

小さな生き物が社会を大きく変えるかも!?

micro magazine

The Paper

2025

2nd
Issue

特集

INVISIBLE INNOVATORS

微生物とスタートアップ



どうやって 麴菌を肉に してるの？

麴菌そのものを食べることができる「麴肉」。そのつくりかたはまるで酒づくりのよう。麴菌のタネを栄養たっぷりの培地に植え、タンクで発酵させるとたった数日で麴菌がいっぱいに。余分な水分を除いた後、つなぎを加えて成形すると、「麴肉」が完成します。培地に加える栄養素には、酒粕や焼酎粕などさまざまな発酵粕が利用可能。発酵食品づくりの過程で生まれる副産物を再利用できるアップサイクルな製造方法が特徴です。



3ステップでわかる
麴肉のつくりかた

1

麴菌を培地に植える！

2

麴菌、培養中！

3

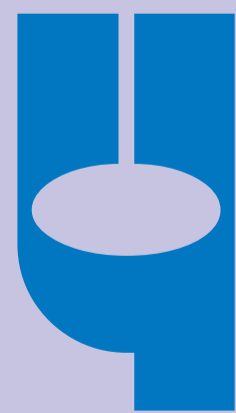
麴肉のもとが完成！



おいしい麴肉を
日々研究中！

麴菌だから “おいしい” 代替肉ができる

醤油や味噌など和食の調味料の製造には欠かせない麴菌。その最大の特徴は「うまみ」をつくりだすこと。麴菌がでんぷんやたんぱく質を分解する際に生まれるアミノ酸などの酵素がうまみ成分のもとになっています。「麴肉」も麴菌を絞り取ったときに残る酵素のおかげで、うまみやコクがたっぷり。「肉の替わり」と一括りするだけでは留まらない、新たな「おいしい」食品としての可能性を秘めているのです。



麴肉 誕生秘話

麴ラボの代表取締役を務めるのは、筑波大学生命環境系の萩原大祐准教授。名古屋大学大学院で農学博士の学位を取得後、各地の大学や研究所で研究に従事し、2017年に筑波大学に着任。一貫して糸状菌（カビ）遺伝子機能やゲノム解析を専門とするカビ研究者です。そんな萩原先生が「麴肉」の開発を思い立ったのは、2021年のある日のこと。きっかけは学生のこんな質問でした。「麴菌って食べられるんですか？」



麴菌は食べられます！

カビ大好き！
萩原大祐准教授

INVISIBLE INNOVATORS

微生物とスタートアップ

微生物が持つ可能性を人々の暮らしや地球環境に活かすべく、さまざまな研究を行う筑波大学 微生物サステナビリティ研究所 (MiCS)。ラボでの研究はもちろん、実社会での活用を目指すため、ビジネスへの発展を試みる研究者も登場しています。そこで今回は、MiCS 研究者が携わるふたつの最新スタートアップを紹介。目に見えない生き物の力でイノベーションを起こす、微生物的ビジネスプロジェクトに迫ります。

代替肉業界の“小さな”風雲児!?

麴ラボ

Established 2024



これが麴肉

食の未来を 麴菌が変える!?

2010年代から世界的に開発が進んでいる代替肉の新たな一手として、「麴肉」の開発を行う株式会社麴ラボ。主原料となるのは、その名の通り「麴菌」。日本では古くから馴染みのある微生物を「食肉」として利用する研究を進めています。2021年頃から始まったプロジェクトでしたが、2024年ついにスタートアップとして本格始動。未来の食卓を支えるべく、新たな食品の実現にチャレンジしています。



