

Set New Challenges

貼り付く、軟らかい、
100 万分の 1mm の薄い膜の活用を目指す

東海大学マイクロ・ナノ研究開発センターと、機能性高分子超薄膜の創製

INDEX

01

東海大学マイクロ・ナノ
研究開発センターと、
機能性高分子超薄膜の創製

02

NEWS & EVENTS

03

GLOCAL
MONITORING
PROJECT

東海大学マイクロ・ナノ研究開発センターは、平成26（2014）年度の文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業の採択を受け、2015年1月に開設された、東海大学の研究開発拠点のひとつである。医学・理学・工学の各学部から若手研究者が集結し、厚さが100 nm以下の高分子の超薄膜を軸として、新世代の医用技術を構築することを目指している。高分子超薄膜は、膜厚100 nmを超える膜には見られない特徴的な性質を多数持っており、医療応用や産業利用のための競争も激化しつつある。喜多教授、岡村准教授の話を通じ、5年間の事業期間を終えたばかりの同センターの成果と、今後の展望を紹介する。

● ● ● ● ●

高分子超薄膜：偶然の失敗が生んだ大成功

岡村 まずはこの小瓶の中を見てください（写真1）。高分子で出来た超薄膜で、厚さは一般的な上質紙の1000分の1以下の、20 nmほどしかありません。光の加減で今は白っぽく見えますが、例えば皮膚に貼ってしまえば、どこに貼ったかさ見えなくなり、何かが乗っている感触もありません。

膜厚100 nm未満の超薄膜の特徴は、非常に柔らかく、接着剤を使わなくても皮膚や臓器に貼りつけられることです。剥がす場合は皮膚なら洗って落とせばよく、生分解性のプラスチックでできているので、臓器に貼ったものも時間が経てば自然に溶けてなくなります。

作り方はとても簡単ですが、そこにはノウハウがあります。学部4年生が我々の研究室に入ってきたら、まず最初に超薄膜作成実験にとりかかり、超薄膜の面白さや不思議さを体感してもらいます。

喜多 岡村先生は、初めから超薄膜がご専門だった

たわけではないですね。

岡村 そうなんです。もともと私が所属していた研究室では、球状のナノ粒子を作る研究をしていました。当時の目標は、血液中に浮遊している細胞の1つ、血小板を人工的に再現することでした。血小板はディスクのような形なので、基盤の上に微細な加工を施してドット状のパターンを描き、スピンコート法（遠心力を利用して薄膜を作る方法）を使って、素材となるポリマー（高分子）をドットの周りだけに塗ることで、ディスク構造を得る計画でした。ところがあるとき、基盤全体にポリマーを塗ってしまったことがあり、できたものを試しに剥がすと、基盤と同じサイズの膜が回収できました。ただ、水中に浮かぶ姿が目に見えたので、最初はそれほど薄いとは思いませんでした。これは失敗したなと思ったのですが、試しに厚さを測ったら100 nmを切っていたので驚きました。ここまで薄いものは目に見えないに違いない

