ISSN 2189-6097

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

07
2019
JULY

NO.25

BUSINESS MODEL P02

産総研 × Hmcomm株式会社
音声認識で音声情報をビッグデータに
産総研ベンチャーがコールセンターで実用化
Koji Mitsumoto / Jun Ogata

NEW TECHNOLOGY P06

化学分析から農業、食品、工業など幅広い応用を期待
噴霧直後に“乾燥”!?
極微細ミスト発生ノズル
Kazumi Inagaki / Shin-ichi Miyashita / Shin-ichiro Fujii

NEW TECHNOLOGY P12

鉱物生まれの高性能吸放湿材「ハスクレイ」
水分・CO_2・熱の吸着・放出を
安価に実現
Masaya Suzuki

音声認識で音声情報をビッグデータに

産総研ベンチャーがコールセンターで実用化

KEY POINT

産総研がweb上の膨大な**音声コンテンツの検索**を目的に開発した音声情報検索システム**「PodCastle」**。このシステムはAIを活用することにより進化し、音声情報をビッグデータとして利用することが可能となった。現在は**産総研ベンチャーが事業化**し、企業のコールセンターでの業務の効率化だけでなく、お客様の声という宝の山を自社のビジネスに生かす動きが始まっている。音声を正確に認識し、得た情報をビッグデータとして活用できるこの技術は、他の分野でも広く使われる大きな可能性を秘めている。

Hmcomm株式会社
代表取締役CEO
三本幸司
Koji Mitsumoto

産業技術総合研究所　情報・人間工学領域
人工知能研究センター　人工知能応用研究チーム
主任研究員
緒方 淳
Jun Ogata

音声情報がビッグデータとしてビジネスに使える!

三本　2012年、私は新しいビジネスにチャレンジしたいと思い立ち、26年勤めたソフトウェア開発会社から独立しました。当初は自分がやるべきことがなかなか見つかりませんでしたが、2013年にフィリピン視察に行ったことが転機となりました。そこで見たのは、20階以上ある高層ビルの全フロアがコールセンターで、どのフロアにもオペレーターが何百人も並んで電話を取っているという、驚くような光景でした。コールセンターをアウトソーシングしていたのです。

よく見るとあるフロアでは数百人のオペレーターが、ユーザーからの電話の内容をひたすら文字起こしをしていました。ユーザーの声は市場のニーズや自社製品の課題などが埋もれている情報の宝庫です。その企業は、“ユーザーの声”という情報を集め、話の内容を分析し、ビッグデータとして課題の発見などに使っていました。当時日本では、コールセンターは多くの人員が必要なコストのかかるセクションで効率化が必須と考えられていました。そのうえ、クレーマーに長時間拘束されたり、時には罵声を浴びせられたりすることもあって離職率は高く、課題の多い職場でした。私はフィリピンで見た仕組みを今後日本も取り入れるだろう、そしてそのときには、自分がビジネスチャンスにできるのではないか、と直感したのです。

では、音声情報のビッグデータ化という新ビジネスを、どのようにやっていけばよいのか。フィリピンのように人海戦術という方法もありますが、私はソフトウェアによる音声認識技術でコールセンター業務を効率化するだけでなく、情報そのものをビッグデータとして生かすことができないかと考えたのです。

ただ、2005年に音声認識の関連技術に触れたときには「まだまだ使い物にならないな」という印象がありました。

緒方　2011年頃になると、すでに音声認識技術が携帯電話に実装されており、少しずつ使われ始めていました。また、多くはありませんがコールセンターにも導入されつつあったかと思います。

三本　はい、その頃になると、技術はだいぶ進化していることが感じられました。そこで知人を通じて産総研の方と会い、産総研独自の音声認識技術が実用の一歩手前まできていることを教えていただいたのです。その後、緒方さんとお会いして説明を伺い、「これだ!」と思いました。

2014年、「産総研技術移転ベンチャー」としてスタート

三本　そこで産総研に相談したわけですが、産総研の技術を移転してもらうには多くのプロセスが必要で、技術使用料もとても高額だとわかりました。ちょっと手が出ない金額で、もはやこれまで……と諦めかけたとき、「産総研技術移転ベンチャー」という制度の存在を教えていただいたのです。

■ 音声情報検索システム（PodCastle）の概要

産総研技術移転ベンチャー制度は費用面の負担は少ないですが、事業化するためにはいくつかの課題をクリアしなければなりません。まず、社会実装するためのしっかりした事業計画が必要でした。そして難問だったのは、産総研の研究者が社内での研究開発にかかわるという条件です。緒方さんから最初はよいお返事がいただけませんでしたが、何回もつくばに通い、技術顧問になっていただけるようお願いしました。

緒方　最終的に引き受ける決心をした理由は、三本さんなら信頼できると思えたこと、それから、10年以上音声認識技術の研究をしてきて「PodCastle」という一つのシステムをつくり、この分野の研究が自分自身の中で一区切りついていたこと。そしてこの技術を、やはりビジネスとして発展させたいという思いがあり、よいタイミングだと考えるようになりました。

三本　緒方さんに技術顧問になっていただき、2014年秋、当社は産総研技術移転ベンチャーとして事業活動をスタートさせました。

緒方　このシステムはweb上で多くのユーザーに使われ、音声データを賢くしていく性能の高さは実証されていました。しかし、音声認識技術に完成形はありません。音声データにはさまざまなコンテンツがあり、さまざまな話し方、さまざまな専門用語があり、さらに新しい言葉も日々生まれていくので、とにかく成長させ続けなくては現場で使い物にならないのです。

