

# 日本の発酵技術を世界へ

## - 麹菌と固体培養の本質に触れ、発酵が拓く未来を考える -

岡山大学微生物インダストリー講座（共催：株式会社フジワラテクノアート、おかやまバイオアクティブ研究会）は10月31日、岡山県医師会館三木記念ホールにて、会場とオンラインのハイブリッド形式でシンポジウムを開催しました。

微生物インダストリー講座は、株式会社フジワラテクノアート（以下、フジワラテクノアート）からの寄附により、2022年4月に岡山大学に開設されました。4回目となる今回のテーマは『日本の発酵技術を世界へ 麹菌と固体培養の本質に触れ、発酵が拓く未来を考える』。3人の登壇者による講演、そして7人のパネリストによる総合討論の模様をレポートします。

### 海外における麹発酵の用途拡大

基調講演①では、たまり醤油を全米約18,000店舗に展開し高級市場シェア首位を獲得するなど、日本の発酵食文化の国際発信に尽力し、Nomaなど著名レストランとの共同開発やコーネル大学をはじめとする教育活動、発酵ツーリズムの共催などでも活躍しているSAN-J International, Inc.（以下、SAN-J）Presidentの佐藤隆氏が登壇。「海外における麹発酵の用途拡大」をテーマに講演しました。



### はじめに

岡山大学的那須保友学長は開会の挨拶で、SAN-J社の「TAMARI MANIAC」と書かれた帽子を被って登場。「海外の人たちが『発酵』の素晴らしさに気づき始めています。これから数年の間に、日本発の『発酵』を広めていく必要があります」と、世界へのアプローチが急務であると話しました。そのうえで、食品のみならずその他の分野にも大きな可能性を秘めている日本の発酵技術を世界に広げるには、ブランドづくりが重要であることを強調。「『発酵』で世界を、社会を変えていくという決意表明の気持ちでこの帽子を被りました」と、意気込みを語りました。



フジワラテクノアートの藤原加奈代表取締役副社長は、「発酵が世界で注目され、ブームになっています。今回は、米国市場でたまり醤油を展開されているSAN-J社の佐藤社長をお迎えして、米国で『発酵』がどのように受け止められているか、課題を含めたリアルなお話をいただきます。海外展開をテーマにした今回のシンポジウムが、日本の発酵技術を世界に発信していく良い機会になればと期待しています」と語りました。



### 米国市場進出に向けた第一歩を支援

SAN-Jは1804年に三重県で創業し、1978年に米国へ進出しました。現在はアメリカ東海岸に工場を構え、現地生産のたまり醤油の販売を展開しています。同社の製品は、米国の高級スーパーWhole Foodsなどで流通し、高級市場では34%というトップシェアを維持。全米では約1万8000店舗で取り扱われており、確かな地位を築いています。一方で、一般市場・高級市場を含めた米系マーケットにおける醤油のシェアに目を向けると、日本のメーカーはトップ20社のうち3社のみ。SAN-Jはこの現状を課題と捉え、日本の醤油ブランドの海外展開の支援を試みています。

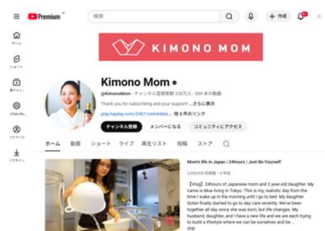
具体的には、自社の販売ネットワークを共用インフラとして開放し、日本の食品メーカーが海外市場へ踏み出す第一歩を支援しています。展示会のブースの一部を他社に提供することでバイヤーとの接点を生み出すなど、現地販路のハードルを下げる取り組みを行っています。その一例が、日本人の人気インフルエンサーKimono Momへの支援です。SAN-Jの展示会ブースの一部にキモノママが出演することで、現地の小売企業のバイヤー等との接点生まれ、初年度はWhole

日系醸造メーカーのブランドは、  
トップ20のうち3社のみ



Foods 全店、2 年目には Sprouts や Publix など約 3,000 店舗での採用が決まったといいます。

Youtube： 320万人  
Instagram： 260万人



### 一発酵を新たな「調理技術」と捉える世界のシェフたち

近年、SAN-J が注力しているもう一つのテーマが、麴発酵の用途拡大です。従来、発酵食品は「調味」の領域で用いられてきましたが、欧米では近年、発酵を「調理」の技術として活用する動きが広がっています。シェフたちは、発酵を素材の新たな可能性を引き出す手法として研究し、マッシュルームを発酵させて調味料を作ったりトウモロコシを発酵させて醤油を作ったりしています。



They fermented corn.  
Then, introduced it as Corn-shoyu.

