



最先端機器や情報が みんなの研究活動を支える

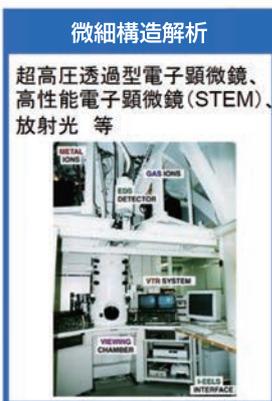
高価なナノテク設備を「共用」し、フル活用してイノベーションを興す

肉眼では決して見ることができない微細なモノを扱うナノテクノロジー。その研究開発には高額な先端機器が欠かせなくなってきた。国全体のナノテク・材料研究の実用化を底上げするため、大学や研究所の設備を開放して、誰でも最先端機器を手頃な料金で利用できるようにする「ナノテクノロジープラットフォーム」が2012年度からスタートした。この制度を通して十分な研究設備を持たない若手研究者や民間企業が新しいアイデアを次々に実現している。制度のあらましや今後への取り組み、運用の具体例を紹介する。

持たざる人にも 高度な研究の機会を！

経験もハイテク設備もなかった企業が、微細加工技術を駆使して超小型、高品質のマイクロホンをつくった。米国留学から帰国した准教授がカーボンナノチューブの研究室を開設して論文を次々に出した。理系で専門分野を究めながら、研究者にならなくても、依頼された仕事をこつこつと“ハイテク職人芸”でこなす職種が生まれた。この原動力となっているのは、研究機関と人をつなぐユニークなプログラムだ。

ナノテクは、半導体工学や機械工学、生命科学、材料科学など、幅広い分野を



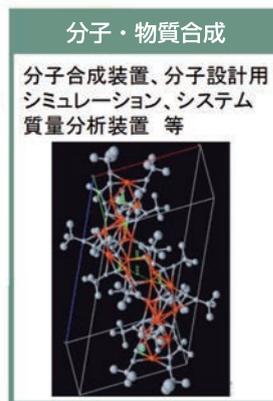
微細構造解析

超高压透過型電子顕微鏡、高性能電子顕微鏡 (STEM)、放射光 等



微細加工

電子線描画装置、エッチング装置、イオンビーム加工装置、スパッタ装置 等



分子・物質合成

分子合成装置、分子設計用シミュレーション、システム質量分析装置 等

ナノテクノロジープラットフォームの3つの技術領域

「微細構造解析」「微細加工」「分子・物質合成」の3つの技術領域において、若手研究者を含む産学官のユーザーに対して、最先端の計測、分析、加工設備の利用機会を高度な技術支援とともに提供する。^{※2}

支える基盤技術だ。1ミリの100万分の1に当たるナノサイズの物質や構造を扱う研究では、研究設備の充実ぶりが研究の進展を決めるといってもいい。そのため大学や国の研究機関では、それぞれの研究室や学科で限られた研究費をやりくりして最新機器を導入している。横の連携は従来あまりなく、何台も電子顕微鏡を所有している大学や、年限のある研究プロジェクトで購入された設備が、その後適切に運用されていないケースも少なくない。その反面、欲しい機器を揃えることができない研究室も多い。

民間企業では、規模が大きい企業はともかく、研究開発予算が限られる中小企業では、数億円もする電子顕微鏡や微細加工装置を購入することは不可能に近い。企業の国際競争力を高めるにはナノテクが不可欠なだけに、民間企業の力頼みだけでは産業の隆盛は期待しにくくなっている。

欧米の先進国はもちろん、中国や韓国、アジアの新興国でもこの十数年、大学などの公的研究機関の研究設備の「共用」が進められてきた。一部の研究機関が設備を囲い込むのではなく、設備を購入できない研究者や民間企業にも開放して、研究の底上げを図ろうとしているのだ。

世界の動きに応答して、日本でも設備を共用するために文部科学省が進めてきたのが、2002年に始まった「ナノテクノロジー総合支援プロジェクト」と、後継の「ナノテクノロジーネットワーク」だ。ナノテク研究のメッカである物質・材料研究機構 (NIMS) が運営を支えてきた。そこに、



田中 一宜 たなか・かずのぶ
産業技術総合研究所名誉リサーチャー

1963年、東京大学工学部卒業。同年、松下電器東京研究所。78年、東京大学で工学博士の学位取得。東京大学教授、電総研材料科学部長、アトムテクノロジー研究体 (JRCAT) プロジェクトリーダー、産総研理事等を歴任。2007年～2013年にはJST研究開発戦略センター上席フェローを務める。

