、2、1点（全くそうではない）を与え点数化した。

<http://kosodate.nishinippon.co.jp/yume-challenge/>

企業再生を現場とする人材育成プログラム

単なる座学ではなく、またインターンシップでもない人材育成の場をつくりたい。その思いを共有する朝日ビジネスコンサルティングと連携して、企業再生を現場とする人材育成プログラムを開発し運営している。今年度は、「企業再生の場でのインターンシップ」に向けた（選考を兼ねた）事前研修を12月8、9、16日と本学商学部棟で開催した。参加者は29名。大半は社会人だが、3分の1近くは大学生だった。

現実に存在する再生途中の企業をケースに、業界分析、財務分析、競争分析、当該企業経営者・担当者へのヒアリング、コンサルティングとは何か等を講義、グループワークで進め、自分なりの再生提案書を作成してもらった。



今回のメンバーを継続的なメンバーとするコミュニティを運営する一方、第2弾、第3弾の仕掛けを来年度は実施する予定だ。

雑誌等で掲載された記事は次の通り。

・「多彩なビジネス人材育成と新たなヒトづくりの潮流」の中の紹介記事として（フォーラム福岡2013年1月 Vol.47）

・朝日ビジネスコンサルティングと福岡大が人材育成事業で連携 - 試練を克服できる人材の育成を目指す。ABC 古川社長と田村とのインタビュー記事（財界九州2013年2月号）

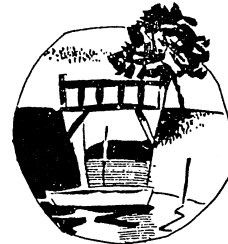
・九州の事業再生人材育成へ ABC と福大が共同企画（西日本新聞経済電子版 2012年11月26日付）

・福岡大と連携し、事業再生現場での実践的人材育成事業 - 朝日ビジネスコンサルティング教育事業第1弾 紹介記事（週刊経済2012年11月13日号）

・朝日ビジネスコンサルティング - 大学と連携して人材教育事業をスタート 紹介記事（週間財界九州2012年11月12日号）

書く力をきたえるプログラム

書く力をきたえるプログラム（通称、書くP）はこの5年で25本のプロジェクトを企画、運営してきた。2012年度は11月に修猷館高校、梅林中学校、2月に平尾中学校に入った。次世代研究所は梅林、平尾中学校での2年生の「立志の思い」を形にするプログラム開発に協力した。



<https://www.facebook.com/kakuprogram>

次世代自動車用エアバッグシステムの開発

～ Airbag2012 (Karlsruhe, Germany) に参加して～

安全システム医工学研究所 土 屋 潤

次世代自動車用エアバッグとは

現在、福岡県産業・科学技術振興財団 IST 産学官事業として、自動車エアバッグ用ガス発生剤およびバッグ形状に関する研究開発を行っている。

バッグ形状に関する研究開発では、「タンデム型エアバッグ」を考案し、展開したバッグと人との衝突による衝撃を従来エアバッグよりも軽減できることを実証した。同バッグは鏡餅のような形状をしており、脱気孔がより大きいバッグが頭部を包み込むようにソフトに受け止め、その奥にあるバッグで完

全に頭部を静止させることができる。しかし、同エアバッグの最も加害性を軽減できる構造の詳細な設計検討は行われていないため、種々の検討を重ねてきた。

今年度、新たなエアバッグの試作とその性能を検討した内容を12月にドイツでのエアバッグに関する国際会議にて紹介（ポスター発表）した。本報ではその内容にふれたい。

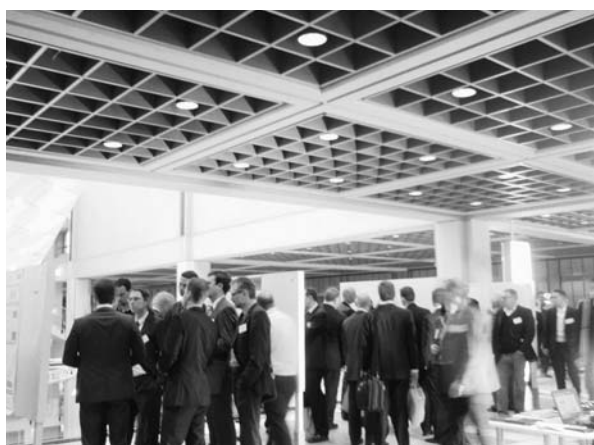
タンデムエアバッグ設計と試作

自動車の衝突時には、エアバッグ展開による乗員への加害性が存在し、顔面損傷、角膜、眼球内損傷の報告もされている。その様な加害性を低減するために開発しているのが、タンデムエアバッグである。

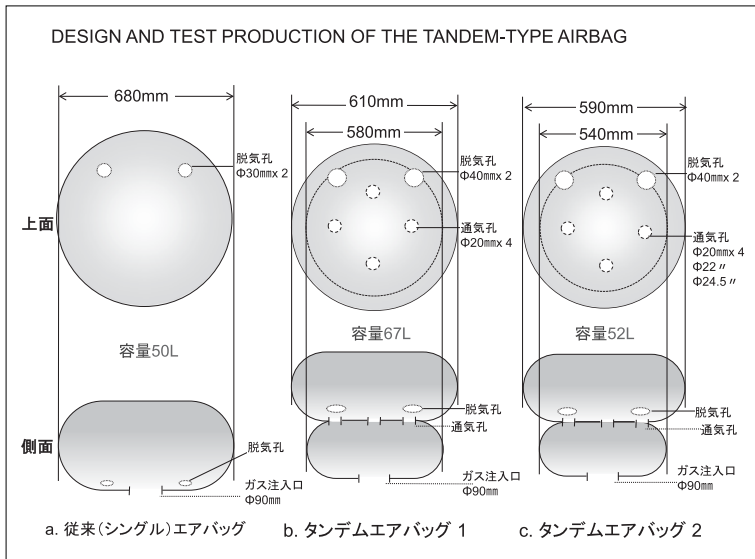
タンデムエアバッグは、ハンドル側と乗員側に垂直に連結させた二つのバッグから成る。インフレーターからの高圧ガスで、まずハンドル側のバッグが膨らみ、続いて二つのバッグを繋ぐ通気孔から乗員側のバッグに空気が流れて膨らみ、裏側にある脱気孔から空気が流出してバッグがやわらかくしぼむ。脱気孔は従来エアバッグよりも大きく、乗員側のバッグがやわらかく顔や上半身を受け止めることができる。

