

スーパーインクジェット技術により ものづくりの効率化、省資源化を推進 —SIJテクノロジー—

ジャーナリスト

乗松幸男

版が不要でオンデマンド プリンテッドエレクトロニクスで注目

インクジェットプリンターと言えば「家庭に普及しているプリンターで、ビジネス用途のレーザープリンターなどより性能は下位」といったイメージを持つ人が多いかも知れない。そんな先入観を覆す超微細インクジェット技術がある。

そうした最先端の超微細インクジェット技術を持つのがSIJテクノロジ（茨城県つくば市、資本金2500万円、役職員14名）である。

まず、インクジェット印刷の仕組みを、簡単に説明しておこう。インクジェットはデジタルデータに応じて、紙などの印刷媒体にインクを吹き付けて印刷する方法だ。他の多くの印刷方法と大きく異なるのは「版」を作成しないことである。必要な場所に必要な量のインクを配置できる技術とも言える。したがって効率的に要求に即応するオンデマンド性が高くなっている。

このため、文書を印刷するだけでなく、近年では製造技術として必要な箇所に必要な量の材料を配置するために、既に幅広い分野で使われるようになった。例えば液晶の塗布や電子回路の配線などに実用化されつつある。身近なところでは、スマホのタッチパネル。タッチパネルに触れると反応するのは、パネルには微細な電子回路が編み込まれているか

らだが、パネルが透明に見えるということは、電子回路が肉眼で見えないほど微細な証拠である。見えないほど極細の金属線をインクジェット方式で吹き付けることによってプリントされているのだ。

SIJテクノロジ社のSIJ（スーパーインクジェット）技術は、一般に市販されているインクジェットプリンターに使われているヘッドの1000分の1以下の微量塗布が可能で、しかも吐出可能なインクの粘度が高い。

このため従来技術に比べ圧倒的な精密描画を可能にする（写真1）。粘度が低くシャバシヤバな液体しか扱えない普通のインクジェットに比べると、回路などの電子製品を薄く、曲げたり丸めたりできるプリンテッドエレクトロニクスを始め、多くの分野で用途がある。

例えば微細液滴は速乾性が高く、3Dの立体構造形成も可能である。

同社の現社長・村田和広は国立研究開発法

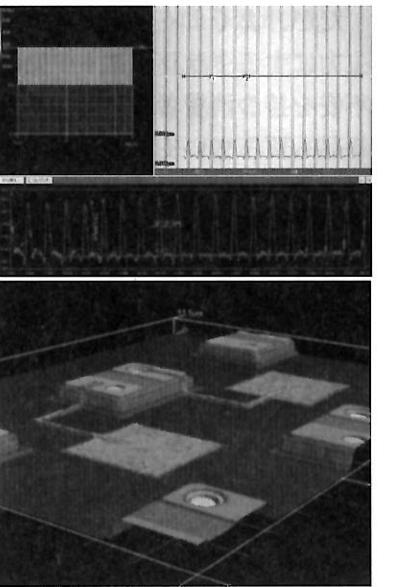


写真1 シリコン基板上に形成されたフォトレジストパターン（線幅1.5μm）と、マイクロLEDに形成した銀配線



人産業技術総合研究所（産総研）のナノテクノロジー研究部門の研究者だった。産総研は、産業技術の幅広い分野の研究を推進

する日本最大級の公的研究機関である。研究成果を産業や社会に役立つよう実用化するため、ベンチャー開発戦略研究センターを設立し、数々のベンチャー企業を生み出して事業化に繋げている。

産総研で村田の研究していた技術は、わかりやすく言えばインクジェット装置の超小型化である。インクジェット技術は、当時も家庭用プリンターが主用途だったが、すでに電子産業分野などでインクジェットプロセスの利用が始まっていた。しかし従来のインクジェット技術では、液滴のサイズが大きく、またプリントした液滴が印刷媒体上で広がってしまうこともあって解像度にも制約があった。

しかし、ナノテクによって、より精密なインクジェット技術が登場すれば、液晶、有機EL、有機半導体などの製造工程に取り入れられる可能性がある。また精密印刷によって、偽造防止用の微細マーキングや個体識別用の微細コード印刷といったニーズも開けると見られていた。