※1 本事業は文部科学省より、独立行政法人物質・材料研究機構及びJSTがプラットフォーム全体の使いやすい仕組みづくりや利用促進を図るセンター機関業務を受託し、JSTは主として、地域・地場産業に関連した新たなユーザー開拓等を行っています。 ※2 図はNanotech Japan HP (<https://nanonet.go.jp/>) より

ナノテクノロジープラットフォームの参画機関

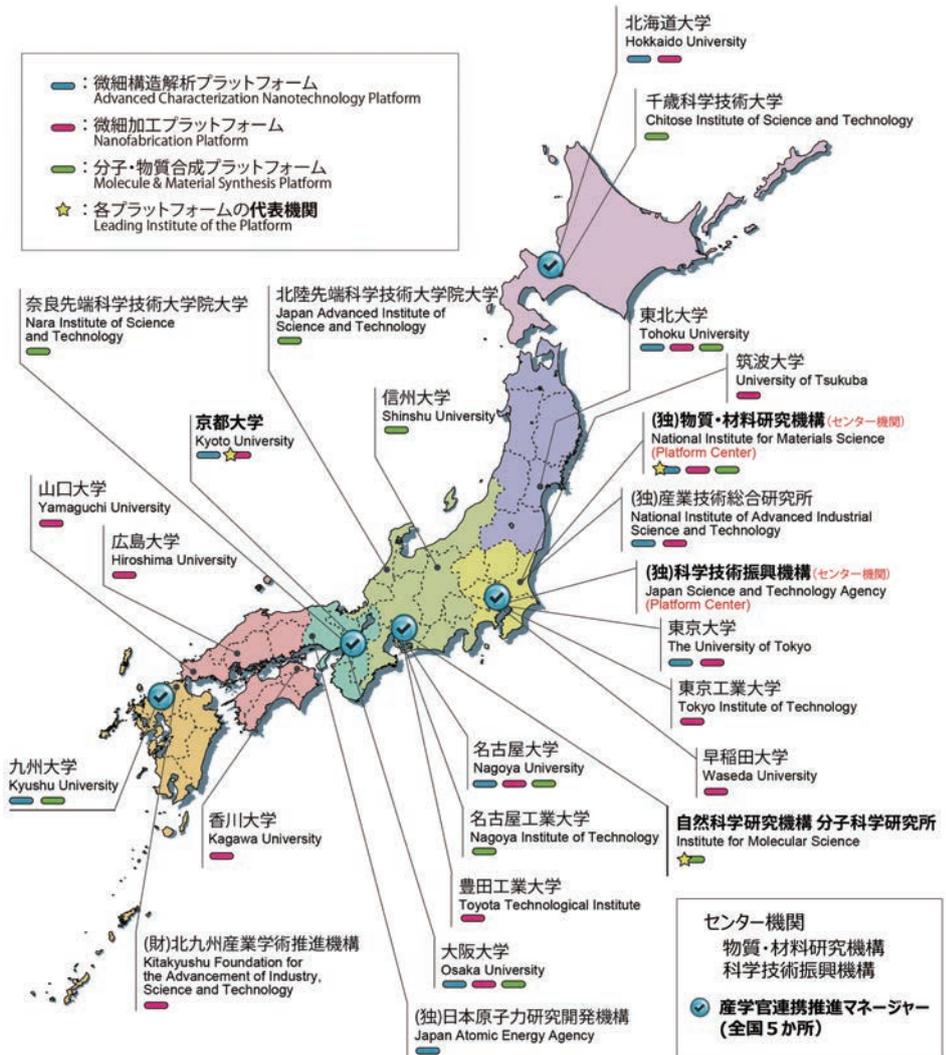
参画機関は北海道から九州まであり、各地で「微細構造解析」「微細加工」「分子・物質合成」の3分野がそろった。機関ごとに共用できる機器や利用方法はナノテクノロジープラットフォームのHP内 (https://nanonet.go.jp/facility/) で一覧できるようになった。また、「ナノテク共用設備利用案内サイト (https://nanonet.go.jp/yp/)」では研究分野や研究設備の分類からの検索も可能。^{*2}

JSTの産学連携支援の人材とノウハウを盛り込むとともに3つのプラットフォームからなる枠組みにすっかり衣替えして、2012年度から「ナノテクノロジープラットフォーム」が始動した。

