

Focus

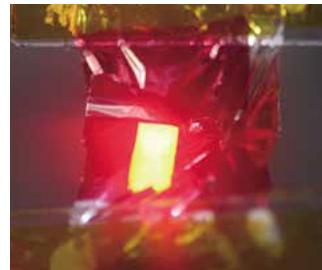
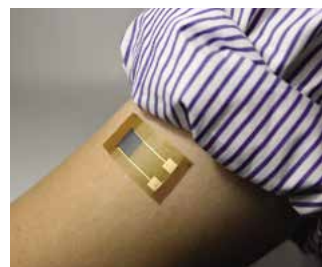
ウェアラブル さらにその先へ

ひとの皮膚や臓器の表面に薄いシート型センサーを貼り付ければ、スポーツに熱中している時でも、余暇を楽しんでいる時でも、いつでもどこでも体調の変化や病気の原因や兆候をつかめる——。イラストに描かれているのは、間もなく実現するかもしれない、そんなSFのような世界だ。

挑んでいるのは、東京大学大学院工学系研究科の染谷隆夫教授が率いるERATO染谷生体調和エレクトロニクスプロジェクトだ。羽より軽くてラップより薄く、柔軟に伸び縮みする。これまでにない電子部品を次々

に開発してきた。皮膚に貼っても装着感のないもの、服のように身につけられるもの、体内に埋め込めるものなど、生体と調和する電子部品の実現をめざしている。

従来の機器では実現できなかった生体信号の計測や、体に負担の少ない継続的なモニタリングが可能になれば、体の機能や病気の解明が進み、新たな治療方法や健康維持の秘訣が見つかるかもしれない。ヘルスケアや医療、福祉、スポーツ分野の一大革新が期待される。



Focus 羽より軽く、ラップより薄く 柔らかな電子部品が世界を変える



染谷 隆夫（そめや たかお） 東京大学大学院工学系研究科教授

1997年東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻博士課程修了、博士（工学）。97年東京大学生産技術研究所助手、98年同講師、2000年同大学先端科学技術研究センター講師、02年同助教授。03年東京大学大学院工学系研究科助教授、09年より現職。15年より理化学研究所主任研究員、創発物性科学研究センター（CEMS）チームリーダー。09年～11年CREST研究代表者。11年よりERATO染谷生体調和エレクトロニクスプロジェクト研究総括。

生体と調和するエレクトロニクスの鍵となるのは有機半導体だ。軽くて柔らかく、新しい材料を作りやすい有機物質の特徴を生かして、フレキシブルで薄いフィルムのような半導体を開発し、心電や体温など生体信号を計測するセンサーとして実用化する。

染谷生体調和エレクトロニクスプロジェクトでは、材料開発から、プロセスの開発、デバイス作製、検証、システム化のステップを担う5つのグループが連携して取り組んでいる。画期的なセンサーであるがゆえに、個人情報保護や倫理問題にも触れかねず、生体調和エレクトロニクスの技術や可能性を広く知ってもらうためのアウトリーチ活動にも力を入れている。

有機エレクトロニクスの新しいかたち

パソコンやスマートフォン、テレビ、車、病院の医療機器、それらの製造に関わる産業機器の数々——。便利な生活を支える、多様な製品に組み込まれているのが半導体だ。その材料には、これまでケイ素（シリコン）を中心とした無機材料が多く利用されてきた。近年では、有機材料を用いた半導体も広がりを見せている。

プラスチックやゴム、繊維や木材に代表される有機材料は、通常は電気を通さない。し

かし、1977年に白川英樹博士らが有機材料の1つであるポリアセチレンに導電性を持たせることに成功した。これをきっかけに世界的に注目を集め、有機半導体の開発が発展していった。有機LEDや有機太陽電池はすでに実用化され、有機エレクトロニクス時代がまさに開花しつつある。

新たな応用開発の1つがウェアラブル端末だ。まだ腕時計型やメガネ型など硬いものが主流だが、有機エレクトロニクスは、柔らかな

ウェアラブル端末を実現する鍵となる。その実現に最も近づいているのが、東京大学大学院工学系研究科の染谷隆夫教授のプロジェクトだ。

もっと薄く柔らかく、人の体になじむ素材が欲しい。各種のセンサーを皮膚の表面に貼り付けたり、さらには体内に埋め込んだりして、これまで測れなかった生体活動のデータを得ることも可能になる。ヘルスケアや医療の世界に大きな革命がもたらされるだろう。

機械はどこまで人と親しくなれるか

染谷さんは、有機エレクトロニクスをウェアラブル端末に使う利点について、こう説明する。「無機材料と比べて、軽く、柔らかく、加工しやすく、低コストです。分子設計によって新しい材料を作りやすいなど、優れた点も多くあります。それらの特徴を生かすことで、フレキシブルで薄いフィルムのような有機電子部品が実現できるのです」。