そこで三本さんは機械に学習させるためにコールセンターの音声データを収集し、現場で実際に使えるものとしてブラッシュアップしていきました。現在でも、現場でのデータ収集を行って、音声認識の精度を向上させ続けています。

また、今は、当初は実装していなかったディープラーニングを利用した音声認識技術を開発し、それを中心に事業を発展させています。

ライセンス事業からソリューション事業へ

三本　もちろん最初からうまくいったわけではありません。このシステムを企業にライセンス提供するところから始めましたが、当初は、音声認識をどう使い、どう現場を効率化させていくかという答えを持っている企業は少なかったのです。現在はスマホやAIスピーカーへの音声入力を通じて音声認識技術に対する認知は広がり、期待も大きくなっています。しかし、当時は音声認識の実装例といえばロボットの声くらいしかなく、具体的な用途をイメージしにくかったのだと思います。

そのような中でライセンス事業は難しく、より具体的な使い方までを提案するワンストップ・ソリューションとしてつくり込んでいくしかないと気がつきました。そこで金融機関の営業支援のための顧客関係管理ソリューション「VCRM」や、コールセンター向けにカスタマイズしたソリューション「VContact」など、お客様の具体的な課題を解決するソリューションとして音声認識技術を組み込んだ商品を開発しました。

緒方　2016年に銀行が「VCRM」を採用したことが飛躍のきっかけになりましたね。私も何度も三本さんと一緒に銀行へ足を運び、この技術の優位性や可能性について説明しました。

三本　当社にはまだ実績がなかったので、産総研技術移転ベンチャーという肩書はもちろん、産総研の研究者である緒方さんが技術的な説明をしてくれたことは、クライアントにとって大きな安心感につながったと思います。タイミングよく、社会的にオープンイノベーションの波も来ており、外部の技術を積極的に採用する雰囲気が企業側にもあり、「VCRM」を採用していただけました。

緒方　銀行での導入についてプレスリリースを出し、それが呼び水となってプロバイダのコールセンターへの「VContact」の

導入も決まりました。

三本　コールセンターの会話の音声認識は簡単ではありません。オペレーターの側の音声はマイクが口元にあり、きれいに音を拾えますが、通話相手の環境はさまざまです。通話品質の違いもあれば、背後で音楽が流れることもあるわけです。そうなると音声認識精度は下がってしまうので、導入にあたっては実際のコールセンターで実証実験を行い、クライアントと一緒に音響モデル（音声認識システムの性能を左右する重要パーツ）もつくりながら最適化を図っていきました。

産総研と一緒に開発していることが信頼につながった

三本　現在、「VContact」を使うと通話中に音声認識してテキスト化を行い、通話終了の時点では内容の書き起こしが完成しています。会話内容をもとに通話中に適切なFAQを表示することもできますし、通話内容の要約も自動的に作成でき、オペレーターの作業効率を大幅に向上させています。

また、トラブルがあると、これまでは上司が録音した音声でやりとりを確認していましたが、現在はテキストで確認できるので、やはり作業時間が短縮できています。今後もコールセンターの徹底的な効率化を進め、将来的には3〜5割程度の人員を削減できるようにしたいと考えています。

さらに現在は、オペレーターの自動化にもチャレンジしています。ユーザー側の入力操作を必要とせず、「欲しい色はどれですか」「赤です」「赤ですね」などと、自然な対話で応答できるようにしたいと考えています。機械だけで電話注文に応対するには、ユーザーの声を正しく認識して正しく返答するだけでなく、名前や住所、電話番号なども正確に認識する必要があります。精度向上のためにやるべきことはまだまだあります。

緒方　現在、Hmcommは社員も増え、学生インターンも何人も働いています。まさか数年でこんなに大きくなるとは思っていませんでした。やはり三本さんが音声認識サービスの事業化という風穴を開けたことが大きかったのでしょう。今は産総研の技術とは別に、独自技術も展開できていますね。

三本　最近、「音」の技術の応用として、畜産分野で豚の咳から病気を見つけたり、鳴き声の変化から発情期を知ったりすることに用いはじめました。熊本にも拠点を作り、これから伸びていく分野ではないかと感じています。

社会実装にあたっては弊社の技術とクライアントの事業のマッチングが重要ですが、産総研の全面的な協力があったからこそ、クライアントは当社を信頼してくださったと思います。

産総研の技術に関心があり、それを事業化してみたいという人は、まずは相談するとよいと思います。個人では時間と費用がかかるベンチャー設立時の法的な部分の支援もしていただいています。

緒方　自分の研究がどのように事業化され、どう社会に役に立つのか、研究者にはわからないところがあります。三本さんが私の培った技術をビジネスとして発展させてくれて、嬉しく思っています。産総研には事業にできる可能性を秘めた技術がたくさん揃っていますので、何かやりたいことがある方は、ぜひ産総研の技術を探してみてください。

