



# 宮崎ブランドを輝かす 残留農薬検査システム

## 超臨界流体抽出分離装置で初めての安全チェック

農業王国を誇る宮崎県が、このところの国内市場の縮小、貿易自由化による国際競争に挑もうと、独自のブランド戦略に打って出た。鮮度を落とさず、コストをかけず、短時間で残留農薬を調べ、消費者に届く前に安全を確認し、安心して消費してもらおうというのだ。JSTの研究成果展開事業(先端計測分析技術・機器開発プログラム)のチームリーダーで九州大学の馬場健史教授(元:大阪大学)と、宮崎県総合農業試験場の安藤孝部長が開発し、この画期的な検査システムの普及促進を全国に呼びかけた。食の安全・安心だけでなく、ゆくゆくはおいしさや機能性などの測定もでき、医療、製薬、化学工業などさまざまな分野への応用も見込まれる。究極の先端計測の成果が、新たな産業を生み出す日も遠くはない。

### 残留農薬の 検出時間を大幅短縮

温暖な気候と長い日照時間に恵まれた南国・宮崎県は、マンゴーや日向夏、ピーマン、きゅうり、トマト、黒皮かぼちゃなどの生産で知られる食の宝庫だ。市場に流通する農産物やその加工食品は、国や自治体が残留農薬を検査している。基準値を超える農薬が検出されると、消費者も生産者も大きなダメージを受ける。そのため、自主的に検査を行う生産者や団体もあるが、これまでの分析装置では1つの農作物の分析

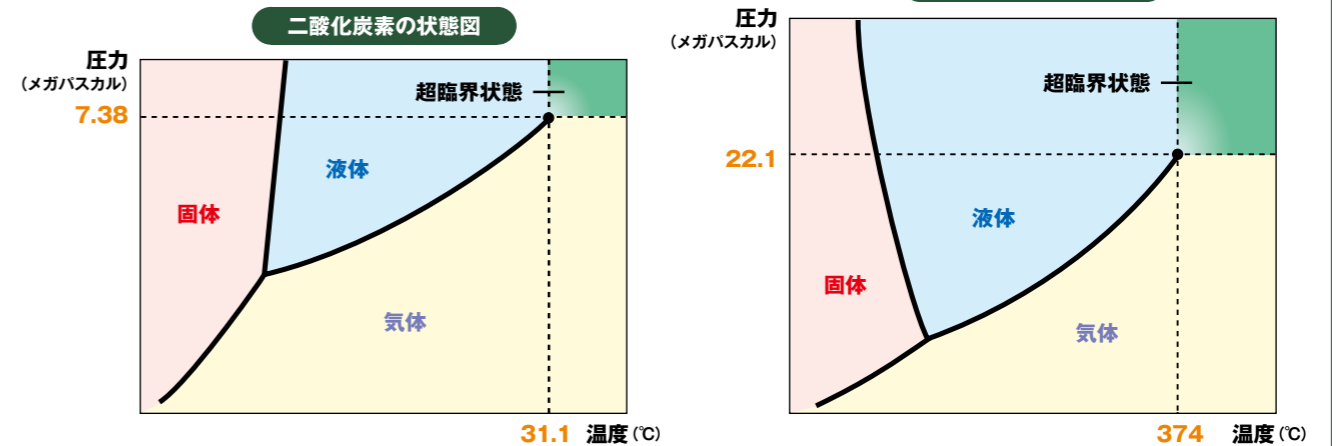
に3日から1週間もかかった。これでは、新鮮さが命の野菜や果物の鮮度が失われかねない。費用もかさむため、農家が簡単に検査を依頼できなかった。

今回開発した残留農薬検査システムを使うと、1つの農作物の分析にかかる時間はわずか50分程度。しかも1回に約500種類もの農薬成分を検出できる。最大48種類の農作物を一度にセットでき、あとは自動で順次分析する。スタッフが帰り際に試料をセットすれば、あとは無人で検査できるため、従来に比べて大幅に費用を下げるのが可能になった。

### 液体と気体の特徴と性質が 混在する超臨界流体

農薬を検出する一般的な手順は、農産物の色や香り、味などの成分と混在している中から農薬だけを抽出する。さらに、「クロマトグラフ」という分析装置で農薬の種類ごとに分離し、最後に質量分析計でその量を特定する。これまでの検査では、農薬の抽出工程だけでも手間がかかり、農薬の種類によってクロマトグラフィーをいくつか使い分ける必要もあり、わずか数種類の農薬でも分析に何日もかかっていた。

図1 二酸化炭素と水の超臨界状態



今回開発したシステムは、「超臨界流体」という特殊な状態の二酸化炭素を用いることで、抽出、分離などの複数の工程を1つの装置で、しかも一気に分析できる画期的な方法だ。

水や二酸化炭素などに一定以上の圧力と温度を加えることで超臨界状態になる超臨界流体は、液体の溶解性と気体の拡散性の両方の特徴を併せ持つ(図1)。二酸化炭素は水に比べてはるかに低い温度と圧力で超臨界状態になる。見た目は粘り気がなくサラサラしているが、液体のように色々なものを溶かし込むことができ、気体のように狭いところにも入り込んでいく。圧力と温度を操作すると、溶解度を変化させることもできる。つまり、常温・常圧では溶けない物質を超臨界流体に溶かし、それ

