

植物の代謝物を分析し、 生命現象の謎に迫る

メタボロミクスという新しい学問領域にいち早く参入。

日本におけるこの分野のパイオニアの一人として挑戦し続けてきた草野都さんは、多くの実績を上げている。

筑波大学
生命環境系教授

草野 都

くさの・みやこ 1972年、滋賀県生まれ。鳥取大学農学部卒。同大学院連合農学研究科生物生産科学専攻博士課程修了。農学博士。秋田県立大学流動研究員、スウェーデン農業科学大学、千葉大学大学院、愛媛女子短期大学生命科学研究所の博士研究員、理化学研究所研究員を経て、2014年より現職。滋賀県に住んでいたころ、琵琶湖の汚染が問題になっていることを知り、環境に関心を持つようになった。砂漠の緑化について学ぼうと鳥取大学に進学したが、「雨が降らないので緑化は不可能」と言われ、天然物化学を学ぶことにした。趣味は音楽。ベースギターを弾く。

[第35回松籟科学技術振興財団研究助成 受賞]

留学先のスウェーデンで メタボロミクスと出会う

—メタボロミクスという分野の研究をされているとお聞きしました。不勉強でお恥ずかしいのですが、メタボロミクスというのは初めて聞く言葉です。どういう学問分野なのでしょうか。

簡単に言えば、メタボロミクスとは、生命活動によって生み出される代謝物質を網羅的に解析することです。質量分析計を使って代謝物全体を分析することで、生命現象を明らかにしようというのが目的です。

—もともとメタボロミクスを研究テーマにされていたのですか。

いや、鳥取大学では天然物化学を専攻し、農学博士号を取得しています。メタボロミクスと出会ったのは、留学したスウェーデン農業科学大学

でのことです。

—スウェーデンに留学というのも珍しいケースではないでしょうか。なぜスウェーデンだったのでしょうか。

向こうの大学でちょうどメタボロミクスの研究室を立ち上げようとしていたんです。それでガスクロマトグラフ質量分析計を使える化学者を探していたようで、私にも声がかかったんです。もともとスウェーデンはデータを統計的に解析する技術が世界でもトップクラスで、ケモメトリクスの発祥の地でもあります。で、これはチャンスだと思って飛び込んだわけです。

—それで天然物化学からメタボロミクスに路線を変更されたのですね。天然物化学では、最も重要と思わ

れる一つの物質に絞って探求していきます。ところがメタボロミクスは全体を把握し、その中でそれぞれの物質の役割を探求し評価していきます。視点というか、発想が全然違うんですよ。だからメタボロミクスを初めて知ったときは、こういう考え方もあるのかと衝撃を受け、面白くなってこれをやろうと決めました。当時はメタボロミクスはまだあまり知られていない分野でしたし論文も20報出ていないような状況でした。

思い切って 研究分野の転換を決断

—事前にいただいた資料には「メタボロミクス黎明期に留学先でいち早くメタボローム研究に携わった経験を持つ日本で数少ない研究者」とあ



ります。まさにパイオニアですね。

そう言っていただけるとうれしいですね。今は日本でもずいぶん研究者が増えました。

——新しい分野を開拓するというのは、そのこと自体、とても面白いのではないですか。

それはありますね。チャレンジングですし。思い切って研究分野を変えるのはとてもいいことだと思います。ほかの方にもお勧めしますよ。誰も歩いていない真っ白な道を歩いていくのは大変ですし、つらいこともたくさんありますが、そのほうが研究者として成長できるのではないのでしょうか。

当時、オミックスの領域に多かった生物系の研究者は、遺伝子レベルで生命現象を見る傾向がありました。それに対して私はバックグラウンドが化学だったので、化学の視点で現象を見ることができました。そういう視点で見ると人はあまりいませんでした。だから私の研究がうまくいっ