もともとは、ロボットの触覚センサーを研究していた。2005年には、温度と圧力が同時に測れ、伸び縮みする皮膚のようなセンサーを開発し、米国TIME誌に紹介された。

「その薄く柔らかいセンサーを、機械ではなく人の皮膚に貼り付けたら、新しい世界がひらけるのではないかと考えたことが、現在の研究の出発点です」。

電子部品というと、硬くて、無理に曲げれば壊れるのが一般的だが、染谷さんが一貫して追究してきたのは、曲げやすく、伸ばしても

壊れない、耐久性のある電子部品だ。15年ほど前から、有機半導体の土台となる基材をどんどん薄くすることに取り組んできた。柔軟性の高い有機材料は、薄くすればするほど曲げたときに表面にかかる歪みが小さくなる。その結果、さらに曲げやすく、しかも曲げても壊れず特性が変化しない電子部品ができる。

「ウェアラブル端末は、服のように身に着ける機器ですが、皮膚に貼り付けて一体化するような電子部品をさらに進めて、体の中に埋め込むインプラントブル電子部品の開発を狙っています。人と機械が一体化し、調和することで新たな価値を生み出していく世界を実現するためのエレクトロニクスという意味を込めて、プロジェクト名を『生体調和エレクトロニクス』としました」と、目的を語る。

エレクトロニクス分野は、これまでシリコン半導体の微細化による性能向上や消費電力低減が主流だった。近年の新たな技術潮流に共

通しているのは、車の自動運転、生活支援ロボット、人工知能、IoT（モノのインターネット）など、生体と機械の調和である。

「細胞など生体組織は硬い素材に触れると容易に炎症反応を起こしてしまいます。素材の柔らかさを生かす視点から、生体との親和性を高めることを優先に取り組んでいます」。

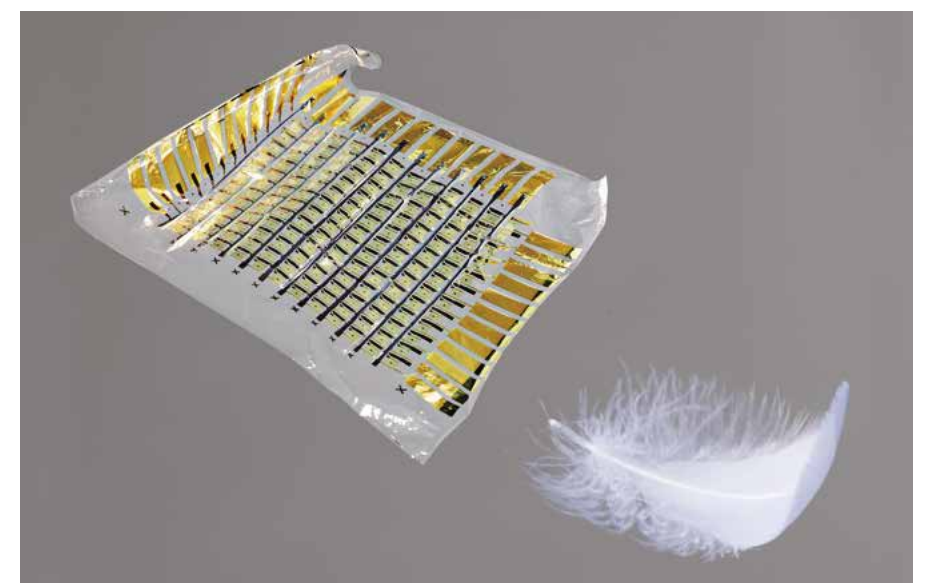
有機半導体には、印刷というどこにでもある作業工程で、大面積のデバイスが簡単に作れる利点もある。薄くて大きなセンサーを作り、広い面積を一度に計測することで、より詳しく正確な生体データを取得できる。

「新たな付加価値をエレクトロニクスに持たせたという点で、独自の立ち位置にはいます。もちろん、シリコン半導体の微細化という軸は今後も変わらずに重要ですが、有機半導体を生かした技術を組み合わせることによって、ウェアラブルやインプラントブルというフロンティアを拡大できると考えています」。

世界が注目、3年で500件の論文引用も

プロジェクトは2011年8月にスタートし、これまでにいくつもの成果を挙げている。試金石となったのは、13年に開発した、世界最軽量で最薄の有機電子回路だったと振り返る。

「1.2マイクロメートルという非常に薄い高分子フィルムの上に、電気的にも高性能な電子回路の作製に成功し、薄くて壊れにくいものを作るという最初のゴールを達成しました。回路も含めても厚さ2マイクロメートルで、一般的なラップの5分の1しかありません。ラップと同じようにくしゃくしゃに丸めても壊れません。ゴムシートと貼り合わせれば伸縮自在です。2倍以上に伸ばしても性能は保たれます。しかも、この画期的なデバイスの製造には、特別な方法ではなく、既存のエレクトロニクスの製造工程を応用できたのです。他の薄膜デバイスの開発につながる重要な成果でした」。



■世界最軽量・最薄の柔らかい電子回路
羽よりも軽く、ラップよりもはるかに薄い電子回路。くしゃくしゃに折り曲げたり、生理食塩水に2週間以上浸したり、2倍以上に伸ばしても壊れずに電気的性能を維持できる。