この事業では、NIMSとJSTがセンター機関となって、プラットフォーム全体の使いやすい仕組みづくりや利用促進を図る。機器も充実し、全国25の大学や研究機関が所有する約1,000台の最先端機器が、手頃な料金で利用できる。設備の種類も多様で、電子顕微鏡などの観察用だけでなく、加工用や合成用の機器も整っている。各参加機関の得意分野を生かし、ナノテクの研究開発に必要な「微細構造解析」「微細加工」「分子・物質合成」の3領域をカバーして、多様なニーズに対応できるようになっている。

異分野融合の促進も期待

プラットフォームの機能は、設備を持たない研究者、企業に研究の機会を与えるだけにとどまらない。ナノテクノロジープ



ラットフォーム開始時にプログラムディレクターを務めた、産業技術総合研究所の田中一宜名誉リサーチャーはこう説明する。

「科学技術が発展した現在、新たな技術革新は、1つの分野の研究者だけでは難しくなっています。異分野融合が求められています。異分野融合が求められていますが、分野を超えた研究者のマッチングはうまくいっているとは言えない。これまで組織内に閉じられていた研究設備が開放されることによって、設備を所有する研究者が他の分野のユーザーと接するようになり、コミュニケーションが刺激となって新しい発想が生まれると期待しています。」

もちろん、それをメリットと考え

ず、設備の開放に積極的でないところもあった。いろいろな試料が持ち込まれれば、もともと微細な世界だけに機器内のわずかな汚染で自分たちの研究に影響が出かねない。虎の子の機器を他者に貸したくない心境も理解できなくはない。

「皆さんが最初から積極的に機器の利用を開放するわけではありません。利点もいろいろ挙げて参加を促してきました。その1つとして、実施機関で最先端機器を運用する高度専門技術者を雇用できるようにし、育成を促進しています」。

最先端の研究設備を最善の状態に運用し、高度な機能を使いこなすのは、研究の片手間では難しい。専門の技術者を雇えばいいが、予算が限られている中で、自前で雇用を維持するのは大きな負担だ。プラットフォームの予算で技術者を雇えば、常に万全の体制で運用できるので、設備を所有する側にとっても大きな恩恵となる。



戸田 秀夫 とだ・ひでお

JST産学基礎基盤推進部企画課
ナノテクノロジープラットフォーム担当
産学官連携推進マネージャー



ナノテクに縁がなかったユーザーを開拓

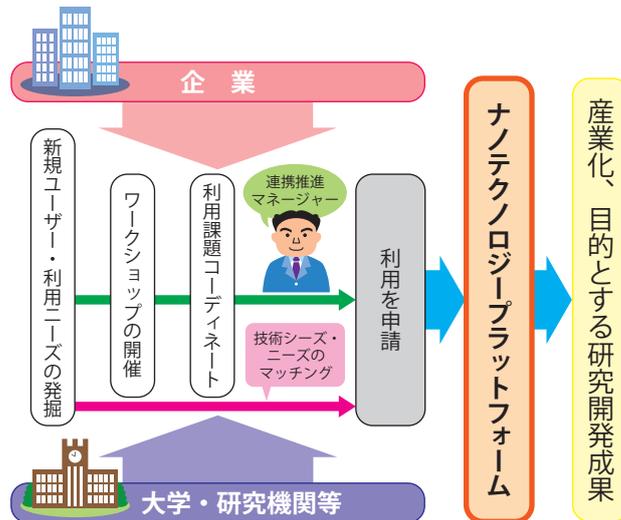
プラットフォームの仕組みが持続的に発展するためには、実施機関の自主性・自立性を促進することが重要になる。高度専門技術者の雇用や機器の光熱費、消耗品などに充てられる運用経費は、すでに一部が、利用料の徴収で賅われている。安定運用のため、利用を拡大していきたい。求められるのは、これまでナノテクとは縁がなかった新規ユーザーの開拓だ。

特に中小企業の開発担当者は、製品開発の予算が限られているため、自前の技術や設備にこもりがちだ。ナノテクなど、まったく無縁だと思っている人も少なくはないだろう。プラットフォームには、そうした人たちにも機器を利用してもらうために活躍する“技術営業マン”が全国に配置されている。東北・関東・甲信越地域を担当する戸田秀夫産学官連携推進マネージャーに日々の活動を聞いた。

「より多くの人に利用していただくには、まずプラットフォームの存在を知ってもらわなくてはなりません。いろいろな機会をとらえて制度と技術を紹介しています。町工場の多い東京・大田区での展示会では、微細加工プラットフォームのコーディ