また、野菜や貝類を発酵させて新しい見せ方を創出するなど、創造的な料理が生まれています。ニューヨークの名店 Blue Hill の R&D 担当シェフは、「麴は私たちの料理に革命を起こしています。どんなシンプルな食材でも、麴を使うことで違う味わいを生むことができる」と高く評価。デンマークの三つ星レストラン Noma やスペインの二つ星レストラン Mugaritz も同様に、麴発酵を使った革新的な料理を発表し、欧米のガストロノミー界に大きな影響を与えています。



発酵の力は、アップサイクルの観点からも注目されています。米国ワシントン DC のレストラン Oyster Oyster では、廃棄されるはずだったパンを発酵の力で味噌にアップサイクルし、提供しています。



また、ニューヨーク市の酒蔵 Brooklyn Kura の酒を提供する現地の寿司レストラン「すし匠」では、日本酒の副産物である酒粕を再利用した「酒粕醤油」を提供するなど、発酵をアップサイクルに利用することで新たなマリアージュを生み出しています。

### 一日本の優位性に危機感、R&D やシェフ人材見据え教育に注力

SAN-J は、こうした取り組みのいくつかに関わってきましたが、ときに社内外で「伝統との乖離」を懸念する声もあります。たしかに、コーン醤油などは JAS 規格上では「醤油」と呼ばません。しかし佐藤氏は、「世界のトップシェフたちは、放っておいても発酵で遊び、知見を貯めています。今彼らは学びの段階にありますが、5 年後、10 年後、日本がまだ優位性を維持できるかどうか分かりません」と危機感を抱いています。

SAN-J は現在、麴発酵を担う人材の「教育」に注力しています。米国の名門・コーネル大学では、学生向けのアイデアコンテスト（ハッカソン）に「発酵」テーマを導入。麴発酵を学んだ学生が将来ケロッグやハインツといった大手食品企業の R&D 部門で応用することを期待して、引き続き「発酵」科目の導入に向けて働きかけしています。ニューヨークの料理学校 ICE でも、発酵に関する講座を設け、麴の仕組みや実践法を学ぶ機会を提供しました。同校では、副校長自ら自作の麴室を組み立て、発酵の実践にも取り組んでいるそうです。



### 一シェフ、アカデミアと連携し、麴発酵を世界で拡大！

Noma の影響もあり、欧米の料理界では「発酵＝北欧の技術」と捉えられる風潮があります。日本のシェフでさえ「発酵を初めて学んだのはデンマーク」と語るほど。これを危惧して佐藤氏は、「発酵の『本家』を自負する私たちがそのプロセスに積極的に関わっていく必要があります。そうすることで、麴の本質を伝えることができるかもしれないし、醸造メーカーにとってもチャンスが期待できるかもしれません」と、日本の醸造業界が世界のカリナリーアート（調理技術）における麴の発展に関与する重要性を強調します。

欧米で発酵をけん引しているのは、シェフとアカデミアです。しかし、シェフとアカデミアの知見を広く社会に届けるには、発酵のスケール化に関する知見を有している日本の醸造業界の力が求められます。佐藤氏は、「発酵が世界で注目される今こそ、日本の醸造業界がシェフやアカデミアと連携し、麴発酵を浸透・拡大させていくチャンスです。ぜひ、麴を世界に広げるために協力しましょう」と締めくくりました。





## 麹菌が秘める多様な機能をゲノムから見て拓く ～固体培養の理解と活用に向けて～

基調講演②では、およそ 30 年にわたり麹の研究に尽力している、東京大学大学院農学生命科学研究科教授の丸山潤一氏が登壇。「麹菌が秘める多様な機能をゲノムから見て拓く～固体培養の理解と活用に向けて～」をテーマに講演しました。

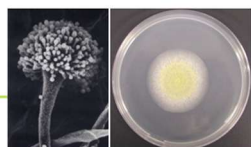


### －日本の発酵食品の根幹に固体培養あり

麹菌は日本の食文化に欠かせない存在です。2013 年には和食が、2024 年 12 月には「伝統的酒づくり」が、ユネスコ無形文化遺産に登録されました。いずれも麹菌の働きなしには成立しないものです。伝統的酒づくりは 500 年以上前に確立され、各地の風土に応じて発展してきました。その根幹にあるのが、蒸した穀物などの固体に麹菌を育てる「固体培養」です。日本酒、醤油、味噌、みりんなど、日本のさまざまな発酵食品が固体培養に支えられてきました。