「技術を社会に」産総研の技術を
あなたの事業に活用してみませんか。

イノベーション推進本部
ベンチャー開発・技術移転センター

〒305-8560
茨城県つくば市梅園1-1-1
https://unit.aist.go.jp/ictes/index.html

音声情報をデータ化できればいろいろなことが
効率化できます!お気軽にご連絡を。

Hmcomm株式会社

〒105-0012
東京都港区芝大門2-11-1 富士ビル2F
http://hmcom.co.jp/

YouTube　産総研チャンネル　「AIと音声認識技術による最先端のビジネスソリューション」もご覧ください。

噴霧直後に“乾燥”!? 極微細ミスト発生ノズル

化学分析から農業、食品、工業など幅広い応用を期待

KEY POINT

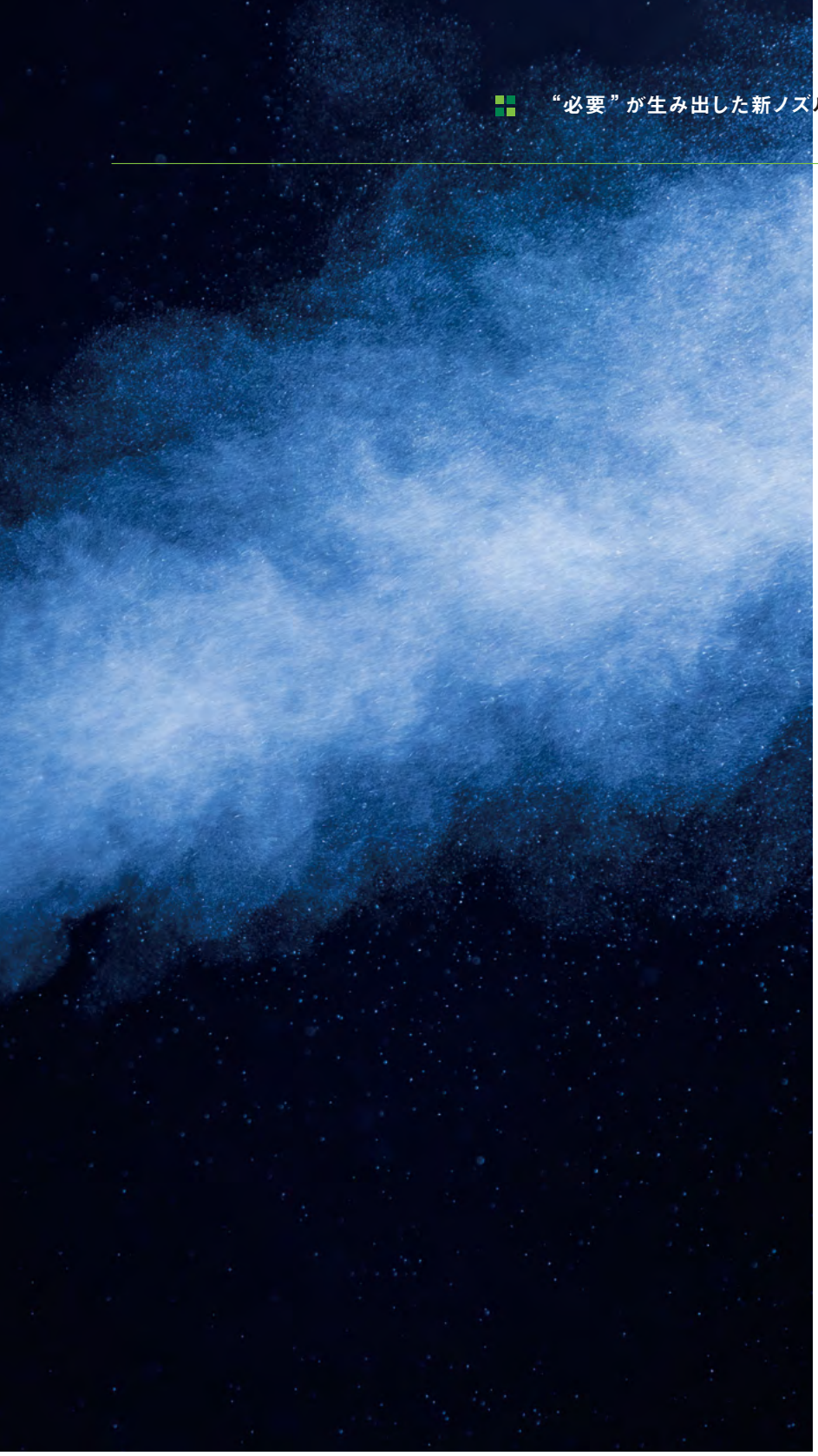
研究者が自らの化学分析のために試作したドライミスト発生器。それは既存品よりはるかに微細な**3 μmの液滴**を、**安定して高効率に噴霧**でき、分析機器の用途を超えて、**スプレー乾燥**や**農業用の冷却**や**滅菌**等、さまざまな用途に応用できることがわかった。

高感度、高精度な化学分析には高性能なネブライザーが不可欠

日常生活でドライミスト(微細ミスト)に触れる機会はそう多くない。花粉症の人であれば、治療のとき、鼻から吸引する薬剤をミストにするネブライザーがそれだ。また、夏の公園やマラソンレースなどで涼をとるために使われるミストシャワーもこのドライミストの一つである。

しかし、産業界に目を向けると、ドライミストを発生させるネブライザーは多くの分野で使われており、その用途も、素材の表面処理や塗装、加湿、冷却、洗浄、除菌・滅菌など、非常に幅広い。

そしてもう一つの重要な用途が、化学分析である。質量分析計などで微量の液体試料を分析するためには、分析



計量標準総合センター
物質計測標準研究部門
環境標準研究グループ
研究グループ長
稲垣和三
Kazumi Inagaki

物質計測標準研究部門
環境標準研究グループ
主任研究員
宮下振一
Shin-ichi Miyashita

物質計測標準研究部門
バイオメディカル標準研究グループ
主任研究員
藤井紳一郎
Shin-ichiro Fujii

機器にいかに効率よく試料を取り込めるかが鍵となる。この試料導入の際にネブライザーが用いられているのだ。これまで研究現場では「はかる側」である分析機器の性能向上が進み、「入れる側」であるネブライザーの性能はあまり重要視されていなかった。しかし、近年になって機器自体の分析性能の向上が頭打ちになってくると、次は試料導入のプロセスを見直す必要性が高まり、ネブライザーの高性能化が注目されることになった。