エアバッグの加害性評価

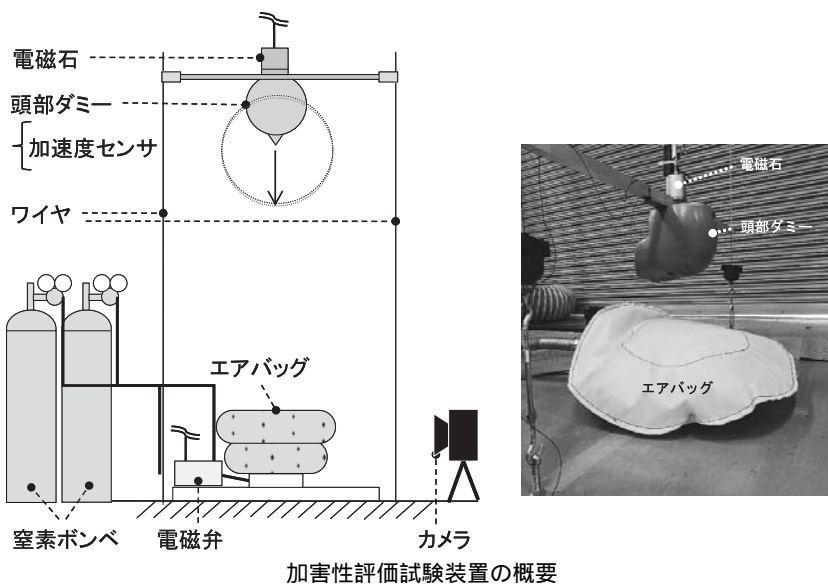
昨年度、タンデムエアバッグ展開時の人体（眼球）に与える衝撃性を評価する簡易装置を作製した。同装置を用いて、試作したタンデム型エアバッグおよび従来型エアバッグを圧縮ガスにて模擬的に展開させ、バッグの上に豚の眼球および加速度センサを設置した頭部ダミー人形を自由落下させた。頭部ダミー人形の落高は、5 m とし、圧縮ガスの圧力は各 2 MPa とした。頭部ダミー人形落下後、0.9 秒後に



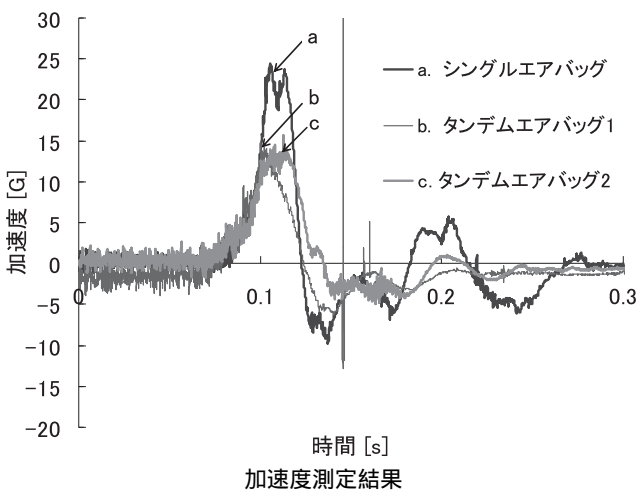
Airbag2012, Fraunhofer ICT (2012.12.3 5) 会場の様子



試作したエアバッグの概要



加害性評価試験装置の概要



電磁弁を閉止させ、頭部ダミー人形とバッグが衝突直後にバッグがしぼむように設定した。

衝突時の加速度測定の結果から、従来型エアバッグの場合の最大加速度で24.6Gである一方、タンデム型エアバッグ(タンデムエアバッグ1)の場合は14.9Gであり、容量が小さいタンデムエアバッグ2も15.7Gと、従来型エアバッグよりも衝撃時の加速度を低減できることが示唆された。

Airbag2012に参加して

ドイツ・カールスルーエの会議場では、エアバッグに関する様々な最先端の研究が発表され、私たちが日頃よく耳にする海外の自動車メーカーが多数参加し、活発な議論が交わされていた。

ポスター発表においては、エアバッグのサイズや展開スピードといった技術的な質問と共に、実用化の可能性を聞かれたり、企業の参加が大半を占めるなか、本研究が大学として企業との共同研究を発表していることに興味を持つ方もいた。

会期中は「安心・安全」は様々な分野でより重要なキーワードであり、技術開発は日々進んでいることを改めて強く感じた。そんな中で、本研究が私たちの身近にある安心・安全の一助となれば幸いである。

参考文献

Jun Tsuchiya Arita, Katsumi Katoh, Toshiki Uchida et al. PERFORMANCE EVALUATION OF THE TANDEM-TYPE AIRBAG SYSTEM, 11th International Symposium and Exhibition on Sophisticated car Occupant Safety Systems, Karlsruhe, Germany, p 29-1 ~ 29-7 2012. 12

CNT-Polymer 複合材料の弾性解析

工学部准教授 柳 瀬 圭 児
工学部准教授 森 山 茂 章
工学部教授 遠 藤 正 浩

1. 緒 言

カーボンナノチューブ (CNT) は、ナノメートルの直径をもつ筒状の炭素からなるナノ材料である。その発見以来、そのユニークな構造と卓越した材料物性や種々の興味深い機能が見出され、ナノテクノロジーの中心的な存在となっている。例えば、従来の炭素繊維と比較して CNT により補強されたポリマー材料は、従来の複合材料では決して得られない優れた機械的性質を実現できる大きな可能性を秘めている。また CNT-Polymer 複合材料の特徴として、航空工学から生体工学まで適用できる多機能性、エネルギー吸収能、CNT 繊維の架橋による破壊靱性の向上、製造の容易さなどが挙げられる。しかしながら CNT の優れた材料特性を複合材料の補強材料として十分に生かすためには、製造プロセス、CNT-Polymer 間の界面状態、CNT の複合材料中における形状や分散状態を適切に評価・理解することが近喫の課題とされている¹⁾。

本研究では、CNT-Polymer 複合材料中の CNT のうねりの影響をマイクロメカニクスを用いて評価し、これらがマクロな材料挙動に与える影響について解析的研究を行った。マイクロメカニクスは、複合材料や合金などの材料の微視構造を数学的に解析する連続体力学の一分野である。その歴史は Eshelby の楕円形介在物に関する応力解析²⁾に端を発し、ノースウェスタン大学の Mura の研究³⁾が有名である。

2. うねった CNT 繊維のモデル化

Mori-Tanaka method^{4,5)}を用いて、一方向繊維強化複合材料の弾性剛性テンソルは次式で求めることができる。

$$C^* = C^0 \cdot \{ I + [(C^1 - C^0)^{-1} \cdot C^0 + (1 - \nu)]^{-1} \} \quad (1)$$

ここで C^0 、 C^1 はマトリックスと繊維の 4 階弾性剛性テンソル、 S は長繊維に対応する Eshelby テンソル^{2,3)}、 I は単位テンソル、そして ν は繊維の複合材料中の体積分率を表す。連続体力学にもとづいた式 (1) による CNT のモデル化を行うために、次のような簡略化がなされている：1) 補強材料を中実材料と考えることで、中空材である CNT の特徴を無視している、2) SWNT (Single-Wall CNT)、MWNT (Multi-Wall CNT) など CNT の種類の区別をしていない。

複合材料中の CNT のうねりを考慮するために、Hsiao and Daniel によるモデル⁶⁾をマイクロメカニクスによる定式化に取り入れた。CNT のうねりは次式で表される正弦曲線をもつと仮定する (Fig. 1)。

$$v = A \sin \frac{2\pi x}{L} \quad (2)$$

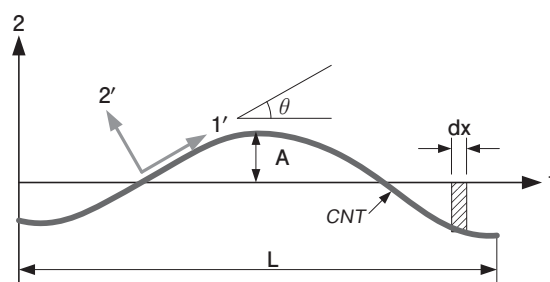


Fig. 1 Representation of fiber waviness⁶⁾.

