

NIMS now No. 6

NATIONAL INSTITUTE FOR MATERIALS SCIENCE



NIMS発

ベンチャーの

挑戦

この材料で世界を拓く

NIMS発 ベンチャーの 挑戦 この材料で世界を拓く

日々、研究現場で生まれゆく新材料や新技術。
世の中をがらりと変える力を秘めた、イノベーションの種だ。

しかし、種を種のまま終わらせては意味がない。重要なのは、これを育み花開かせること。
そのための手段としていま注目を集めているのが、研究者によるベンチャーの起業だ。

言うまでもなく、材料や技術の最大の理解者は生みだした研究者自身。
だからこそ、成果を最大限に、そしていち早く社会に還元する上で強力な一手となり得る。
一方で、ベンチャーにおいて必ず直面するのが基礎研究と実用化とを隔てるギャップだ。

品質の担保や実装して初めて浮き彫りになる技術的な課題、
製造設備や資金の調達に加え、研究と事業との両立という研究者ならではの課題もある。

これらを克服しながら势力的に邁進するNIMS発ベンチャー3社がある。
そこには三者三様の戦略と、NIMSの独自制度*によるサポートの存在があった。
社会実装に向けた挑戦、そして群雄割拠のビジネス界におけるベンチャー成功の条件とは――。

*NIMS認定ベンチャー企業制度

2003年に創設したベンチャー支援制度。起業から5年にわたりNIMS内の装置利用や事務所設置にかかる費用を優遇するなど、経営が軌道に乗るまでの期間を集中的にサポートしている。この制度のもと設立されたベンチャーは計15社(2020年11月現在)。

NIMS OB SPECIAL INTERVIEW

「いないと困る」をつくりだせ 創業20年、“唯一無二”への躍進のカギとは

山梨県北杜市にある株式会社オキサイドは、高機能な単結晶とそれを用いた製品の専門メーカーだ。
無機材質研究所(現・NIMS)から創業したベンチャーで、大手が諦めた各種光学単結晶の製品化に次々と成功してきた。
オキサイドの光学単結晶のひとつは、スマートフォンの高性能化に必要不可欠な
半導体検査装置に組み込まれており、その世界シェアは約95%。
さらに、最先端のガン検査装置に採用されているものもあり、唯一無二の存在として世界中からの引き合いが絶えない。
存続と成長が難しいと言われるベンチャー。その中であって、何がオキサイドを大躍進へと導いたのか。
成功の裏には、忍耐の時と社長の強い信念があった。

COMPANY PROFILE

Name :

株式会社オキサイド

Key Technology :

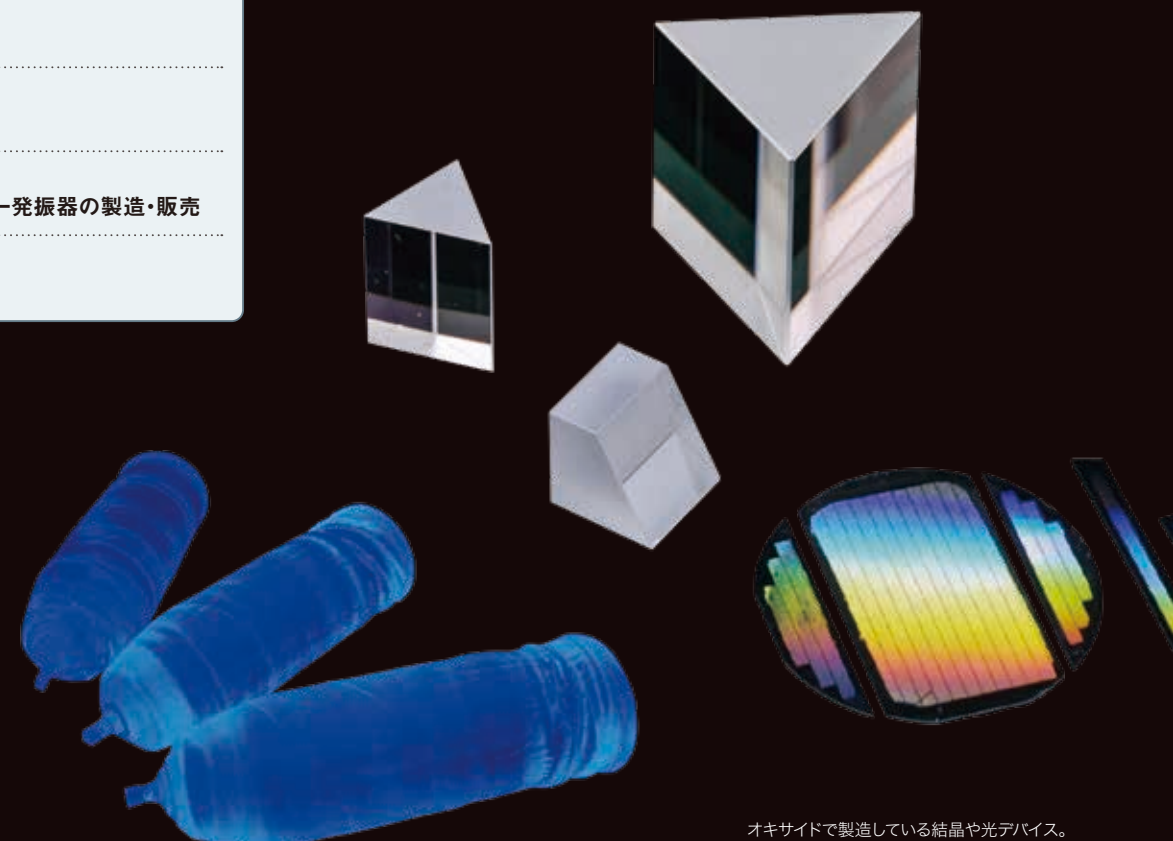
光学単結晶

Service :

