

産
総
研

LINK

03

2018 MARCH

No.17

技術を社会へつなげるコミュニケーション・マガジン

■ BUSINESS MODEL

産総研 × TOTO株式会社 P02

常識外れの技術シーズが
産業競争力の源泉となる
ニーズと結びついた!

Jun Akedo
Yoshimitsu Saeki
Masakatsu Kiyohara

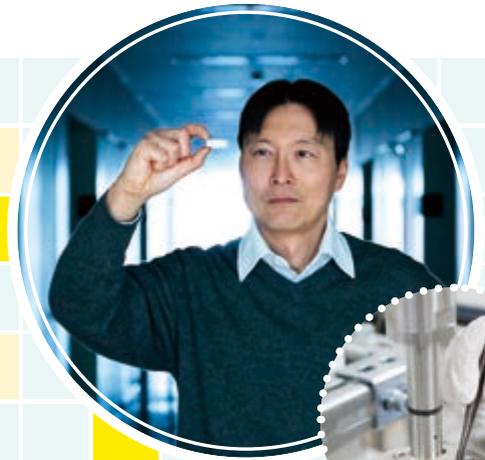


■ NEW TECHNOLOGY

新発想の接着技術 P08

布を重ねてプレスするだけ!
熱・薬品をいっさい使わず
不織布を簡単接着

Takafumi Aizawa



■ CROSS LINK

部品で組み立てる
ソフトウェア開発ツール P12

低コストで製造業のIT化を実現!

Hiroyuki Sawada
Hitoshi Tokunaga
Yoshiyuki Furukawa



常識外れの技術シーズが 産業競争力の源泉となる ニーズと結びついた!

産総研の技術が半導体チップの生産効率向上にマッチング



先進コーティング技術研究センター
センター長

明渡 純

Jun Akedo

先進コーティング技術研究センター
実用化支援チーム プロジェクトマネージャー
(元TOTOファインセラミックス株式会社・代表取締役)

佐伯 義光

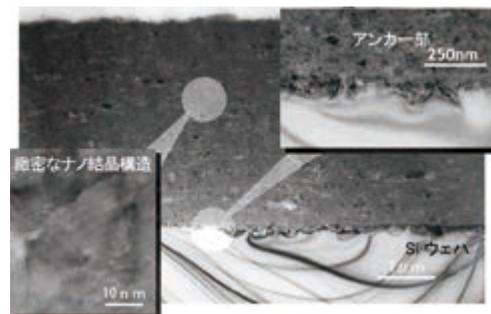
Yoshimitsu Saeki

TOTO株式会社 総合研究所 副所長
兼 素材研究部 部長
フェロー

清原 正勝

Masakatsu Kiyohara

セラミックスといえば焼き固めてつくるものだと考えられていたが、1994年に産総研が室温でセラミックス膜ができる現象を発見して以来、常識は覆った。そこから焼かずにセラミックス膜をつくる技術「エアロゾルデポジション法(AD法)」が生まれ、この技法は2011年、TOTO株式会社によって半導体製造装置のコーティング技術として実用化された。高機能なコーティング技術は半導体の生産効率を劇的に向上させ、現在、世界シェアのトップを占めるに至っている。共同研究から事業化、そしてアライアンス発足までの歩みを追った。



▲AD法によるセラミックス膜の断面写真。緻密なナノ結晶構造を形成し、基材に食い込むアンカー部があるため、高い密着力がある。



KEY POINT

産総研が開発した、焼かないで緻密なセラミックス膜をつくる技術「AD法」をTOTOがニーズを探してマッチングさせ、事業化に成功した。

セラミックスが常温で固化する 常識外の技術

明渡 最初にエアロゾルデポジション法(AD法)について簡単に紹介しておきましょう。AD法とは乾いたセラミックスの粉を空気と混ぜて攪拌し、ガスとともにノズルで吹き付けることで、基材の表面に緻密なセラミックス膜をコーティングする技術です。セラミックスといえば普通は焼き固めてつくるのですが、AD法では一切焼くことなく、室温で厚さ $500\mu\text{m}$ のツルツルで堅牢な膜をつくることができます。

1994年ごろ、私はセラミックス微粒子を基板の上に堆積させ、厚さ $1\mu\text{m}$ 以上の圧電膜の実用的な製膜法を実現しようとしていました。セラミックスの粉を基板に吹き付けて加熱したり、プラズマなどで溶かして融着させたりなど、いろいろな方法を試していましたが、なかなかうまくいきませんでした。そんなあるとき、誤って微粒子を加熱せずにそのまま基盤に吹きかけてしまいました。すると基板に黒い汚れのようなものがカチカチに固まって付着していたのです。尖ったピンセットの先で強くこすってもまったく剥がれません。それが何なのか気になって調べてみたところ、有機物の汚れなどではなく、セラミックスの粒子が常温で固化したものだということがわかったのです。そんなことがあるのかと衝撃を受けました。後にこの現象を「常温衝撃固化現象(Room Temperature Impact Consolidation:RITC)」と名付けました。

そこから、その現象を利用して堅牢なセラミックス膜をつくるコーティング技術の開発をスタートさせました。97年に論文発表、学会発表をしたのですが、それを聞いて、すぐに訪ねて来られたのがTOTO株式会社の清原さんでした。実は、この出会い

のきっかけは、当時、同じ工業技術院・九州工業技術研究所(現産総研・九州センター)に在籍していた野中一洋さん(現イノベーションコーディネータ)が、98年にスイスで開かれた強誘電体応用の国際会議(ISAF-11th)で、私の発表を見て面白いと思っていただき、同じ大学出身で以前から知り合いだったTOTOの清原さんに、AD法のことを紹介してくれたことに端を発しています。私自身はセラミックスの専門家ではなかったのですが、セラミックスのプロが見て何と言うのか、とても興味があったことを覚えています。