成果を発表してから約3年間で、関連する論文の中には500件近くも引用され、大きな反響を呼んでいるものもある。同じ時期に開発した世界最軽量で最薄の柔らかい有機LED、先んじて成功していた世界最軽量で最薄の有機太陽電池を合わせると、半導体の主要な素

子がほぼすべて、薄膜フィルム上に作製できた。生体調和エレクトロニクスの可能性を示すのに十分な成果だった。

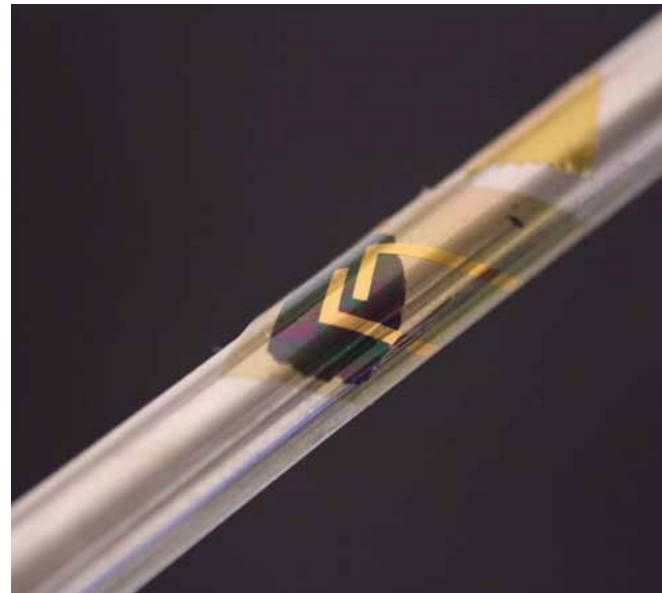
プロジェクトの中盤で必要な要素技術がほぼ揃ったことで、後半には、その組み合わせで、体温を計測できる柔らかな温度セン

サー、曲げても測れる圧力センサー、血中酸素濃度や脈拍数を計測できる有機光検出器など、より高度なセンサーを実現できた。また、それらのセンサーに離れた場所から電力やデータを供給できるシステム技術にも取り組んでいる。