光学単結晶、光学デバイス、レーザー発振器の製造・販売

Foundation Date :

2000年10月



オキサイドで製造している結晶や光デバイス。

古川保典氏

Dr. Yasunori Furukawa

株式会社オキサイド代表取締役社長。筑波大学にて博士号を取得。
1983年に日立金属株式会社へ入社。米・スタンフォード大学での研究を経て、1996年、科学技術庁無機材質研究所（現・NIMS）へ入所。2000年にオキサイドを設立すると同時に、無機材研を休職。2003年に退職し、以来、社長業に専念し現在に至る。

起業を決意するまで

「起業当時、研究所発のベンチャーは日本ではほとんどありませんでした。研究者はベンチャーなんかやるもんじゃない、という雰囲気でしたね」

社長の古川保典氏は、創業当時をそう振り返る。もともとは日立金属に勤めていた古川氏だが、無機材質研究所（現・NIMS、以下・無機材研）の木村茂行所長に「基礎研究でいい結果が出たから実用化のサポートをしてほしい」と請われて入所した。

無機材研は、単結晶の研究で世界トップレベルだったと古川氏は言う。中でも大きな成果を挙げていたのが北村健二氏（元NIMSフェロー）のグループで、「二重るつば法」という独自の結晶育成技術によって光学単結晶の高純度化・高品質化に成功していた。

「結晶は、普通のつくり方をすると欠陥が多くできてしまいます。光学材料として使うにはナノメートルオーダーの精度が要求されますから、相当シビアです。その点、北村さんの二重るつば法では、他の技術をしのぎ100分の1以下まで欠陥率を低減できた。

これを使って作製した『定比組成LN/LT』と呼ばれる単結晶は、優れた光学特性を示すことから実用化の機運が高まっていました。それで当時、民間企業で単結晶の製品化に関する出口寄りの仕事をしていた私に声がかかり、北村さんのグループに入ったのです」

当時、光学単結晶の応用が期待されていた市場は3つある。ブルーレイディスク、プログラムメモリ、光通信だ。これらの製品化を狙う民間企業から無機材研へオファーが相次ぎ、古川氏らはライセンスビジネスを展開し始めた。企業5社とライセンス契約を結び、定比組成LN/LT単結晶の育成技術を供与していたのだ。

しかし、1年以上経っても、一向に製品化の目途は立たない。材料は“なまもの”。早く実用化しなければ他の競合技術の出現によってマーケットが無くなってしまう可能性がある。もどかしい思いが日に日に募り、古川氏はついに自ら起業することを決意する。「この技術供与がうまくいっていたら、私は今NIMSにいたでしょう。無機材研に入所して国家公務員になったことで、安定していると妻は喜んでいました（笑）。それがベ

ンチャー立ち上げですから、家族の理解を得るのはなかなか大変でした」

家族の説得に功を奏したのが、折しも国で制定された国家公務員の休職制度だった。これを活用すれば、無機材研に籍を置いたまま最大3年間休職して事業に挑戦できる。古川氏は制度利用者第一号として2000年10月、山梨のベンチャー企業の出資を得て「オキサイド」を創業。事業に打ちこんでいく。

思いがけず立ちはだかった壁

2001年、無機材研は金属材料技術研究所とともにNIMSへと改組される。NIMSの支援は手厚かった。直接的な資金援助というよりも、展示会への出展のサポートなど、まだベンチャー支援の仕組みもない中、各部署が工夫して有形無形の支援を積極的に行ってくれたという。

一方、古川氏は二重るつば法の高度化に取り組んだ。2001年、ついに「スーパーLN/LT」という名で、定比組成LN/LT単結晶の製品化を果たす。そして2003年には東芝セラミックスと資本・事業提携を結

び、NIMSを退職。事業に専念することになる。

しかし、順調に出航したように見えたオキサイドも、創業当初はなかなか思うようにビジネスを展開できなかったという。ひとつは人材。採用には非常に苦労したという。次に、資金。結晶をつくる装置は高価で、資金調達は容易ではなかった。さらに、ようやく生産の基盤が整ったものの、スーパーLN/LT単結晶を安定して製造するには相当な努力が必要だった。

「ユーザーは、ある程度の大きさのウエハーが欲しい。でも、それがうまくいかない。基礎研究では、多少の割れがあっても割れていない部分からデータをとるので、全体として欠陥のないウエハーをつくる必要がそれほどありませんでした。以前は、どうして企業ではうまくつけれないんだろうと不思議だったのが、自分でやってみて難しさが身に沁みました。結晶ひとつ成長させるのに、数週間かかる。10回トライして1回なんとか使えそうなものができる、という感じで苦しい時期が続きました」

安定して製造できないのだから、出荷もままならない。そのうち、光学単結晶の実用用途と見込まれていた3つ、ブルーレイもメモリも光通信も、競合技術の出現でマーケットが無くなってしまった。さらに追い討ちをかけるように、2005年、同じくベンチャーであった親会社の経営が傾き、資本関係を解消されてしまった。