## 麹菌 Koji mold

*Aspergillus oryzae*



### 麹菌は日本の伝統的醸造産業に用いられてきた



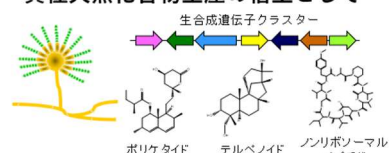
麹菌は日本独自の固体培養を通して進化してきた糸状菌です。麹菌は、大豆や米など固体基質の表面を菌糸で覆い、酵素を分泌して成分を分解します。こうした特性が、長い歴史の中で醸造・発酵文化とともに磨かれてきました。近年では、麹菌を利用したものづくりが世界的にも広がっており、医薬品の原料や有用化合物の生産、さらには代替タンパク源としての利用など、応用範囲が大きく拡張しています。



## 麹菌の有用物質生産への利用

－異種タンパク質生産の宿主として

－異種天然化合物生産の宿主として



－代替肉として

麹菌の細胞をタンパク質源として利用

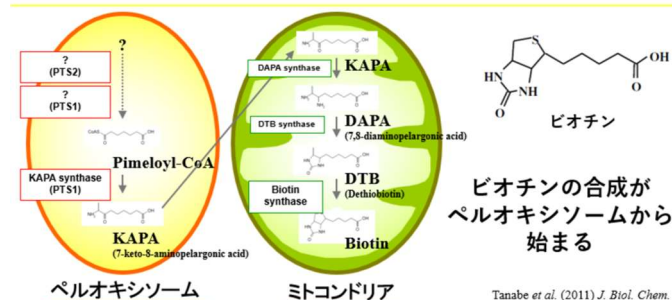


### －麹菌の細胞内構造やビタミン合成の仕組みの解明進む

麹研究の節目となったのは、2005 年、麹菌の全ゲノム配列が解読されたことです。約 3,700 万塩基対からなる 8 本の染色体構造が明らかになり、12,000 を超える遺伝子が特定されました。この成果を契機に、麹菌研究は大きく発展しました。細胞内構造の可視化も進み、酵素やミトコンドリアなどが菌糸の先端に集中していることが明らかになっています。

丸山教授らの研究では、麹菌がビタミンの一種であるビオチンを合成する仕組み、すなわちペルオキシソームという構造がミトコンドリアと共に関与するという機能を、世界で初めて発見しました。これは、麹菌が食品機能性に関係するかを理解する上で大きな手がかりとなりました。この知見をもとに、丸山教授らは「博士の昔こうじ甘酒」を開発。「甘酒の開発過程で、実際に様々な麹菌株を試作したところ、色や香り、味わいが大きく異なることが分かり、麹菌の持つ多様性をあらためて実感した」といいます。

### 麹菌がビタミンをつくる仕組みの発見

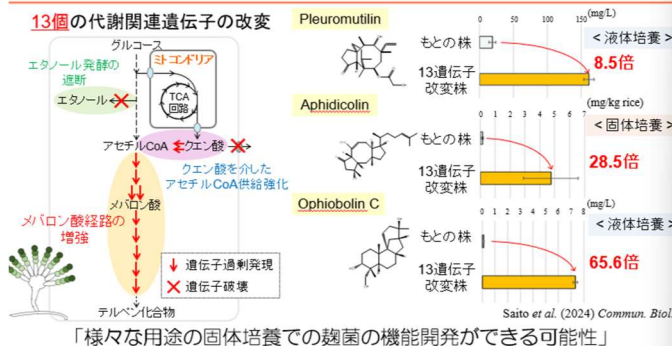


麹菌を用いた研究によって世界で初めて発見

### －多重遺伝子改変で麹菌の潜在能力を引き出す可能性

かつて、麹菌の多様な株に遺伝子改変を行うことは困難でした。しかし近年、ゲノム編集技術「CRISPR/Cas9 システム」の導入により、狙った遺伝子を高効率に操作できるようになりました。また、異なる遺伝子を組み合わせた多重改変も可能になり、麹菌の新たな機能開発にも役立っています。例えば、13 の遺伝子の代謝改変を積み重ねることで、化合物の生産において 8.5 倍のものから、化合物の種類によっては最大 60 倍にまで高めることに成功しました。液体培養では得られなかった化合物を固体培養に切り替えることで生産できた例もあり、液体培養が固体培養に関わらず麹菌の潜在能力を大きく引き出す機能開発が可能になったことを示しています。