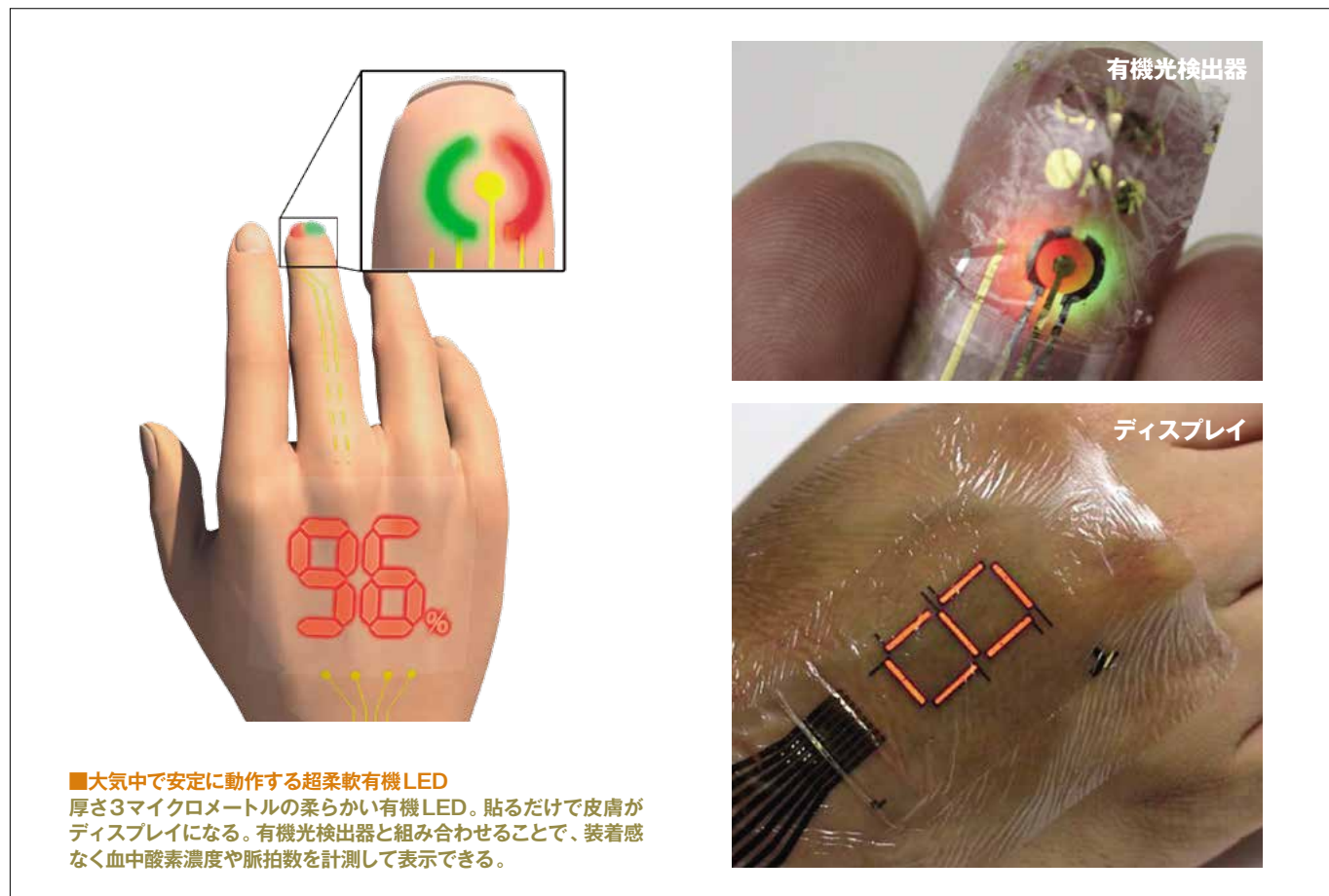
■フレキシブル圧力センサー

曲げても正確に計測できる圧力センサー。ゴム手袋のように柔らかな曲面上に貼っても圧力を測定できることから、これまで医師の感覚に頼っていた触診を定量化するデジタル触診などに応用できる。



■印刷できるフレキシブル体温計

印刷と同じ工程で作製できる体温計。赤ちゃんでも長時間装着できる。皮膚に直接貼り付けて体温を常時モニターできる。



■大気中で安定に動作する超柔軟有機LED

厚さ3マイクロメートルの柔らかい有機LED。貼るだけで皮膚がディスプレイになる。有機光検出器と組み合わせることで、装着感なく血中酸素濃度や脈拍数を計測して表示できる。

有機半導体の製造プロセス確立へ

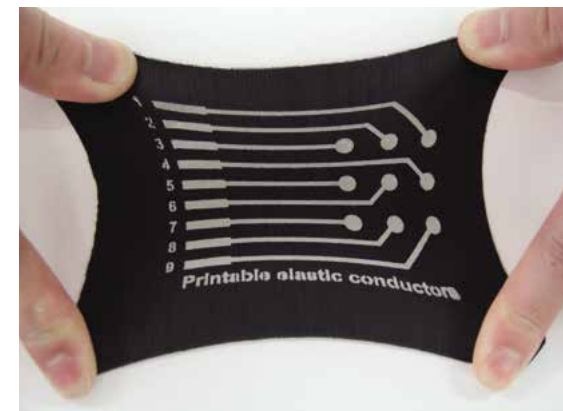
薄く柔らかい有機デバイスの製造技術を開発しているのが「バイオ印刷グループ」だ。グループリーダーを務める、東京大学大学院工学系研究科の横田知之講師は、こう語る。

「半導体デバイスの製造方法には、真空中で材料を加熱して気化させ、基材に付着させる蒸着方式と、大気中で印刷する方式があります。私たちのデバイスは、どちらの方法でも製造できますが、蒸着方式の場合、薄いフィルムの基材にダメージを与えないように温度を低く抑える工夫が必要でした。まずは、蒸

着方式で性能を確保しつつ、今後の実用化に向けて、低コストで大面積のデバイス製造が可能な印刷方式のプロセスも確立していく計画です。とても薄いフィルムなので、製造時の取り扱いには細心の注意が必要です。量産化に向けた課題ですが、成果を実社会で役立てていくため、1つ1つクリアしなければいけません」。

生体と親和性が高く、自由に伸び縮みする素材として、布地に細かな電気回路を印刷できる導電性インクも開発している。

このインクで布地に印刷した電極や配線は、元の長さの3倍以上に伸ばすことができる。印刷に特別な設備は必要なく、スポーツウェアに使われるような伸縮性の高い布地で生体信号センサーを簡単に作ることができる。当面は、スポーツ時の体の動きの計測や、高齢者のモニタリングをする筋電センサーとしての活用が期待されているが、大面積で、筋電以外の生体信号を取得できるようになれば、応用範囲も広がる。



■服に印刷できる導電性インク
伸縮性のある布地にも、電極や配線を一度に印刷できる導電性インク。元の長さの3倍以上に伸ばしても導電性が保たれる。着るだけで筋電が計測できるセンサーを実現した。

横田 知之 (よこた ともゆき)

バイオ印刷グループ
グループリーダー

医療やヘルスケアへの展開が期待されていますが、ファッションやゲームへの応用からスタートしてもいいと思っています。超柔軟有機LEDを皮膚に貼り付けて模様を浮かび上がらせるとか、日常生活を楽しくするアイテムとして使うのも面白そうですね。



生体の炎症反応を抑える

ウェアラブルのその先、生体内に埋め込むインプラント電子部品の実現に向けた研究も進めている。体内埋め込み型のエレクトロニクス機器は、心臓ペースメーカーや人工内耳がよく知られているが、有機材料を利用した、よりフレキシブルなセンサーを体内に埋