次世代の“バイオものづくり”の旗振り役！

BioPhenolics

Established 2023

4

目指せ！ 1000万トン級の バイオものづくり

バイオものづくりを成長させるためには、設備投資が必要不可欠。ときには大型で高価な設備が必要になり、経済的な面で研究や事業が難航することも少なくありません。BioPhenolicsは「バイオCDMO事業」として、そんな研究者や企業ために設備や技術を提供し、バイオものづくりをお手伝い。「ラボではできないスケールのものづくりをしたい！」という声に応えるべく、独自のノウハウを生かし国内トップクラスのリーズナブルさでバイオものづくりの仲間たちを支えています。今後はさらに設備を強化し、2040年代には1000万トン級のバイオものづくりを目指しているBioPhenolics。より環境に良いものをより経済的につくる、次世代のカーボンニュートラルに取り組んでいます。

3

さつまいもで プラスチック ができる！？

石油を原料に使わず生産できるバイオプラスチック。環境に良い反面、使い勝手は従来のプラスチックに届かないこともあるのが課題でもありました。BioPhenolicsではその欠点を克服すべく、「スマートセル」と呼ばれる独自の微生物を活用したバイオプラスチックを開発。発酵技術を活用して、石油由来のプラスチック同様の使い勝手を実現することが可能になりました。最近では、干し芋づくりで廃棄されてしまうさつまいもの残りが原料にしたバイオものづくりを試験中。さつまいもを原料にしたプラスチックが間もなく誕生しようとしています。

つくば市内に
ラボと工場が誕生！



微生物の力で 人と環境に優しい ものづくり

2023年に筑波大学発のスタートアップとして創業したBioPhenolics株式会社。石油化学でつくられるプラスチックの原料を、発酵技術を用いてバイオマス（植物）で製造する「フェノリクス事業」と、カーボンニュートラルを目指す企業や研究者の手助けをする「バイオCDMO事業」の二軸で“バイオものづくり”をすすめるスタートアップです。起業からわずか2年にして、広さ約500㎡の施設をつくば市内に構え、積極的に事業を展開しています。

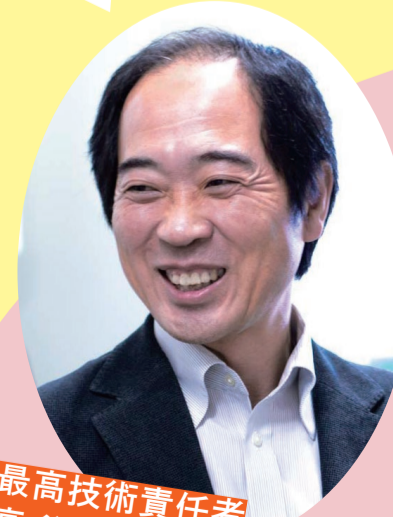
2

“バイオものづくり”のプロと MiCS 副センター長が タッグを組む！

バイオものづくりならお任せあれ！

MiCS 副センター長もやっています

BioPhenolicsの発起人となったのは、代表取締役社長を務める貫井憲之さんとMiCS副センター長の高谷直樹教授。2022年頃、バイオ系のベンチャーや大企業で働いていた貫井さんが独立を考え始め、前職で親交のあった高谷教授に相談したところ、意気投合。筑波大学発スタートアップとして起業することになりました。その後、高谷教授の研究室にポスドクとして所属しながら、起業の準備を進め、2023年2月にBioPhenolicsを創業。貫井さんがこれまで培ってきたバイオものづくりの量産開発と、高谷教授の微生物研究や幅広いバイブラインが掛け合わせり、より経済的なカーボンニュートラル社会を実現するスタートアップが誕生しました。



最高技術責任者
高谷直樹教授



代表取締役社長
貫井憲之さん



そもそも

ウイルスってなんだ？

私たちは肉眼で見ることができない生物をまとめて「微生物」と呼びますが、そのような小さな世界にも、身の回りの動植物に劣らないほど多様な種の生物群が存在します。

微生物は大きく「真核微生物」「細菌（バクテリア）」「古細菌（アーキア）」そして「ウイルス」の4つに分けられます。

「真核微生物」は水中のプランクトンのような、一般的な動植物のうち肉眼では見えないようなものから、キノコやカビなどをつくりだす「真菌」のことを指します。これらは細胞核をもち、単体での増殖が可能です。