### 麹菌の潜在能力を大きく引き出す機能開発

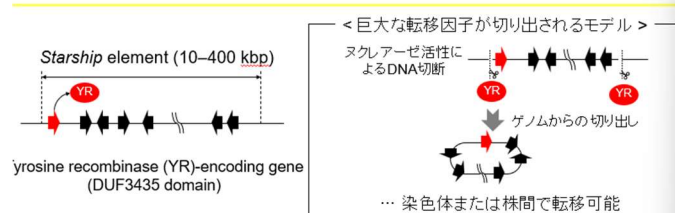


### －巨大な転移因子、麹菌の多様な適応進化に寄与してきた可能性

こうした機能開発を進める上で不可欠なのが、ゲノム情報の解析です。次世代シーケンス技術の発展により、麹菌のゲノムを解読が可能となっています。東京科学大学（旧・東京工業大学）のグループは、種麹として登録した 82 株について、用途（日本酒用・醤油用・味噌用など）による進化の傾向を明らかにしています。

さらに丸山教授らは、麴菌の染色体に「巨大転移因子」が存在することを発見しました。これは長さ 10~400kbp にも及ぶ DNA 領域で、環境適応や用途特化に関わる遺伝子を他の染色体へ移動させる性質を持ちます。例えば、日本酒用の麴菌には米を分解するαアミラーゼ遺伝子

### 菌類に存在する巨大な転移因子



金属耐性や糸状菌による病原性などの機能を付与することによる、菌類の適応と進化に関係

Gluck-Thaler et al. (2022); Bucknell and McDonald (2023)

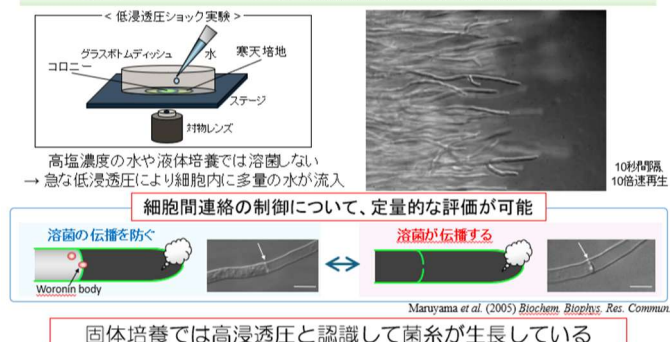
麴菌において、巨大転移因子の特徴をもつ領域が株間で異なる染色体に存在する



Copyright © Fujiwara Techno-art Co., Ltd. All rights reserved.

伝子が、醤油用には植物細胞壁を分解する酵素遺伝子が含まれており、それぞれの発酵用途への適応進化を示唆する発見となりました。丸山教授の初期の研究では、麴菌によるタンパク質生産を液体培養と固体培養で比較したものがああります。その結果、同じタンパク質でも糖鎖付加のパターンが異なることが分かり、培養条件が生産物の状態に影響することを示しました。近年は、麴菌の多細胞構造に注目し、麴菌のコロニーに水をかけると次々と細胞が破裂する様子から、麴菌の菌糸が外界を感知しながら生長するという認識を得ています。

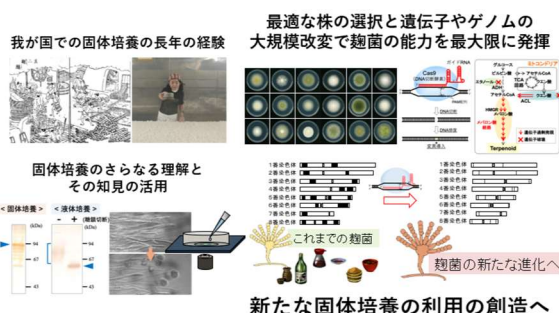
### 麴菌のコロニーに水を添加すると溶菌が起こる



固体培養では高浸透圧と認識して菌糸が生長している

### 一固体培養の新たな展開。ゲノム改変技術で麴菌の能力を最大限に引き出す

丸山教授は、「固体培養には、日本で長年培われてきた経験と知恵が詰まっています」と強調します。今後固体培養には、未利用資源の活用や機能性物質の生産など、新たな展開が期待されます。そのためには、培養基質に最適な麴菌株を選び、ゲノム改変技術でその能力を最大限に引き出すことが重要です。丸山教授は、「麴菌の多様性を理解し、その力を活かすことが、新たな固体培養の活用につながります。今後も研究によって貢献していきたい」と結びました。