Fig. 1 に示すように、うねりの影響により CNT 中で異なる配向性を持つ。そこで式 (1) をもとに次式に示すテンソル変換を行い、弾性剛性テンソルの配向性に関する平均化 (Orientational averaging) を行った。

$$C_{ijkl} = \frac{1}{L} \int_0^L Q_{ip} Q_{jq} Q_{kr} Q_{ls} C_{pqrs}^* dx \quad (3)$$

ここで、

$$Q_{ij} = \begin{bmatrix} \cos & -\sin & 0 \\ \sin & \cos & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

さらに式(2)とFig.1をもとにして、次のような関係が成立する:

$$\cos = \left[1 + \left(\frac{2\pi A}{L} \cos \frac{2\pi\lambda}{L} \right)^2 \right]^{-1/2} \quad (5)$$

$$\sin = 2\pi \frac{A}{L} \cos \frac{2\pi\lambda}{L} \left[1 + \left(\frac{2\pi A}{L} \cos \frac{2\pi\lambda}{L} \right)^2 \right]^{-1/2}$$

式(3)を利用して、うねったCNTの補強効果の検証を次節で行う。

3. CNTのうねりの影響

式(3)からFig.1に示す“1方向”の複合材料のヤング率 E_1 を求め、うねったCNT繊維の見かけ上のヤング率である E_{wavy} を次式により評価する⁷⁾。

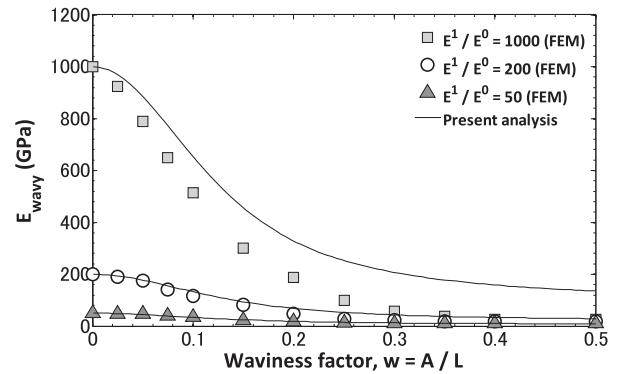
$$E_{wavy} = \lim_0 \frac{E_1 - (1 -)E^0}{0} \quad (6)$$

ここで、

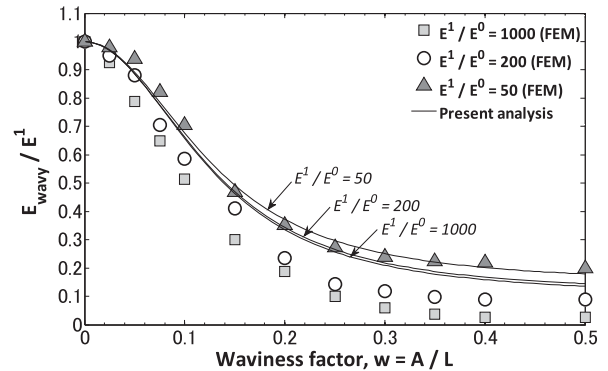
$$E_1 = \frac{1}{D_{1111}}; D = C^{-1} \quad (7)$$

式(6)で E^0 はマトリックスのヤング率を表す。本解析は閉じた式(Closed-form solution)によりCNTのうねりが複合材料の機械的性質に及ぼす影響を評価でき、FEM解析のような大規模計算を必要としないという利点がある。

Fig 2に E_{wavy} の本解析による計算結果とFEM解析の結果⁸⁾を示す。ここで E^0 はマトリックスのヤング率、 E^1 はCNTのヤング率を表す。なお、マトリックス、CNTともに等方弾性材料と仮定している。本解析結果とFEM解析ともに、CNTのうねり($w=A/L$)が大きくなるにしたがい、CNTの力の伝達機能が低下し、 E_{wavy} が低下する結果が得られた(Fig 2(a)(b))。ヤング率の低下率に着目したFig 2(b)の結果によると、本解析による予測は E^1/E^0 の値にそれほど敏感でないという結果が得られた。ここで E^1/E^0 はCNTとマトリックスのヤング率のミスマッチの度合いを表している。



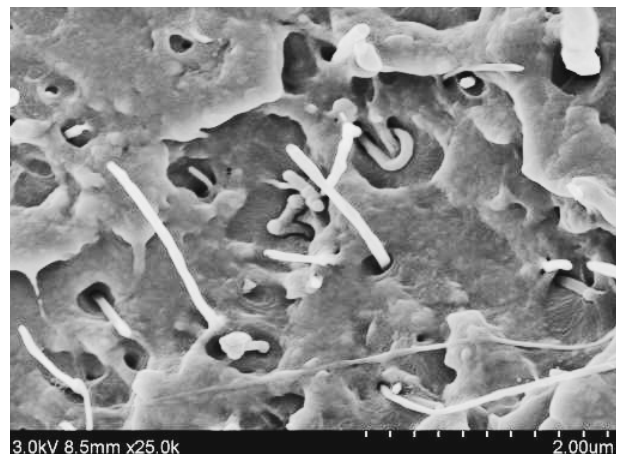
(a) Effect of waviness on E_{wavy}



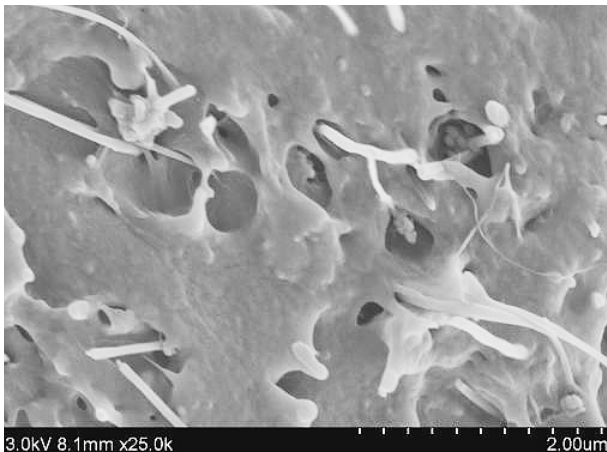
(b) Effect of waviness on E_{wavy}/E^1
 $\nu^1 = 0.3$, $E^0 = 1.0$ GPa, $\nu^0 = 0.3$

Fig 2 Variations in reinforcing effect with fiber waviness⁸⁾.