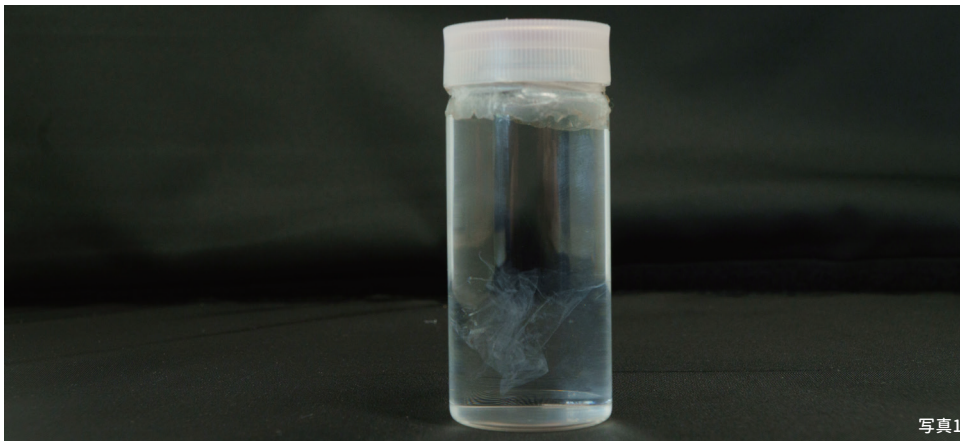


写真1

と思い込んでいました。皮膚に貼ってみると自然にくっついて、目に見えなくなるといことも分かって、これは何かに使えるのではないかと思います。

喜多 今に繋がるご活躍は、何と失敗から始まっていたんですね。

相互理解をきっかけにチームができる

喜多 センターの設立に至る少し前、2013年だったと思いますが、東海大学の学融合推進プロジェクトとして、複数の学部研究者が集められてセミナーが行われたことがありました。そのあとの懇親会で、たまたま何人かの若手研究者が集まって、お互いの研究について話しているうちに、もっと理解し合いたい、一緒に研究したいという流れになったんです。このとき立ち上がったのが、センターの前身となる『東海大学マイクロ・ナノ啓発会 (Tokai University Micro/Nano Enlightenment (Tune))』でした。

岡村 喜多先生の箸袋を思い出しますね。

喜多 この懇親会で、良いコンセプトが浮かんだもののその場に紙がなかったので、仕方なく箸袋にメモを書きました。懇親の場では多くの情報が飛び交いますので、忘れてしまうに違いないと我ながら思ったのでしょう。当初は啓発会メンバー（理学部と工学部、医学部教員）の相互理解を目的とした学術講演会でしたが、異分野融合というコンセプトや学内連携を目指す先生たちの参加により定期的な学術講演会になりました。プログラムと予稿集を作って、ポスターセッションでは学生さんに発表をしてもらって、さながら小さな学会のような雰囲気になっています。キャンパス間連携として清水と熊本キャンパス、ハワイ東海インターナショナルカレッジでも開催しました。今年（2019年）8月は札幌キャンパスの先生方と学術交流する予定です。

啓発会の始動から少し経ったころ、研究基盤形成支援事業に申請しないかと大学から声を掛けられて、センターの構想を考えることになりました。申請するとなったら

何か中心となるテーマが必要ですが、岡村先生の超薄膜を軸に据えることは比較的すぐに決まったと記憶しています。啓発会の立ち上げメンバーだけでなく、これはという方にはこちらから声を掛けて参加していただきました。皆の熱意がとても高く、2か月くらいの間毎日のように集まって、一緒に申請書を書きました。研究者同士のコミュニケーションが取りやすいこと、デスクと実験装置の距離をなるべく近くするなど、いろいろなアイデアを具体化することができました。

事業期間すなわち研究期間は5年間と決められていたので、その間の主な研究テーマとして、3つの医療技術開発を掲げました。

- ・臓器に貼って縫わずに治せる「針と糸いらずの次世代絆創膏」
- ・マイクロ流体デバイスによる「動物実験いらずの疾患モデル」
- ・血管内に超薄膜を導入して血栓を取り除く「手術いらずの血栓クリーナー」

外部評価の先生方から、この5年間でバーチャルではなく本当に医理工連携研究が行われ、計画通りに研究が進み成果が得られているとの評価結果をいただきました。

高分子超薄膜の量産と高機能化に挑む

喜多 この5年間、センターには8名の教員と、平均して7名のポスドクが研究員として在籍し、高分子超薄膜を「創る」「試す」「知る」の3つのチームに分かれて研究を行

ないました。「創る」チームは超薄膜の量産や、新しい機能を持った膜の設計、「試す」チームは超薄膜の医療応用を担当、「知る」チームは超薄膜の物性評価が主な役割分担です。2つ以上のチームで協力しなければ実現できないようなテーマを多数設定して現在も研究をしています。