め込むことで、失われた機能を補ったり、病気の早期発見に役立てたりすることが期待されている。

生体との親和性の高いセンサーを作るのに大切なのは、組織に直接触れる素材の生体適合性を高めることだ。特に、体内に埋め込む

場合、異物から体を守るために起こる炎症反応を抑えなければ、長期間安定して生体信号を計測するのは難しい。

「医用電子システムグループ」では、炎症反応のない生体埋め込み用電極の開発をめざしている。グループリーダーである大阪大学産

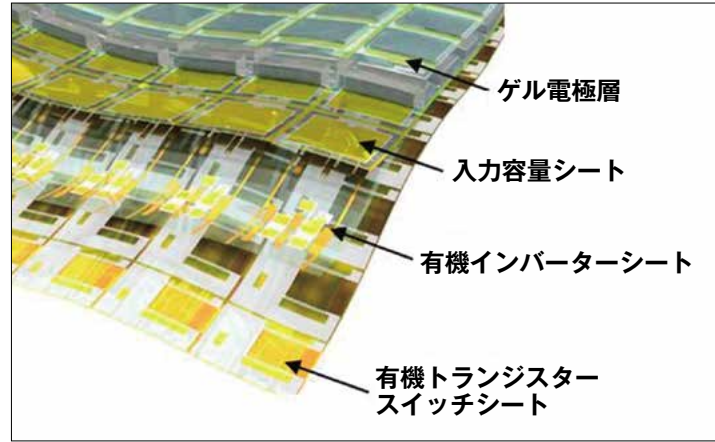
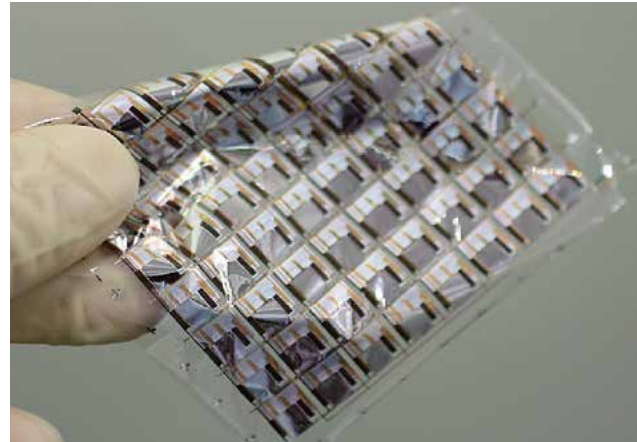
業科学研究所の関谷毅教授は、これまでの成果をこう説明する。

「カーボンナノチューブと親水性のハイドロゲルを均一に混ぜることで、生体適合性と柔軟性、導電性に優れたゲル素材を作ることになりました。フレキシブルな有機薄膜電極にゲル素材を薄く塗布する手法も開発し、生体適合性ゲル電極を有機薄膜電子回路と集

積化したシート型の生体電位センサーを作製しました。ゲル電極は、1カ月近く生体内に埋め込む試験で、従来の生体内埋め込み型の金属電極と比べて、炎症反応が極めて小さいことを確認しています」。

シート型電位センサーには信号増幅回路も組み込まれ、生体活動で発生する微弱な信号を安定して計測できる。関谷さんたちは、ラッ

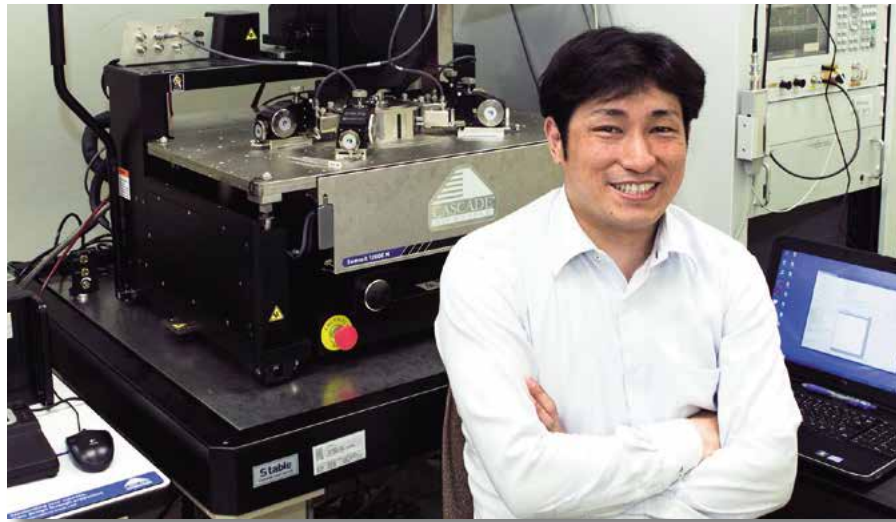
トの心臓表面に貼り付けて血液供給が急に不足する虚血部位を見つける実験も行い、協力した医師からも高い評価を得ている。この開発を始めたきっかけは、「医師から生体適合性の高い、柔軟な電極の必要性と、それを活用した治療への熱い思いを聞いたこと」だという。求める電極に少しでも近づくため、ゲル素材のさらなる改良などに取り組んでいる。