産学官連携マネージャーの役割

地域・地場産業に関連した利用拡大に重要な役割を果たしている。大学の研究室や地域の中小企業を訪問し、潜在的なユーザーを発掘するほか、JST新技術説明会での支援内容や利用成果の紹介、各実施機関とユーザーとの間の縁組みや、有望な課題の発掘、将来を担う若手研究者育成のための試行的利用の募集、実施機関との橋渡しなどを行う。(図は事業HPを参考に作成)



ネーターと連携し、卓上サイズの電子顕微鏡を持ち込んで、出展企業が展示しているサンプルをその場で観察してもらいました」。

ナノの世界が初めてでも、相手は試料を熟知している。画像を見るとさまざまな気付きがあるようで、継続的な利用にも結びついた。企業の報告会などで宣伝の時間をもらったり、体験し実感してもらうセミナーを開いたりもする。何かの機会に企業担当者と顔合わせができれば、気軽に技術相談に応じる。特定の研究室に相談するのは違い、全国の多様な設備を紹介できるのが強みだ。地元企

業から相談を受けた研究者を支援することもある。

新たなキャリアパスも創出する

プラットフォームには、さまざまな依頼が持ち込まれる。文化財の修復のため、電子顕微鏡で観察したい研究者もあれば、研究結果を裏付けるためのデータ測定を依頼されることもある。

「難しい依頼を解決できるかどうかは、各実施機関で対応する高度専門技術者の腕次第と言ってもいいでしょうね」。数多く利用してもらうには、設備の充実

研究室の立ち上げ時から活用

東京大学で、1本のカーボンナノチューブを用いた光デバイスの研究開発に取り組んでいる加藤雄一郎准教授は、慶應義塾大学理工学部を卒業後、アメリカの大学で研究活動に取り組んできた。

2005年にカルフォルニア大学サンタバーバラ校で博士号を取得し、ポスドクとして所属したスタンフォード大学では、現在の研究に通じるカーボンナノチューブの研究に取り組んだ。東京大学が優れた若手研究者を登用するために実施した「スーパー准教授任用プログラム」に採択され、2007年に帰国。まったくゼロから自分の研究室を立ち上げなければならない時に、ナノテクノロジープラットフォームの前身であるナノテクノロジーネットワークを利用できた。

「私の研究では微細加工技術が不可欠です。例えば、細かな回路を作る電子線描画装置が必要ですが、購入しようとするだけで億単位の資金が求められます。若手研究者の限られた予算では不可能です。この制度には研究室の立ち上げ当初からお世話になっています」と加藤さんは当時を振り返る。

東京大学ほどの研究機関になれば、加藤さんの研究に必要な設備は整っている。しかし、運営を担当する学科や研究室ごとにルールがあるために使い勝手が悪く、誰にでも広く門戸が開かれている

加藤 雄一郎

かとう・ゆういちろう

東京大学大学院
工学系研究科准教授



ナノテクノロジープラットフォームを利用した方が良かったという。

加藤さんはアメリカで在籍した両大学で、ナノテクノロジープラットフォームの手本となったアメリカの国家ナノテクノロジーインフラネットワーク (NNIN) を介して微細加工装置を利用していたこともあって、東京大学に移って共用設備の利用を考えたのはごく自然な流れだったようだ。

「自前で微細加工装置を用意できたとしても、研究室内で常にきちんとしたメンテナンスをするのはなかなか難しい。その点、この制度であれば、専従の技術者がいるので、装置のメンテナンスはもちろんのこと、装置を初めて利用する学生にも講習をしてくれます。とても助かっています」。

これからもこのプラットフォームが、加藤さんらの研究の大きな力になるに違いない。



集束イオンビーム加工観察装置操作の様子
ガリウムイオンビームを数ナノメートル～数マイクロメートル径に集束させ、任意の場所を走査することで表面状態の観察や高精度の表面加工をする。左は試料の準備をしているところ、右は試料を装置の前室（真空を高く保てるよう、本体の扉にかぶせる部屋）に据える様子。ほこり1つ混入しないよう細心の注意を払う。



とともに、豊富な知識と経験をもつ技術者が欠かせない。

優れた技術者の存在は利用活性化の原動力になっている。例えば、電子顕微鏡では試料のつくり具合が画像の質を左右するだけに、リピーターの中には腕のいい特定の技術者を指名してくるケースもあるという。技術者にもこの上ないやりがいがある。