岡村 「創る」チームでは、工学部機械工学科の砂見雄太講師が、市販のPET（ポリエチレンテレフタレート）フィルムを使い、数十メートルの長さの薄膜を一気に作る技術を開発しました。新聞の輪転機のようなイメージなのですが、まずロール状のフィルムを用意して、その上にポリ乳酸溶液を乗せます。フィルムを徐々に繰り出しながら溶液を乗せていき、余った溶液はブレードを使ってそぎ落として、ごく僅かな溶液が一定の厚さでPETフィルムの上に残るように調整します。これを乾燥させて薄膜をつくり、フィルムごと巻き取ります。フィルムの搬送速度や溶液の濃度を変えると厚みのコントロールができます。60 nm、80 nmなど、スピコートで作る場合とほぼ同等の膜厚のものも既にできています。超薄膜自体にいろいろな機能を持たせる、高機能化の研究も行っています。例えば、マイクロメートルサイズの剣山のようなものを使って、膜にごく小さな穴を開けました。細胞よりは少し小さく、比較的分子量の小さな薬剤やたんぱく質よりは大きな穴です。体内には血小板など、体液中を浮遊している細胞がありますが、これらの細胞の薬に対する応答を調べようとするとき、顕微鏡を覗きながら薬を与えると、細胞が視野外に流れて見えなくなってしまいます。この穴の開いた膜で細胞を包んでおけば、細胞は穴を抜けられないのでその場に固定され、薬は穴を通るので中の細胞に届きます。

金属の型を使って、膜の表面に凹凸をつけることもできます。医学部医学科基礎医学系の大友麻子助教はALS（筋萎縮性側索



硬化症)の患者さんの脳神経細胞を研究されていますが、脳神経細胞は軸索(神経細胞同士の情報伝達に使われる突起状の構造物)が非常に長く、普通のシャーレで培養された細胞では軸索がぐちゃぐちゃに伸びて観察できないそうです。マイクロ流体デバイスで軸索が伸びるための道を作るとまっすぐ伸ばせるのですが、超薄膜の凹凸がこの道の代わりになることが最近分かっています。

喜多 私の研究テーマは、知るチームとして超薄膜の物理的な性質を知ることです。また知るチームでは、生きた状態で細胞機能を調べるライブセルイメージングを得意とする樺山一哉先生(元 東海大学糖鎖科学研究所 現 大阪大学)や、遺伝子配列の解析から細胞やウィルスの機能を調べる中川草先生(医学部医学科基礎医学系)がいます。創るチームから提供された超薄膜の基礎的な性質や細胞との相互作用を調べる研究をして、試すチームと創るチームに情報をフィードバックします。

最近、超薄膜を数十~百マイクロメートルに裁断化して懸濁液にすると面白い特徴を示すことが分かってきました。懸濁液の流体としての特徴は、昔から多くの研究者が取り組んできたテーマです。アインシュタインも、球状の粒子の懸濁液の濃度と粘性率の関係を調べています。裁断化した超薄膜が球状粒子と違うのは、一方向には非常に薄く、それ以外の方向には広いその形状です。このような形状の物質の懸濁液の流体としての挙動を調べた研究は例がありません。

岡村 超薄膜の懸濁液は、濃度が低いちはさらっとしていますが、濃縮するとねばりが出ます。濃度を上げて転倒攪拌(容器を縦から横に、横から縦に振り混ぜること)すると、粒子は最初液体中を舞っていますが、ある瞬間に動きが突然止まります。

喜多 物質の変形や流動を調べる学問分野としてレオロジーがあります。レオロジー分野の知見を超薄膜分散液に適用すると、岡村先生が仰るように『突然』止まるように見える現象は、柔軟でさらに面を持っている超薄膜の特徴を考慮しつつ、降伏応力などの物理的パラメータを調べることで説明できるようになります。