を常温・常圧に戻すことで抽出できるのだ。

### 野菜をすりつぶし、 セットするだけの簡単操作

残留農薬を抽出する手法を安藤さんに聞いた。

「まず、すりつぶした農産物から農薬を抽出します。このとき超臨界状態の二酸化炭素を使うので、「超臨界流体抽出」と呼びます。もともと、コーヒー豆からカフェインだけを取り除く製法で使われていた技術で、農作物から農薬だけを抽出できるはずだと考えたのです」。

「洗剤の汚れを落とす仕組みで、汚れが丸い玉に包まれて浮かび上がるあのイメージに近いと思ってください。そのときに、色素や味の成分、油脂などはそのままに、農薬だけ

を取り込むために、最適な圧力と温度の条件を整えるのです」。安藤さんは1996年から超臨界状態の圧力と温度を微妙に調整するという根気のいる研究を続け、やっと農薬成分を選択的に抽出できる最適な温度と圧力の条件を見つけ出した。それが約40度、15メガパスカル(水深1,500メートル相当)だった。さらに、500種類程度の農薬を一度に抽出できることもわかった。

抽出した農薬は、複数のクロマトグラフィーで種類ごとに分離していた。その頃に、超臨界流体を用いたクロマトグラフィーの研究開発者である馬場さんと出会った。

馬場さんは、人づてに「超臨界流体抽出の達人が宮崎にいる」と聞きつけていた。自分の技術と組み合わせれば、いいものができるのではないかと興味を持って探し始め

### 馬場 健史

ばんば・たけし

九州大学生体防御医学研究所  
教授

2001年、大阪大学大学院工学研究科博士後期課程単位取得退学、博士(工学)。日立造船株式会社主任研究員(NEDOプロジェクト博士研究員)、大阪大学大学院薬学研究所助手、助教、同大学院工学研究科准教授を経て、15年より現職。12年より研究成果展開事業 先端計測分析技術・機器開発プログラム 機器開発タイプ「質量分析用超臨界流体抽出分離装置の開発」チームリーダー。

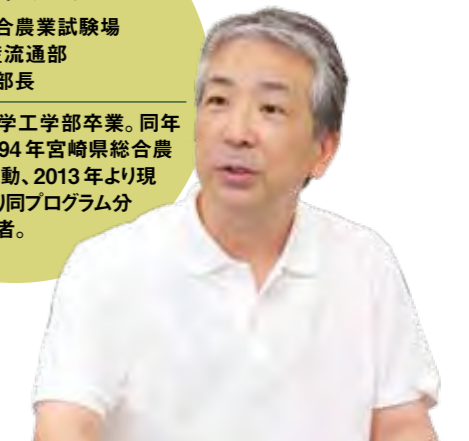


### 安藤 孝

あんどう・たかし

宮崎県総合農業試験場  
生産流通部  
部長

1984年、京都大学工学部卒業。同年宮崎県庁入庁、94年宮崎県総合農業試験場へ異動、2013年より現職。12年より同プログラム分担開発者。

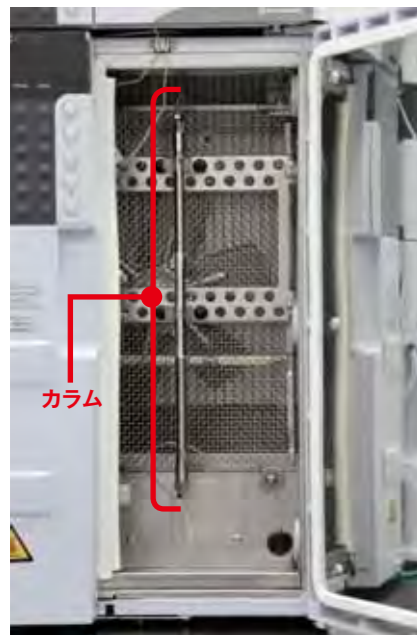




開発された質量分析システムの全体。島津製作所ですでに製品化されている。

た。研究者は新しい情報をまず論文検索から始める。しかし、論文をいくら調べても見つからない。あとでわかったことだが、安藤さんは宮崎県職員のため、県民の税金で行っている研究の成果を県内に普及させることで手一杯で、広く世に論文として発表する余裕はなかったのだと言う。「学会が宮崎県で開かれることになり、そこでようやく安藤さんにたどり着きました」と馬場さんは照れながら話してくれた。

2人はそこで意気投合した。「超臨界流体抽出と超臨界流体クロマトグラフィーを



このカラムが、水溶性の農薬も脂溶性の農薬も分離する。

組み合わせれば、途中で大気や光に触れることがない密閉型の装置を開発できるはず」と、メーカーを行銷して頼みこんだ。

馬場さんが今回のシステムの特徴を語ってくれた。

「液体クロマトグラフィーは、物質を分離した後に使用した液体を取り除く必要があります。その点、超臨界流体クロマトグラフィーで使う二酸化炭素は、常温・常圧に戻した時点で自然に空中に拡散するので手間が省け、しかも、超臨界状態の二酸化炭素は粘性がなく、サラサラと速く流れるので短時間で多くの物質を分離できる利点もあるのです」。

