

# 岡山大学寄付講座 微生物インダストリー 講座シンポジウム 〈後編〉

前半の講演に続き、シンポジウム後半では、各分野のパネリストが登壇し、総合討論が行われました。



## 【総合討論1】

### ■パネリスト

株式会社東レ経営研究所 シニアアナリスト

川野 茉莉子 氏

独立行政法人酒類総合研究所 部門長 兼 広島大学統合生命科学研究科 客員教授

岩下 和裕 氏

八海醸造株式会社 取締役製造部長

倉橋 敦 氏

株式会社樋口松之助商店 取締役研究室長

山下 秀行 氏

株式会社ファーマンステーション CTO

杉本 利和 氏

株式会社フジワラテクノアート 専務取締役

狩山 昌弘 氏

### ■コーディネーター

岡山大学 微生物インダストリー講座教授

神崎 浩 氏

## アップサイクルでは「出口を見据える」(杉本氏)



### 【総合討論2】

神崎(敬称略、以下同じ):まずは株式会社ファーマンステーションの杉本さんに自社紹介と「発酵×アップサイクル」についてお話しいただければと思います。

杉本:弊社は研究開発型スタートアップ、ベンチャー企業とも言われる会社です。会社名は、「ファーマンテーション(発酵)」と「ステーション」を合わせた造語で、「発酵プラットフォームに未利用資源が入ってきてより良いモノとなって出ていく」という意味を込めております。現在、東京の本社と岩手県奥州市にある製造拠点の2拠点で事業を展開しています。

スタートアップとして事業性と社会性を両立しながら社会課題を解決したいという思いがあり、どのような発酵技術が課題解決に適しているのかを日々模索しているところです。具体的には、未利用バイオマスを有効活用することで様々な資源が循環するサーキュラーエコノミーを作ることを目指しておりまして、製造拠点の岩手県奥州市ではすでにそのような循環が実装されています。

私たちは主に、未利用バイオマスと発酵を用いた技術を通して、高価値の食品や化粧品、原料素材を開発しています。発酵リサイクル技術を構成するパーツとしては、未利用バイオマスそのもののデータである「未利用バイオマスデータベース」、それを酵素で分解するときの「酵素ライブラリデータ」、さらには微生物で発酵させて高付加価値化するための「微生物ライブラリデータ」などが挙げられます。「未利用バイオマスを使い切る」という観点で考えると、カスケード的に活用することが重要ですので、その点もプロセス開発に盛り込んでいます。