産学連携研究施設の設置と さらなる異分野融合研究

喜多 我々の研究活動には、産業界からのご理解とご支援をいただいています。2016年には、東海大学と株式会社ニコン、株式会社ニコンインステックが包括協定を締結

し、医学・理学・工学などの幅広い分野で使える光学機器を提供いただいて『東海大学イメージング研究センター(TICAR)』を立ち上げました。ニコンの他のイメージングセンターではバイオ関連の研究が主流です。TICARは他のセンターと異なり、工学・理学にも使える産業機器を設置したのが大きな特徴です。本学の共同利用研究施設の1つとして、マイクロ・ナノ研究開発センターのメンバーだけでなく、多くの東海大学の研究者・学生の他、他大学の研究者や学生、企業の方にも開放しています。例えば、文化社会学部の山花京子准教授は、エジプトや南米諸国の考古学がご専門ですが、TICARに設置しているX線CTや走査電子顕微鏡を使って、考古学的な遺物を調査されています。創造科学技術研究機構の田口かおり特任講師は、絵画や現代美術の保存修復がご専門で、同じくX線CTで、修復前の絵画やキャンバスの状態を検査されています。理学の研究者としては想像したこともなかったサンプルなので、驚きつつ楽しんでいます。

世界中で使ってもらえる技術を目指す： 株式会社チューンの設立

岡村 高分子超薄膜は非常に注目度が高く、様々な大学・研究所から技術を使いたいという問い合わせが来ます。

喜多 共同研究の申し込みも多数ありますが、時間も人員も限りがあり、すべてをお受けすることはできません。その代わりにこの膜をできるだけ多くの方に使っていただけるよう、大学発ベンチャーを立ち上げることを考えました。

岡村 今の商材は高機能化した高分子超薄膜です。我々はナノラッピングと呼んでいますが、顕微鏡などで観察したい試料を超薄膜で包んでおくことで、ぶれや乾燥を防いだり、先ほども紹介したように膜に細かな穴を開け、浮遊性細胞を視野にとどめたまま薬を与えたりといった、今までのカバーガラスでは難しかった観察ができるようになります。

喜多 岡村先生を中心にこの関連成果で特許を申請しているので、将来的には特許使用料を東海大学に還元できるようになると思います。センターの立ち上げと運営には大学からも支援をいただいております。研究へ還元していきたいと思っています。将来的には、学生のための奨学金や、医理工連携支援のための基金を設けることも目標です。



喜多 理王 (Rio Kita)
東海大学 理学部 物理学科 教授／
マイクロ・ナノ研究開発センター 所長

高分子物理学、非平衡熱力学、レオロジーが専門。高分子超薄膜を「知る」チームのリーダーとして、高分子の基礎物性や、超薄膜と生物細胞との相互作用の評価を担当する。



岡村 陽介 (Yosuke Okamura)
東海大学 工学部 応用化学科 准教授／
マイクロ・ナノ研究開発センター

専門は高分子化学のほか、生体材料学、ナノ材料工学。実験中の偶然から、高分子超薄膜の作成に成功。「作る」チームのリーダーとして、超薄膜の設計と創製、高機能化に取り組む。

NEWS & EVENTS

創造科学技術研究機構が協力した展示会 「印象派、記憶への旅」が開催中

東海大学創造科学技術研究機構が協力した展示会「ポーラ美術館×ひろしま美術館共同企画 印象派、記憶への旅」(主催=公益財団法人ポーラ美術館 振興財団 ポーラ美術館、公益財団法人ひろしま美術館)が、3月23日から神奈川県箱根町のポーラ美術館で開催されている。この展示会は、両美術館が有するドラクロアやコロー、ピカソ、マチスなどの名品74点を展示し、19世紀の画家たちの旅と記憶、都市や水辺の風景に向けられた視線、風景の印象やそのかたち、色彩などを探るもの。本機構から、田口かおり特任講師が企画に協力。

田口講師は、ゴッホの「草むら」と「アザミの花」、「ヴィゲラ運河にかかるグレース橋」の光学分析を担当。本学の蛍光X線分析装置や光学顕微鏡などを使い、森絵画保存修復工房や堀場テクノサービスとの共同調査を通じて、使用されている絵の具の成分や作品制作の過程などを分析した。特に作品の裏面に補強のための裏打ちがされていない稀有な作品である「草むら」では、1889年の作品作成当時、精神の病に苦しみ入退院を繰り返していたゴッホが、おそらく下書きもせず描き上げたものであること、描いた後に木枠から一旦外し、別の作品を前後に重ねて保管や輸送をしていたことを示す痕跡などを確認。また、作品制作の過程で、どのように絵の具を塗り重ねていたのかについても明らかにした。