「細菌」「古細菌」はそれぞれ大腸菌や乳酸菌、メタン菌や好熱菌などが代表例で、組成物質などの違いはありますが細胞核はもたない生物（原核生物）ですが、単体での自己増殖が可能です。

そしてインフルエンザやコロナで知られる「ウイルス」は、遺伝子情報もっていますが単体での自己増殖が不可能で、他の生物の細胞内しか増えることができません。よって微生物とは言いつつも、ウイルスは生物ではないとされることもあります。

ちなみに、「微生物」とくくられるウイルスと細菌の大きさは10〜100倍程度の差があると言われ、これはアリと人間を同じ生き物とくくるようなもの。それに比べると、いかに「微生物」という言葉が大雑把なものか想像しやすいのではないのでしょうか。

ARTICLE

極限環境から 第3のRNA ウイルス系統を 発見！

「RNAウイルスって？ DNAみたいなもの？ そもそも第1、第2もわからないんだけど……」という声が聞こえてきそうですが、実はこの発見は、ウイルスの分類そのものを揺るがすほどの大発見であるかもしれないのです。その経緯とは？

Text: Naoto Oi (Araregumi)



私が見つけた！

浦山 俊一

筑波大学生命環境系助教。MICS 先端微生物機能開発グループに所属。mics magazine 副編集長を務める。

DNAウイルスとRNAウイルス

では、ウイルスについてももう少し詳しく追っていきましょう。まず、ウイルスにはDNAウイルスとRNAウイルスの2系統があります。

DNAウイルスは遺伝物質がDNA（デオキシリボ核酸）でできており、宿主の細胞核内で、DNAポリメラーゼ（合成酵素）を利用して増殖します。これに対しRNAウイルスは、遺伝物質がRNA（リボ核酸）でできており、宿主の細胞質内で、RNAポリメラーゼ（合成酵素）を用いて増殖します。

第3のRNAウイルスの発見

これまでに見つかったRNAウイルスは、全て上記のレトロウイルス界または非レトロウイルス界のどちらかに属していました。しかし今回発見された新しいRNAウイルスは、自己複製酵素がレトロウイルスとも非レトロウイルスとも異なる特徴をもった、新たな分類（界）となる可能性のあるウイルスだったのです。

例えるなら、魚しくない世界にタコ（門の違う生物）が現れたところか、植物しかない世界で動物（界が違う生物）が現れたレベルの衝撃となります。また、この新たなウイルスの自己複製酵素はこれまでに見つかった2つの酵素（RTとRdRP）の中間的な構造をもっていると考えられ、RNAウイルスの進化の分岐を解明するための大きな手がかりになると考えられています。

今回見つかったRNAウイルスは、発見された環境にちなんで「Hot Spring RNA virus」という系統名がつけられました。これまでに見つかった新しい、新たな系統のウイルスであるという驚きもさることながら、今回の発見はその経緯も含めて特殊なものでした。

これまでのRNAウイルスの探索手法は、あるウイルスのRNAの配列と既知のウイルスのRNAを比較して似たものを探していくというものでした。しかしこの手法は過去に発見されたウイルスの情報に依存しているため、全く新しいウイルスを発見することが困難であるというデメリットがありました。

浦山助教を中心とする研究メンバーは、既知のウイルスとRNAが類似しない場合でもウイルス由来の遺伝子物質を検出することができるFLDS法という手法を2016年に開発し、新たなウイルスの解析を続けてきました。今回の発見は従来手法では成し得なかったことも実証されており、FLDS法の有用性を示す結果となりました。

またHSRVは、これまでにRNAウイルスの見つかったこなかった高温・高酸性環境である温泉の中から発見されたものでした。これは今までウイルスがないと考えられていた環境でも、今後はまた別の新たなウイルスが見つかる可能性を示唆しています。