「親会社の敷地内に本社がありましたから、そこを出ていかないといけなくなりました。ようやく築50年以上の古い廃工場を見つけて移転することができましたが、建物改修の資金もないから、床や壁も自分たちで塗りました。『単結晶がダメでもペンキ屋になれるな』なんて冗談を言いながらね」

窮地を救ったのは技術だった

そうした状況のオキサイドを救ったのは、無機材研時代に培った技術だった。

「ちょうどそのころ、NTTから委託開発の依頼が来ました。『KTN』と言うIBMが開発した結晶で、性能は素晴らしいのですが、わ

ずか小指の先くらいのサイズでした。実用には手のひらサイズくらいが必要でしたが、誰も大型化できていなかった。そこで、オキサイドではどうか、と声がかかったんです」

他社には真似できない二重るつば法を使えば、作製できるかもしれない――。最後の賭けという思いで、何度も試作を繰り返していった。

「試行錯誤すること4年、ついに狙った通りの大きさのものができたのです。KTN結晶をつくるのに最適な条件を探り、製造方法の改良を重ねていった成果です。こうした経験を経て、創業当初、結晶製造全体の歩留り率は10%程度だったのが、今や98%に達しています。どん底から救ってくれたのは、やっぱり技術だったなあ、と思いますね」

実は、NTTはオキサイド以外の大手企業にも作製を依頼していたが、いずれもつくことはできなかったという。そうして2007年、NTTと資本提携を結ぶこととなる。10万人の社員を抱えるNTTに対して、当時オキサイドの社員はわずか10人。大手企業とまだ名も知られていない一企業との、異例の提携だった。

快進撃は続く。2007年には、大阪大学が開発したCLBO単結晶（紫外線レーザー材料）の大型化と高品質化にも成功。ニコンと米国半導体大手企業がオキサイドへの資本参加を申し出てきた。これでようやく経営が軌道に乗ってきた。

「ベンチャーの勝ちパターンは、『自分たち

がいないと困る』という状況をつくり出すこと。その大切さを確信しましたね」

技術を磨けば必ず実用化に通じる

その後、オキサイドの業績が順調に伸びていく一方で、日本の大手企業は単結晶やそれを使った製品の自社開発から手を引いていった。その各社にいた一流の技術者が、研究環境を求めてオキサイドに集結。大手が諦めた光デバイスやレーザー機器の製品開発を成し遂げ、事業をさらに拡大していった。現在は社員160人、売上高は累計で200億円になる。海外からの引き合いも多く、売り上げの海外比率は75%に及ぶ。

これまでの軌跡を振り返り、古川氏は言う。「僕が思うに、大学の先生はアイデアマンが多くて、研究テーマをトレンドに沿って柔軟に変えていくのが上手です。一方NIMSには、ひとつの材料やテーマを自分の手で深堀りしていく風土がある。なので、技術のレベルは非常に高いのです。その技術を磨いていけば必ず実用化に通じます。だから、いい研究成果が出たらどうやって実用化までもっていくかという戦略を常に意識することが重要です。私がかここでやってこられたのも、やはり出口を見据えた上で、無機材研で培ってきた技術を信じるという信念があったからだと思います」（文・小森岳史）



2020年10月、世界的経済誌の日本版『Forbes JAPAN』が主催するイベント「SMALL GIANTS AWARD 2021」の関東・中部ブロックに出場。選考条件は“創業10年以上・売上高100億円未満ながらも人々のライフスタイルを大きく変えた企業”。オキサイドは見事、ブロック優勝を飾った。古川氏は左から4番目。（写真提供：Forbes JAPAN）

トマトの収穫量も向上?! 見えない水滴まで検知するセンサの 潜在ニーズに応える

COMPANY PROFILE

Name :
合同会社アキューゼ

Key Technology :
モイスチャーセンサ

Service :
計測モジュールのレンタル・販売、データ解析サービス ほか

Foundation Date :
2017年11月

川喜多 仁

Jin Kawakita
機能性材料研究拠点 電気・電子機能分野
電気化学センサグループ
グループリーダー

肉眼では見えない水滴も 瞬時に検出

カビやダニの増殖、金属の腐食などの原因になる湿気や結露。その水分量を計る機器としては、湿度計や結露検出器があるが、市販の湿度計は湿度 100% 近くになると信頼性が低下するほか、結露検出器では直径約 100 マイクロメートル (μm) 以上の結露しか検知できない。それに対し、直径 0.5 μm の水滴でも検知できるのが「モイスチャーセンサ」だ。肉眼で見ることができない水滴の大きさは直径 10 μm 以上であるのに対し、モイスチャーセンサなら、肉眼で見ることができない水滴ですら検知できる。

また、従来の湿度計や結露検出器に比べて非常に小型で、応答速度が高い。従来の湿度計の場合、応答するまでに数秒以上かかるが、モイスチャーセンサであればわずか 0.02 秒で応答する。

必然だった 「アキューゼ」の創設

川喜多がモイスチャーセンサを開発したのは、2015 年のことだ。その後、検知した電気信号をデジタル信号に変換してコンピュータに送信できる機能までパッケージした計測モジュールと、計測結果を表示するソフトウェアも開発した。