■生体適合性を持つ柔らかいシート型生体信号増幅回路
炎症反応が起こりにくく、生体内に長期間埋め込むことができる、柔らかくて導電性の高い生体適合性ゲル電極。この電極と有機増幅回路を組み合わせて、シート型の柔軟な生体信号増幅回路を開発した。心臓に貼り付ければ微弱な心電信号でも計測できる。

関谷 毅 (せきたに つよし)
医用電子システムグループ
グループリーダー

生体内埋め込み型電極は、難病のALS（筋萎縮性側索硬化症）などで体の自由を失った方々が意思疎通を行うツールとして、開発が進められています。将来は、炎症反応の起こらない材料を開発して、病気で苦しんでいる方を1人でも多く助けることに貢献していきたいです。



カルシウムイオンの新しいセンサー

生体からの信号には、さまざまな種類がある。脈拍や脳波、体を動かすときに脳から筋肉に伝えられる生体電位信号のほか、体内の情報伝達物質として働くカルシウムイオンの濃度変化もその1つだ。カルシウムイオンは通常、細胞の内側で低い濃度に、外側で高い濃度に保たれ、その細胞内外の濃度変化によって、生体活動に必要な情報を伝えている。

カルシウムイオンの濃度変化を捉えるセンサーそのものは、半導体ではなく化学材料だが、インプラント電子部品の重要な要素技術として、「生体調和電子材料グループ」が開発してきた。グループリーダーは、東京工業大学科学技術創成研究院化学生命科学研究所の福島孝典教授だ。

福島さんたちの成果の1つが、紙おむつの

吸水剤であるポリアクリル酸を原料としたカルシウムセンサーである。

「カルシウムイオンの濃度変化を検出するセンサーは、すでにたくさん種類がありますが、これまでは細胞内の濃度が低い場合にしか検出できないものでした。めざしているのは、生体内に埋め込んで、細胞外の高濃度のカルシウムイオンも検出できるセンサーです。

そのため、従来とは根本的に異なる材料が必要となりました」と、開発の経緯を語った。

そこで着目したのが、ポリアクリル酸だ。カルシウムイオンと結合すると凝集する性質を持つことが知られている。凝集で発光する色素を組み込むことで、濃度変化を検出するセンサーとして利用できないかと考えた。

たくさんの化合物を試して条件に合う色素を見つけ出して組み込んだ新しい物質は、カルシウムイオンがあると光り、濃度変化を可視化できる。ゲル状のため、大面積のシートでも微粒子でも、さまざまな形に加工できる。このセンサーは、土壌や食品中のカルシウムイオン濃度の検査などにも使えそうだと見ている。

物理有機化学が専門の福島さんは、別の側面からもプロジェクトに期待している。「工学領域であるエレクトロニクスの研究成果を



■紙おむつの材料から新しいカルシウムセンサー
紙おむつの材料であるポリアクリル酸に、特殊な色素を組み込み、ゲル状のカルシウムセンサーを開発した。これまでのセンサーでは捉えられなかった高濃度のカルシウムイオンが検出できる。

実用化していく中で、必ず課題が出てくるでしょう。それを、理学の領域にフィードバックすることで、さらに一段と新しい研究テーマを

開拓できます。エンジニアリングとサイエンスを車の両輪のようにして発展させていくモデルケースになるといいですね」。



福島 孝典 (ふくしま たかのり)
生体調和電子材料グループ
グループリーダー

条件に合う色素を見つけるまでに無数の化合物を作りました。材料開発はトライアンドエラーの繰り返しですが、分子の気持ちになって考えれば、いい結果につながります。石割文崇助教(中央)が、カルシウムイオンセンサー開発の立役者です。

生体動物の体温維持を計測

紹介してきたセンサーについては、実際に生体の計測やイメージングをしながら、技術的な改良を図っている。その活動を担っているのが、東京大学大学院工学系研究科の関野正樹准教授の「生体調和イメージンググループ」だ。

関野さんは、医学と工学の融合領域である生体工学の立場で、横田さんのフレキシブル温度センサーや福島さんのカルシウムイオンセンサーを生体に適用し、メリットや課題を探っている。

医療分野への応用に、関野さんは確かな手応えを感じている。「共同研究者である多くの医師から、活用のアイデアや計測したい生体信号の要望を得て、開発に反映しています。脳外科や心臓外科、皮膚科、形成外科、麻酔科など、いろいろな診療科へ議論に行きま

すが、関心は日毎に高まっているようです」。

動物実験などを通じてデバイスの有用性も試している。フレキシブル温度センサーを使って、実際に呼吸しているラットの肺の表面温度を計測してみた。呼気と吸気で肺の温

度差は0.1度しかないことを世界で初めて実測した。恒温動物が高精度に体温を一定に保つ仕組みを、実際の計測で確認した成果だ。これは、薄く柔らかい温度センサーがあって初めて実現できたもので、医学や生物学にお