化学物質の標準を開発している産総研の環境標準研究グループにとって、高感度、高精度な化学分析は研究活動のツールとして必要不可欠であり、グループ長の稲垣和三をはじめ、研究員たちは常に高性能なネブライザーを求めていた。化学分析におけるネブライザーの重要性について、稲垣はこう語る。

「例えば、質量分析計で溶液中の元素の質量を計測するときには、試料をどのくらい効率よく微細化できるかが重要です。というのも、大きな液滴が混じると、安定した信号が得られず、高精度な測定ができないからです。より多くの液滴を微細化して分析機器に送り込むことにより初めて、安定した信号を得られるようになるのです」

もちろん市販のネブライザーにも高性能なものはあるのだが、稲垣らは、さらなる高精度な化学物質測定のために、市販品以上の性能のネブライザーを求めていた。

高性能ネブライザーがないなら自分たちでつくろう!

一方、バイオメディカル標準研究グループの藤井紳一郎は、ヒトの体内物質の標準の開発を担当している研究者だ。10年ほど前、DNAを分析していた藤井は、構造内に含まれるリンを計測することでDNAを定量分析するために無機元素測定機器を借りたいと稲垣に相談した。しかし、そのとき環境標準研究グループにあった装置では、性能面で藤井の目的を叶えることはできなかった。

「測りたいものを、望むレベルで測れるよい装置、それを実現するための超微細なミストをつくれるノズルがない。ならばいっそ自分たちでつくろうか、と二人で話したのです」と、藤井は当時を振り返る。

そこで稲垣と藤井は、工学の専門家ではないにもかかわらず、超微細なミストを噴霧できるスプレーノズルの開発に乗り出した。とにかく、研究のために必要な高性能ネブライザーがほしかったのだ。

開発にあたって稲垣らは、生成されるミストの評価を高精度に行い、信頼性の高い装置にすることを重視した。稲垣も藤井も計量標準の研究者であり、研究データの再現性、信頼性を人一倍大切にしているからだ。スプレーされるミストを撮影して画像分析できる装置を導入し、液滴のサイズや噴出範囲や角度など、徹底的に性能評価を行った。画像分析装置の導入後、開発は一気に加速した。

「ネブライザーの性能を客観的に把握した結果、もしかしたら私たちにはもっと面白いものがつくれるかもしれない、と感じました。そこで、自分たちの研究ニーズを満たす道具をつくるだけでなく、ノズルそのものを高度化することも研究対象にすることにしたのです」(稲垣)

画像分析の結果を見ながら噴射口の大きさや噴射の角度を調節し、ミストを作るためにメッシュ構造を組み入れては、また噴射して分析する。ネブライザー本体の製作は外注したが、ノズルは自分たちで製作した。より効果的に噴射できる形状にするために、自分たちでガラス部品を引き延ばしたり樹脂に穴を開けたり、細部にわたって調整を行ったのだ。

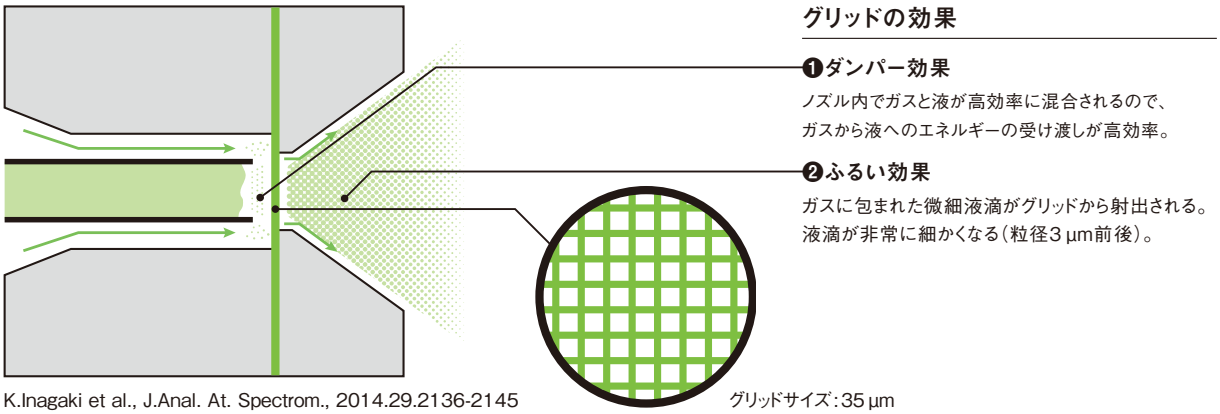
そして開発開始から3カ月後、満足できる性能のスプレーノズルが完成した。

液滴サイズはわずか3 μm

開発したのは分析機器用に特化した「3重管構造のノズル」と、微細さと耐久性を両立させた「グリッド構造のノズル」である。

一般に、狭いところからガスを噴出させると速度が上がり、溶液とぶつかったときに衝突破砕という現象が発生する。普通のノズルでは、乱流によって溶液がガスの吹き出し口に触れ、そこでそのまま乾燥してしまい、溶液内の物質が固まって目詰まりすることが多い。それに対して3重管構造のノズルでは、溶液の通る道とガスの通る道を完全に分けたため、ノズル内で混じり合うことがなく、試料がガス口を塞