これらの実用化を図るべく、当初、企業へ共同研究を呼びかけた。すると、共同研究を申し出る企業はなかなか現れない一方で、「計れるかどうかを試してみたいので、計測モジュールを貸してほしい」といった問い合わせが相次いだのだ。

「最初のうちは秘密保持契約を結んで貸し出していたのですが、研究用途のものを大量に貸し出すのは困難です。それに、

ユーザーとしては NIMS と一緒に試行錯誤しながらセンサをつくり上げていくことよりも、目の前にあるセンサが自分たちの事業の中でどう使えるか、ということに興味があるわけです。そこで、こちらからもメーカー数社に共同研究を持ちかけてみたのですが、『何に使えるか分からないものや、市場規模が見込めないものは開発できません。(技術的に) つくることはできますが、つくられません』ときっぱりと断られてしまいました」

その一方で、計測モジュールを貸してほしいという企業は増えていった。

「このセンサを世に送り出すには、実用化の目途が立つまでの受け皿を自ら用意しなければならない、と痛感しました。それに最適だったのが『NIMS 認定ベンチャー企業制度』による起業だった、というわけです」

研究と応用開発の良い循環

2017 年 11 月に、川喜多は「アキューゼ」を創設。計測モジュールのレンタル・販売を主体に、希望があればセンサチップ単体も提供している。また、計って得られた電気信号を解析するサービスも行っている。

「ベンチャー設立によって、社会のニーズがより具体的に増えてくると同時に、“研究”と“応用開発”の良い循環も生まれています。NIMS の職員とアキューゼの社員、二つの立場を活かしてスピーディな課題解決を実現しているのです」と川喜多。

その好例が、2018 年度にスタートした、内閣府主導の官民研究開発投資拡大プログラム (PRISM) における取り組みだ。アキューゼは、NIMS や愛媛大学、農業・食品産業技術総合研究機構 (農研機構)、民間の農業事業者と共に、農業用ハウスでつくられる作物の病害防止に向け、モイスチャーセンサの活用方法を探っている。



ひとつの農業用ハウス内でも位置によって環境条件は異なるため、モイスチャーセンサを複数設置していく。農研機構とは現在、モイスチャーセンサの検知結果に応じ、自動で結露を解消するアクチュエータの共同開発を推進中だ。
右は川喜多グループリーダー、左は農研機構の太田智彦ユニット長（農業技術革新工学センター 高度施設型作業ユニット）。

農業用ハウスで生産する作物の代表はトマトだが、毎年生産量の約10%が、結露が原因とされる病害により廃棄処分されている。中でも代表的な病害は「うどん粉病」や「灰色カビ病」である。葉の表面にカビが生えて、白い粉をふいてしまうのだ。いずれも葉に水がついた状態が続くと発病することが分かっている。結露の対策としては、主に暖房をつけて湿度を下けているが、完全に防ぐことはできていない。また、暖房費も農家にとって大きな負担になっている。

そこで、モイスチャーセンサを使って、早い段階で結露の発生を検知することによって結露由来の病害の発生を未然に予知できないか、と期待され、NIMSとアキューゼが参画することになった。
「農業用ハウスにモイスチャーセンサを設

置してみたところ、さまざまな課題に直面しました。たとえば、散布する農薬が内部に入りこんでセンサが壊れてしまわないように保護フィルターを仕込む必要がある一方で、空気の流入は妨げないようフィルター形状には試行錯誤が必要でした。また、センサ以外の電子回路が結露しないようするなど、細かな課題がいくつも持ち上がってきたのです。それらを改善するための試作は、実用化に向けて必須ではあるものの、“研究”とは呼べません。その部分を、アキューゼが請け負っています。つまり、センサチップの性能に関わる研究課題についてはNIMSの職員として進め、モジュール開発についてはアキューゼの社員として進める。こうしたスピーディな良い循環が生まれているのです」

農業用ハウスで病害を予測！

結露由来の病害発生の予知では、実際に成果も上がっている。

「PRISMのプロジェクトでは、既存の温度センサや湿度センサなどと一緒に、モイスチャーセンサを農業用ハウスに設置。検知したそれぞれのデータを比較しました」

ある日、センサの設置を委託している農家から、「午前中にうどん粉病が発生した」という報告を受けた。そこで、時間を遡ってデータを確認したところ、既存の温度センサや湿度センサは結露やうどん粉病の発生を捉えられなかったのに対し、モイスチャーセンサは、うどん粉病が発生する前の晩から、湿度の上昇を明確にとらえていたのだ。

「今後もデータ数を増やしていく必要はあ

りますが、モイスチャーセンサなら病害の発生につながる僅かな結露の発生を事前に検知できる可能性があることがわかりました」

さらにアキューゼでは、農業用ハウスに設置したモイスチャーセンサが検知したデータを遠隔地から、24時間、365日リアルタイムに確認できるウェブシステムも共同開発。結露の程度を赤（多い）、黄（少ない）、緑（無い）の三色でパソコンやスマホの画面上にいつでも簡単に表示できるようにした。次の段階では、病害発生の危険度で色分けすることを目指している。

「今後も、愛媛大学や農研機構と共同で実験を続け、結露由来の病害発生を高精度で予知できるようにしたいと考えています。また、農研機構とは、モイスチャーセンサの検知結果に応じて自動で結露を解消するアクチュエータの開発を共同で進めているところです」