た面もあると思います。

——具体的にはどういう研究をされているのかお話しください。

今、研究しているテーマはいくつかあります。一つは環境と代謝です。私たちが健康診断で糖など代謝物の値を見るのと同じで、植物も代謝物の値を見ることで健康状態などが分かります。植物は人間のように話をしないので、人間のときよりもっと細かく見ないとはいけません。どういうストレスがかかると、植物がどういふメカニズムを通してストレスに対抗する代謝物を生合成するのかというのを研究している感じですね。

そうしたことを調べるためには代謝物と合わせて転写物の解析も必要になります。私はストレスの中でも特に窒素代謝に興味があります。植物の生育は炭素・窒素代謝のバランス（CNバランス）によって制御されています。Cは光でNは肥料です。ただ、そうした制御の機構についてはまだ不明な点が多いのが実情です。

植物工場と畑では何が違うのか

——土壌栽培したサニーレタスと植物工場で栽培したサニーレタスを比較して、味覚成分や機能性成分の組成の違いを世界で初めて解明されたそうですね。

この研究は結構反響が大きかったですね。新聞でも取り上げていただきました。植物工場で作られたサニーレタスと畑で栽培されたサニーレタスは味が違うのですが、なぜそうした違いが出るのか誰も調べていませんでした。それが私たちの研究で、グルタミン酸などうま味や苦みを決める成分の量が違っていったことが明らかになりました。

——そもそも植物工場と畑とでは、栽培の仕方が違うのですか。

屋内栽培型の植物工場の場合、一般的に土を使わず、液体肥料を使います。そこで私たちの研究では、市場に出回っている2品種のサニーレ

植物メタボロミクスによる代謝制御機構解明の概略

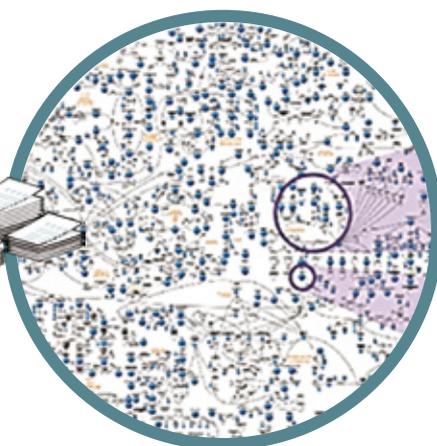
実用植物のメタボローム



高性能質量分析装置



デジタルデータ行列



代謝物は「化合物」であるため、あらゆる生物種の代謝物総体（メタボローム）を直接比較可能である。我々は植物に特化した研究を行っている。モデル植物であるシロイヌナズナ（左上）のみならず、トマト、イネ、ジャガイモ、トウモロコシといった実用植物のメタボロームを、同一のプラットフォーム—最新の高性能質量分析装置—で解析する（図中央）。得られたデータは正規化等の加工を経て、デジタルデータ行列へと変換される。このデータをバイオインフォマティクス技術により詳細に解析し、代謝が大きく関わる生命現象の解明や有用化合物生産の向上のための重要代謝経路の同定を行っている。

タスを対象に、同じ液体肥料と同じ光強度という条件で栽培することにしました。そして、実際に市場に出荷する野菜を栽培・出荷している植物工場と畑（土壌）の両方でサニーレタスを栽培したのです。

食糧問題の解決にも 寄与できる可能性

——つまり、植物工場や畑の栽培条件を模倣した実験室レベルの研究とは違うということですね。

そうですね。実際に商用利用されている栽培システムを用いて栽培したサニーレタスについて、代謝物群の量的・質的变化を詳細に解析した試みは、それまでありませんでした。そのうえでそれぞれの葉について2種類の高性能質量分析計による統合メタボローム解析を行いました。

その結果、代謝物プロファイルの差異については、植物体の部位や品種の違いよりも、栽培環境の違いが大きく寄与することが分かりました。そして、メタボロームデータを詳細に解析したところ、商用植物工場で栽培したサニーレタスは、土壌栽培したものよりもうま味成分であるアミノ酸類を多く蓄積し、苦み成分であるセキステルペンラクトン類の蓄積が抑制されていることも明らかになりました。