さらにいえば高温・高酸性などの極限環境でも生息できるウイルスや宿主となるバクテリア等の研究が進んでいけば、原始生命の誕生のきっかけとされるRNAワールドを知る手がかりになる可能性もあると考えられています。

今回の発見からもわかるように、ウイルスは地球上どこにでもあり、人間を含めた全ての動植物にも深い関係性のある存在です。反面、まだ圧倒的に明らかになっていないことが多いと考えられています。

そんな生物かどうかすらわからない小さな存在でも、一歩一歩着実に研究を続けていけば、より豊かな未来をつくるヒントを見つけることができるかもしれません。

発見への道

今回見つかったRNAウイルスは、発見された環境にちなんで「Hot Spring RNA virus」という系統名がつけられました。これまでに見つかった新しい、新たな系統のウイルスであるという驚きもさることながら、今回の発見はその経緯も含めて特殊なものでした。

これまでのRNAウイルスの探索手法は、あるウイルスのRNAの配列と既知のウイルスのRNAを比較して似たものを探していくというものでした。しかしこの手法は過去に発見されたウイルスの情報に依存しているため、全く新しいウイルスを発見することが困難であるというデメリットがありました。

浦山助教を中心とする研究メンバーは、既知のウイルスとRNAが類似しない場合でもウイルス由来の遺伝子物質を検出することができるFLDS法という手法を2016年に開発し、新たなウイルスの解析を続けてきました。今回の発見は従来手法では成し得なかったことも実証されており、FLDS法の有用性を示す結果となりました。

またHSRVは、これまでにRNAウイルスの見つかったこなかった高温・高酸性環境である温泉の中から発見されたものでした。これは今までウイルスがないと考えられていた環境でも、今後はまた別の新たなウイルスが見つかる可能性を示唆しています。

さらにいえば高温・高酸性などの極限環境でも生息できるウイルスや宿主となるバクテリア等の研究が進んでいけば、原始生命の誕生のきっかけとされるRNAワールドを知る手がかりになる可能性もあると考えられています。

今回の発見からもわかるように、ウイルスは地球上どこにでもあり、人間を含めた全ての動植物にも深い関係性のある存在です。反面、まだ圧倒的に明らかになっていないことが多いと考えられています。

そんな生物かどうかすらわからない小さな存在でも、一歩一歩着実に研究を続けていけば、より豊かな未来をつくるヒントを見つけることができるかもしれません。

Special Interview

紫綬褒章 受章記念
小林達彦教授
特別インタビュー

筑波大学生命環境系に所属し、微生物の基礎と応用研究を行っている小林達彦教授。MICSの次世代微生物利用部門のメンバーの一員でもある小林先生が2024年11月に紫綬褒章を受章しました。今回はその受章を記念して、特別インタビューを実施。研究内容をはじめ、普段はなかなか知ることのできない小林先生の研究への思いについて聞きました。

Interview & Text: Yu Kamigawa

——このたびは紫綬褒章受章おめでとうございます。まずは、先生が研究されている内容を教えてください。ありがとうございます。スタッフ、学生、共同研究者のおかげで感謝感謝です。研究内容はちよっと大袈裟なんです。単刀直入に言うと世界でまだわかっていないことを明らかにしています。未知なる代謝や酵素の存在を明らかにすべく、自然界から微生物をとってきて調べて発見する研究を行っています。

例えば最近研究しているのは、お茶に含まれるカテキン。世の中には、生き物の身体に作用する「生物活性物質」がたくさんあります。カテキンもそのひとつで、一般的には健康にいいとされていますよね。でも、カテキン代謝には茶葉を栽培している土壌に住む微生物が関係しているのかという謎や、カテキンが直接身体に効果があるのか、はたまた腸内微生物がカテキンを別のものに交換しているから効いているのか、という部分はあまり研究が進んでいなかったんです。土壌中から微生物を探してるところから、取り出した新たな酵素を遺伝子レベルで解析するところまで行く、なんでも屋的な微生物学研究を行っています。