産総研から技術移転 様々な業界から注目される

村田は2002年に液滴サイズを従来の1000分の1以下で描画が可能なSIJ技術を開発した。これはナノテクの研究開発用として開発したもので、その年の「ナノテック2002」でナノテック大賞超微細加工技術部門賞を受賞した。微細配線への活用や、液滴の乾燥性の優秀性から3D構造形成などへの期待が高まり、産業界からも非常に大きな反響が寄せられた。

村田は「当初は、開発したSIJ技術を大手企業に対して技術移転しようとした」と振り返る。ところが大企業は数十億円のマーケットが目に見えないと実用化の土俵に上がろうとしなかった。小さなビジネスは相手にしないのだ。「このままでは、せっかくの技術成果が実用化されずにお蔵入りになりそうでした。そこでベンチャーを興すことを決意しました」と言う。

当時、産総研では吉川浩之・初代理事長がベンチャー開発戦略研究センターを設置。産総研の技術シーズをスピナウトさせる取り組みを始めている。その頃、村田が出会ったのが同社現会長の増田一だった。

増田は、多くのベンチャーを自身で手掛けと共に、大学などでベンチャー論の教鞭もとるベンチャー企業支援家である。村田は増田と共に2005年、産総研技術移転ベンチャーとしてSIJテクノロジを共同創業した。

当初、社長は増田が務め、村田は産総研ではスーパーインクジェット連携研究体、フレキシブルエレクトロニクス研究センターなどで研究を進めながら兼任で同社の取締役を務めた。2012年に増田が会長に就任し、村田が社長を継いでいる。

同社の超微細インクジェットプロセスを産業利用すると、さまざまなことが可能になる。冒頭で簡単に紹介したが、通常のインクジェットプリンターの最小液滴サイズは1ピコl（1兆分の1l）である。また液滴が基板などに着弾後は大きく広がってしまう。この液滴サイズだと、写真などの画質を描き出すのには十分だが、精密さが要求されるプリンテッドエレクトロニクス用途などには不十分だ。

これに対し、SIJ技術は、1フェムトl（1000兆分の1l）以下の超微細液滴を吐出することが可能だ。技術的詳細は省略するが、より精密なドット径での超精密印刷ができる。

高粘度で濃度の高いインクを扱える点も強

みだ。ハチミツくらいの粘度のインクも吐出が可能で、幅広く水性、油性などの溶媒が利用できる。塗布ダレや濡れ広がりを抑え、材料の塗布効率が高くなり、インク調合過程での制約も少ないので開発効率が高まる。

このため、低分子有機物、高分子有機物、金、銀、銅などの金属超微粒子、酸化物超微粒子、タンパク質などのバイオ素材の分野で利用されるようになった。また有機半導体などの微細配線にも使われるようになる。超微細な液滴はインクの蒸発が早いため基板の上でパターンが乱れないのだ。

さらに、3D立体形状の形成である。SIJ技術の微細な液滴は、大きな液滴の場合に比較して乾燥が早い。同一場所に液滴を吐出して積み上げることが可能で、迅速に立体ができる。従来はクリーンルームなどの特殊設備が必要だった立体構造が、SIJ技術によって簡易な設備で形成可能になった。デザインや試作に極めて有効な特色と言える。

アカデミアから企業へ 研究開発から生産現場へ

同社は2007年からスーパーインクジェット装置の販売を開始した。すると、大学、国立研究機関、民間企業などの研究機関で使われるようになった。技術の性格上、さまざまな分野でユーザーと共同研究に力を入れた。SIJ技術を、それぞれの研究開発現場で使えるように改良を重ねるのである。

村田によれば、「当初は大学研究機関等のアカデミアが多かったのですが、近年アジアや国内では企業の引き合いが半数を超えるようになっています。多くの場合、お客様とNDA（機密保持契約）を交わしているために具体的な事例に関してはオープンにできませんが…」と言う。

このため詳細の用途には触れられないが、例えば半導体や基板、ディスプレー、プリン

テッドエレクトロニクスなどエレクトロニクス分野、細胞やタンパク質、酵素などの塗布やセンシングなどのバイオサイエンス分野、目に見えない印刷というセキュリティ分野、機械工具等の製造工程などの機械分野などと多種多様にわたっている。