### 岡山大学微生物インダストリー講座の取り組みについて

シンポジウム前半の最後には、岡山大学微生物インダストリー講座特任助教の原唯史氏が登壇し、岡山大学微生物インダストリー講座の取り組みについて紹介しました。



### 一固体培養の特性生かした研究、シンポジウムも開催

岡山大学微生物インダストリー寄附講座は、フジワラテクノアート株式会社からの寄附により 2022 年に設立されました。当初 2 年間の予定でしたが延長され、現在 4 年目を迎えています。講座の研究拠点には、麴菌の研究を進めるために開発された「小型通気式固体培養装置」が設置されています。将来的には、同装置の食品メーカーの研究室や公設試験場への導入を目標としています。

研究では麴菌の固体培養に関する微生物変換の仕組みを解明するとともに、シンポジウムなどを開催しています。また、フジワラテクノアート、岡山県工業技術センター、岡山大学の三者で「麴菌固体培養研究コンソーシアム」を組織し、地域植物資源を活かした発酵・醸造技術を食品・化粧品分野に応用する取り組みを進めています。麴菌は、アスペルギルス属に分類される、日本の伝統的発酵食品を支えてきた国菌です。醤油用の大豆麴、焼酎用の麦麴、味噌用の米麴などがありますが、基質は同じでも菌の種類によって見た目も性質も大きく異なる面白さがあります。こうした多様性こそ、麴菌研究の魅力の一つです。さらに、固体培養では液体培養には見られない酵素や化合物が生成されることがあり、同講座では、この特性を活かした研究も進めています。

### 麴菌の固体培養で植物資源を「醸す」




### 一地域資源の麴化による活用を目指した研究

研究では、地域資源を麴菌によって微生物変換し、機能性素材として活用することを目的に、シャーレ培養、無通風箱培養、通気式固体培養の 3 種類の培養方法を用いています。シャーレ培養は最も一般的な微生物培養方法で、無通風箱培養は比較的発熱量の少ない、吟醸酒用の製麴などに用いられる培養方法です。一方、通気式固体培養は発熱量の大きい発酵に適しています。フジワラテクノアートは、培養槽の




りました。同講座は現在、SBIR（Small Business Innovation Research）制度の支援プログラムの採択を受け、SO<sub>2</sub>濃度低下のメカニズム解明と有用成分の科学的実証に取り組んでいます。

### 1 シャーレ培養法 (トレイ培養法)




**温度** 恒温装置内で一定  
**湿度** コントロールなし  
**操作** 手動 或なし  
**通気** 下からなし

### 2 温湿度制御型 無通風箱培養装置




**温度** 装置内で自動制御  
**湿度** 装置内で自動制御  
**操作** 手動  
**通気** 発生する水蒸気が上下の膜を  
 通して移動あり

### 3 小型通気式 固体培養装置




**温度** 自動制御  
**湿度** 自動制御  
**操作** 自動制御  
**通気** 自動制御(疎菌)

## スケールアップ



VEX方式完全温湿度自動制御装置

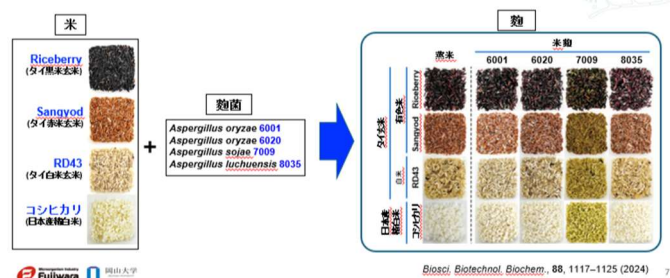


回転式自轉製粒装置

【世界最大級】  
 ・直径20m  
 ・80トン/バッチ

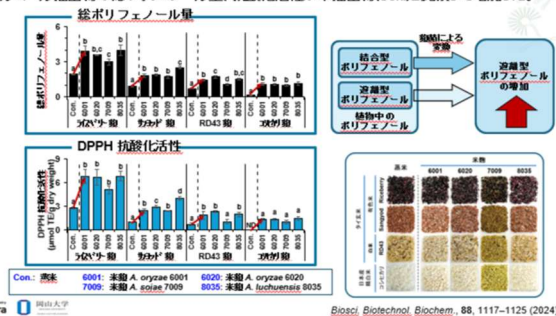
まずタイの有色米は、玄米のまま麴化した結果、全てで麴化が成立という結果を得ました。玄米での麴化が成功したのは初の事例です。