■ グリッドを用いた噴霧器



K.Inagaki et al., J.Anal. At. Spectrom., 2014.29.2136-2145

ぐようなことは起こらない。つまり、目詰まり耐性が非常に高いノズルなのである。

もう一方の「グリッド構造のノズル」は、一般的なスプレーノズルの噴出口に、35 μmメッシュサイズのグリッドをつけたシンプルな構造のものだ（図参照）。噴き出したガスと試料液がグリッドにぶつかりノズル内で効率よく混ぜ合わされ、ガスに包まれた微細な液滴がグリッドから飛び出してくる。このとき、グリッドが「ふるい」のようにはたらき、液滴がとても細かくなるのが特徴だ。

生成される液滴のサイズは、既製品が平均7～10 μm程度なのに対し、稲垣らが開発したノズルの液滴はわずか3 μm程度、体積では1/10以下、表面積では1/5以下のサイズである。

ここまで液滴が小さいと、スプレー口から30 cm程度まで手を近づけても、噴出している液体で濡れることはない。一般的な7～10 μmの液滴のドライミストだとそこまで近づけると濡れてしまうが、このミストは噴霧した直後に乾燥する、文字通りのドライミストである。

さらに、既存のノズルは3 μmの液滴を吹き出すために超音波振動を利用する方式をとっているものもあるが、振動子の熱冷却や素子の寿命などの理由から連続使用に課題がある。ガスを用いるこのネブライザーは振動子自体を使っていないためにその心配はなく、高い性能を長く維持できる。

2009年、この質量分析機器用ネブライザーは製品化された。以降、産総研のネブライザーはこの分野のトップランナーであり続けている。

冷却、エマルジョン生成、スプレー乾燥……産業用途へ幅広く展開

ネブライザーの用途は幅広いが、「そもそも自分たちのニーズを満たすために開発してきたので、当初は研究用以外に用途があるとは思っていませんでした」と、稲垣は苦笑する。

転機は2014年の産総研主催の展示会への出展だった。どうしたら多くの方に目を留めていただけるだろうか。その方法を皆で考えていたとき、「スプレーノズルはさまざまな産業現場で使われているはずだ」とようやく気づいたという。そこで、より広い分野をターゲットにしようと、あえてこれまでのメインターゲットだった「分析」という言葉を外して紹介したところ、「こんなことはできないか」「この分野にも使えるのでは」と、企業からさまざまなアイデアが寄せられたのだ。しかし、なかなかすぐには応用につながらなかった。

それは、企業が具体的に応用し、実用化するには、まだまだ実証データが足りなかったからだ。そこで取り組んだのは実証データの作成だった。

例えば冷却効果のデータだ。ミストが降り注いでいると涼し

く感じるのは、水滴が蒸発するときに皮膚表面から熱を奪うためだが、実際に温度がどのくらい下がるのかを示す必要がある。計測したところ、手にミストをスプレーして蒸発させた場合、数秒で5～6 ℃の冷却効果が見られた。

次に取り組んだのはエマルジョン（互いに混じり合わない2種の液体で、一方が他の液体中に微粒子状で分散しているもの）作製である。材料合成や食品加工ではエマルジョンを利用するプロセスが数多く存在する。こちらはどのようなものを作れるのか具体例がなかった。そこで身近にある混ぜ合わせにくい物質の代表格である水と油（乳化剤不添加のオリーブ油）を同時に噴霧し、平均サイズ3 μm程度の安定なエマルジョンが生成できることを示した。

さらに、粉末調味料など、保存性・計量性・流通性にすぐれているため食品加工分野で広く利用されるパウダー食品の作製にも、この技術が利用可能であることを確認した。

藤井によると、最近、バイオメディカルの分野でもこの方法が注目され始めたそうだ。食品と同様、「熱変性」をさせずにタンパク質製剤を造粒することが可能なためだ。

一方で、食品のパウダー化を通じ、あまりに微細であるとむしろ不適当な場合があることもわかった。

「そこで視点を変え、材料製造の場面でのスプレー乾燥に使えないかと考えました」と稲垣。粉体材料製造では、製造プロセスにおいて水をいったん除去する必要があるケースが多々ある。現場では、エネルギーコストをかけずに素早く水分を除去したいわけだが、通常はフィルターで濾したり、加熱したりして水を除去する。しかし、余計なエネルギーコストがかかるため、なるべくしたくない。そのようなとき、このネブライザーを使ってスプレー乾燥してはどうか、というわけだ。溶液を噴霧してもすぐに乾くので、効率よく粉体を回収できるはずだ。

滅菌スプレーとしても期待

さらに新たに開発を始めたのがスプレー滅菌用ノズルだ。これを農作物に使えるのではないか、と考えている。ドライミストが栽培ハウス内の冷却に使えるのはもちろんなのだが、藤井は滅菌という用途にも手応えを感じているのだ。

「例えば菜園生育している葉物野菜は、雑菌を死滅させたいのですが、なるべく薬剤を使用したくありません。例えば、過酸化水素水のように滅菌効果があり、比較的残留の少ない薬剤でも、使用量の抑制が望まれています。過酸化水素水を微細噴霧しても、滅菌効果を維持することができれば、わずかな液量で、安全に野菜を滅菌できるというわけです」

現在、明治大学と連携して、大学の閉鎖系農場での使用を想定したラボスケールでの大腸菌滅菌試験を進めているが、新開発のノズルと一般のスプレーノズルを比較した場合、新開発のノズルでスプレーしたときの方が大腸菌の滅菌効果が大きいことが確かめられつつある。