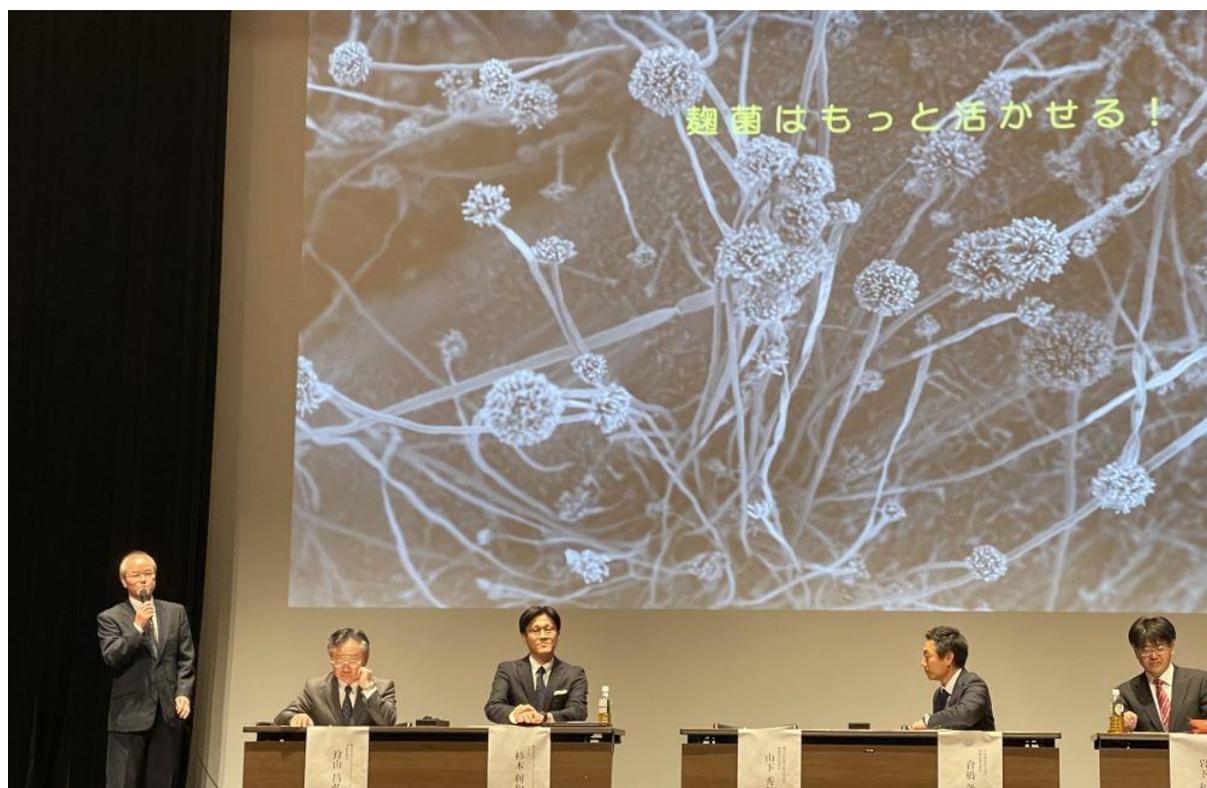
発酵アップサイクルにおいては、「出口を見据える」ことが重要です。どんな機能を狙うのか、そ

のためのターゲット化合物を何にするのか、それを作るために微生物をどう設定するのか、発酵プロセスがどうあるべきなのかを見据え、開発を進めています。

また、「アップサイクル後にマーケットといかに繋がるのか」も重要な要素です。しっかりとした製品が世に出れば、それを手に取ったお客様にサステナビリティやアップサイクルに対する意識が芽生え、行動変容につながると期待できます。自社ブランド製品と様々な取り組みを連動させながら、お客様の行動変容を促す事業をドライブしたいと考えております。

私自身、長らく麴菌の研究に携わってきまして、麴菌の固体培養はパワフルな発酵アップサイクル技術だと考えています。本日のシンポジウムを通して有益なディスカッションができることを楽しみにしております。

## 「困ったら麴菌に聞け」麴菌は何らかの解決法を与えてくれるもの(山下氏)



### 【総合討論3】

神崎: 続きまして、株式会社樋口松之助商店の山下さん、自社紹介と発酵×アップサイクルについてコメントをお願いいたします。

山下: 弊社は創業1855年、江戸時代から日本の伝統的な醸造産業において種麴を製造販売している会社です。麴菌を醸造以外にも活かせないかと考えてきて、本日のテーマであるアップサイクルにも可能性を感じております。

麴菌の最大の特徴は、原料そのものに麴菌を生やすことです。麴菌は原料を分解して、様々な

酵素を作ります。最終的にはブドウ糖やアミノ酸といった機能性に関する成分を作りますし、他にも色々な酵素を作ることが知られています。私の師匠が言っていたように、「困ったら麴菌に聞け」といわれるほど、麴菌は何らかの解決法を与えてくれるものだと言われてきました。それほど様々な物質変換をする能力があって、これまで見られなかったような酵素が出現したり代謝物が生成されたりすることもあります。