■ラットの脳に埋め込むための超薄型フレキシブル刺激電極
わずか2マイクロメートルの薄さであるため、脳の表面に沿って貼り付けることができ、MRI測定とも干渉しない。電極から電気刺激を与えて、誘発される脳活動をMRIで観察できる。生体適合性に優れた金とバリレン(有機薄膜)から作られている。

けるフレキシブル有機デバイスの応用可能性を示したといえる。

「柔軟性があるので、肺や心臓のように動く臓器でも、追従して生体信号を計測できるのが利点ですね。複数の素子を集積化すれば、

温度や電気抵抗の信号を一度に、広い面積で、しかも継続して計測できます」。

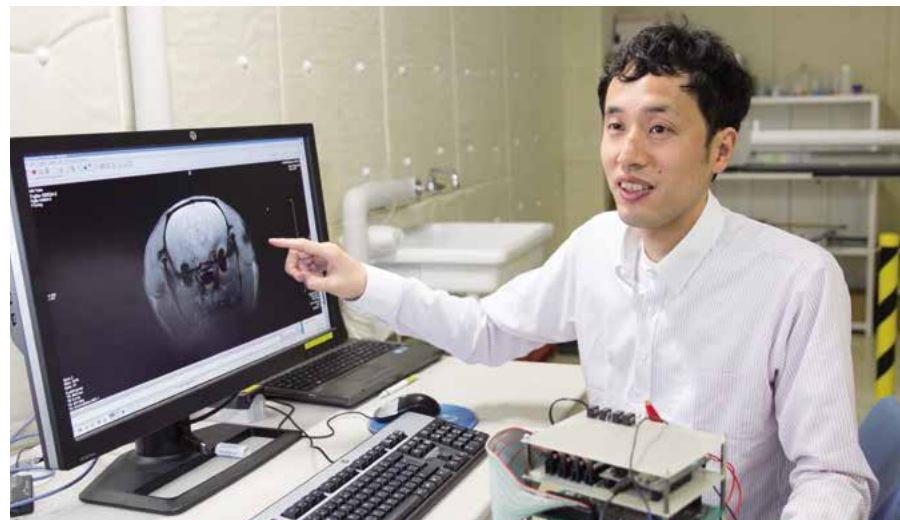
そのようなデバイスは、今のところ世界でも例がない。計測データという物理量から、いかにして意味のある情報を取り出すかが、

今後の重要な課題になる。

「データ解析や情報処理の専門家とも連携して、その領域に切り込み、体内埋め込み型デバイスの実現に向けて、デバイスの長寿命化にも取り組んでいます」と展望を語る。

関野 正樹(せきの まさき) 生体調和イメージンググループ グループリーダー

普通の電子部品はMRIに入れると問題が起きてしまいますが、フレキシブルセンサーは有機材料で、しかも非常に薄いので、MRIに入れることができます。ラットの体内に埋め込んで生体を刺激した反応を、MRIで精密にモニタリングする実験もしています。



産業界との連携で、実用化を加速する

プロジェクトの最終目標は、成果の実用化である。東京大学大学院工学系研究科の伊藤章特任研究員の「インターフェースグループ」は、その出口に向けた仕上げの部分を担当。開発した生体信号センサーを組み合わせ、必要な材料の改良を重ねながら、実用的なセンシングシステムに仕上げる。

インターフェースグループには、もう1つ重要な役割がある。「産業界からも注目され、たくさんの問い合わせがあります。それら1件1件に対応して、踏み込んだ議論や、製品化の可能性の調査など、産業界との窓口の役割も担っているのです。私は長らく企業の開発部門におり、社内での新事業立ち上げなども経験してきました。開発から、実証、事業化といった企業の一連の流れを知っていますから、その経験を生かしていきます」。

プロジェクトは、今年1月に米国ラスベガスで開催されたエレクトロニクス製品の見本市「CES2016」に、導電性インクを使った伸縮性導体を出展し、伊藤さんは現地での案内役を務めた。

「米国には新しいものに対する好奇心が強い方が多く、導電性インクも関心を集めました。海外の反応に直接触れることで、実用化への思いがさらに強くなりました」。

産業応用が期待されるプロジェクトの成果はいろいろとある。昨年11月には、布地に電子回路を印刷したテキスタイル型電子部品に関する特許をもとに、ベンチャーとしてゼノマ社を設立した。当初は、プロジェクト終了後に起業する予定だったが、世界的にウェアラブル

技術や関連市場が急速に動き出していることから前倒した。ゼノマ社では、生体調和エレクトロニクスの先駆けとして、着用者の全身の情報を計測できる、装置感のないテキスタイル型電子部品の商品化をめざしている。

伊藤 章(いとう あきら) インターフェースグループ グループリーダー

企業の研究部門では、実験は仕事の一部でしたし、実験で手を動かすことは大好きでした。もともとの専門である有機合成化学の知見を生かして、必要に応じた材料開発も行っています。