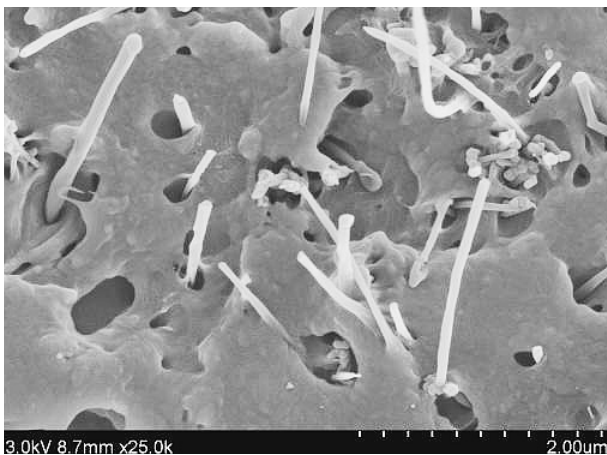
Fig 3が示すように、実際の複合材料中にはCNTのうねりに加えて、CNT周辺の空隙とそれに伴うCNT-Polymer間の不完全界面、そしてCNTの凝集が観察され、これらの要因も複合材料の機械的性質に大きな影響を及ぼすことが考えられる。これらの要因の影響を検証するために、今後の研究で新たな解析モデルの構築に取り組む予定である。



(a) CNT volume fraction $\phi = 0.03$



(b) CNT volume fraction $\phi = 0.05$



(c) CNT volume fraction $\phi = 0.07$

Fig 3 SEM images of CNT-Polymer (PEEK) composites

4 . 結 言

マイクロメカニクスを用いて CNT-Polymer 複合材料中の CNT のうねりが機械的性質に及ぼす影響について弾性解析をおこなった。CNT のうねりにより CNT の補強効果は小さくなり、複合材料の弾性係数が低下する結果が得られた。

参考文献

- 1) Ma, P.C. and Kim, J.K.(2011), *Carbon nanotubes for polymer reinforcement*, CRC Press.
- 2) Eshelby, J.D.(1957),“The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion and related problems”, *Proc. R. Soc. Lond.*,A 241,pp.376-396.
- 3) Mura, T.(1987), *Micromechanics of defects in solids* (2nd Edition), Martinus Nijhoff Publishers.
- 4) Mori, T. and Tanaka, K.(1973),“Average stress in

matrix and average elastic energy of materials with misfitting inclusions”, *Acta Metall.*,21,pp.571-574.

- 5) Qu, J., and Cherkaoui, M.(2006), *Fundamentals of micromechanics of solids*, John Wiley & Sons, Inc.
- 6) Hsiao, H.M. and Daniel, I.M.(1996),“Elastic properties of composites with fiber waviness”, *Composites Part A*, 27 A, pp.931-941.
- 7) Anumandla, V. and Gibson, R.F.(2006),“A comprehensive closed form micromechanics for estimating the elastic modulus of nanotube-reinforced composites”, *Composites Part A*,37,pp.2178-2185.
- 8) Fisher, F.T., Bradshaw, R.D. and Brinson, L.C.(2002), “Effects of nanotube waviness on the modulus of nanotube-reinforced polymers”, *Applied Physics Letters*,80(24), pp.4647-4649.



低温低応力微細実装技術の研究開発

半導体実装研究所長 工学部教授 友 景 肇

はじめに

福岡県糸島市に建設された「三次元半導体研究センター」内に、福岡大学半導体実装研究所が、2011年4月に開設された。図1にセンターの写真を示す。現在、研究所所属の教授1名、研究員2名が常駐しており、産学共同研究を推進している。平成24年度の研究開発状況を以下に説明する。

研究経緯

平成19年から始まった文部科学省イノベーションクラスター事業「半導体実装プラットフォームの研究開発」プロジェクトが平成24年3月に終了した。最終年度にあたる平成23年度は、三次元半導体研究センターに企業36社が参画し、MEMS(micro electro-mechanical systems) デバイス対応の3次元 SiP (system in a package) ツール、部品内蔵基板評価用 TEG (test element group)、SLBIC(scanning laser beam induced current) などの評価装置の開発を行った。クラスター事業終了後の共同研究の枠組みを参画企業と議論した結果、企業が福岡大学と共同研究契約を結んで、新たなコンソーシアム事業をスタートさせることになった。



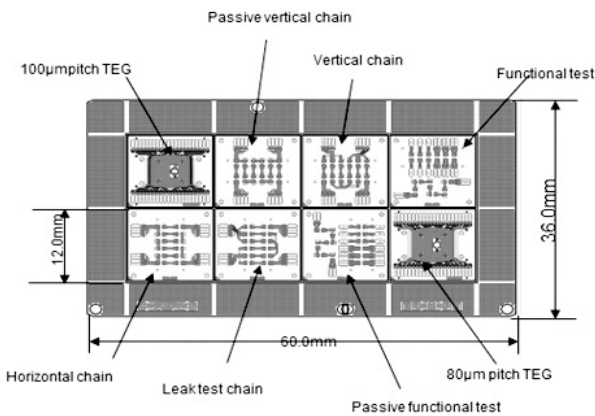
図1 三次元半導体研究センター

フジコ・コンソーシアム

コンソーシアムの名称は、「低温低応力微細実装技術の研究開発」で、俗称は Fukuoka Univ.Jisso Consortium を略して FUJICO である。今後の半導体実装技術の鍵となる、低温下で応力をかけずに微細な実装を実現するための技術開発を、これまで開発してきた TEG を共通チップとして使用しながら行なう。現在、材料メーカ、装置メーカ、電子部品メーカ、CAD メーカなど25社の企業が福岡大学と個別に秘密保持契約、共同研究契約を結び、部品内蔵基板の評価、微細接合技術開発、シリコンインターポーザ開発、3次元データフォーマット開発、及び各社の個別テーマに分かれて研究を進めている。それぞれのテーマに関して、簡単に説明する。

1) 部品内蔵基板の開発

スマートフォンに代表される携帯端末の小型化、高機能化が進むにつれ、小型電子部品を高密度に実装する技術が進んでいる。部品をプリント基板内部に埋め込み、3次元に配線する部品内蔵基板も3次元実装の一形態である。部品内蔵基板の鍵は、接続信頼性で、この試験は TEG チップを用いて行われる。コンソーシアムでは、日本電子回路工業会 (JPCA) の部品内蔵基板規格 EB01 に準拠した標準回路パターンで部品内蔵基板を製造している。開発した基板の概略図を図2に示す。接続信頼性を評価するための TEG チップと受動部品とを内蔵内部に実装した基板を、これまで4種類開発し、電子部品メーカが自社の部品を内蔵した時の特性評価を行っている。高温高湿下での試験で、表面実装する場合に比べて、特性が安定し、信頼性が高くなる結果が得られている。