▶タイ産の有色米(玄米)3種、及び、日本の精白米全てに黴菌4種が良好に生育した。



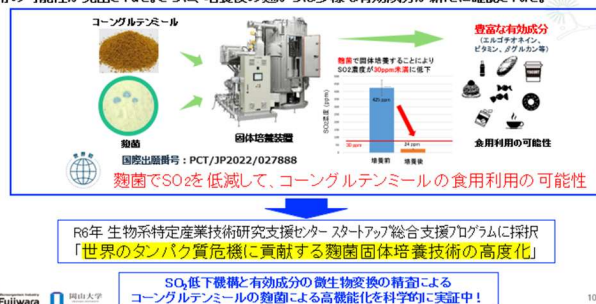
タイ産有色玄米麴（遊離型ポリフェノール量の増大）

➤ 麹のアルコール抽出物の総ポリフェノール量、抗酸化活性が米抽出物Conと比較して増加した。



コーングルテンミール麴

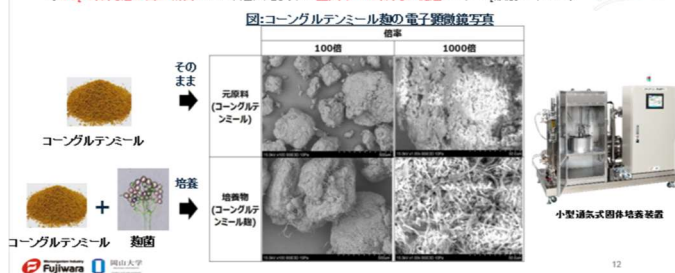
コーングルデノミールを麹菌で固体培養することで、原料中に残留していたSO<sub>2</sub>濃度が低下し、食用利用の可能性が見出された。さらに、培養後の麹からは多様な有効成分が新たに確認された。



SO<sub>2</sub>濃度低下のメカニズムについて現時点では、「麹菌がコーングルテンミールの表面と内部に菌糸を伸ばし、空気と接する表面積が拡大したこと、そして通気式で培養したことにより、もともと揮発性の高いSO<sub>2</sub>の揮発がより促されたため」と推定されています。これを受けて原氏は、「揮発性物質を含む基質の新たな利用法としても応用が利くのではないか」と期待を述べました。

SO<sub>2</sub> 低下のメカニズムは下記と考えられる。

- ① 麹菌は、培養中に菌糸をコンゴリンデニールの内部に向かって伸ばす。
- ② コンゴリンデニールの表面積は大きくなり、空気と接する面が大きくなる。
- ③ SO<sub>2</sub> は揮発性の高い物質のため、通風培養中に空気中への揮発が促進され、SO<sub>2</sub> 濃度が下がる。



成分分析では、培養 48 時間でグルタミン酸や GABA などのアミノ酸量が増加し、タンパク質分解酵素（プロテアーゼ）の活性上昇との相関が見られました。また、ロイシンなどの分岐鎖アミノ酸の増加も確認され、筋肉合成促進などの機能性素材としての可能性も見えています。

— **固体培養テーマのシンポジウムが盛況。固体培養への関心高まる**

同研究では、地域資源を日本の伝統的固体培養技術によって微生物変換し、新たな機能性素材を生み出すことを目指しています。

今後は、基礎研究だけでなく、企業や自治体と連携し、産業応用につなげていくことが課題です。このため、知見の共有や研究発表にも力を入れています。

2025年9月には、日本生物工学会大会と日本農芸化学会3支部合同大会の各シンポジウムを開催しました。なかでも「固体培養技術が切り拓くものづくりのイノベーション」と題した日本生物工学会大会シンポジウムは、当日立ち見が出るほどの盛況。原氏は、「固体培養への関心の高まりを実感しました」と報告しました。

## 「発酵」という日本発のフードテック

シンポジウム後半には、前半の登壇者である佐藤氏と丸山氏に加え、株式会社ビオック代表取締役社長の村井三左衛門氏、東北大学大学院農学研究科発酵微生物学寄附講座特任教授の五味勝也氏、株式会社フジワラテクノアート専務取締役の狩山昌弘氏がパネリストとして参加し、活発な議論が交わされました。