清原 私は大学以来35年間、ずっとセラミックスを研究してきました。TOTOではトイレなどの水回り製品のきれいな状態が長持ちするように、表面を焼いて滑らかにしたセラミックスを用いていますが、1990年代には表面をコーティングする技術が重要になると考え、新しいコーティング技術の開発を始めていました。99年にはトイレの新しい防汚技術、セフィオンテクト技術(新釉薬技術)を開発しましたが、AD法を知ったのはちょうどそのころでした。

明渡さんのところに何って、実際にAD法を見せていただいて驚きました。通常の低温でつくるセラミックスと膜質がまったく違う、これはすごい、と。また、セラミックスの場合、低温でつくるといっても普通は 100°C 以下という程度のことで、常温で固化するなど考えられません。そんなことができるなど思ってもいませんでした。

明渡 低温でセラミックス膜をつくる場合、樹脂とセラミックスを混ぜて塗る方法がありますが、それだと樹脂が混ざるので、ツルツル、カチカチしたセラミックスらしい表面にはならないのです。しかしAD法を用いれば、焼結する場合と遜色のない表面が

つくれます。清原さんはその点にも驚かれていました。

清原 新しいコーティング技術を探していたところだったので、すぐに、一緒にやりましょうとお話しました。実質的には翌週からもう動き出していましたね。

明渡 やはり専門家でも聞いたことのない常識外れの技術だったわけです。その後TOTOの基礎研究所で講演をさせていただき、共同研究する価値があると判断していただきました。

佐伯 私は現在、産総研に所属していますが、もとはTOTOの基礎研究所で、光触媒技術の研究者と共同研究をして事業化につなげるなど、基礎から応用に至る一連の研究を担当していました。清原さんがAD法に注目した当時は基礎研究所の所長を務めており、AD法の実用化プロジェクトもTOTO側で進めていました。そのキャリアを評価していただき、退職後は、産総研で先進コーティングのアライアンスを担当しています。

私はこの技術に、膜の緻密さの他にも魅力を感じたのです。当時は企業にも地球環境問題への対策が求められるようになってきた時代でした。セラミックスは1500～1600℃という高温で焼いてつくるため、窯業のエネルギー消費量は多く、企業として肩身の狭い思いをしているところもあったのです。AD法は常温ででき、非常にエネルギー消費量が少ない製法なので環境効率で20倍にも上ります。私たちとしてはその点でも願ってもいない技術といえました。

実用化には原理の解明も重要だった

清原 新しい表面改質技術の開発を目指して共同研究がスタートしましたが、私たちは基礎的な技術ではなく、量産化のための技術や装置をつくらなくてはなりません。産総研の装置では小さい膜しかつくれていませんでしたので、まずは大面積化する技術を開発する必要がありました。

それに、セラミックスが常温で固化する現象に再現性があることはわかっていましたが、なぜそれが起こるのか、他のセラミックス膜とはど

のように性質が異なるのかなどということについては、まだ明らかにされていませんでした。企業としては、膜の生成メカニズムやAD法の膜ならではの性質がわからないままでは実用化に踏み切ることではできません。量産化技術は私たちがつくるので、明渡さんには原理の解明をしていただきたいとお願いをしました。

明渡 現象を見つけた私自身の興味とTOTOさんの要請もあり、研究資金の乏しい中、メカニズム解明のための研究を進めたところ、セラミックスの微粒子が高速で基板に衝突することで結晶の粒子が壊れ、壊れたことで粒子が活性化されて再び結合しようとする働きが起こり、その結果、より細かい粒子同士が再結合して膜となる、という現象が起きていることが明らかになりました。

加熱して固化させる従来の方法では、ももとのセラミックス粒子表面の原子が熱拡散によって移動し、くっつきあって粒子間の隙間を埋め、大きな結晶に成長するので、結晶サイズは数 μm 以上になります。しかし、AD法によってできた結晶は、一度破碎した粒子がくっつき合っただけで、5～500nmと、非常に小さくなるのが特徴です。結晶が小さいので、より緻密で堅牢な膜となるということがわかりました。後に、これらの研究は2つの国家プロジェクトで進められましたが、原理が完全にクリアになるまでに5年ほどかかってしまいました。

佐伯 技術をつくることと製品をつくることは別物で、技術ができたというのは「製品が作れる可能性がある」という段階にすぎません。実用化までの長い開発期間のなかで、研究がこのレベルまで進んだら次はこのようなトライアルをするという、指標のような段階がいくつかあるわけですが、その中で特に難しいのは、よいものをいかに均質につくるかという品質管理の部分です。AD法を世の中に出していく上では、どの工場で作っても同じ品質の製品になることが大切です。だからこそAD法のメカニズムの解明をしていただき、なぜこの技術に価値があるのかを明らかにしていただく必要がありました。

明渡 原理や性質・価値を掘り下げて研究し、それらをクリアにした上で応用展開していく。企業との共同研究により実用化までの一連の流れを知ることができ、その中で技術開発のベンチマークを積み重ねることができたのは、私としても刺激的で貴重な体験でした。

出口を模索し半導体分野に行き着いた

明渡 国家プロジェクトとして進めていく上では、常温でセラミックス膜をつくる技術をどのような製品として展開していけるかという、出口の提案が必要になります。当初は数多くの企業から、



低温プロセスという点と成膜コストの点で競争力のありそうな電子デバイス応用の提案があり、さまざまな出口製品向け開発を進めました。「世界初」や「世界最高性能」の試作デバイス開発にも成功したのですが、プロジェクトが終わった後、企業の方でさらに製品化に向け検討を進めていくと、具体的なビジネスとして競合する製品との比較や顧客価値評価の面で、実用化につなげることは、なかなか難しいということがわかってきました。

清原 基礎研究が商品化されるまでには「魔の川」や「死の谷」があるといわれますね。技術ができて「Quality（品質）」「Cost（費用）」「Delivery（引渡し）」という「Q C D」が満たせないと商品にはならず、この関門を超えていくのが難しいわけです。