さまざまな依頼を解決していくことで、技術者のスキルは飛躍的に高まる。研究設備のわずかなクセにも精通して、難しい依頼もこなす「職人」ともなれば、職業的な価値も高くなる。未開地を自ら探究する「研究者」とは異なる、新たなキャリアパスが生まれつつある。



企業から 匠の技を生かす技術者に

産業技術総合研究所ナノエレクトロニクス研究部門に所属する飯竹昌則さんも、そうした技術者の1人だ。現在、集束イオンビーム装置（FIB）を使って、プラットフォームを通じて依頼された微細な試料の観察や加工を担当している。

「もともと、外資系の企業で主にイオンビームを利用して集積回路の故障原因を探る業務だったのですが、企業の日本撤退を機に、プラットフォームの前々身の制度で高度専門技術者になりました」。それから足かけ11年間、さまざまな依頼を受けて、微細材料の加工や観察に取り組んできた。

紙からダイヤモンドまで 最適な条件で操作する

かつての職場で扱う材料はもっぱらシリコンや金属であったが、ここに持ち込

まれる試料は実に多種多様。光沢紙の表面の観察が依頼されたかと思うと、硬いダイヤモンド基板上に絶縁体の薄膜をつくるよう求められることもある。材料が違えば、当然扱い方も違ってくる。

「FIBはガリウムイオンのビーム（電荷の流れ）を直径数ナノメートルほどの範囲に集束することで、試料の観察や加工ができる装置です。試料にガリウムイオンが当たると、試料から電子（二次電子）が飛び出します。それを観測することで、試料の構造を観察することができます。ビームを強めてイオンを増やすと、表面の原子をはじき飛ばして試料を削ったり、イオンビームと反応するガス状の材料を試料表面に張り付けたりすることができます。

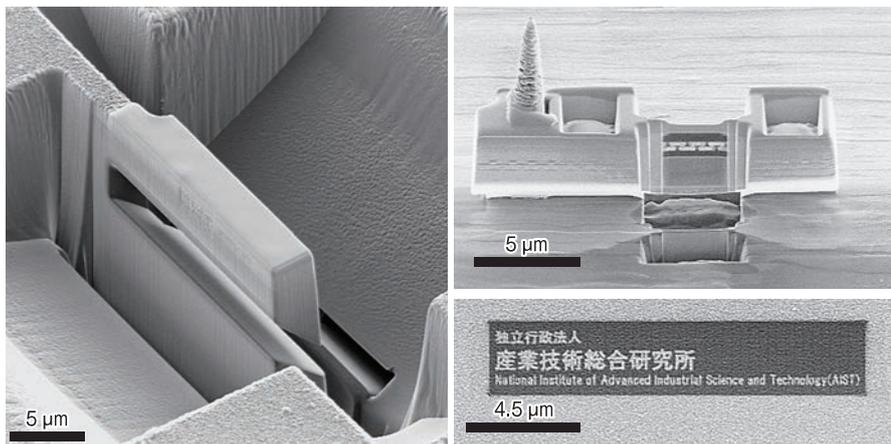
扱う材料がシリコンだけなら、決まったイオンの量で観察や加工ができますが、紙のように柔らかい材料を加工する場合、シリコンを観察していた量でサンプルを壊しかねません。材料に合わせて最適なイオンの量を見つける必要があるのです。

経験のない材料が持ち込まれると、過去の文献から観察や加工に最適なイオンの量を調べる。予備の試料を預かれれば、さまざまなイオンの量で試してから、本番の観察や加工を行ってきた。

飯竹 昌則 いいたけ・まさのり

産業技術総合研究所ナノエレクトロニクス研究部門
エマージングデバイスグループ
ナノプロセス施設ナノプロセスエンジニア

1987年、(株)日本セミコンダクター入社。その後、(株)LSIロジックジャパンセミコンダクターにおいて、故障解析業務等に従事。2003年より、産業技術総合研究所に勤務。イオンビーム技術、電気特性評価技術を用いた研究支援業務に従事。



集束イオンビーム (FIB) での加工例

イオンビームを照射すると、試料表面の原子などがはじき出されるスパッタリング現象を利用して試料を削れる。化合物ガスを試料表面に吹き付け、ビーム照射でできる薄膜を重ねて構造物もつくれる。左は切削加工の例。右上は飯竹さんが講師を務める研修での作品。右下のような表面加工は1時間程度でできるといふ。