「アポロ計画」に例え、目標を共有する

材料開発も含めてこれほど多くの成果を生み出している理由は何か。染谷さんはその疑問にこう答える。

「やはり、各グループがそれぞれの強みを明確に持ち、それらを融合させるグループ間の連携がとれたことが大きかったですね。プロジェクトの最大の特徴であり、誇りとしている点です。発表した論文のほとんどが複数グループの共同執筆です。めざしてきたのは、多くの研究者がそれぞれ役割を果たしながら連携して初めて開発できるものですが、それができたのも、CRESTとERATOでJSTの研究支援を受けながら、研究仲間が増え、優秀な若手研究者が育ってきたおかげです」。

染谷さんは常に、「このプロジェクトはアポロ計画ほど大きくはないけれど、われわれにとっての月に行く(目標)とは何だろう、月に

行くためのロケット(手段)は何だろう。それに自分はどう貢献(役割分担)できるのだろう」ということを明確にするよう言い続けてきた。

プロジェクトの全員が共通の目標を持ち、自らの責任を果たすのは、決して簡単なことではない。資金だけでなくマネジメントも含めた研究支援の下、そうしたことがしっかり実現できるプロジェクトに育ったことが、数々の成果に結びついているのだろう。

成果の確実な実用化に向け、知財戦略にも力を入れている。「われわれの研究が社会に貢献していくには、成果を産業界に橋渡しすることが欠かせません。そのために重要となるのが、使いやすく強い特許を実現するという戦略に基づいた特許出願です。これは研究者だけでできるものではないので、知財の専門家にもプロジェクトに加わってもらい、いろいろ

な角度から取り組んでいます。当然、費用もかかりますが、JSTの支援の仕組みを活用し、新しい産業に貢献できるような、強い特許基盤が築かれつつあります」と手応えを示す。

このほかにも、成果を産業界に橋渡しする取り組みとして、「フレキシブル医療IT研究会」を立ち上げた。フレキシブル有機デバイスの医療やヘルスケア分野での産業応用をめざす産学連携の研究会だ。設立から3年で法人会員が100社を超え、今年7月には9回目となる研究会を開いた。プロジェクトからの情報発信だけでなく、市場調査やロードマップ作成など、会員による主体的な活動も広がっている。国内外の企業から技術に対する関心が寄せられる中で、こうした産学連携がフレキシブル医療ITという新たな産業分野の創出につながると期待される。

個人情報保護、倫理問題にも踏み込む

染谷さんがもう1つ力を入れているのが、プロジェクトの目的や研究成果を広く社会に知らせていくためのアウトリーチ活動だ。ウェブサイトでの情報発信、ニュースレターの発行、高校への出張授業、研究室見学の受け入れなど、研究の合間に積極的に活動している。

その理由を、「研究にかかる思いや重要性を、研究者自身がナマの言葉で伝えることが重要だから」と語る。「これだけ大きな予算規模の研究をしているからには、やはり説明責任があります。論文の発表はもちろん、広く一般の方々に理解してもらうには、研究の面白さや大切さを、私やグループリーダー1人1人が語らなければいけません。さらに、そのことを通じて、支援の輪を広げていきたいという思いもあります」。

科学技術と社会をつなぐ領域は、研究者だけでつくれるものではない。特に、ウェアラブルやインプラントなデバイスで生体信号を計測して役立てていくには、個人情報の保護と活用や、社会と個人の倫理という問題にも踏み込んでいく必要がある。

「科学的根拠を持って、社会の1人1人にきちんと考えてもらうため、正しい情報を伝えておきたいのです。われわれだけでできる活動には限りがあります。そもそも理系の技術者は説明が苦手ですが、自分たちがわくわくしながら、寝る間も惜しんで取り組んでいる研

究の価値が伝えられたら、製品化するだけでなく、使う人も含めた支援者が増えると感じています」と力を込めた。

プロジェクトの最終段階として、それぞれのデバイスの実用化に向けた改良を進めるとともに、生体調和エレクトロニクスがめざす「究極の無装着感」を実現するための研究にも着手している。

その狙いを染谷さんはこう語る。「無装着感を実現するには、無装着感というばんやりしたコンセプトを、科学的根拠に基づいて、数値化して評価できるようにしなければなりません。人それぞれ異なる感覚なので難しいところはありますが、プロジェクト終了後も継続して発展させていきたいと長期的視野に立っ

て研究を進めています」。

羽よりも軽く、ラップよりも薄く、柔軟に伸び縮みして、体の表面にあっても内部にあっても違和感のない電子部品——。これまでにないエレクトロニクスの領域がひらかれようとしている。これが一大領域として発展するとき、ヘルスケアや医療だけでなくとどまらない社会のさまざまな領域が大きく変わり、日本が強みとしてきたモノづくりの世界にも、新たな風を呼び込むことになるだろう。

「将来は、すべての電子部品が柔らかく生体と調和するものとなって、フレキシブルとわざわざ言う必要もなくなるかもしれません」。

夢を語る染谷さんの顔には自信があふれていた。



プロジェクトを訪れた広尾学園中学校の生徒とフレキシブル有機デバイスについて議論した。