### 【コーディネーター】

岡山大学微生物インダストリー講座特任教授 神崎 浩 氏

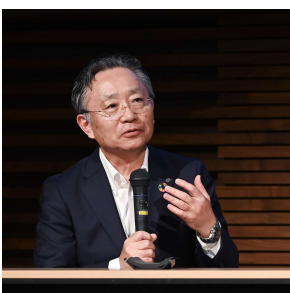
### 【パネリスト】



村井 三左衛門 氏  
株式会社ビオック代表取締役社長。  
2016年に稼業である室町時代創業の種麹メーカー糀屋三左衛門を継承し第29代当主となる。2022年京都芸術大学大学院修了（芸術学修士）。2023年公益財団法人日本醸造協会理事。2025年 ForbesJapan 「食の未来を輝かせる25人」に選出。麴を起点に知と産業を繋ぐ「Kojinomy」を提唱。著書に「ビジネスエリートが知っている教養としての発酵」（あさ出版）がある。



五味 勝也 氏  
東北大学名誉教授、発酵微生物学寄附講座学術研究員、(株)フジワラテクノアート顧問。1978年東京大学税庁醸造研究所主任研究員をはじめ、国税庁・国税局鑑定官室で要職を歴任。東北大学大学院農学研究科教授、東北大学大学院農学研究科寄附講座教授を経て、2024年東北大学大学院農学研究科寄附講座特任教授・学術研究員。主な受賞歴に、2016年第10回バイオインダストリー協会賞、2018年日本農芸化学会賞、2021年生物工学会賞などがある。



狩山 昌弘 氏  
(株)フジワラテクノアート専務取締役。1956年岡山県岡山市生まれ。1978年大阪大学卒業後、大手自動車メーカー入社。1985年(株)フジワラテクノアート入社、2006年取締役（開発・技術部門）、2020年専務取締役に就任。醤油、味噌、清

酒、焼酎などの製造設備・プラントの大型化、自動化、製造プロセスに関する研究開発に尽力したほか、粉体殺菌装置の開発、糸状菌による固体培養システムの開発などに従事。2019年に、2050年の自社をイメージし、中長期的な成長方向を描いた「開発ビジョン2050」を策定。「醸造を原点に世界で『微生物インダストリー』を共創する」を掲げ、事業を推進している。

### —シェフの創造性×日本の醸造技術の保存性・再現性—

（以下、敬称略）

神崎：前半、SAN-Jの佐藤さんの基調講演で、「世界ではシェフが麴への理解を深めながら調理に活かしている」というお話がありました。国内のみならず海外でも「Koji the kitchen」などのイベントを展開されているビオックの村井さんは、世界における麴の捉え方をどう見ていますか。

村井：主にシェフたちが、広い意味での調味・調理技法として麴を捉えていると思います。

佐藤：Nomaのような有名レストランのシェフたちが、そのようにして麴を使っています。ただ、そうした一流シェフの料理だけでは、リーチできる対象が限られます。シェフたちは素晴らしいクリエイティビティを持っていますが、品質の再現性や保存性にはあまり長けていません。シェフによるアイデアを商品化し、多くの人々に届ける、そのプロセスに日本の醸造メーカーが積極的に関わっていきけるのではないのでしょうか。もっとも、欧米のシェフたちは知見を吸収し、自分のものにするのも得意です。実際にR&Dの支援をしてきた身として、「日本の優位性は絶対ではない」と感じています。

神崎：フジワラテクノアートはフランスの国立研究所に小型通気式固体培養装置を納入したり、ベルギーで開催された国際会議・展示会に出展したりと、欧州でも取引や情報発信を行っています。それらの国々は、マスプロダクションを見据えて日本の技術を取り入れようとしているのでしょうか。

狩山：食品への活用というよりは、バイオマス、農業資材などへの活用が多い印象です。日本の醸造食品の製造技術は、杜氏などによって長い時間をかけて開発されたプロセスであり、今ではそれが科学的に理に適ったものであることが検証済みです。私は、そのようにして培われた安全性と再現性の担保された技術が数年で追い抜かれるとは思っていません。日本で蓄積された技術と海外のシェフの創造性が掛け合わさると、いいものが生まれそうですね。

村井：注意したいのが、欧米と日本との違いです。例えば、欧米では日本ほど再現性が重視されません。ワインにしてもビンテージごとに味わいが異なるのは当たり前で、「変わらぬ味」「ブレのない味」は必ずしも求められません。そうすると、再現性を重視する日本の技術は、世界ではオーバースペックになる可能性があります。また、欧米の乾燥した気候は、多湿な日本と比べてものが腐りにくい。価値観や環境の違いを前提に、いかに勝負すべきかを考える必要があります。