スプレー滅菌には、安全性の高さのほかに、ミストが細かいために葉が濡れず野菜が傷みにくいこと、噴霧後に微細ミストが気流に乗ってゆっくりと空気中を漂うため、広い範囲に滅菌成分を届けられるメリットもある。液滴が大きいとミストが重いため、スプレーしてもすぐに落下してしまうが、微細なミストは軽く、気流に乗って空間的に回り込んでいくため、葉の裏側まで十分に滅菌できるのだ。

「細かいミストが効率よく広い範囲に届くため、従来よりも少ない溶液で滅菌ができて効率的です。将来的にセンシング技術と組み合わせれば、必要な箇所にだけピンポイントで噴霧できるので、より効率は高まるでしょう」と藤井は言う。

再び化学分析へ

もともとの用途である化学分析分野でも、より高度な化学分析を可能にする構造へとノズルの高度化を進めている。この分野の応用を担当する宮下が携わった成果の一つが、スプレーを利用したマイクロプラズマジェットである。もともとは、産総研内の別の研究者が稲垣らの「3重管構造のノズル」でマイクロプラズマジェットを形成し、ナノ粒子合成を試みたことから始まっている。

「ガスと溶液を噴射するときに高周波の高電圧をかけることでプラズマが生じます。この現象を使って、物質の分解・合成など、さまざまな反応を起こすことができるので、反応を利用する化学分析に有効なツールとなります。通常のノズルでは、安定したマイクロプラズマジェット形成が難しいのですが、先の3重管構造のノズルは電極を1本加えるだけでマイクロプラズマジェットを形成することができるのです」

企業ニーズによる新展開を期待

長い試行錯誤を経て、再現性と信頼性が高い製品をつくり上げた結果、稲垣らにはノズル設計のノウハウが蓄積でき、現在はかなりのスピードで新しい用途に合わせたものが開発できるようになっている。

「この経験は、現在取り組んでいるスプレー乾燥、スプレー滅菌などに特化したノズル開発にも非常に役立っており、私たちの強みになっています」と稲垣が言えば、宮下も、「化学分析用のネブライザーはナノ粒子や細胞の計測などへの応用が広がっています。可能性の大きい技術ですので、企業の皆様から『こんなことに使えるのでは?』というご提案を、ぜひお寄せいただきたいです」と力を込める。

藤井は「産業界との接点はまだ限られていて、私たちが気づいていない用途がたくさんあると思います。皆さんの会社や仕事の潜在的な問題を、ぜひお聞かせください」と、現場のニーズを聞くことでさらに応用が拡大することを期待している。

「こんな用途に使えないか、などのご要望、ご相談があれば一度声をかけてください。ぜひ、私たちのノズルを試していただきたいと思います」と稲垣が結んだ。

アイデアひとつでいろいろな用途に使えます!お気軽に相談いただき、実物を試してください。

産総研　計量標準総合センター
物質計測標準研究部門

〒305-8563 茨城県つくば市梅園1-1-1 つくば中央第3
029-861-4346（計量標準調査室）
nmij-info-ml@aist.go.jp　https://unit.aist.go.jp/nmij/

NEW TECHNOLOGY

水分・CO_2・熱の吸着・放出を安価に実現

鉱物生まれの高性能吸放湿材「ハスクレイ」

KEY POINT

高い吸湿性能をもち、**低温での機能再生**が可能、繰り返し使える「ハスクレイ」。空調用吸湿材として開発されたが、低コストで**省エネ効果が高い**ことから、現在は**農業用ハウス内のCO_2回収・施用システム**や**熱供給システム**として新たな活用が進んでいる。

地圏資源環境研究部門
地圏化学研究グループ
研究グループ長
鈴木 正哉
Masaya Suzuki

多孔質材料で省エネルギーに貢献したい

1996年、名古屋工業技術研究所（現産総研中部センター）の若手研究者だった鈴木正哉は、「太陽熱から氷をつくる」という技術の存在を知って大きな衝撃を受けた。容器内の水を多孔質材に吸着させていくと、気化熱によって水の熱が奪われて冷却され、最終的には氷になる——という技術である。

当時、鉱物の性質に関する研究を行っていた鈴木は、太陽のエネルギーで水を冷却できるこの技術に感動し、自分も省エネルギーに有効な技術をつくりたい、という強い思いを抱くようになった。

「そこで使われていたのは、ゼオライトという天然に存在する多孔質の鉱物でした。であれば鉱物研究者である自分も多孔質材料で省エネルギーに貢献できるはずだ。そして、できればそれをライフワークにしたい。そう思ったのです」

その決意通り、鈴木は今も省エネルギーに貢献するための材料開発を続けている。

鈴木の注目したゼオライトには、吸湿した後に熱で温めて乾燥させることで吸湿機能が再生するという性質があり、何度でも繰り返し使うことができる。ただし、ゼオライトを再生するには200 ℃以上という高温で加熱する必要があり、そこが課題となっていた。できるだけ低温で加熱再生できれば使用するエネルギーが少なくて済むことはいうまでもない。1990年代後半以降、さまざまなメーカーが低温再生型の吸湿材料の合成にしのぎを削った。

産総研も、鉱物資源をもとにさまざまな多孔質材料の利用と合成を試みていた。そしてそこから生まれた成果の一つが、アロフェンという天然素材を用いた調湿タイルだ。室内の湿度が高くなると湿気を吸収し、湿度が低くなると自動的に放湿する画期的なタイルは、調湿建材「エコカラット」として株式会社LIXIL（発売当時は株式会社INAX）から製品化されている。