基板上面図(1フレーム)

図2 部品内蔵基板評価キット EB0101

2) シリコンインターポーザ開発

有機材料を用いたプリント基板に代わって、シリコンを基材としてチップを実装するシリコンインターポーザも次世代高密度実装技術として注目されている。これは、貫通シリコン電極 (TSV) で上下を接続する。これまでに開発したシリコンインターポーザの X 線写真を図3に示す。厚さ100μm のシリコン基板に直径40μm の TSV を形成したものである。現在、参画企業と共同して、特殊な用途向けのシリコンインターポーザ開発を行っている。

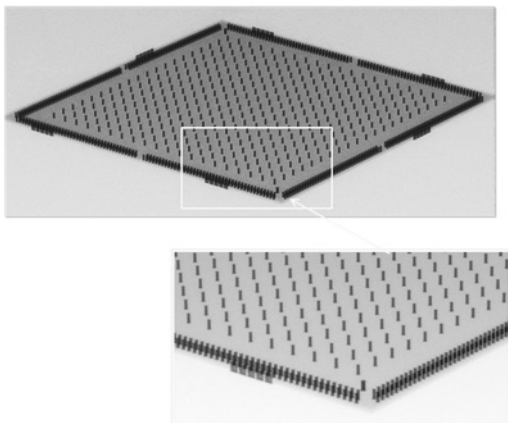


図3 シリコンインターポーザ X 線写真

3) 微細接合技術開発

基板内部に電子部品を作り込む研究を行っているが、内蔵された部品電極部分にレーザーでピアを形成し、銅めっきで充填する方法で、現在60μm 径での接合が可能となっている。今後、銅 - 銅接合が、接合技術の鍵となるので、これに関連した研究を行っている。

4) 3次元データフォーマット開発

3次元構造の部品内蔵基板を CAD で設計した後、製造工程に送るデータフォーマットをクラスター事業で開発した。フォーマット名は FUJIKO (FUJICO とは異なる) で、2011年11月に JPCA 部品内蔵基板規格 EB02として標準化された。

図4は、3次元データを用いた設計から製造、検査の工程を示したものである。CAD で設計された3次元構造は FUJIKO を介して、直接製造装置や検査装置へ送ることが可能である。従来の2次元データフォーマットを CAM データへ変換する必要がないため、高信頼度の基板を短期間に開発することが可能となる。現在、CAD メーカー、装置メーカーと共同して、FUJIKO データを使った設計から検査までの実証実験を行っている。

フジコ・コンソーシアムが走りだした後で、文部科学省の新しい事業が立ち上がった。

地域イノベーション戦略支援プログラム

福岡大学から申請した文部科学省地域イノベーション戦略支援プログラムが平成24年7月に採択された。「高機能・高信頼性モジュールのための高付加価値インターポーザに関する研究」をテーマに、部品内蔵技術を用いたインターポーザ開発を、フジコ・コンソーシアムの中核事業として走らせている。

それ以外に、JST の A - STEP 本格研究開発ステージハイリスク挑戦タイプ2件の事業が採択された。これは、福岡大学が研究代表となり、企業が中心になって製品開発を行うものである。また、A - STEP フィージビリティスタディー・ステージ探索タイプ

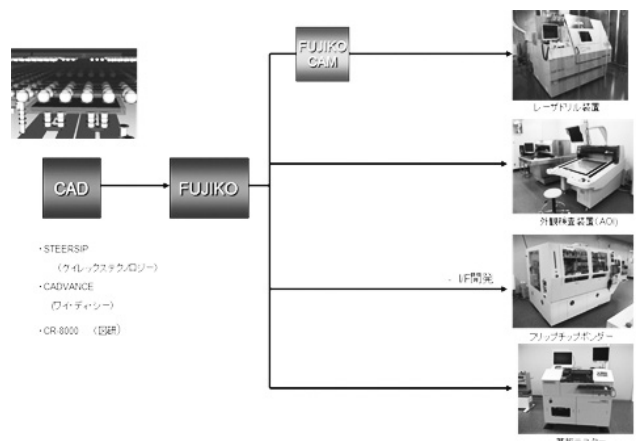


図4 FUJIKO を用いた設計から製造、検査工程

1件もされ、基板内蔵電子部品開発を行っている。

研究室の大学院生6名と卒論生10名が、糸島で研究を行った。通学の便は良くないが、テーマを定めて、企業と一緒に研究開発を行った。

おわりに

平成24年度から半導体実装研究所で始まったフジコ・コンソーシアムの内容を説明した。参画企業は、お互いに競合相手であるが、福岡大学コンソーシアムは会社の壁をはずして、多様な企業の英知を結集し、国際的に優位性ある製品開発を行なえるプラットフォーム構築目指している。そのために、各社の機密を守りながら、全体的にまとめ、成果が出るように、教授、研究員は忙しい日々を送っている。



魚消費と院外心停止の関連について

末松 保憲^{1,2,3)}、上原 吉就^{1,2,3)}、三浦伸一郎^{1,2,3)}、瀬川 波子^{1,4)}、朔 啓二郎^{1,2,3)}
福岡大学産学官連携研究機関「心臓・血管研究所」¹⁾、福岡大学医学部心臓・血管内科学²⁾、
福岡大学病院循環器内科³⁾、福岡大学医学部生化学⁴⁾

Key words:

生活習慣、魚消費量、心原性院外心停止、非心原性院外心停止、ウツタイン様式データ

1. はじめに

食事療法が心・血管病を予防する研究は1960年代から行われているが、トライアルそのものが少人数を対象とし、しかも短期間で、変化を期待するほど強力なインターベンション（介入）でないためポジティブな結果がでていない。しかし、いくつかの前向きコホート研究から、魚や魚油の消費量と致死性の冠動脈疾患、突然死、脳梗塞などの発症は逆相関することが報告されてきた¹⁻³⁾。特に心臓突然死の低下は、魚に含まれるn-3系不飽和脂肪酸の抗不整脈作用によるところが多いとされる。虚血性心疾患患者では持続的なNaイオン流入を呈しやすく、その結果Caイオン過負荷につながるため不整脈性である。n-3系不飽和脂肪酸は、細胞膜やイオンチャネルの機能を改善することにより、Naイオン流入を阻害する報告⁴⁾がある。上記結果を参考にして、欧米の心臓病予防のガイドラインでは、新鮮な、もしくはEPA・DHA豊富なオイリーな魚を週に少なくとも2回以上摂取すること等が推奨されている。