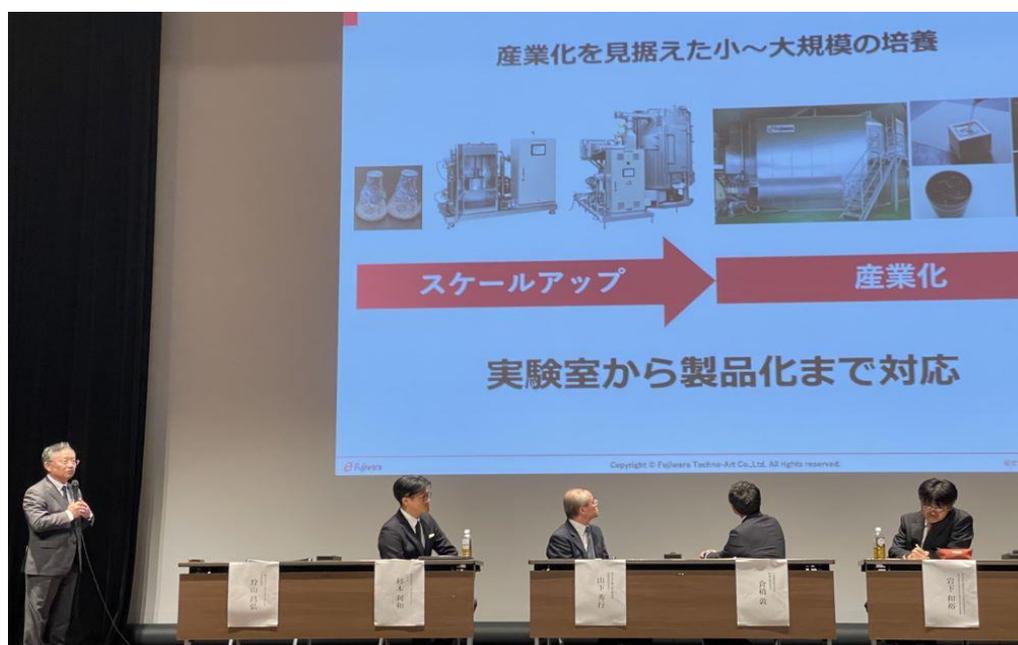
例えば、同じ麴菌を使い、同じ培養条件下で、異なる原料(硬いハトムギと、組織が破壊されて柔らかくなったおから)を使って発酵させると、プロテアーゼ活性に10倍以上の差が生じます。このように、原料処理を工夫することで、麴菌は異なる酵素の生成量を示します。色々な基質を使って、それに適した環境を整えてやることで、大量の多様な酵素を作ることも可能だと思います。

実は日本人は、昔からアップサイクルやゼロウェイストを成し遂げており、その代表が醤油です。醤油は、大豆をしぼった油かす、本来は畑にまくか飼料にするかしか利用価値がなかったものを、タンパクが多く含まれる基質を利用して世界に誇れる美味しい調味料へと変えてきたのです。

残渣や未利用資源のアップサイクルには、保存性や殺菌といった課題が残る一方で、うまく麴菌を生やせる環境を整えられれば、多様な酵素が生成され、物質変化によって機能性あるものが生まれます。麴菌は、未利用資源を価値あるものに変える力を秘めておりますので、ぜひ利用いただければと思います。

神崎:微生物インダストリーでも、オリーブの葉やワインパミス、タイのお米に麴菌を生やすと、その変換が菌ごとに異なります。これまで出会ったことのない菌株がそれぞれの変換をしています。しかも、アミノ酸や糖ではなく、2次代謝産物と言われる、機能性に直接関係しているような物質の変換を見ているので、まだまだ麴菌の可能性があると感じております。

## 循環のプロセスにおいて微生物は大きな力を発揮する(狩山氏)



#### 【総合討論4】

神崎: 続きまして、株式会社フジワラテクノアートの狩山さん、自社紹介とコメントをお願いいたします。

狩山: 弊社は今年、創業90周年を迎えました。長年、醸造食品の機械開発・製造・プラント建設を手がけてきました。

醸造プロセスでは、麴菌や酵母、乳酸菌といった微生物を大量培養することによって、醸造物という有価物を作ります。弊社は、そのような微生物を大量培養する醸造の営みを産業化するための機械開発に取り組んできました。製麴(=麴づくり)に関しては、フラスコトレイ実験から数キロレベル、100キロ、200キロレベルの検証をしながら、最終的に産業化のための大型機械やプラント建設までを手掛けています。中には、1回で約80トンの醤油麴を作るような施設もございます。