もともと私たちはトイレなどに用いるコーティング技術を探していたわけですが、AD法をトイレや洗面台などの水まわり製品に用いるのは、やはりコストに見合うとはいえませんでした。ではどこに応用していけばよいかと有効な出口を探し、見つけたのが半導体分野でした。もともと当社には半導体製造装置用のキーデバイスを扱うセラミック事業部があり、半導体製造装置のコーティング技術として製品化していくことでビジネスとしても成り立たせることができるのではないかと考えました。

また、焼き物であるセラミックスは材料の組成や構造で特性が変わることが知られていますが、セラミック材料をコーティングする溶射法などは構造まで制御している技術ではありませんでした。AD法は微細な構造を制御して高品質な膜質をつくる技術であるという点が、半導体業界のトレンドに合っていると考えられました。

佐伯 新しいものをつくって世に出していく場合、ニーズが先か、シーズが先かという問題がありますが、重要なのはニーズとシーズのマッチングであり、シーズ側がいかにか数多くニーズ側と接点をもてるかどうか勝負になると思います。そのため私はTOTOでセラミック事業部長になったときに、お客様の困っていることに対して技術を用いてソリューション提案をしていく方針を打ち出しました。

そのような中でニーズとして上がってきたのが、半導体製造装置で発生する塵の問題でした。半導体チップというのはシリコンウェハの上に薄膜を形成し、それを装置内で発生させたプラズマで削って微細なパターンをつくっていくものなのですが、プラズマによって、チップだけではなく装置の内壁まで削れてしまい、削りカスが発生して困っているというのです。

半導体チップのパターンは非常に微細なため、発生したカスが半導体チップに付着すると製品として成り立たなくなるわけですね。これまでも装置の内壁は削れないようにセラミックコーティングしてありましたが、決して万全ではなく、装置メー

カーも、さらにはその先のユーザーである半導体メーカーも歩留まりを向上させるため、もっと削れにくくカスの出ないコーティング材を探していたのです。そこで2006年、AD法をこのターゲットに適用させるための研究開発が始まりました。

明渡 具体的にどのぐらいの低発塵性能が求

められるのか、また、AD法の膜でどこまでの結果が出せるのかは、その時点では明らかになっていませんでした。TOTOさんは辛抱強くメーカーとやりとりを重ねて、必要な仕様を見出してきました。

清原 実はその当時の半導体チップのパターンの幅は70～80nmで、その時点では削りカスの方がずっと小さかったので、発塵の影響はそれほど出ていませんでした。しかし、半導体の技術ロードマップでは、それまでの10年間でその線幅は4分の1のピッチまでパターンの微細化が進んできたことから、今後削りカスによって生じる生産性の低下が深刻な問題になることは明らかでした。そこで、私たちは2011年に照準を合わせ、AD法によるセラミックス膜の製品化に取り組むことにしました。

明渡 新しい技術を製品に使うことにはリスクがありますが、そこに踏み切られたことが素晴らしいと思います。

佐伯 お客様の課題を解決する技術を先取りし、オンリーワンの製品をお客様に届けることを重視していたためにできたことだと思います。ソリューション提案の過程で、どの程度のスペックが必要なのかを、装置メーカーから具体的に教えていただけたことも大きかったですね。

AD法の実用化に向けて

佐伯 AD法はまったく新しい技術なので、お客様に使っていただくには、この技術の価値をわかりやすく伝える必要があります。そのためには価値の定量化、数値化をすることが不可欠であり、私たちはAD法による大面積の成膜技術の開発に加えて、製品の機能性評価技術の開発にも取り組んでいきました。



明渡 TOTOさんが評価のために使ったのはイットリア*という材料ですが、イットリアの緻密体をつくる技術は従来もありました。そこで、従来の手法でつくった膜とAD法でつくった膜を比較するために顕微鏡で拡大してみたところ、従来の膜にはポア(穴)が見えたのに対し、AD法にはまったくポアがなく、非常に緻密な膜であることがはっきりわかりました。

清原 同時に、半導体製造装置の中でどのように削りカスが出てくるのか発塵のメカニズムも探ったところ、コーティング材はポアを起点として脱落を始めていたことが明らかになりました。ということは、ポアのないAD法はこの用途に非常に向いていることとなります。これなら従来品に勝てるのではないかと思います。

装置メーカーのお客様にこの方法を提案したところ、「こんな答えがあるなんて想像していなかった」と驚かれました。この時点ではお客様の装置で発塵がどの程度発生するのかわかっていなかったのですが、評価データを示したことでお客様に測定していただけることになり、測定結果が出てから、開発は一気に進み始めました。

佐伯 自分たちの技術をオープンにしたがらない企業も多いのですが、オープンにしないとお客様に信頼していただくことはできません。ここではオープンにしたことで私たちの提案が理にかなっていることをご理解いただき、信頼していただくことができました。

AD法による半導体製造装置向けのコーティング部材は2011年に実用化できましたが、さらに私たちは装置メーカーの先にあるニーズをキャッチアップしたいと、半導体デバイスメーカーにもこの技術の価値を伝えました。そもそも半導体製造装置の発塵で困るのは、装置メーカーというより、装置を使う半導体デバイスメーカーなのです。半導体デバイスメーカーはご存知の通り日本の企業ではありませんが、当社の九州工場まで視察にこられました。

半導体メーカーとの協業が始まったことで、いよいよビジネスとしても本格的に動き出しました。

明渡 新しい技術の導入は、従来技術の改善とは違ってリスクが高いことなので、当然、企業は慎重になります。そのときにはこのように、サプライヤーとカスタマーが一緒になって開発し

ていくプロセスが重要になると思います。これは産総研と企業との共同研究でも同じことですね。

清原 半導体チップの進化とのタイミングに合致したこともあって、この製品は広く求められ、現在は世界トップのシェアを獲得しています。



▲AD法でコーティングされた半導体製造装置部材(写真:TOTO株式会社提供)