私達は日本循環器学会救急医療委員会、蘇生科学

小委員会の活動の中で、消防庁との共同研究として、「ウツタイン様式」に基づく心肺機能停止傷病者の救急搬送に関する記録の使用が許可された。ウツタイン様式とは、病院外の心肺停止症例をその原因別（心原性か非心原性か）に分類、心肺停止時点の目撃の有無、バイスタンダー（救急現場に居合わせた人）や救急隊員による心肺蘇生の有無、その開始時期、初期心電図の波形や除細動の有無などに分類し、それぞれの分類に応じて病院搬送後の傷病者の経過を統一された用語、定義を用いて詳細に記録するこ

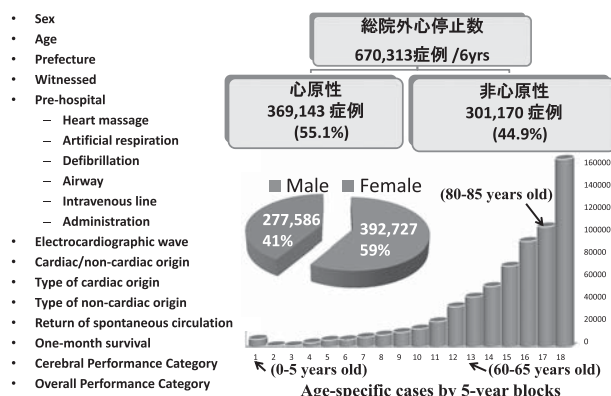


図1：全日本ウツタインレジストリー（2005～2010年）

Fish consumption is associated with out-of-hospital cardiac arrests: from all Japan Utstein Registry Data

Yasunori Suematsu^{1,2,3)}, Yoshinari Uehara^{1,2,3)}, Shin-ichiro Miura^{1,2,3)}, Bo Zhang^{1,4)}, Keijiro Saku^{1,2,3)}

1) AIG Collaborative Research Institute of Cardiovascular Medicine, Fukuoka University, Fukuoka, Japan

2) Department of Cardiology, Fukuoka University School of Medicine, Fukuoka University, Fukuoka, Japan

3) Department of Cardiology, Fukuoka University Hospital, Fukuoka, Japan

4) Department of Biochemistry, Fukuoka University School of Medicine, Fukuoka, Japan

連絡先 朔 啓二郎

〒814 - 0180 福岡市城南区七隈 7 丁目45 1

Tel:092 801 1011 Fax:092 865 2692 e-mail: saku-k@fukuoka-u.ac.jp

とにより、地域間・国際間での蘇生率等の統計比較を可能とするものである。1990年にノルウェー「ウツタイン修道院」で開催された国際蘇生会議において提唱されたものである。図1に全日本ウツタインレジストリーを示すが、図1左にウツタイン様式の様々なチェック項目を記載している。

そこで、心臓突然死の抑制が、魚や魚油のn 3系不飽和脂肪酸の抗不整脈作用によるのならば、魚摂取とウツタイン様式データとの間には何らかの関連がある可能性を想定し、食生活習慣、特に魚消費を標的に様々なウツタイン様式データとの解析を福岡大学心臓・血管研究所で行っている。今回、その一部のデータを紹介したい。

2. 研究方法

1) 総務省のホームページから得られた47都道府県の県庁所在地でのシーフード等消費のデータ (Ministry of Internal Affairs and Communications. [Http://www.Stat.Go.Jp/data/kakei/index.Htm.2005-2010](http://www.Stat.Go.Jp/data/kakei/index.Htm.2005-2010))

2) 消防庁の院外心停止に関するウツタイン様式データ

図1右に示すように、総院外心停止数は6年間で670,313症例、心原性が369,143症例(55.1%)、非心原性が301,170症例(44.9%)である。

3. 研究結果

2000年から2010年の47都道府県における総生鮮魚類消費量と2005年から2010年の院外心停止数を図2に示す。日本における魚消費量は年々減少傾向にある一方、院外心停止数は年々上昇しており、詳細に分析すると、心原性、非心原性ともに増加傾向にあるが、心原性の増加のトレンドは有意である。従って、魚消費量と心原性院外心停止の間には因果関係がある可能性が高い。

2005年から2010年までの6年間の魚の消費量と院外心停止の発生率を47都道府県ごとに比較した。総務省家屋調査には、各都道府県の1世帯あたりの魚貝類、鮮魚、14種類に及ぶ魚の種類別消費量が毎年掲載されており、それらから、各都道府県ごとの、一人、1日あたりの消費量を算出致し、6年間の平

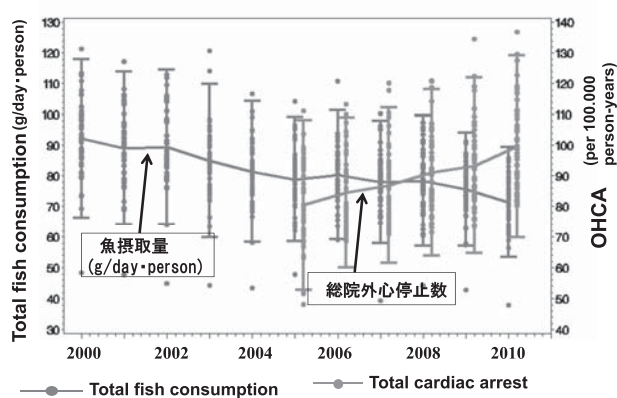


図2：47都道府県の総魚摂取量と院外心停止

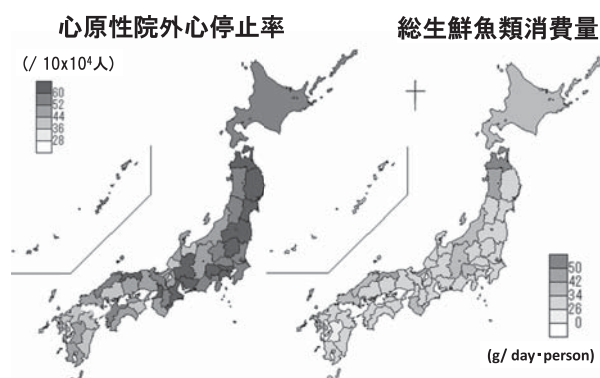


図3：2005 - 2010の6年間平均の年齢調整後心原性院外心停止率と総生鮮魚類消費量

均を求めた。また、院外心停止に関しては、日本ウツタインレジストリーより都道府県ごとの発生件数を算出し、昭和60年モデルを用いて年齢調整した院外心停止発生率を算出、こちらも6年間の平均を求めた。図3左に年齢調整後心原性院外心停止発生率を示し、図3右に総生鮮魚類消費量を示した。心原性心停止は東北、中部地方に多く、九州に少ない傾向があった。魚の消費は山陰、北陸、東北、北海道に多い傾向があった。