このように、微生物が潜在的な力を持つことを経験上確信しておりまして、5年前に2050年を目指した開発ビジョンを策定した際、2050年に向けた人口問題、食料問題、環境問題といった社会課題の解決に微生物インダストリーが貢献できると考えました。そこで、開発ビジョン2050「醸造を原点に、世界で「微生物インダストリー」を共創する企業」を掲げ、「心豊かな循環型社会への貢献」を目指してきました。

現在、化石資源の使用を低減しようとする「脱炭素」の機運が高まっていて、産業全体が「化石資源をできる限り減らし、バイオ資源を増やす」という転換を迫られています。製造、流通、消費の循環が求められる中、循環のプロセスにおいて微生物は大きな力を発揮するでしょう。

今回のテーマにある「アップサイクル」も、製造過程で生じる副産物や未利用資源に微生物の力で機能性を付与し、付加価値をつけて循環させる取り組みです。微生物インダストリー講座の神崎先生との協働で、ぜひとも固体培養を用いたアップサイクルを世の中のひとつのジャンルとして確立できればと考えています。

### 製造プロセスで生じる副産物をアップサイクルしたい(倉橋氏)



## 【総合討論5】

神崎: それでは早速、今回のキーワードのひとつである「アップサイクル」について討論していきましょう。先ほど山下さんから「醤油はアップサイクル」というお話がありました。未利用素材を使ったアップサイクルについて、コメントいただけますでしょうか。

山下: 多くの企業が素材を活用したいと思われる一方で、それをどう利用すれば良いかが分からないのが現状です。そこで微生物、我々で言うと麴菌を使って何かできないかということになるのですが、我々だけでは素材との出会いもありません。麴菌が合うか合わないかは置いておいて、まずは今回のように、未知の素材と出会う機会を持つことが大切だと思います。さらには、培養方法としてフジワラテクノアートさんの固体培養装置があるのもありがたいことです。素材と麴菌、そして培養するための機械の組み合わせで、今後に向けて進んでいけるのでしょうか。ただ、杉本さんがおっしゃったように「出口をどこに求めるか」は最初から考慮しておくべき問題だと思います。

狩山: 発酵でアップサイクルしようとするとなんかコストがかかりますから、最初から出口を見据えるということは、産業化にあたって重要な視点だと思います。コストがかかるけれども、アップサイクルして機能性を高めて付加価値を上げる、そのために微生物を使うという視点が重要だと感じました。

倉橋: 弊社でも製造プロセスで生じる副産物をアップサイクルしたい気持ちはありつつ、例えば清酒の製造過程で出る洗米排水なんかですと、糠がごく少量しか含まれない稀薄洗米排水なので、アップサイクルしようとしてもコストを回収できるかどうか……。簡便に有価物として回収できるプロセスを開発いただければ活用したいと思います。

神崎: アップサイクルを考える上でも、基礎研究や遺伝子の知識は有益だと思うのですが、岩下さんはどのようにご覧になりましたか。

岩下: 講演でメタボローム解析のお話をさせていただきました。メタボローム解析というのは、代謝物や成分を全て分析する手法です。アップサイクルでは出口の付加価値をいかに付与するかが重要だということで、メタボローム解析の技術や新たな解析技術が役立つのではないかと感じました。

神崎: 化合物を見つけることで新たな機能性が見つかり、それがゴールにつながることもありますね。岩下さんのところで日本酒以外の分析でコラボできると、アップサイクルにつながるかもしれません。ぜひよろしく願いいたします。

## いかに地域で循環させるかを考える(川野氏)

神崎: 本日のもう1つのキーワード「固体培養」についても伺いたいと思います。固体培養では清酒のように搾るパターンもありますが、そのまま使うパターンもあります。それらの手法を組み合わせる発想も大事だと思うのですが、ゴールを目指した時にどうアップサイクルするかについて、杉本さんのご意見を伺えますか。