アライアンスの設立で、 さまざまな用途開発を

清原 ロードマップでは2020年に7~8nmピッチのパターンになるとされていましたが、実際はもっと進化は加速しています。この先も、これまで以上に低発塵コーティング材のニーズが増えることは間違いのないでしょう。

現在はすでに産総研との共同開発は終わり、私たちは将来的なニーズに向けてAD法を独自に進化させているところです。しかし、AD法の成功を知った他の企業も、新たな技術開発を進めてきています。私たちも今後のニーズをキャッチアップしていく中で、再び産総研と連携することもあるだろうと思っています。

明渡 技術は直線的ではなくスパイラル状に進化していくので、基礎研究に立ち戻る必要も出てくるでしょう。基礎研究と応用研究を行き来することで、基礎研究を実用化に結びつけていきやすくなると思います。

お客様が欲しいと思う機能に対して、なぜその機能を求めるのか、その機能をどのような工程で実現することが必要なのかについて原理から考え、さらにその先にいる顧客まで視野に入れてトータルに開発に取り組まれたTOTOさんの姿をそばで見て、私自身、非常に勉強になりました。

また、TOTOさんの成功により、これまでこの技術に無関心だった企業にも、使える技術だと広く認識してもらえるようになりました。現在はAD法を実用化につなげたい企業が集まる先進コー



ティング・アライアンスを発足させ、共同開発を進めていくための体制づくりを行っています。

佐伯 産総研の先進コーティング技術に対してさまざまな要望をもった企業が集まるアライアンスでは、さまざまな仮説を立ててニーズとシーズをマッチングさせ、それぞれの企業が仮説を持ち帰って個々に開発を行うというかたちで進めています。その中からさまざまな製品が生まれてくるでしょう。

明渡 現在、積水化学工業株式会社でフィルム型色素増感太陽電池の事業化が始まっていますが、それもこのような流れの中から出てきたものです。そのほかに、スマートフォンの筐体や液晶カバーへの応用も進められています。知財面など難しい点もありますが、将来の技術課題を見据えながらAD法の価値を向上させ、使い尽くしていけるようにと考えています。この技術の本当の価値が見えてくるのは、これからだと思っています。

これからの共同開発に必要なこと

清原 当社では半導体事業が成功し、私もその仕事によって2017年秋に当社初のフェローに就任しました。ここまでの成功のベースには、私たちと明渡さんとの信頼関係がありました。興味をもった技術シーズを気軽に試させていただけただけことは、技術開発の上でも重要なことでした。技術は常に進歩していますから、企業は研究者と常にコミュニケーションをとって情報をキャッチアップしていく必要があります。自分のモノサシを持って、それを常に磨いていくことで、新しい技術が素晴らしいものかどうか分かるわけです。

明渡 自分のシーズにどれだけの価値があるのか、企業が求める性能がだせるのか、シーズの使い道や可能性を予測して企業とコミュニケーションを取ることが必要だと学びました。私も、清原さんや佐伯さんと事業化を進める中で育ててもらって、このスキルが身

についてきたように感じています。

清原 研究者にはシーズをオープンにさせていただくだけでなく、使い道を提案していただくことが必要だと思います。

明渡 そうですね。実は、ここ10年ほどは年間100件以上の連携のお話があるのですが、話を聞いてみると具体的に出口・製品応用のアイデアを持っている企業はそう多くありません。しかし、どのようなことをしたいのか詳しく聞くことができれば、AD法でなくても、そのニーズにふさわしい別の技術を紹介することができます。コミュニケーションをスムーズなものにするためにも、企業の方には出口の情報をお持ちいただけるとうれしいです。企業側の出口と研究者側のシーズの使い道が合わざれば、課題設定や実用化までのプランが明確になります。この技術に少しでも興味があれば一度声をかけてください。目指す出口に向かって、ともに努力したいと思います。

*-イットリア

耐プラズマ性に優れている材料のため、半導体製造装置の内部部材へのコーティングとして利用されている。熔融状態で反応しやすい金属からセラミックスを保護する。



お気軽に
お問い合わせ
ください!

産総研 先進コーティング技術研究センター

〒305-8565
茨城県つくば市東1-1-1 中央第5

✉ : act-webmaster-ml@aist.go.jp
🌐 : unit.aist.go.jp/atc/

TOTO株式会社 総合研究所

〒253-8577
神奈川県茅ヶ崎市本村2-8-1

☎ : 0467-54-1010
🌐 : jp.toto.com



関連動画

NEW
TECHNOLOGY

布を重ねてプレスするだけ! 熱・薬品をいっさい使わず 不織布を簡単接着

二酸化炭素による多孔質材料の製造

化学プロセス研究部門
機能素材プロセッシンググループ
上級主任研究員

相澤 崇史

Takafumi Aizawa

繊維を織らずに絡み合わせてつくる不織布。この不織布を重ねたところに二酸化炭素を注入し、ピストンで押す。それだけで布同士が接着して細かい穴の開いた構造の多孔質材料ができるという、驚くほどシンプルな材料製造技術が完成した。シンプルで低コスト、加工時間もかからないこの画期的な技術は、フィルターや触媒担持体、石膏などさまざまな分野での幅広い応用が期待できる。現在、実用化に向けて広く連携先を求めている。



▲任意の枚数の不織布を重ねて、二酸化炭素を入れてプレスするだけで接着ができる。



KEY POINT >>

熱も薬品も使わずに、シンプルな装置で簡単に、しかもわずか数秒でできてしまう、二酸化炭素を使った新たな接着の技術は、応用範囲の広さが期待できる。

新発想の加工法は ナノインプリント技術から始まった

「樹脂加工の方法はもう出つくし、新しく出てくることなどもうないと思っていました。まさか、まだこんな方法が残っていたとは……」

企業の担当者がこう感嘆の声をもらったのは、化学プロセス研究部門の相澤崇史が開発した、新しい多孔質材料の製造技術を見たときのことである。実はこの方法は論文を投稿した際にも「常識的には考えられない。思い込みなのではないか」と査読者から疑問を呈されたほど、「常識をひっくり返した」ものだった。