空調用吸湿に最適な材料を探す

その頃、鈴木が研究していたのはアロフェンと似た性質を持つイモゴライトという鉱物だった。火山灰土壌に存在するナノチューブ状のケイ酸塩であるイモゴライトは、湿度90%という高湿な場では自重の2倍もの水分を吸着できる。鈴木はこれがデシカント空調の吸湿部材（デシカントローター）に使えるのではないかと考えた。

デシカントというのは乾燥剤のことで、エアコンで空気を冷却する前に吸湿部材が空気中の水蒸気を吸い取る。冷やす前に空気を乾燥させるので、一般のエアコンに比べて冷却に使うエネルギーが抑えられる。家庭用エアコンはもちろん、産業分野でも、工業をはじめとして湿気を嫌うところは多く、吸湿材の高機能化は社会から求められていた。

しかしながらイモゴライトは天然で産出する量が限られているため、吸湿材として実用化するには大量に合成する技術が不可欠である。鈴木は大量生産技術の開発に取り組んだが、どうしても収量は上がらず、結局、生産量もコストも実用化レベルにすることはできなかった。

「どんなに性能が興味深くても、実験室レベルに留まっていて、実用化できないのでは意味がありません。やるべきことは、大量生産が可能で、コスト的に見合い、事業化につながる材料の開発ではないだろうか。そう結論し、医療分野以外のイモゴライトの研究を終え、別の材料を探す決断をしました」

2005年のことだった。

ハスクレイの誕生

イモゴライトの研究を踏まえ、新たな材料の探索にあたっては「豊富で安価な原料でつくれるもの」を前提とした開発を行うことにした。生産コストの目標は、吸湿材として広く流通しているシリカゲルと、高品質だが1 kgあたり1,000～2,000円と高価なゼオ

ライトの間の価格で販売できることだ。

一方、性能面では、湿度60%における水蒸気吸着量が100 ℃での乾燥重量を基準にして30 wt%を超え、かつ、幅広い湿度で吸放湿できるような性質をもっているものとなることを目指した。

多様な物質を検討しては合成し、評価を繰り返すこと2年。鈴木はとうとう性能・コストともに条件を満たす物質を発見した。ケイ酸水溶液とアルミニウム水溶液によって形成される、10 nmほどの粒状体である。鈴木はこの物質を「ハスクレイ(HASClay)」と名付けた。ハスクレイの名は、この物質が非晶質な水酸化アルミニウムケイ酸塩(HAS:Hydroxyl Aluminum Silicate)と粘土(Clay)の複合体だと考えられることに由来する。

「ハスクレイの水分吸着量は、湿度60%における吸着量が45 wt%と目標を大きく上回り、オムツなどで用いられるポリアクリル酸塩などの高分子吸着材並みに優れた性能を示しました。しかも高分子吸着材の場合、水分を100%吸着すると再生することはできませんが、ハスクレイならどんなに水分を吸っても60〜80 ℃という低温の熱源であたためるだけで大部分が放出され、繰り返し使うことが可能です。とても有望な材料だと思いました」

ビニールハウス内のCO_2を常温・非加熱で回収し再利用

ハスクレイは水分だけではなく、二酸化炭素(CO_2)も吸着できる。約10年前、その性質に注目して鈴木に相談を持ちかけたのが奈良県農業総合センター(現奈良県農業研究開発センター)だった。これをきっかけに、鈴木は農業分野でのハスクレイの活用に力を入れることになる。

一般に、農作物の収量とCO_2の濃度には密接な関係がある。大気中のCO_2濃度は400 ppm程度だが、これを1000〜1200 ppmに増加させると光合成が促進され、例えばイチゴの場合、収量が約3割も増加するのだ。そのためビニールハウスで作物を栽培するときには、日中、CO_2ボンベやボイラーを使用して、ハウス内にCO_2を供給していることが多い。しかしCO_2ボンベはコストが高く、またボイラーを使用する方法では、ボイラー燃焼によりハウス内の温度が上がりすぎてしまうため、ハウスの上部を開けて熱を逃がさなければならず、せっかく供給したCO_2もある程度の量が熱と同時に逃げてしまう。効率が悪い方法だが、農業の現場では、必要に迫られ一定のロスに目をつぶってでも行わなければならない現実があった。

「さらに、気温が下がる夜間には、ハウス内の温度を維持するためにヒーターで加温することになります。昼はCO_2のために、夜は加温のためにボイラーを使うので、燃料代の負担は農家に重くのしかかってきます。奈良県農業総合センターからの相談は、高性能な吸着材を用いて、燃料コストとCO_2の排出量をともに削減できるシステムができないだろうか、ということでした」

検討したのは、夜間の暖房で排出されたCO_2を吸着材に吸着させて回収し、これを昼間に放出して、ハウス内のCO_2濃度を高める、というシステムだ。

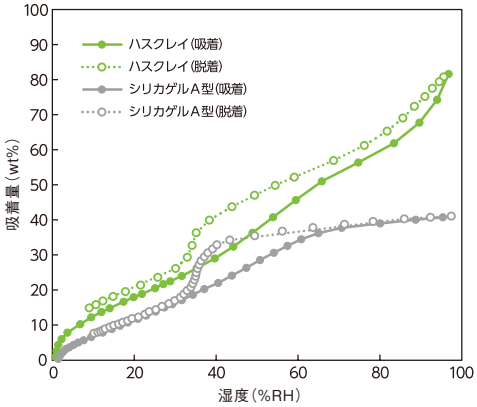
「このとき、CO_2を放出するためのさらなる追加熱源を必要としないシステムにしたかったので、CO_2の濃度差を利用し、外気を送るだけでCO_2を放出できるような仕組みをつくりました」