杉本: 倉橋さんが仰っていた洗米排水のように、少量しか入っていないくて全体として機能が期待できる成分が少ないものでも、却って濃度が薄い方が使いやすい領域もありますので、そこを目掛けて「どの成分を多く含ませるか」「ターゲットをどこにするのか」という議論ができる、必ずプロダクトとしての出口が見つかると思っています。

岩下さんが仰っていたメタボローム解析のお話にも共感しました。我々も、最終的なターゲット化合物を狙いつつも、当該化合物だけを精製して取り出すという発想はなくて、例えば「化合物Aを含む未利用バイオマスそのものを最終的に商品化する」というのが理想です。社内では「ミクスチャー」という言葉を使っていますが、ミクスチャーとしての機能が最大化された状態を発酵でいかに作るかが、最大の技術関心です。そこにメタボローム解析は強くフィットするでしょうから、連携が進むとより多様な発想でモノが生み出せると思います。

麴菌の固体培養も同じで、例えば、搾汁残渣のように水分が多い素材でも、そこを適切に追熟できる技術があればいいですし、麴菌に限らず、広く糸状菌や担子菌も含めながら、食経験のある微生物をうまく固体培養技術と掛け合わせて、付加価値の高いものを作っていけば、製品化できますし、ビジネスラインに乗ってくると思います。

神崎: 固体培養技術をうまく利用して高機能なモノを生み出すために、分析する人、培養する人、材料を供給する人が集まって話せるといいですね。これまでの議論を踏まえて、川野さんのコメントもお伺いできればと思います。

川野: 先ほど「絞る、あるいはそのまま使う」というお話がありました。ファームステーションさんでは、発酵させてエタノールを作った後の残渣を家畜の餌にして循環させる取り組みをされていると勉強させていただきました。このように、いかに地域で循環させるかを考えるのは重要だと思います。

フードテックの面白い事例のひとつに、株式会社 Mizkanの「ZENB」ブランドの取り組みがあります。その名のとおり、食材の皮から何から全部を使って加工して、これまで廃棄部位だったものも食品として製品化されています。フードテックの発想として面白い事例だと思い、紹介させていただきました。

また、山下さんから「素材との出会いがなければ……」というお話があったかと思いますが、そこで重要になるのがパートナーシップや連携です。日本でもアップサイクルの団体が設立され、フジワラテクノアートさんも加入されたと伺っています。食品業界だけではなく、繊維や日用品を扱うメーカーも加入されているので、お互いの困りごとを共有しながら連携できれば良いと感じました。

## フードテックとしての固体培養。伝統的な技術からどのような価値を見出すか(岩下氏)

神崎: アップサイクルに関してはまだまだ話題が尽きませんが、もう1つのキーワード「麴菌の固体培養」についても議論できればと思います。発酵の中でも、液体培養は培養のコントロールがしやすいというメリットゆえに、広く利用されています。他方で、日本旧来の伝統技術である固

体培養には、麴菌の力を活かして色々な素材に使えるポテンシャルがあると感じています。講演で「日本酒醸造のビッグデータが杜氏の経験を超える」と語られた岩下さん、麴菌の固体培養でまだまだできることがあるのではないのでしょうか。

岩下:まさにその通りだと思います。見えないものを見ていくことが大切で、解析技術もそのひとつです。固体培養の利点は、高濃度で培養ができて、生産された物質もコンデンスした状態を保てるということです。固体培養という伝統的な技術からどのような価値を見出すかが、アップサイクルのブレイクスルーの重要なポイントだと感じています。

神崎:固体培養もフードテックのひとつとして理解できそうです。倉橋さんは、麴菌や固体培養を今後どのように活用していこうとお考えですか。

倉橋:我々は米麴が主になりますが、今後、動物性食品の固体培養にも麴菌を活かせると考えています。これまで米麴を作ってきた技術も活用できると思いますので、引き続き、固体培養に重きを置いて研究していきたいと思います。