ニーズを開拓し 目的達成型の研究を

ベンチャーを設立したメリットについて、「ニーズの開拓とスピーディさ」だと川喜多は繰り返す。

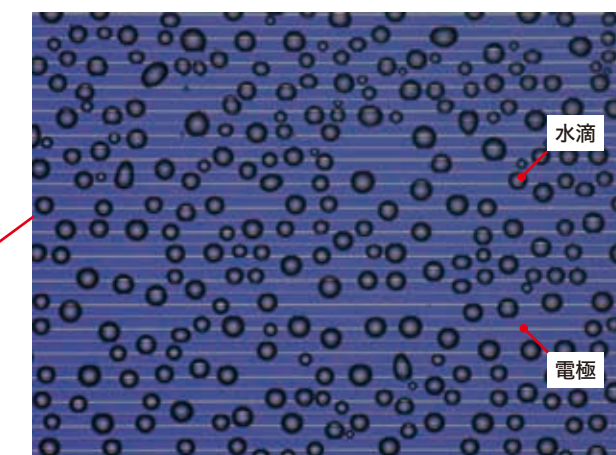
「アキューゼを窓口に企業とやりとりをする中で、研究開発要素が含まれる相談を受けることもあります。その場合、NIMSと共同研究契約を結んでもらい、今度は私自身がNIMSの職員として開発を進める体制ができています。これは、効率面で大きなメリットです。企業からすれば、他社に頼む時間や手間がかからない分、結果的に研究開発に使う時間もコストも少なくて済むのではないのでしょうか。NIMSにとっても、社会のニーズに基づく目的達成型の研究ができるという点で、大きな意義があるのです」

アキューゼの運営においては、NIMSか

らのサポートも大きな助けになっている、と川喜多は言う。

「たとえば、NIMS内で外部企業との連携の窓口を務める部門にモイスチャーセンサに関する問い合わせが入ったとき、ベンチャーとして受けるべき案件か、研究者個人として受けるべき案件かを判断して適切に振り分けてくれるなど、細やかな支援を受けています。そのおかげもあって、アキューゼはすでにたくさんの企業との連携が始まっています。モイスチャーセンサには農業のほか、美容分野や、介護や医療の現場でも活用の可能性あると思っていますから、ベンチャーを成長させると共に、早期の実用化へと結びつけていきたいですね」

（文・山田久美）



モイスチャーセンサの計測モジュール。
一辺5mmのシリコン半導体の上に2種類の電極が交互に50本ずつ並ぶ。2種類の電極をまたぐように水滴が付着すると、流れる電流の大きさにより、付着した水滴の量が分かるという仕組みだ。

唐 捷

Jie Tang

エネルギー・環境材料研究拠点
先進低次元ナノ材料グループ
グループリーダー

量産化プロセス確立に向けて導入した「ロールツーロール成膜装置」。電極材料として独自に合成した「グラフェン/カーボンナノチューブ (CNT) 複合材料」を流し入れると、アルミフィルムの上に薄く塗布されていく (右下写真)。

安全・急速充電・ハイパワー！ 蓄電デバイスの真価を 小ロットから届けたい

COMPANY PROFILE

Name :

株式会社マテリアルイノベーションつくば

Key Technology :

グラフェンスーパーキャパシタ

Service :

キャパシタの開発・製造・販売、コンサルティング ほか

Foundation Date :

2017年11月

電気を無駄なくためて賢く使う！ グラフェンスーパーキャパシタ

充電時間が短くて済み、ためた電気をハイパワーかつ高速に取りだすことができる蓄電デバイス「キャパシタ」。劣化しにくく長寿命、発火の危険がないといった数多くの長所を持つ。その反面、エネルギー密度の低さが普及の妨げとなってきた。

「既存のキャパシタの電極材料には活性炭が使われています。これを、グラフェンに置き換えることでエネルギー密度の向上が実現できるのではないかと考え、2008年に研究開発に着手したのが『グラフェンスーパーキャパシタ』です」

こう語るのは、2017年11月にNIMS認定ベンチャー「マテリアルイノベーションつくば」

を創業した唐捷だ。既存のキャパシタと比べて数倍ものエネルギー密度を持つグラフェンスーパーキャパシタを開発し、製造・販売事業を展開している。

その応用先として期待されているもののひとつに、身体に装着するセンサがある。

「人の位置情報や心拍数、感情などを常時センシングし、安全確保や健康状態の管理などを図るIoH (Internet of Human) には、ウェアラブルなセンサが不可欠です。その電源として、安全性が高いグラフェンスーパーキャパシタの優位性は高いと考えています。さらに長期的な目標は、電気自動車への搭載です。電気自動車にはブレーキをかけるときに慣性運動を電気に変える『回生ブレーキ』という機構が備わっていますが、そのエネルギーをグラフェンスーパーキャパシタにためることで、リチウムイオン電池単独よりも航続距離を10%も増やすことができます」

時には主力の電源に、時にはリチウムイオン電池の優れたサポート役に――その前途には、活躍の道が大きく拓かれている。

独自技術で グラフェンの欠点を克服

グラフェンは炭素原子同士が六角形の格子状に結合した2次元の単層シートで、厚さは原子1個分だ。活性炭よりも、比表面積 (単位質量当たりの表面積) が大きい分、ためられる電荷量も多い。また、導電性が非常に高く、“すぐためて、すぐハイパワー”というキャパシタの実力を発揮するのに最適な材料でもある。