なお6月15日には、田口講師によるスペシャルギャラリートーク「工学調査からみたゴッホ ポーラ美術館収蔵作品を中心に」が、同館で開催された。
日時/場所: 2019年3月23日(土)~7月28日(日)/ポーラ美術館
※ひろしま美術館では8月10日(土)~10月27日(日)

3Dプリンタで再現した古代アンデスの楽器 の演奏実験を実施

文化社会学部アジア学科の山花京子准教授を中心とする研究グループが、5月27日に本学文明研究所が所有するアンデス・コレクションをもとに3Dプリンタで複製した楽器の演奏実験を実施した。本グループでは昨年度より、イメージング研究センターでアンデス・コレクションの土器の内部構造を調査するためにX線CTスキャンを行っている。その過程で、いくつかの土器は楽器の役割を果たすことが明らかになった。それらの土器のうち、「多列笛」(ナスカ文化期)、「ほら貝」(モチエ文化期)、「トランペット」(レクワイ文化期)、「男性彩画把手付双胴壺」(ワリ文化期)の4点の樹脂製の3Dレプリカを工学部応用化学学科の秋山泰伸教授の協力のもと作

成。今回の演奏実験は、イメージング研究センターのX線CTスキャンによって得られたデータを、マイクロ・ナノ研究開発センターの喜多理王教授(理学部物理学科)の研究室に所属する学生らが計算して共振周波数と音階を予測し、その理論値とレプリカの実際の音を比較するために行われた。

THE世界大学インパクトランキングで日本の 私立大学で4位にランクイン

Times Higher Education (THE) が、2019年4月3日(水)に発表した "THE University Impact Rankings 2019" (以下、インパクトランキング)において、本学は総合で世界301+位にランクインした。国内の大学では19位、私立大学では4位。今回新たに始まったインパクトランキングは、大学のSDGs(国際連合が提唱する「持続可能な開発目標」)への取り組みを評価するもので、世界76か国から450機関以上(日本からは42機関)が参加。今回のランキングでは17の目標のうち11の項目について調査が行われ「目標別順位」と「総合順位」が発表されている。

本学は、11のすべての項目においてランクインした。



GLOCAL MONITORING PROJECT

フィリピン大学にてグローバル・モニタリングに関する2回目の国際ワークショップを開催

2019年2月21・22日に、フィリピン大学と共同で、"2nd International Workshop on Glocal Monitoring"を、フィリピン大学のディリマン校において開催。ワークショップでは、日本、フィリピン、中国、台湾とアメリカの研究者10名から、リモートセンシングを利用した災害状況や環境変動のモニタリングに関する研究発表が行われ、フィリピン国内の各機関からの参加も含め延べ約100名の参加者と共にディスカッションが行われた。



TOKYO FMの

「未来授業」に内田理教授が出演

3月4日~7日に放送されたTOKYO FM「未来授業」に内田理教授が出演し、災害時のSNS利活用について講師役を務めた。

第1回 災害とSNS

第2回 災害時のSNSの使い分け

第3回 #〇〇災害

第4回 ツイッター防災訓練とSNS時代の防災

<https://www.tfm.co.jp/future/list/?offset=48>

仙台工業高校で防災に関する講演を実施

長幸平教授と内田理教授は、2019年3月11日に、仙台市立仙台工業高校が毎年、東日本大震災が発生したこの日に開催している防災に関する講話に講師として招かれ、「グローバル・モニタリング：災害監視への新たな取り組み」をテーマに講演した。

グローバル・ モニタリングプロジェクト

<https://glocal.u-tokai.ac.jp/>

DITS/DIMS

<http://glocal-dits.u-tokai.ac.jp/>