心原性および非心原性院外心停止と総生鮮魚類消費との関連を検討したが、魚の種類によって有意な相関を認めるものがあつた。詳細は次回報告したい。

4. 結論

青魚を摂取することで心原性院外心停止の発症を抑制できる可能性が示された。青魚に含まれているEPAやDHA等の不飽和多価脂肪酸が影響した可能性がある。EPA・DHAなどのオメガ3系脂肪酸は、プラークの安定化、心筋梗塞後の全死亡率、心不全

などの心臓疾患に対して心防御的に作用する報告がある。また、これらの脂肪酸が作用を発揮するためには、心臓への移行が重要である。EPA と異なり、DHA は魚油の摂取量が増えるほど心筋への移行性が高まる⁵⁾。ラットに EPA もしくは DHA、EPA+DHA を投与したときの不整脈に対する影響を検討した成績では、EPA 単独では不整脈スコアを改善できなかったが、DHA を含む群では不整脈スコアを有意に抑制した⁶⁾。魚油の摂取により EPA・DHA が増加するとアラキドン酸の心への移行度は低下することも報告されている。DHA が細胞膜に多く取り込まれることで、細胞膜のリン脂質分子間に隙間が多くなり、細胞膜の流動性が高まる。この細胞膜流動性の改善により、細胞膜上に存在する蛋白であるチャネル機能が改善し、心筋梗塞後や心不全時に生じる致死的な不整脈の発症を抑制すると考えられている。

5. 今後の検討

今後、魚摂取ではなく、EPA・DHA を薬剤やサプリメントとして摂取する意義、さらに魚の調理法、魚の種類による違いなどを、院外心停止との関連で観察していきたい。

文 献

- 1.) Daviglus ML, et al.: Fish consumption and the 30-year risk of fatal myocardial infarction. *N Engl J Med* 336: 1046-1053, 1997.
- 2.) GISSI-Prevenzione I: Dietary supplementation with n-3 polyunsaturated fatty acids and vitamin e after myocardial infarction: Results of the gissi-prevenzione trial. Gruppo italiano per lo studio della sopravvivenza nell'infarto miocardico. *Lancet* 354: 447-455, 1999.
- 3.) Iso H, et al.: Linoleic acid, other fatty acids, and the risk of stroke. *Stroke* 33: 2086-2093, 2002.
- 4.) Pignier C, et al.: Direct protective effects of polyunsaturated fatty acids, dha and epa, against activation of cardiac late sodium current: A mechanism for ischemia selectivity. *Basic Res Cardiol* 102: 553-564, 2007.
- 5.) Owen AJ, et al.: Dietary fish oil dose-and time-response effects on cardiac phospholipid fatty acid

composition. *Lipids* 39: 955-961, 2004.

- 6.) McLennan P, et al.: The cardiovascular protective role of docosahexaenoic acid. *Eur J Pharmacol* 300: 83-89, 1996.



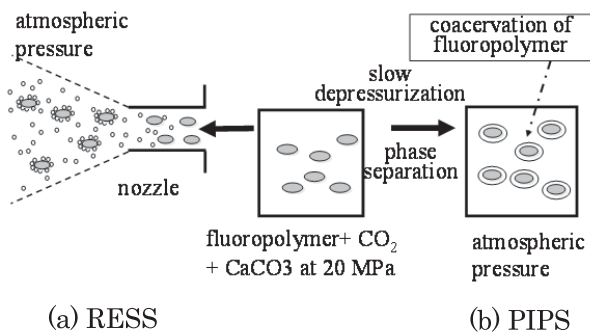


図1 CaCO₃を芯物質としたマイクロカプセル形成方法

ロカプセル形成を行った。従来用いられる超臨界溶液急速膨張法 (RESS: Rapid expansion from supercritical solutions) では、ノズルから超臨界流体溶液を噴霧し、圧力を超臨界圧力から大気圧に急激に減少させることでマイクロカプセルや小さなポリマー粒子形成を行う (図1(a))。しかしながら、芯物質不含のポリマー粒子の形成を防止するため超臨界二酸化炭素を用いた圧力誘起相分離法 (PIPS: pressure-induced phase separation of scCO₂ solutions) により超臨界流体圧力を徐々に下げることで粒子形成を試みた (図1(b))。

その結果、CaCO₃の表面をHDFDAで薄く、均一で滑らかにコーティングすることができ、形状の異なるCaCO₃でも可能であった。また、芯物質不含のポリマー粒子が観察されなかったことから、マイクロカプセル化の手法としてPIPS法が有効であることが確認された。

2) 超音波を併用した超臨界二酸化炭素による新規バイオスキャホールド生体材料の創製

スキャホールドは細胞接着・増殖の足場として機能する。その成分は主にコラーゲン、プロテオグリカン、フィブロネクチンやラミニンといった糖タンパク質で、細胞外マトリックスと呼ばれる成分分子である。

本研究では、二酸化炭素を機能性溶媒として利用し、豚などの異種哺乳動物の組織を超音波破碎しながら細胞成分を除去することで、再生医療利用できるバイオスキャホールドの製造法を開発し、臨床応用を検討することを目的としている。

これまで、異種哺乳動物細胞の組織から拒絶反応の原因となる細胞成分を除去し、高密度のバイオスキャホールドを開発するために、超臨界二酸化炭素

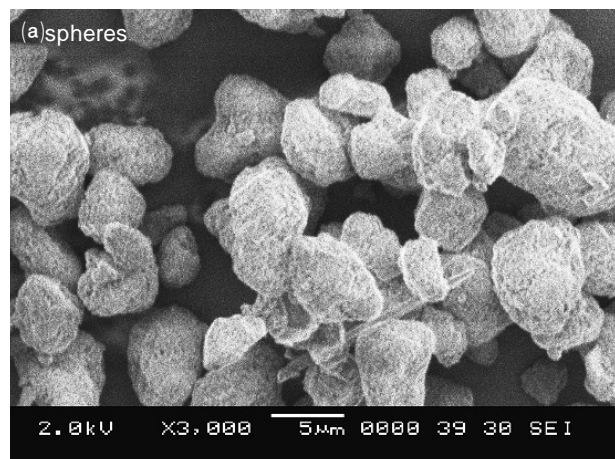


図2 CaCO₃を芯物質としたマイクロカプセル

超音波分散法を応用し、脱細胞化組織の調整を試みている。ラットならびにブタ由来組織の脱細胞化操作を行い組織切片の観察を行ったところ、細胞核のDNAは完全に除去されていた (図3)。そのことから組織の脱細胞化の方法として有効であることが示唆された。

現在、超音波と超臨界二酸化炭素による脱細胞化した組織のより詳細な評価を、培養細胞を用いて行っている。

3) ナノ複合体の開発

環境への負荷の少ない二酸化炭素を用いる超臨界流体技術は、有害な有機溶媒の代替溶媒技術として応用が期待されている。しかし、電極などの工業材料開発に対して、超臨界流体技術を適応した例は殆ど見られない。本研究では、これらの水や二酸化炭素を機能性溶媒として利用する超臨界流体技術を、電極材料開発に応用し、高い機能性を有する電極材料を開発することを目的としている。