真空ポンプやヒーターは使わず、常圧・非加熱でいつでも運用できる、低エネルギーかつ高効率なシステムが完成した。

「現在ハウス栽培に使われている燃料の量は、私たちの想像以上に膨大です。例えば、野菜の中で最もビニールハウス栽培における収穫量の多いトマトでは、全国で延べ2,000 haを超えるハウスで燃料を使って栽培が行われています。そしてこれに年間21万 kLもの重油が使われているのです。これは石油コンビナートのタンク2つ分に相当し、CO_2排出量は60万tにも達します。吸着材を使ったCO_2回収・再利用装置が広く使われるようになれば、燃料とCO_2の削減に貢献できることは間違いないと思います」

ハスクレイ

ハスクレイとシリカゲルの比較



大規模熱利用システムへ発展

ビニールハウスの中では水分のコントロールも課題となる。夜のハウス内は非常に湿度が高く、100%となることがほとんどである。だが野菜は水滴がつくと傷みやすくなるし、病気にもかかりやすくなる、高湿すぎるのはあまりよいことではない。

「ハスクレイは吸湿・放湿が得意なので、もちろん余分な水分を吸い取るのに活用できます。しかし私は、ハスクレイが水分を吸着するときに出る熱も用いることで、省エネルギーな熱供給システムとして構築できたらもっとよいのではないか、と考えました」

例えば、夜間、ビニールハウスの中は温度が10～15 ℃、湿度が90%になるとしよう。ハスクレイに水蒸気を吸着させることで、ハウス内の湿度を75%程度にまで低下させる。同時に、そのときに発生する吸着熱によって空気を温め、40～50 ℃の温風として排出すれば、ハウス内の暖房に用いることができる。鈴木はそう考えたのだ。

そして、朝になったら外気を導入する。外気が湿度30%、温度が25～30 ℃である場合、ハスクレイに貯められた水蒸気はその暖気に温められて放出される。すると今度は、蒸発するときの気化熱によって15～20 ℃の冷風が出てくる、というわけである。ハスクレイによって水とCO_2を循環させ、加温・冷却、除湿・加湿、それにCO_2の吸収と供給を実現する、多くのニーズを同時に満たす省エネシステムである。

このシステムをビニールハウスに導入し、温度が一定未満になると自動的に作動する加温機が何回稼働するか実験を行ったところ、システムを導入しないハウスでは1日13回稼働したが、システムを導入したハウスでは1日8回の稼働にとどまる、という結果になった。細かい条件などのデータは2019年秋以降からとり始めるが、加温機の稼働を3割程度は減らせると見込まれている。つまり、補助暖房として用いるだけでも、夜間の暖房に使う燃料がかなり削減できると予測できる。

このような吸湿・放湿と加熱・冷却を組み合わせた省エネルギーの熱利用システムは、一般の家庭やオフィスでのニーズも高く、応用が期待される。

鈴木が農業に力を入れるのは、一つに、農業分野がこの技術を切実に必要としていることがある。燃料コスト負担の問題はもちろん、湿度そのものがもたらす問題も深刻だからだ。例えば、スイートピーなどは花びらに水滴がつくとシミができ、商品にならなくなってしまうため、輸送時の箱の中を常に低湿に保っている必要があるという。イチゴ栽培などでも湿度が高いとカビが生えやすく、やはり湿度のコントロールは不可欠だ。

「農業は、1日でも暖房が止まると作物がダメになってしまう、継続性がなによりも重視される世界です。出荷するまでに数カ月かかり、失敗したらまた明日からやり直そうというわけにもいきません。私は農業の大変さに触れ、安価で安定的なシステムをつくることで貢献したいと思っているのです」

水蒸気もCO_2も熱も吸着できるハスクレイは、農業だけでなく、鉄鋼・セメント業界をはじめ、多くの業界から注目されている。また、これまで未利用だった工場などの低温排熱を回収・貯蔵し、別の場所でその熱を放出して生産プロセスなどの熱源として使用するという、大規模な熱利用システムの実証実験も始まっている。

「水蒸気やCO_2を吸着でき、低温で再生できるハスクレイを使うことで、環境に負荷を与えず、さまざまなことが実現できます。皆さんの抱える課題の解決に、ぜひハスクレイをご検討ください。ゼオライトやシリカゲルなど、さまざまな材料も組み合わせて、よりよいものを作れると考えています」

省エネルギー、省資源や環境配慮は地球規模の緊急課題だ。鈴木は産業界と協力して、ハスクレイ活用の場を大きく拡げていくことを熱望している。

農業に携わる方はもちろん、省エネが必要と考えている方はぜひお気軽にご相談を!

産総研　地質調査総合センター

〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 つくば中央第7

geore-web-ml@aist.go.jp

https://unit.aist.go.jp/georesenv/

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　検索

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次号予告

» 2019年9月号は化学物質による物質の移動や分離についてご紹介します。

産総研LINK　No.25　2019年7月発行

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

子育てサポートしています 2014年認定事業主
仕事と介護の両立支援
女性が活躍しています！
VEGETABLE OIL INK

■ 禁無断転載 ©2019 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ものではありません。
■「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。

産総研チャンネル　バックナンバー

AIST15-E00004-25