神崎:山下さん、麴菌と固体培養の可能性について、改めてコメントいただけますでしょうか。

山下:アップサイクルのために例えば残渣を原料に固体培養するとすると、粉体状のものや半液体状のものなど、そのまま麴にするのが難しい状態のものも多く見受けられます。しかし近年、乾燥技術や粉碎技術が発達して保存性も向上しました。このため、麴を生やす条件を整えやすい。今の時代だからこそ使える素材もあるかもしれません。麴菌の活躍の場が広がればと期待しています。

狩山:乾燥の話がありましたが、例えばおからなどは、固体培養のプロセスで菌が発熱することによって、かなりいいレベルまで乾燥できます。単に生物学的な機能性を追求するだけでなく、形態的・物理的な作用も含め、固体培養を様々な活用できると思います。

また、固体培養はバイオマス素材と非常に相性が高い培養方法なので、アップサイクルに適したフードテックだと考えています。発酵による機能性もさることながら、素材そのものをアップサイクルできることも固体培養技術の強みのひとつだと思います。

神崎:固体培養を活用する上で、使いやすさの問題や「少量をいかにうまく使うか」といった課題がありますが、杉本さんはその辺りをどうお考えですか。

杉本:固体培養と液体培養のどちらも研究してきた経験上、どちらも興味深い結果が得られています。やはり固体培養からは色々な酵素や代謝物が発現しますので、液体培養のメリットも活かしながら両方活用することで、素材の用途も広がってパワフルなアップサイクルを実現できると思います。

マネタイズの観点から申し上げますと、例えば未利用バイオマスから固体培養したものそれ自体を食品としてアップサイクルするという方法もあり得ると思いますが、例えば、まずは抽出物を化粧品素材としてマネタイズして、残った残渣を食品原料としてさらにマネタイズすることもできます。いくつかの方法を組み合わせると、採算に見合ったアップサイクルができるのではないのでしょうか。カスケード的に余すことなく使うという観点でいくと、固体培養は使い勝手の良い、アイデア次第でいろんなことができる技術だと思います。

神崎:我々の講座で使っているワインパミスについても、ワインの搾りかすをゴミとして食品に使った後に、さらに麴菌の力で機能性を付与して化粧品として活用するという取り組みが行われています。

## 日用品など消費者に近いところでサステナビリティを訴求することもポイント(川野氏)

神崎:川野さん、フードテックとしての固体培養について、コメントいただけますでしょうか。

川野:本日の講演と討論を通じて、固体培養が古くから日本にある伝統的な文化・技術でありながら、新しい可能性を秘めたフードテックであるとよく理解できました。今後の可能性としては、食品だけでなく、化粧品や洗剤、消臭剤など、日用品に近いような食とは異なる分野にアップサイクルしていくことで、より消費者に近いところでサステナビリティを訴求しつつ、イメージアップを図ることもポイントになると思います。

会場:残渣をアップサイクルしようというときに、例えば大手食品メーカーであれば大量に均一の残渣が出ると思うのですが、お豆腐屋さんやうどん屋さんといった小商いの事業者や中小企業から出る残渣については、均一に集めるのは難しいのではないのでしょうか。それでも集めると結構な量になるので、無視できない課題じゃないかと思います。

神崎:重要なお指摘をありがとうございます。川野さん、いかがでしょうか。

川野:必ずしも自社のみで取り組む必要はないと思っています。アップサイクルの専門業者に委託するのもひとつの方法です。素材の回収方法で参考になりそうな事例としては、長野県のIC S-net株式会社が運営する「シェアシマ」というプラットフォームがあります。業界で発生した未利用原料と食品とをマッチングする取り組みです。どう運ぶかも課題となっている中で、そのような取り組みが各地域に出てくるといいですね。

神崎:プラットフォームをコーディネートする人や企業の存在も、重要なファクターになりそうですね。産官学もそのひとつです。微生物インダストリー講座を起点に、共創によって地域を活性化し、アップサイクルという魅力的な取り組みに麴菌と固体培養を活かせればと思います。