この技術は、不織布などの樹脂製の布を容器に重ねて入れ、二酸化炭素を注入してからプレスすると、それだけで布が圧着されて多孔体ができるというものだ。接着剤などの薬品はいっさい使わず、加熱もせず室温のままでもOK。驚くほどシンプルなので、「本当に可能なのか？」と思われても無理はなかった。

相澤がこの技術を発想した前段階には、宮城県産業技術総合センターから「なんとかしてナノインプリント技術を使えるものにした」という要望があった。ナノインプリント技術というのは、樹脂の表面に非常に微細な形状をプレスして転写する技術のことだ。例えば、樹脂の表面にナノスケールの微細な形状加工を行えば、反射防止やくもり止め、あるいは撥水や親水の機能をもたせることができる。メガネのレンズの反射防止にはコーティング剤が用いられてきたが、表面のコーティングは使っているうちに剥がれてきてしまう。それに対してナノインプリント技術はレンズ表面の形状自体を変えるために、半永久的にその機能を維持できるのだ。

これを情報記録用の媒体などに用いれば、細かい凹凸を刻むことができ、記録容量を大幅に増やすことができる。さらには半導体製造工程でも、光で加工する代わりにこの技術を応用できる。

そのようにさまざまな用途が期待され、2000年半ばにはナノインプリント技術がブームになった。宮城県産業技術総合センターでも熱ナノインプリント装置を導入したのだが、期待に反し、利用は一部企業にとどまった。それはなぜだろうか。

「加工に時間がかかり過ぎたのです。熱で樹脂を溶かして型押しし、冷めて固まったら型からはがすというのが一連の工程ですが、加熱・冷却に時間を要するため、厚めの樹脂では1つ加工するのに20分もかかりました。これでは大量に受注があっても対応できず、実用的ではありません。そのため広く普及するまでには至りませんでした」

実際、この技術は、反射防止フィルムと光ディスクで実用化されたものの広がりには欠けた。宮城県産業技術総合センターは、厚めの樹脂に適用可能なナノインプリント法を開発できないかと模索した。しかし、自分たちだけで取り組むのは難しいと考え、そこで思い出したという。

「そうだ、産総研に相澤さんがいる！」

室温で使える転写技術ができた!

相澤は超臨界での物性研究を専門とする研究者だ。超臨界水の混合部を世界で初めて観察したり、シンナーを塗料に混ぜる代わりに二酸化炭素を用いる塗装システムをつくったりと、基礎

から応用まで幅広い実績がある。その相澤ならなんとかできるのではないかと声をかけたのだ。

「時間がかかる理由は温度の上げ下げにあるので、温度制御が必要な超臨界条件で加工する方法は使えません。それなら室温でできることを考えればよい。そこで液化炭酸ガスに可能性があるのでないかと気づきました」

液化炭酸ガスには樹脂の表面を柔らかくし、可塑化する働きがある。もちろん高温にすればより深くまで柔らかくなるのだが、ナノ単位の加工であれば、表層だけが柔らかくなるだけでも十分だろう。それなら、おそらく室温でもできるはずだ。二酸化炭素の扱いに長けていた相澤は、そう直感した。

試しに表面に傷をつけた平らな金属片で樹脂板をクリップで挟んで液化炭酸ガスで満たした容器に入れたのち、容器から取り出すと、見事、樹脂には傷と同じかたちが転写されていた。この予備実験での成功を受けて宮城県産業技術総合センターとの共同研究が始まり、2013年、判子を押す感覚で簡単に樹脂にナノ形状を与えられる新しいナノインプリント技術が完成した。

二酸化炭素は離型剤としても働くので、プレスした後の型離れがよいのもメリットだった。転写の工程にかかる時間はわずか30秒ほど。それまで20分かかっていた加工時間が圧倒的に短縮され、十分に実用に耐えるものとなった。この技術は、現在光学部品メーカーと実用化に向けた共同開発が始まっているという。

樹脂を接着させる新しいオリジナル技術を

ナノインプリント技術の開発を一区切りさせた相澤は、二酸化炭素を使うこの技術をさらに別の何かに応用できそうだと、せっかくなので世の中をあとと言わせるオリ



ジナルな技術をつくりたい、と考えた。樹脂が柔らかくなる性質を用いるのなら、接着に応用できるのではないか。そこで転写技術で用いた装置を使って、樹脂板を接着する実験をスタートさせた。しかし、予想に反しうまくいかなかったという。

「二酸化炭素を用いるときの型離れの良さが、ここではデメリットとなりました。樹脂板と樹脂板をプレスしても、押し付けるのをやめればすぐに引き剥がされてしまい、接着できなかったのです」

では、どうするか。樹脂板の場合は二酸化炭素が接着面に残ることが問題だった。ということは、二酸化炭素が抜ける素材であれば可能なのではないか？ 穴の空いている素材、例えば繊維ならどうだろうか。不織布のような細かい繊維でできた安くて薄いシートを積層したものは、応用先もいろいろ考えられそうで、その点も好ましかった。

さっそく、同じシンプルな装置の中に、ほかの実験用に用意してあったティーバッグの袋を容器の大きさに切って重ねて入れ、二酸化炭素を充填してピストンで押してみた。プレスした後は、二酸化炭素を排気して取り除く。ナノインプリント技術とほぼ同じ、室温でできる簡単な作業だ。

「すると狙い通り接着できていたのです。2016年10月、初実験での成功でした」

ティーバッグの不織布の繊維を顕微鏡で観察すると、二酸化炭素を使わずにプレスしたものは繊維がつぶれていただけだったが、二酸化炭素を入れて加工した方は繊維同士の重なった部分がつぶれたうえに変形し、接合していた。思った通り、柔らかくなった樹脂同士がくっつきあっていたのだ。本当に、室温の二酸化炭素の中で布をプレスするだけで、新しい多孔質の材料ができていたのだ。