### 学生が発見した万能のカラム

この開発中に、思いがけない発見があった。安藤さんも馬場さんも当初、超臨界流体クロマトグラフィーを用いると計測時間は早くなるが、1回で計測できる農薬はある程度限られるだろうと思っていた。クロマトグラフィーでは、「カラム」と呼ばれるシリカゲルの粒が入った金属製の筒を使う。カラムの中を試料が通ると、吸着しやすい物質とにくい物質とで通過する時間に差が生じる。この時間差によって、試料に含まれている物質が分離される。

カラムには、水溶性の農薬や脂溶性(油に溶ける)の農薬に適したカラムがある。農薬の種類に応じて使い分けが必要になる。ところが、当時馬場さんの研究室(大阪

大学)に所属していた大学院生の石橋愛実さんがこの常識を覆した。馬場さんから、「水溶性の農薬と脂溶性の農薬を混ぜた試料で、分離できるものと分離できないものの境界を確かめるように」との課題を与えられた石橋さんは、たくさんあるカラムを用いてコツコツと実験を重ねた。その結果、水溶性の農薬も脂溶性の農薬も同時に分離できるカラムと最適条件を見つけ出したのである。

そのときの驚きを馬場さんはこう振り返る。「1回のクロマトグラフィーで全ての農薬が測れたと聞いたときは、正直驚きました。確かめてみるときれいに分離できていたのです。石橋さんが、専門家の常識のような固定概念を持っていたら、見つけれなかったでしょう。何も知らなかったから、研究室のカラムを片っ端から試して万能カラムを見つけ出したのです。限られた研究者しか使わない日本製のカラムでしたが、今やこの分野で世界のスタンダードになっています。この発見で、この装置が画期的なものになるとの確証を得ました」。

### 社会に役立って初めて存在意義

残留農薬検査システムの誕生は、超臨界流体クロマトグラフィーの研究を15年以上続けてきた馬場さんと、農薬分析のために超臨界流体抽出を追究してきた安藤さんの経験が結びつくことでなされた。2人は日本を代表する分析機器メーカーであ

### 分析手順



①すりつぶした農産物に脱水剤を混ぜる。

②①を専用の抽出容器に入れる。

③②をラックにセットする。

④装置に入れる。

る島津製作所の丸山秀三さん(現:分析計測事業部長、当時:分析計測事業部LCビジネスユニット長)に協力を求めた。医療分野の分析に強い神戸大学大学院医学研究科准教授の吉田優さんも加わって、2012年にJSTのプロジェクトがスタートした。

馬場さんは、科学技術は社会に役立ってこそ初めて存在意義があるという強い信念を抱いている。

「社会のニーズに応える製品を作るのが、ものづくりの本来の姿です。しかし、技術者は使う人のことを忘れ、性能の向上を優先してしまうことがある。今回のプロジェクトには農業の現場を知り尽くした安藤さんをはじめ、さまざまな分野の研究者や技術者が開発の初期段階から参加し、話し合いを重ねながら仕様を決定してきました。その結果、本当に必要な技術をきちんと盛り込むことができたのです」。

参加者のチームワークも素晴らしかったと安藤さんは言う。

「突出した技術を持っている人同士が協力するのは、そう簡単ではありません。お互いが相手に合わせて妥協してしまうと、革新的な部分が削られて平凡なものになってしまいます。今回は、参加した人たちが共通の目標を明確に認識し、最先端の技術を妥協することなく合わせることができました。その結果、予想外の素晴らしい成果が生まれ、最も革新的な分析機器の新製

品に与えられる米国の『Pitcon Editors' Awards 2015』の金賞を受賞した。

### 広がる活用分野

宮崎県では、安藤さんの提案でシステムの完成に合わせ『みやざきフードリサーチコンソーシアム』が設立された。宮崎県、島津製作所など産学官7組織が参加している。

「私たちが積極的に研究開発に参加した今回の質量分析システムをもっと社会に広めることをめざす組織です。いまは残留農薬の測定ですが、部品を交換すれば広い範囲に応用できます。食の安全だけでなく、おいしさや機能性などの測定も可能になれば、宮崎県として科学技術で農

産物のブランド価値を高め、フードビジネスを下支えできるのです」と、安藤さんは目を輝かせた。

馬場さんもこのシステムの将来の可能性を思い描いている。

「血液中の成分分析でも良い結果が得られました。アミノ酸などの水に溶けやすいものも超臨界流体で抽出できることがわかりました。食品、医療、製薬、化学工業など、いろいろな分野で使ってもらえるように、活用事例を示していこうと考えています」。

このシステムによる残留農薬の検査は全国展開される。その受付が11月1日(日)に開始される。今後は、さらに広い分野での有効活用が見込まれる。



実験農場のビニールハウスの前に立つ馬場さんと安藤さん。