——微生物を探してるところから研究がはじまるんですね。ものすごく時間と労力がかかりそうです。もちろん、微生物を取るところだけなく、微生物によって代謝・分解された微量な化合物や酵素をそれ

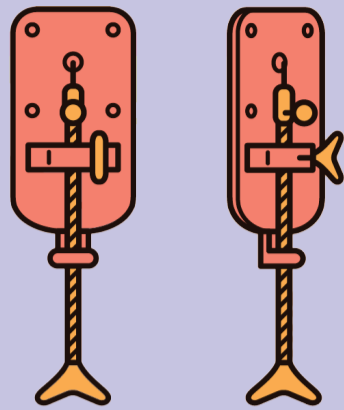
ぞれ丹念に調べて解析するのは時間がかともかかります。しかも、研究を始めたとしても最終的に予想していた結果になるかはわかりません。でも、基礎研究として新たな酵素や現象を解明するのは大事なことです。最初から実用的な方向で考えるのではなく、さまざまな方向への可能性を考えた上で実用的な可能性も視野に入れて研究を進める。その中で思っていたのとは違うデータが出て、それを見逃さないというのが大事になる場合もあります。

——先生が研究活動の中で感じる喜ばしかったことや、逆に難しかったことは何でしたか。やっぱり、世界で誰も知らなかったことを明らかにできるのは嬉しいですね。逆に難しかったことは研究費の問題かな（笑）。私が筑波大学に着任した当時は実験室がなくて、他の先生にスペースを貸していただいたんです。試薬や遠心機もないところからラボを立ち上げたので凄く大変でした。そこから自転車操業のように、研究費をやりくりして研究していました。同時に、いろんな工夫もしました。着任後4年ほどしてから頂けた新しい実験室で設備を購入する際、ちよっと特注にしたんですよ。実験室の作業台を、今の日本人の身長に合わせて10cm高くしたり、実験台の棚を高くして上の空間を活用できるようにしました。スペースは限られているので、より快適な研究環境に整えるためです。

——先生のごだわりはやはり研究に活かされていますか？そうですね。当たり前だからと踏襲するよりは、自分なりに工夫していく。研究はアイデアが大事なんです。一生懸命手を動かしつつ、何か新しいことができないかと考えるのが大事。普段からかなり意識していますし、授業でも学生の皆さんに伝えるようにしています。学生に自分で考えさせる授業をするんです。自分で新しいことを考えるのは、自分のためにもなるし、ひいては社会にとってもいいことに繋がりますから。

——小林先生の背中を追って微生物学の世界へ飛び込む方も多く感じます。最後に、これからの微生物研究を担う次世代の研究者にメッセージをお願いします。まずは、置かれた場所で粘り強く結果を残していく。同時に「自らさままざまな人と話をしに行く」姿勢も研究にとつて大切だと思います。私自身、どんな外から刺激を得ることとは、学生時代の課題でもありました。実際、国内外問わず著名な先生のところに行き、講演旅行にも行っていただきました。そうすると、また学会で顔を合わせた時に話が増えて、それが次の研究の糧になったりもする。能動的にいろいろな人と関係性を築いていくことは、自分の新しい発見にも繋がるはずです。

——研究についてだけではなく、先生のお人柄も窺える、大変貴重なお話でした。ありがとうございます。



見えたっ！ 顕微鏡

第2回 微生物学のはじまり

「気の一部や腐敗、発酵などの現象は現代においては微生物の……」
「……たらしきによるものと知られていますが、かつての人々はその原因を完全にはわかっていませんでした。例えば病気は神様からの罰や悪魔・悪霊によるものと考えられていましたし、酒など発酵食品自体はあれど、そのつくり方は経験値によるものが多かったはずで。