▲プレス機に布をセットしてプレスすると、二酸化炭素が液化して、材料が柔らかくなり接合する。その後、排気をするため完成した多孔体には二酸化炭素が残らない仕組み。

医薬、食品から建材、 スポーツ用品まで幅広い応用に期待

この方法は、樹脂系の繊維であれば種類を問わず接着できる。それに、布は2枚であっても数百枚であっても一度に接着が可能だ。加圧の力加減を変えれば空気含有量も変わるため、少し柔らかい風合いの残るもの、カチカチに固まったものなど、異なる素材がつくれることもわかった。

「何かを挟んで層に機能をもたせることも、層の中に粉を入れることも可能でした。目の粗さを段階的に変えたシートを重ねて接着すれば目に勾配のついた長寿命なフィルターを作れます。導電性のシートを挟めば電子デバイスに応用できますし、薬剤を封入すれば医薬品に、酵素や触媒を付着させれば、脱臭や反応用のカートリッジとしても使えるところと考えられます。貫通孔が開いているので蒸れない素材として医療、スポーツ用途にも応用可能です」

相澤が描く具体的な応用イメージの一つに、肌を通じて薬剤を体内に吸収させる医療用の経皮吸収パッチがある。喘息の薬を染み込ませたパッチや禁煙用のニコチンパッチなどがあるが、使用する薬剤の量を、重ねる不織布の枚数でコントロールできるので、患者さん一人一人に合わせたきめ細かい薬剤投与の対応が可能になると考えられる。

「接着に薬品を一切使わないこともポイントです。建材や医療用ギプス・スポーツ用プロテクターなど、密閉空間や身体に直接触れるものにも使用しても安全ですので、化学物質過敏症の方でも安心して使っていただけるものになると思います」

プレスするだけという成型のしやすさや、多孔体ならではの通気性の良さも、応用するにあたってメリットとなる。

信念を形に！ シンプルな技術ほど使われる

相澤には「シンプルな技術ほど使われる」という信念がある。シンプルな装置、簡便なプロセスで装置コストはかからないし、



必要なのは安価な二酸化炭素のみで、加熱もしないので省エネ性が高くランニングコストも低い、室温で数秒できてしまう生産性の高さ、これらがこの技術の売りなのだ。シンプルな技術である分、生産ラインへの導入のハードルは低い。今は空気含有量を変えた材料の作成や、樹脂の繊維の太さを変えるなど、さまざまな実験をしているほか、接着強度や突き刺し強度の検証など多様な物性解析も進めている。

さらに企業へのサンプル配布もスタートさせ、実用化に向けた共同研究先の開拓を始めたところだ。

現在は、産総研にある卓上サイズの装置で作成可能な小型サンプルの検証実験をしている。しかし、実際は完成品のサイズに合わせた金型をつくれれば、どのようなサイズでもつくれるため、樹脂多孔体の応用先はさらに広がるだろう。

「この新しい材料製造技術の可能性は企業の皆様に使っていただくことで広がっていきます。国の研究機関が生み出した技術なので、私はこの技術を、ぜひ日本の企業に実用化してほしいと願っています。もし興味をお持ちいただけましたら、すぐにご連絡ください。いつでも説明いたしますし、呼んでいただければ私がお伺いします」と相澤は笑顔で結んだ。

お気軽に
お問い合わせ
ください！

産総研 東北センター 化学プロセス研究部門

〒983-8551 宮城県仙台市宮城野区菅竹4-2-1

☎: 022-237-5211 💻: www.aist.go.jp/tohoku/



関連動画



ウェブサイト

低コストで 製造業のIT化を実現!

コンポーネントの組み合わせで貴社にぴったりのシステムを

製造技術研究部門
機械加工情報研究グループ
主任研究員

古川 慈之

Yoshiyuki Furukawa

製造技術研究部門
素形材加工研究グループ
主任研究員

徳永 仁史

Hitoshi Tokunaga

製造技術研究部門
機械加工情報研究グループ
グループ長

澤田 浩之

Hiroyuki Sawada

ITシステムの開発にかかるコストの負担が、製造業、特に資金力と人材が不足しがちな中小企業にとって業務のIT化に取り組む際の大きな障壁となっている。自分たちの手でITシステムを開発できるツールがあれば製造業のIT化が進むのではないか。そんな発想から生まれたのが、専門的なプログラミングの知識がなくても、自社業務に合わせたシステムを自分たちで構築できる「MZ Platform」だ。産総研は、このツールを広く活用してもらうことで、製造業のIT化が進み業務が効率化できること、そしてその結果として日本の“ものづくり力”が強化されることを目指している。



KEY POINT

コストをかけなくても、製造業のIT化が実現できる「MZ Platform」。
業務効率化を進め、製造業の“ものづくり力”アップを後押しする。

専門知識がなくても、短時間で ITシステムをつくれるツールを開発

2001年、産総研のものづくり先端技術研究センター（現・製造技術研究部門）は、製造業、特に資金力や人材に乏しい中小企業を支援するツールの開発を目指すプロジェクトを発足させた。日本の製造業が競争力を高めていくためには、IT化によって生産効率を向上させることが不可欠であり、それなくして企業はこれからの時代を生き延びていくことはできないだろう。そんな意識が高まっていた時代だった。

現在でも中小製造業のIT化は十分とはいえませんが、17年前はIT化には程遠い状況だった。プロジェクトの中心的な役割を担ってきた機械加工情報研究グループ澤田浩之は、当時を振り返る。

「IT化しなくてはと思っても、企業自身が何からはじめてよいかわからない。だからといって、コンサルタントやシステム開発会社に自社のIT化を外注するのも簡単ではありません。システムの開発や導入には多額のコストがかかるためです。そういったコストの高さがIT化を進めたい企業にとって障壁となっているケースが多数ありました」