——なるほど、同じ肥料を使い、同じ程度の光を当てても環境が違うと味が違ってくるということですね。

今までも、植物工場で栽培したサニーレタスと、畑で栽培したサニーレタスとは、味が違うということでは知られていました。でもその違いが何に起因しているのかは、誰も調べていなかったのです。

——そういうことが分かれば、もっとおいしいサニーレタスをつくるには

どうすればいいのか分かるのでしょうか。

そう思います。今回のこの研究成果は、さまざまな農産物の栽培条件を評価するうえで、重要な知見になると考えています。今回、用いたメタボローム解析技術は、植物工場で栽培される野菜の味や機能性成分をカスタマイズするための指標としても利用できると思います。

——メタボロミクスはいろいろな問題の解決に寄与できる可能性がありそうですね。

私たちは干ばつに強いイネの実証栽培にも成功しています。日本は人口減少時代に入っていますが、世界の人口は増え続けています。開発途上国などの経済も成長しているので、これからは食糧の増産が必要になるといわれています。

しかし一方では干ばつによる被害が毎年起きています。そうした中で干ばつに強いイネを栽培できるようになれば、食糧問題の解決にも寄与できるに違いありません。最近では医学の分野などでもメタボロミクスが使われ始めています。

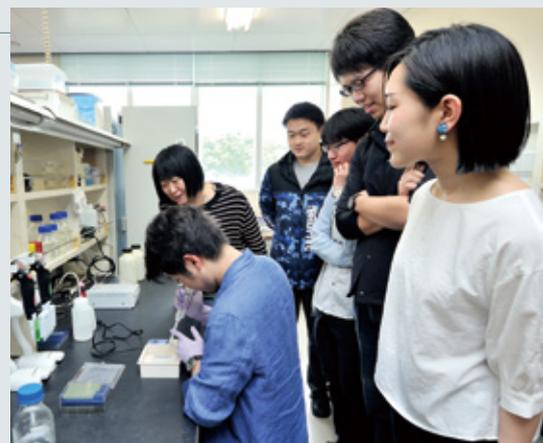
オリジナリティを 追求したほうが楽しい

——お話を伺っていると、ほかの人がやっていないことをするのがお好きなようですね。

そうですね。ほかの人と同じようなことをして、負けたら全部なしになってしまうというのは、どうかなと思います。それよりはオリジナリティを追求したほうが楽しいのではないですか。

——これからはどういうことをしたいですか。

次は、化合物の構造のほうから、どういうことが起きてこういう代謝



物ができたのかを解きたいですね。物理の方と組んで共同研究を始めようかと今、考えているところです。量子化学の領域になりますね。

——理化学研究所から筑波大学に来られたのが2014年。アカデミアの世界はいかがですか。

筑波大学に来た当初は、教育の負荷はこんなに重いのかと感じました。でもしばらくすると、教育することでこちらが教えられることが多いことに気がつきました。学生さんの指導をすることで、また違う見方ができることもありますし、自分の研究に少しでも興味を持つ学生さんがいると、研究のモチベーションにもなります。授業で学んだことだけでなく、何でもいい、「眠い」でもいいからフィードバックをくださいと言っています。本当に「眠い」と返ってくることもあります。厳しい批評を言ってくれる学生さんもいます。それを次の講義に生かす方法を考えるのがまた楽しいんです。私は自分の講義で特定の教科書は使わないようにしています。それだけに講義の準備は大変です。でも、質問に来る学生さんがいたりするとうれしいものです。筑波大学は周辺も緑が多くて素晴らしい環境ですが、遊ぶところがあまりありません。そこは、学生さんが少しかわいそうですね。私は東京に住んで通勤していますから、遊ぶときはしっかり遊んでいます（笑）。