しかし、活性炭に代わる電極材料として有望視されながらも、グラフェンには実用化の障壁となる欠点があった。極薄であるがゆえに癒着しやすく、思うようにエネルギー密度を上げることができなかったのだ。

この課題克服に向け、2011年から

JSTの事業「先端的低炭素化技術開発 (ALCA)」の支援を獲得。同時に、複数の企業との共同研究にも取り組んでいった。そうした中で唐は、ある画期的な構造を見いだした。グラフェンとグラフェンの間にカーボンナノチューブ (CNT) を挟むことによって、癒着の回避に成功したのだ (p12 図)。CNTは、グラフェンと同様、非常に電気伝導度が高い。その上、グラフェン同士に一定の距離を保たせる役割に加え、パラバラにならないようつなぎとめる役割も果たしていることが明らかになった。

加えて、唐はさらなる工夫を施した。グラフェンの表面に極小の孔 (ナノポア) を形成させ、電解液を吸着・浸透させることで、従来のキャパシタと比べてエネルギー密度を数倍向上させることに成功。ついにニッケル水素電池と同程度のエネルギー密度を達成し、実用化を検討できる段階まで進むことができた。

「グラフェンとCNTの複合材料を電極材料に用いたシート状の蓄電デバイスを完成させたのは、2016年のことです (p12 写真)。この量産化を目指して、2016年からALCA事業の実用技術化プロジェクトにコマを進め、新たに約2年半にわたる企業を交えた研究開発を開始しました」

一方で、唐がマテリアルイノベーションつ





「ラミネート型」と呼ばれるシート状のグラフェンスーパーキャパシタ。成膜装置で作製した電極材料を同じ形に2枚切りだし、電解液と共にアルミバックに封入した。

くばの起業に踏み切ったのはこの共同研究のさなか、2017年のことだった。では、企業と共同開発を進める唐がベンチャー立ち上げを決意したのはなぜなのだろうか。

性能を最大限発揮できる製品を自らの手で

「とにかく、グラフェンスーパーキャパシタを早く世に出したいという思いに尽きます。だから私は実用化の方策について企業と共に模索を続けるかたわら、自ら製品を試作して小ロットから販売していこうと起業に踏み切ったのです」

同社の強みとして唐は、材料開発からデバイス開発まで、すべての製造技術を持っていることを挙げる。

「グラフェンには多くの製造方法があり、安価なものから高価なものまで千差万別です。用途に応じて、それに適したグラフェンを使う必要がありますが、デバイスメーカーはそのことを理解していないことも多く、思うような性能を出せないことが少なくありません。でも私たちは、デバイスの用途に応じた最適なグラフェンの製造方法が分かっています。実際、これまで国内外において取得してきた製造技術に関する特許は38件にも上ります。グラフェンについて知り尽くした私たち研究者が、直接お客様のニーズを伺って試作、販売するといったことは、ベンチャーを起業したからこそ実現したことです」

地元つくば市を中心に多くの支援を獲得

マテリアルイノベーションつくばは、設立1年後の2018年12月には、早くもグラフェンスーパーキャパシタの優位性が評価され、つくば市の広沢技術振興財団による支援を獲得。加えて、2019年3月からは、サイバーダイン社と筑波銀行共同による資本出資と事業支援が決まった。

「サイバーダイン社から支援を受けることになったのは、代表取締役社長を務める筑波大学の山海嘉之教授の前で、我々が進めているプロジェクトを紹介したのがきっかけ

でした。サイバーダイン社では、医療・介護用ロボットの開発・販売事業を展開していますが、ロボットスーツは身体に装着するため、高い安全性が求められます。そのための電源として、発熱せず安全性の高いグラフェンスーパーキャパシタに期待を寄せてくださったのです」

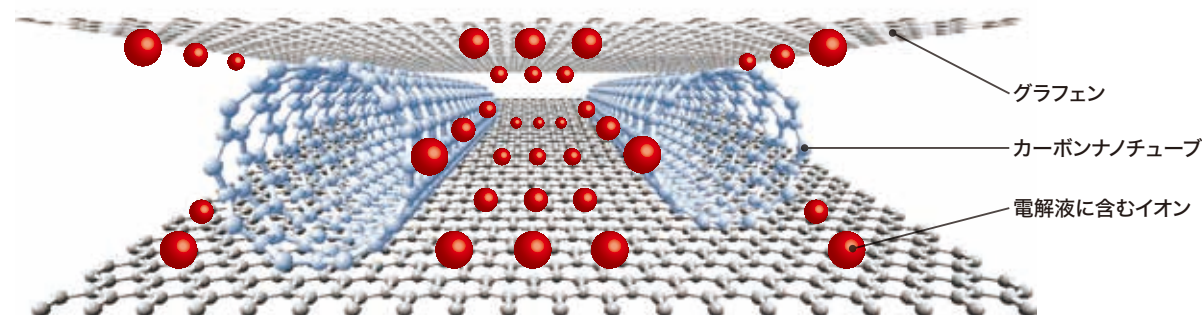
さらには、2019年に新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の事業において採択が決定。続いて2020年には、経済産業省による中小企業の取り組みを支援する事業*でも採択が決まり、量産化プロセスの確立に取り組んでいる最中だ。