### —「伝統的」とは？アカデミックなシーンにおける固体培養の現在地—

神崎：アカデミックなシーンではいかがでしょうか。世界で固体培養はどのように捉えられていますか。

丸山：麴菌については「日本ならではの菌」という認識が広がっていますが、研究対象としてはあまり挙がってきません。一方で、和食や日本の酒のユネスコ登録、さらには未利用資源のアップサイクルなどのサステナビリティの観点から、麴菌の利用に注目が集まっています。研究者の間でも、近く「solid state



fermentation」すなわち固体培養への関心が高まる可能性があります。

五味：「極東で伝統的な醸造食品を作るのに使われている、食べられる安全な菌」そして「長寿の日本人が1000年以上食べてきた菌」というくらいの認識はあると思います。固体培養は液体培養に比べて技術的に難しいのですが、装置が広まったら固体培養を研究する人も増えてくるのではないのでしょうか。

神崎：「solid state fermentation」というワードが登場する論文数は、2005年から右肩上がりで増加しています。国別で見ると、日本も増加傾向にあるものの、中国、インド、ブラジル、米国といった上位国の伸び率には及ばず、日本の順位は低下しています。世界でいわゆる固体培養について言及した論文が増えている一方で、基質、水分含有量、培養時間、種類などの培養条件は、日本における「固体培養」のそれと大きく異なっています。こうした状況に照らすと、日本の伝統的な麴づくりで育まれてきた固体培養をしっかりと世界に発信していく必要がありそうです。

五味：目的に合った種類の種類を選んで使うという認識も、海外ではまだ広がっていませんね。日本からしっかり発信する必要があると思います。

神崎：日本の麹屋さんが育ててきた麹は高品質ですが、海外の基質と合わせたときにどうなるかは未知数です。また、海外で行われている固体培養は、培養条件も培養方法も安定していません。日本の醸造業界の方々が関わることで、海外の基質と高品質な麹を使って伝統的な固体培養を実現できるかどうか、ひとつの課題となりそうです。佐藤さん、海外の学生が発酵を学ぶ際には、培養条件なども認識したうえで行うのでしょうか。

佐藤：海外で発酵に興味を持った学生たちが最初に手に取るのは、学術書よりもシェフが書いた本です。とはいえ、シェフも勉強熱心で、発酵にも固体培養と液体培養があることをよく調べています。私自身、「液体培養はどう？」と質問されたこともあります。日本の醸造業界では「伝統的な」という表現が使われますが、どのような培養条件であれば「伝統的」と言えるのか、定義があるのでしょうか。定義されていなければ、欧米で行われている発酵が伝統的なものであるかどうか、評価しづらいという悩みがあります。

丸山：麴の固体培養は多様ですから、確かに定義が難しいですね。少なくとも、再現性のある麴菌の培養方法が研究室で確立されてきたので、最終商品の製品化に向けて評価するには、今後、遺伝子レベルでの解析や実験技術、ノウハウを確立していく必要があるでしょう。



## —シェフとの融合、年に1回の“カオス”に期待—

神崎：最後に、昨年飛び入りで登壇いただいた「Smart Kitchen Summit (SKS) Japan」の立役者・外村仁氏にもコメントをいただきたいと思います。

外村：昨年のシンポジウムで、欧米で発酵が流行するなか日本人のブレイヤーがほとんどいないことを指摘しましたところ、フジワラテクノアートさんは英語での発信を強化されています。本日このシンポジウムに集った皆さまにも英語での発信にご協力いただけると、日本発の発酵を盛り上げていけるのではないのでしょうか。もう1つ重要なのが、「出口」を意識することです。米国スタンフォード大学の発酵をテーマにしたカンファレンスでは、発酵を調理技法にとり入れたNomaのR&Dシェフが、医学部の教授とともに登壇していました。日本ではこういった機会での登壇者が川上に寄り過ぎています。今後はぜひ、発酵を調理技法として使うシェフにも登壇いただき、融合を試みていただきたい。日本人は「分類」を得意としますが、分類してよく整理されたフローチャートに則って考えていては、そのシス



テムにはまらないことが出てきたときに対応できません。ときには「カオス（混沌）」状態で考えることも意識してみてはいかがでしょうか。年に1回のこのシンポジウムが、そんな機会になることを期待しています。

## おわりに

閉会の挨拶で岡山大学環境生命自然科学研究科の森也寸志研究科長は、「微生物インダストリー講座を通じて固体培養を世界に向けて発信するとともに、同講座が人材育成の場としても機能することを期待しています」と話しました。そして、「(固体培養には) 将来性があります。土壌やその他の研究と絡めた研究など、学生の研究がさらに展開していくことを願っています」と語り、シンポジウムを締めくくりました。