バイオ分野では、SIJ技術によって様々な材料を微量塗布したり、内視鏡用などのマイクロレンズの遮光マスクを形成したりしている。セキュリティ分野では、偽造防止用微細マーキング、微細コード印刷、微細タグなどを利用される。

2010年に経済産業省は「技術ロードマップ2010」の中に超微細インクジェットの実用化例を掲載している。

2012年には超微細インクジェット組込みユニットを発売した。それまで主として研究開発装置として利用されるものをつくってきたノウハウをベースとした産業用の汎用製品である。ユーザー側の持つ技術とSIJ技術を組み合わせたり、ユーザーの生産ラインにSIJ技術を組み入れたりするニーズを狙っている。超微細インクジェット組込みユニットは、同年の中小企業優秀新技術・新製品賞を受賞した。さらに生産性を高めるために、現在マルチノズルヘッドの開発を進めており、

近い将来発売予定である（写真2）。

最近の製品で注目されるのが、SIJ技術を用いた研究開発用の市販型装置であるサブフレムトインクジェット

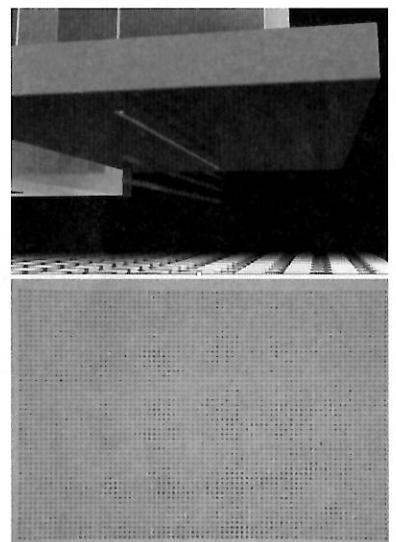


写真2 マルチノズル式超微細インクジェットユニット（ロングセラートップ）と量子ドットインクの描画例

加工装置（写真3）である。最小吐出量は0.1フェムト L と極微量であり、高粘度の吐出が可能なため、超微細精密塗布や3D立体構造体形成ができる。

専用インクが不要という点も特筆すべきで、吐出可能なインクの種類が多い。これは、開発アイデアを即検証できることになる。しかも、希少なインクを検証する際も微量吐出なので効率的だ。機械のサイズはデスクに置ける程度の省スペースな装置であるため、研究開発に適している。

用途はプリントブルエレクトロニクス、太陽電池、タッチパネル、LED、部分メッキ、レジスト塗布、フォトマスク形成、マイクロ



写真3 サブフレムトインクジェット加工装置 研究開発用と量産型装置

フィルター、バイオのタンパク質ペターニング、マイクロアレイなどの分野である。導入したユーザーがこの装置でインクジェットプロセスの可能性を判断した後は、量産型の生産ラインへの組み込みを同社がサポートする。

半導体製造でコストメリット バイオやセキュリティ分野にも進出

同社のSIJ技術は、多くは次世代の技術開発目的に利用されている。だが、既に量産工程で、日々工場で使われているケースもある。例えば半導体素子は従来、露光エッティング技術でつくられていた。フォトマスクという版をたくさん用意して、真空装置や成膜装置をつかって製造する。設備も材料もエネルギーもたくさん消費しなければならなかった。

しかしインクジェットプロセスはデジタルデータさえあれば版は不要であり、効率的かつスピーディなものづくりができる。現実に従来の露光エッティング工程を同社のインクジェットプロセスに置き換えたユーザーは、それによってコストメリットを出した。

同社の製品は、現在ではヨーロッパ、アメリカ、アジアなど世界各国で活用されている。また、SIJ技術は世界各国で特許登録されている。

業績は順調で「創業以来15期連続で黒字を継続しています。銀行からの借り入れや、ベンチャーキャピタルからの出資などを受けずオペレーション可能な状況で、昨期は最高売り上げでした」と村田は言う。

ものづくりの現場へのインクジェットプロセスの進出は急速に進展している。プリントによるフレキシブル基板だけでも2030年には1.7兆円市場に達するとの予測もある。プリントエレクトロニクスを中心に、バイオサイエンス、セキュリティなどの領域へと、超微細インクジェット技術はさらなる躍進が期待される。

（敬称略）N