こうした順調な滑り出しについて、唐はこう語る。

「私たち研究者はどうしても、量産技術や販売方法、市場開拓などに関する知識が浅く、事業を展開する上でネックになりがちです。当社には、企業でキャパシタ研究の第一人者として活躍してきた熟練の技術者をはじめ強力な人材が加わっていて、多くの助言をもらえるのは心強く感じています。資金の面では、ありがたいことに、たくさんの縁に恵まれご支援いただいておりますが、それでもまだまだ設備投資に巨額の資金はかけられません。その点、NIMSの研究環境を安価に利用できていることが大きな助けになっています。必ずNIMSに、そして地元つくばに恩返しをしたい。そんな気持ちで日々研究と事業に励んでいます」

（文・山田久美）

*経済産業省主導「戦略的基盤技術高度化支援事業（サポイン事業）」



図「グラフェン / カーボンナノチューブ(CNT)複合材料」の構造

唐はシートの癒着というグラフェン最大の欠点を、炭素原子が筒状に連なったCNTを配すことで解決した。CNTは、グラフェン同士を離すスペーサーとしての役割のほか、一定の距離を保ちながらつなぎとめる役割も担っている。さらに、グラフェンに原子数個～数十個程度の微細な孔を形成させることによって電解液の浸透を促し、高いエネルギー密度を達成した。



三成剛生

Takeo Minari

機能性材料研究拠点

ポリマー・バイオ分野

プリンテッドエレクトロニクスグループ

グループリーダー

独自の印刷技術を多くの人に――

装置やインクの開発・販売という戦略

COMPANY PROFILE

Name :

株式会社プリウェイズ

Key Technology :

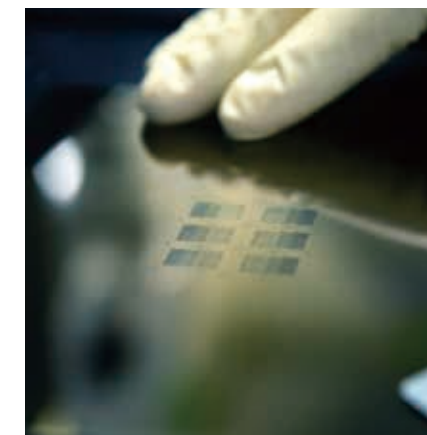
プリンテッドエレクトロニクス

Service :

電子回路の製作、印刷装置・インクの製造・販売、
材料の試作・評価 ほか

Foundation Date :

2018年4月



あらかじめ、印刷したい回路パターンをエッチングした金属板を用意。基板に回路を描くためのマスクとなる。



紫外線照射装置にフィルム状の基板と、マスクとなる金属製の版(p13右下写真)をセット。2つを重ねた上から紫外線を照射し、基板表面を部分的に親水化させる。
その後、基板にインクを塗布すると、親水性の部分にはインクが付着する一方で疎水性の部分はインクを弾き、微細なパターンが現れる。

プリントドエレクトロニクス史上 世界最細の配線をつくる

金属や半導体のインクを基板に印刷して電子回路をつくる「プリントドエレクトロニクス」。軽量で大面積かつ折り曲げ可能なプラスチック基板に配線を描くことができることから、ウェアラブルデバイスに不可欠な技術として、研究開発が盛んに行われている。中でも、独自のプリントドエレクトロニクスの手法開発に取り組む三成剛生の技術の特長は、真空環境も高温環境も不要かつ、配線を微細化できることだ。
「従来の技術で作製できる配線の幅は100 マイクロメートル (μm) 以上ですが、私の技術なら現状で0.6 μm まで細くすることが可能です。この幅はプリントドエレ

クトロニクスにおいては世界最細です」
極細の配線を描く技術は反響を呼び、企業から相談や依頼が次々に舞いこむようになった。しかし、必要とするパターンは企業ごとに異なり、作製はオーダーメイド。当然、対応できる件数には限りがある。次第に、研究のかたわら対応するのが困難なほどに件数が増えていった。そんなとき、何気なく『NIMS 認定ベンチャー企業制度』に関する規約書を手に取った。
「私にはもともと、せっかく研究するなら成果を社会で役立てたい、という強い気持ちがありました。その方策として最適なのは自ら会社をつくって事業化することですが、事務所の家賃や装置の調達には、高額な資金が必要です。でも、NIMS 認定ベンチャー企業制度を利用すれば、NIMS 内

に安価で部屋を借りることができる上、実験装置なども格安な料金で使うことができると知って、これならばと思ったのです。法人税も含めて年間20万円程度で会社の運営が可能ですし、NIMSを退職する必要もないので、一度挑戦してみるか、というくらいの気持ちで制度に申請しました」

微細化を実現する 独自の表面改質技術

2018年4月、三成は「プリウエイズ」を設立した。まずはこれまでどおり、企業からの相談や依頼に応じて電子回路の試作や、材料の特性評価を行うかたわら、とりわけ力を入れているのが、オリジナルの印刷装置の開発だ。

「プリントドエレクトロニクスにおいて重要なことは、インクの特性と印刷基板の表面の特性の2つです。このうち微細化の秘訣は、印刷基板の表面の特性を制御する技術にあります。この表面特性の制御を行うことができる印刷装置や、インクを均一に塗布する成膜装置の開発を進めています。各企業が自社で簡単に電子回路を作製できるようになれば、私の独自技術をより多くの人に活用してもらえます」