IT化が製造業の生産性向上に有効であるのはいまでもなく、激しい競争の中で自社が生き残っていくためにも必要だった。では、導入時の負担を軽減してスムーズなIT化を進め、中小製造業の競争力を高めていくにはどうしたらよいのだろうか。

澤田たちは企業側にITに関する専門知識がなく、自らプログラムを記述しなくても、用意されたソフトウェアの部品を自社のニーズに応じて組み合わせてシステムを構築し、運用できるツールがあるとよいのではないかと考えた。企業にとっては人材の確保が難しく、その上プログラミングの専門知識を身につける時間も負担となるため、その負担削減にも貢献できると考えたのだ。

「プログラムのコードを一から書くには高度な知識が必要で

す。私たちは専門知識をもった人材がいない企業でもシステム開発ができるように、さまざまな機能をもったコンポーネント（ソフトウェアの部品）をあらかじめ用意し、それらを組み合わせることで、自社に必要なITシステムを比較的容易かつ短時間で構築できるツールをつくることにしました」と、機械加工情報研究グループの古川慈之も言う。

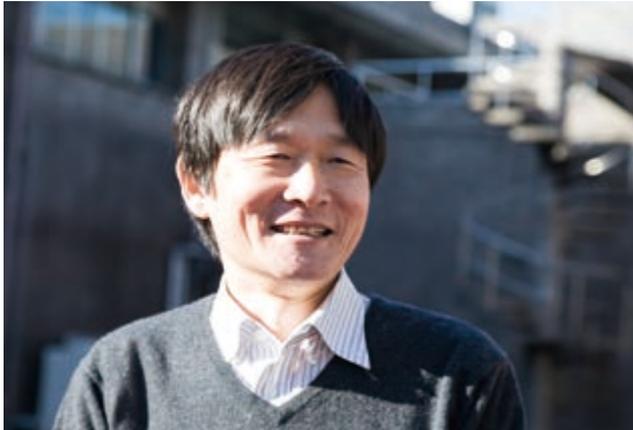
そこから生まれたのが、システム開発ツール「MZ Platform」だ。2004年のリリース以来、現在まで900以上の企業・法人等に配布され広く使われている製造業の受注管理や工程・品質管理、日程・進捗管理などを自作するシステムである。

製造業のニーズはどこに？

開発の経緯には紆余曲折があった。プロジェクト発足当初、ターゲットにしたのは、コンピューターを用いる設計ソフト「CAD」と、製造ソフト「CAM」だった。中小製造業はこれらへの対応に苦戦しているだろうという予測だった。しかし、この活用支援試作ツールをもって企業をまわってみると、予想したほどのニーズがないことがわかった。実際に使ってもらえるツールでなくては意味がない。改めて現場の抱えるニーズを洗い出さなければならない。このとき多くの企業を訪問した素形材加工研究グループの徳永仁史は、企業が共通の課題を抱えていることに気がついた。

「工程管理や生産管理に困っている、という声がとても多かったのです。帳票や生産管理記録などを紙ベースで行っている企業では、現場の進捗状況を把握するのは簡単ではなかったわけですね。しかも、人が情報を記入・入力するとデータ自体も不正確になりがちでした」

このような話をまた別の会社ですると「うちもです!」と声の上



がる。プロジェクトチームは改めて、生産管理や進捗管理システムの開発にターゲットを切り替えることにした。

こうして2004年に「MZ Platform」が完成。製造業で必要だと考えられた機能をできるだけそろえ、180種類からスタートし、現在では200種類ほどのコンポーネントを用意している。一つのシステムには一般的に20～30種類ほどのコンポーネントを用いる。それぞれの業務に必要な機能のコンポーネントを選び、組み合わせさせて使ってもらうことになる。

「その企業の従業員がMZ Platformを使って工程管理や生産管理システムを開発すれば、外注に比べて低コストで済みますので、企業がIT化を進めるときの資金的ハードルを下げるができます。このMZ Platformによって日本のものづくりの基盤である中小製造業のIT化が進めば、生産性が上がり、業務改革も果たせ、競争力の維持にもつながるでしょう。名前にある「MZ」とは『ものづくり』の意味です。この名前には、産総研が日本のものづくりに貢献したいという思いを込めました」(澤田)

事業に合わせてシステム構築 カスタマイズも自在

外部のシステムを導入した場合、自社の既存の業務の流れをシステムに合わせて変えなくてはならないこともある。効率化のために必要なこととはいえ、それまでのやり方を変えることは現場にとっては負担となる。しかし、MZ Platformを使えば、現場にこうした負担をかけずに済むという。

「自社の業務の形式に合わせたシステムを自在につくれますから、例えば帳票にしてもそれまでの記入形式をそのまま使うことができ、今まで通りの感覚で作業ができます」

澤田のこの言葉を受けて徳永は、システムを自社で構築するメリットはほかにもあると熱を込める。

「従業員がシステムを開発すれば、それはつくった人の顔が見える、愛着をもって使えるシステムとなります。しかも、いずれシステムを組み換える必要が出てきても、社内ですこした修正や機能拡張に柔軟に対応できます。これはシステムを外注した場合には難しいことです」

使いこなすためのサポート体制も充実

もちろん、いくら「比較的容易に」「短時間に」できるといっても、経験のない人が初めてシステム開発に取り組めば、つまづくことも多い。

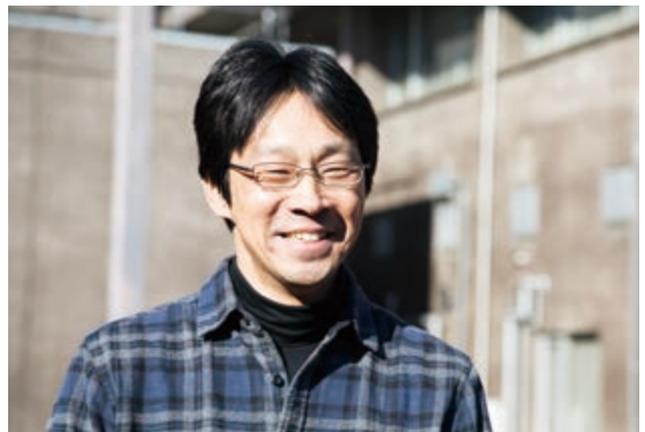
「私たちは、少しのつまづきをきっかけにMZ Platformが使われなくなるケースも見てきました。そこから、機能を充実させるだけでなく、現場の方々への研修や開発支援も行う必要があると気づきました」と古川は言う。