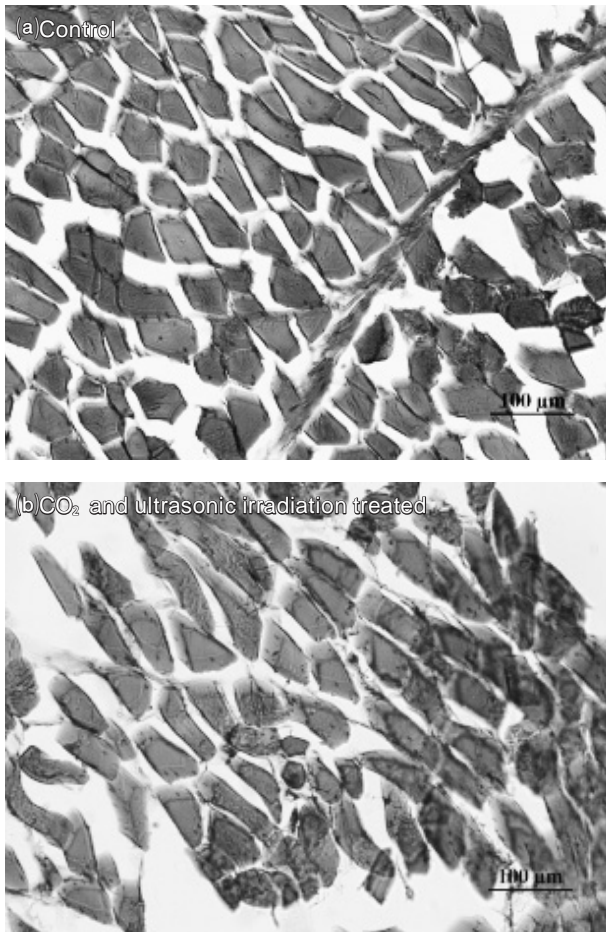


図3 超音波を併用した超臨界二酸化炭素脱細胞化組織のHE（ヘマトキシリン・エオシン）染色像

実用化を重視する本研究では、35 ~ 120 の温度範囲にて反応実験を行った。圧力は、工業的実用化が容易な高圧力（20MPa程度）にて、炭素材料を母体として、複合材料の生成実験を行った。ZnO ナノ粒子を対象として、それらのナノ粒子をPMMA（poly（methyl methacrylate）などの高分子で固定化する方法を検討した。PMMAでZnOナノ粒子を固定するため、TPM（3（trimethoxysilyl）propylmethacrylate）を表面修飾剤として利用した。微粒子の複合化には、多孔体である炭素粒子と超臨界二酸化炭素に親和性の高いフッ素系高分子を用いた。

ZnO ナノ粒子に対して、TPMで表面修飾した場合、さらにPMMAにてコーティングした場合のFT-IRの分析結果を、未処理のZnOの場合とともに図4に示す。

全ての場合に、 499cm^{-1} にZn-Oに起因するピークが見られ、TPMで表面修飾したものは、 1719cm^{-1} にC=Oに起因するピークがみられる。PMMAにつ

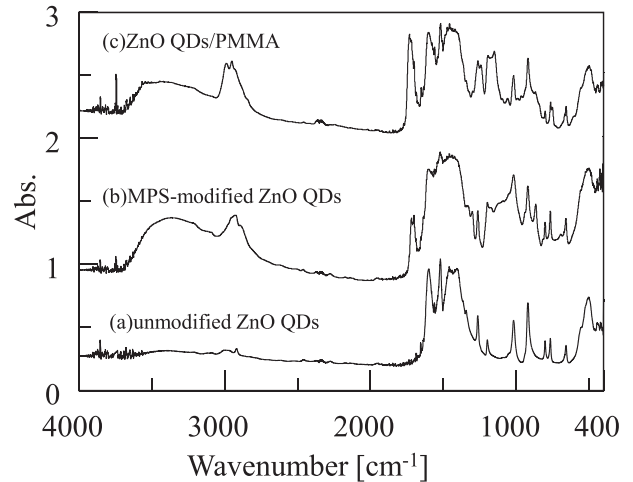


図4 表面修飾 ZnO ナノ粒子のFT-IR スペクトル

いても同様、特徴的なピークが測定される。得られたZnOナノ粒子分散型のPMMAシートのTEM写真を図5に示す。

さらに、圧力変化誘起形の超臨界析出法によりフッ素系高分子-カーボン複合体を生成した。PMMAは、エタノール共存下で、二酸化炭素との親和性が高く、超臨界二酸化炭素に対しても少量溶解した。

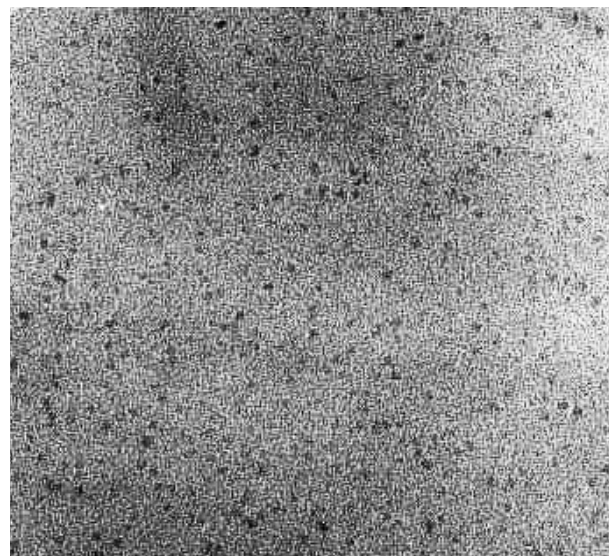


図5 ZnO ナノ粒子を含むPMMAシートの表面

超臨界二酸化炭素に1%の炭素微粒子を高速攪拌により40℃、20MPaにて分散し、2wt%溶解したPMMAを、減圧操作にて析出させてコーティング微粒子を得た。

得られた高分子-カーボン複合体は、癒着のない

均一な微粒子であり、操作条件によりその複合体構造を制御できることがわかった。

今後の展開

本研究所の今後の課題として、既存の微粒子製造装置を用いて、温度、圧力、仕込み組成などの実験条件の最適化について検討する。さらに急速膨張後の二酸化炭素および添加溶媒の回収および循環装置の設計も行い、工業的に利用可能な複合材料の製造プロセスを検討する。また、得られた実験データを用いて実用化装置を設計・試作し、実験条件と生成される粒子の微細構造の因果関係を明らかにする。

超臨界二酸化炭素を用いて製造した酵素や無機粒子を芯物質とするマイクロカプセルの工業的利用法について検討する。特に高分子被覆酵素を用いた生体材料の合成や、ナノサイズの無機粒子を分散させた機能性触媒、画像素子、機能化粧品としての高度利用法の検討を予定している。