では、三成が手掛ける独自技術とは、どのようなものなのでしょう。

従来のプリントドエレクトロニクスでは、基板にインクを直接塗布している。しかし、その方法では表面にインクが濡れ広がってしまうことに加え、そもそもインクを極細の幅で滴下する方法がない。それに対して三成が見いだしたのは、表面の「親水性」と「疎水性」を用いる方法だ。まず、印刷前の基板にマスクとなる版を重ね、配線を描く部分だけに紫外線を照射。疎水性の表面を部分的に親水性に変化させ、パターンを形成させる。あとは、表面にインクを塗布するだけで、微細な回路を作製できるのだ (p14 写真)。

「私が製造・販売を計画している印刷装置は、これらの工程を簡単に行うための専



現在、開発中の銅インク。インクとでき上がった配線がすぐに酸化してしまうのを防ぐため、他の金属元素を添加して酸化しにくくするなど、試作を重ねている。含まれる元素や安定剤の種類によってその見た目はカラフルだ。

用装置というわけです。今後、装置を各企業に使ってもらい、プリウエイズはコンサルティングを行う、というビジネスが築けたらと思っています。一方で、目下の課題は金属ナノインクの性能向上です。通常、金属ナノインクの材料に最も使われている金属は銀ですが、銀は断線のリスクがあり、コストが高いことがプリントドエレクトロニクス普及の妨げになっています。また、実用的な電子回路を作製するには、印刷した基板に対してさまざまな部品を実装するプロセスが要求されますが、銀ははんだによる接合がむずかしいため、エレクトロニクスの専門家にとってあまり使いたくない材料なのです」

そこでプリウエイズでは、安定性が高く接合も容易な、銅ベースのインクの開発に力を入れている (写真上)。また、版レスの印刷や、配線を自由に重ねたりつなげたりする三次元実装技術の研究開発を進めるなど、使い勝手の良い技術にするために日々追究を続けている。

社員と共にキャリアアップを

現在、プリウエイズの社員は6名。このうち、NIMSの職員は三成と重藤暁津（構造材料研究拠点 表面・接着科学グループ）の2名だ。
「重藤さんは接着・接合の専門家で、印刷した回路とその他の部材との接合性を高める研究などを担当してもらっています。自分自身が開発した技術を社員と一緒に磨き上げ、お互いにステップアップ、キャリアアップにつなげていくのが理想ですね」
さらに、ベンチャー企業を創設した感想を三成はこう語る。
「研究者が自分の会社をもつことは非常に意義があるということを、日々実感しています。プリウエイズを創設したことで出会うことのなかったような方々に数多くお会いでき、生の声を聞くことによって、研究者が陥りやすい独りよがりな考えから抜け出すことができました。今後も社会のニーズに耳を傾けながら、自分自身の技術を磨き、プリウエイズを通して社会に貢献していきたいですね」
(文・山田久美)



でき上がった微細な配線を三元顕微鏡でチェック。プリウエイズでは、カスタマーの開発した材料がプリントドエレクトロニクスに用いることができるかどうか、分析し評価する業務も行っている。

最新『熱』制御材料、集結。

あまたの成功事業を生んできた、NIMS発の新材料・新技術。

今年は『熱』制御材料を中心に、実用化間近の最先端素材が一挙公開80件!

ビジネスに革新を起こす“アツい”材料、ここにあります。

2020

11/27

金

オンライン

10:00 - 17:00

成果講演・Zoom ポスターセッション

熱電発電

IoTセンサ 一兆個時代の電源! 革新的熱電変換材料

熱計測

見えない熱を瞬時に捉える! 極薄・安価な新型熱流センサ

断熱・遮熱

エアロゲル待望の実用化! 次世代断熱素材・遮熱技術

放熱

熱伝導率を大幅向上! 常識を変えるBN放熱用充填剤

計測

ウイルス即時検出/特殊装置不要! 高感度メタ表面センサ

計測

水素社会の安全を守る! “水素脆化”原因究明技術

接合技術

工業ラインに即時組込み可! 低温/大気圧 異素材接合

参加登録受付中です!

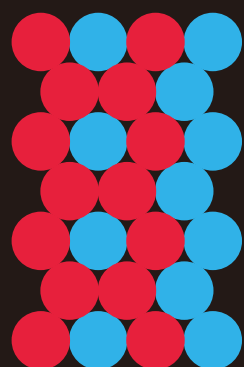

<https://www.nims.go.jp/nimsweek/>

検索 NIMS WEEK

NIMS WEEK 2020 事務局
nimsweek@nims.go.jp

このほか、AI から生体材料に至るまで、最新マテリアルが **80件!**

材料研究の最新成果発表週間



NIMS WEEK 2020

2020

11/25 - 27

水

金

要事前登録

参加無料

オンライン

11/25 最新共用設備 大公開

11/26 解剖! NIMS 大学院プログラム

11/27 AM | NIMS Award 受賞記念講演
PM | 最新成果展示会 2020

NIMS NOW vol.20 No.6 通巻185号 2020年11月発行

国立研究開発法人 物質・材料研究機構

古紙配合率70%再生紙を
使用しています植物油インキを
使用し印刷しています

〒305-0047 茨城県つくば市千現1-2-1 TEL 029-859-2026 FAX 029-859-2017 E-mail inquiry@nims.go.jp Web www.nims.go.jp

定期購読のお申し込みは、上記FAX、またはE-mailにて承っております。 禁無断転載 © 2020 All rights reserved by the National Institute for Materials Science

撮影: 石川典人 (表紙、p6-15) デザイン: Barbazio株式会社