「何でも相談してほしい」 一緒により良い結果を模索

「持ち込まれた試料に最も適した条件で操作するために、ユーザーとはなるべく細かく打ち合わせをします」と飯竹さんは語る。

「プラットフォームの共通のルールはありませんが、可能ならば実際にお会いして要望を聞くようにしています。私が装置のことを熟知していても、持ち込まれる試料について詳しくないのと同じように、ユーザーは研究対象の試料のこ

とは熟知していても、イオンビームについてはあまり知らないケースも少なくありません。難しい依頼をされた場合は特に、実際に会って話さないことには、喜んでいただく結果を得ることはなかなか難しいのです」。

なかには、茨城県つくば市にある産業技術総合研究所に向かうことが難しいユーザーもいる。その場合でも、電話やメールで直接コミュニケーションすることで、できる限り材料の性質に合った条件での観察、加工を目指すとともに、ユーザーに装置について理解してもらっている。

ナノテク総合展に出展します

最新の研究開発成果が一堂に会する「nanotech 2015 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議」が、1月28日から30日まで東京・お台場の東京ビッグサイト（東京国際展示場）で開催されます。詳細はHP (<http://www.nanotechexpo.jp/>) をご覧ください。

・ナノテクノロジープラットフォーム

同会場で1月30日に第13回ナノテクノロジー総合シンポジウムを開催します。プラットフォームで生まれた優秀な成果の紹介のほか、海外や産業界の最新の研究開発動向をご紹介します。

・JSTブース

最先端の研究成果をパネルや実物で展示、研究者本人による発表（各15分）もあります。

	1月28日	1月29日	1月30日
13:30		藤正督 (ALCA)	梁谷隆夫 (ERATO)
14:00	白幡直人 (さきがけ)	辻井敬巨 (CREST)	中村芳明 (さきがけ)
14:30	山田陽一 (ACT-C)	由井宏治 (先端計測)	本間敬之 (先端計測)
15:00	早川晃鏡 (さきがけ)	藤岡洋 (CREST)	

(敬称略、カッコ内は事業略称)

事前の面談だけでなく、ユーザーもクリーンルームに入り、飯竹さんが操作している横で見学してもらいながら、より良い結果を一緒に模索しているという。

「研究者でもありたいと思っていますが、それ以上に機器のスペシャリスト、職人のような存在だとも考えています。ユーザーの皆さんには何でも気軽に相談してもらいたい」と呼びかける。

技術的な課題をすぐに相談できるのが心強い

携帯電話やICレコーダーなどで広く普及している「エレクトレットコンデンサーマイクロホン」の心臓部は、可動電極（振動板）と固定電極でできており、音を受けて振動板が震えることによって電極間に生じる電圧の変化を信号として取り出している。振動板と固定電極の隙間の精度が品質の差になって表れるが、従来からある型押し加工技術ではマイクロメートルの精度で隙間をつくることは難しい。小型化も限界があると考えられていた。

音響技術を基盤に補聴器や騒音計などを開発、製造、販売してきたリオン社は、電子回路と極小機械を同居させる微細加工技術 (MEMS) を応用して、より小型なマイクロホンの開発を目指そうと考えた。同社開発部聴能センサ開発課の伊藤平さんは開発当初をこう振り返る。

「自社には必要な設備がなく、試作品をつくることができなかつたため、MEMSの試作品製造を請け負ってくれる会社に外注していました。しかし、試作品に問題があって改良したいと思っても、その都度、外注先に依頼して、できるかどうかを検討してもらわなければならず、どうしても時間がかかっていました。MEMSの研究で有名な東北大学の江刺正喜教授に相談したところ、ナノテクノロジープラットフォームを紹介され、東北大学の微細加工プラットフォームで、高度専門技

伊藤 平

いとう・たいら

リオン株式会社
開発部聴能センサ開発課



術者の指導を受け、自分たちで研究に取り組むことになりました」。

より高精度に微細加工ができるようになったが、MEMSマイクを実現するには、膜厚数マイクロメートル程度の振動膜をつくらなければならない。厚みのコントロールが困難を極めたという。膜厚が乱れてはマイクの品質に影響する。

「何か技術的な課題があると、すぐにプラットフォーム内の先生方や技術者の方々に相談できるのが心強い。経験が一切なかつたところから、MEMSを応用したマイクロホンチップの試作ができたのは、プラットフォームのおかげです」。

現在、実用化を目指して、さらなる改良を続けている。近い将来、ナノテクノロジープラットフォームの支援によって開発されたマイクロホンチップが世に出され、音響技術に新たなイノベーションをもたらすに違いない。