2005年からは普及体制を本格的に整え、全国の公設試験研究機関などの協力も受けながら説明会や講習会を各地で開催している。メールでのサポートや、企業から人材を1カ月程度産総研に受け入れてシステム開発の指導・助言をする技術研修も実施した。現在では、2日程度の短期間の研修や、より企業に密着してシステム開発を支援する有料の技術コンサルティングを行っている。

「ITに詳しくなくても安心して取り組んでいただけるよう、サポート体制を整えています」(澤田)

情報の一元化でコスト削減が実現

MZ Platform活用の成功事例には、例えば、プラスチック成形メーカーの作業実績収集システムがある。それまで紙の帳票や



ホワイトボードへ手書きで行っていた作業指示や作業実績登録などの情報伝達を、電子化して一元管理するシステムを構築した。これにより従来は半日単位でしか行えなかった進捗管理、数量管理をリアルタイムでできるようになり、納期管理の精度向上や、作業時間の20%削減を実現できた。

また、ある金型メーカーでは、現場での日報入力負荷の軽減と正確なデータ収集を目指して、バーコードによるリアルタイム日報入力を中心としたシステムをつくった。作業員、工作機械、作業指示書にバーコードを付けて、作業員がそれらをバーコードリーダーで読み取るだけで日報入力が完了する。手間が大幅に減った上、入力データにより各製品、各工程のコストが正確に算出できるようになったため、現在はそれらを工程改善にも活用しているという。

成功する企業の共通点を聞いたところ、澤田は「問題意識や目的意識が明確になっていること」、徳永は「本気でやる覚悟があること」と答えた。専門知識はいらない、1からプログラミングを学ぶより簡単とはいっても、システムをつくるには、やはり相応の人手や時間がかかるからだ。

「仕様を決めて実際にシステム開発の作業ができる段階になるまで半年かかることもあります。経営者は性急に結果を求めず、自社のIT化を目指す姿勢をブレさせないことが重要です」(澤田)

IoT時代に対応する自作キットも提供

リリースから14年、これまでMZ Platformはユーザーのニーズに対応して新機能を加え続けている。例えば、2011年にはユーザーからの要望に応じてWebアプリケーションの開発機能を追加。その頃からタブレットで使いたいというニーズも出てきたという。こうした新しい動向にも「低コストで簡便に」という基本を踏まえて対応している。

「さらに現在はIoTへの対応のニーズも出てきているので、IoT化を実現する機能をもつコンポーネントやハードウェアのサンプルも用意しています」(古川)

今までは情報を人が入力し、次のアクションも人が判断してい

たが、IoT化されれば機械が自動で情報を収集してサーバーに送り、それを受けて機械が自動でアクションを起こすようになる。こうなれば効率化はいつそう進むだろう。しかしそのためには、情報を取得したり集約したりする多数の機器が必要となり、そのコストから導入をためらう企業も多くなると考えられる。そのため古川は、少しでも全体費用を下げようと、2017年に安価なセンサーや情報収集機器を利用して低コストでIoTシステムを自作できる、いわば“身の丈IoT”用のハードウェアキットを開発。現在は耐久性や運用方法の検証などと並行して普及活動を行っている。



最後に、MZ Platformのメリットはコスト面だけにあるのではないと3人は力を込める。

「自社でシステムをつくることは、自社のITレベルの向上につながります。みずから汗をかくことでITのノウハウが社内に蓄積される、それも大きなメリットといえるでしょう。自社にフィットしたシステムが欲しい、IT化の取り組みを進めたい、そんな企業の皆さん、ぜひMZ Platformをご活用ください。ご相談もお待ちしています」

中小製造業のITリテラシーが向上すること、そして、それによって生産効率が上がり、日本のものづくり力が強化されること。それこそがMZ Platformの最大の意義なのである。

社内のIT化に悩んでいる方は、一度話を聞いてみるだけでも自社にあったIT化の有益なヒントを得られるのではないだろうか。

お気軽に
お問い合わせ
ください!

産総研 製造技術研究部門 MZプラットフォームユーザー会

〒305-8564 茨城県つくば市並木1-2-1 つくば東

☎ : monozukuri.org/mzplatform/

📄 お問い合わせフォーム : monozukuri.org/mzplatform/contact_us/



関連動画



ウェブサイト

- サイエンスと技術をLINKする産総研
- 科学技術とビジネスをLINKする産総研
- 人々と科学技術をLINKする産総研

LINKの先にあるのは「技術を社会へ」
そんな思いをのせた
コミュニケーション・マガジン「産総研LINK」を
お届けします

産総研 LINK

技術を社会へつなげるコミュニケーション・マガジン

産総研LINK No.17 平成30年3月発行

編集・発行 国立研究開発法人 産業技術総合研究所
企画本部 広報サービス室 出版グループ
問い合わせ 〒305-8560 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第1
TEL : 029-862-6217
FAX : 029-862-6212
E-mail : prpub-ml@aist.go.jp



■ 禁無断転載 ©2018 All rights reserved by the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)
■ 所外からの寄稿や発言内容は、必ずしも当所の見解を表明しているわけではありません。
■ 「産総研LINK」へのご意見・ご感想がございましたら、上記E-mailまでお寄せください。今後の編集の参考にさせていただきます。



www.aist.go.jp