医学においてもこうした誤解の影響は強く、今となつてはあたりまえなアルコール消毒の概念すらなかったため、多くの患者が治療のための手術等による感染症で命を落とす、という本末転倒な状況も多かったといえます。

17世紀後半、オランダのアントニー・レーウェンフックが独自に製作した単式顕微鏡を使って世界で初めて微生物を観察しました。彼は雨水や血液、時には「生まれてから一度も歯を磨いていない男性の歯垢」の中に動く無数の小さな生物の存在を世界に知らしめました。

彼の観察結果はヨーロッパはもちろん、世界中に衝撃を与えました。しかし当時は「自然発生説」という考え方が一般的に広く信じられており、特定の条件がそろえば生物は無生物から自然に生まれると考えられていたため、まだ多くの科学者は彼の発見を信じようとせず、微生物の存在は議論の的となりました。

この論争に終止符を打ったのがフランスの学者だったルイ・パスツールです。彼は自然発生説で信じられていた空気中の「生命の素」という想像上の物質が存在しないことを証明するため、特殊なガラスコで「空気は通るが微生物は通さない」状況をつくりました。この実験の結果、パスツールが想定した通り、微生物が存在しないガラスコ内では腐敗が起こらないことを実証しました。これにより自然発生説は否定され、微生物の存在が科学的に認められるよ

うになりました。

その後食品保存や医療の分野でも微生物の存在は大きな転換を引き起こすことになりました。ドイツの医師・細菌学者であったロベルト・コッホは、細菌培養の手法を確立し病原体の研究を進めた結果、特定の微生物が特定の病気を引き起こすことを明らかにしました。

コッホはその後炭疽菌や結核菌、コレラ菌など、当時恐れられていた感染症の原因となる微生物を数多く同定し、抗生物質の発見にその後繋がっていくような基礎を築いたことで、多くの人の命を救うことになりました。

パスツールやコッホの医学的研究は、医療における微生物学の重要性を示し、後に多くの細菌感染症を治療可能なものとした。その業績から彼らは「近代細菌学の開祖」と呼ばれるようになりました。

今日においては、微生物学は医学や生物学の枠を超え、多方面で応用されています。

食品分野では発酵食品や微生物が生み出す栄養素や酵素の研究が進み、腸内細菌と健康の関係も解明されつつあります。また、微生物の力を利用したバイオテクノロジーは、工業分野やエネルギー分野でも活用され、再生可能なエネルギー、汚染された環境の改善、人間以外の生き物にもやさしい製品やサービスの開発などにも繋がっています。

さらに微生物のゲノム情報を解析することで、地球や生命の誕生など、壮大な歴史を紐解くこともできるのではないかと考えられています。

目には見えない存在でありながら、私たちの生活に深く関わる微生物。今や私たちは、顕微鏡を使わなくても彼らがそこにいると知ることができます。そして科学者たちは微生物を観察するだけでなく、その先にある新たな世界の可能性を探求し続けています。

mics magazine
The Paper
2025 2nd Issue

発行日 | 2025年4月
編集長 | 豊福雅典
副編集長 | 浦山俊一

編集 / 文 / デザイン / イラスト
株式会社アラレグミ

発行人
筑波大学
微生物サステイナビリティ研究センター

お問い合わせ
admin.mics@un.tsukuba.ac.jp

mics magazine
ウェブ版も
不定期更新中！
https://micsmagazine.com

フランスの東部、シャンパーニュ地方の丘陵地帯に位置する小さな村ラングル。この地で生まれた「ラングル」は、牛乳を原料とするウォッシュタイプのチーズである。円筒形をしたこのチーズの特徴は、中央にくぼみがあること。まるで火山口のようにはこんだくぼみには、こんな逸話が残っている。

かつてシャンパーニュ地方でチーズをつ

チーズの 味な話

第2回 修道士の失敗作



となったという。まさに、災い転じてラングルとなったのだ。

ごつごつとした表皮はオレンジ色を帯び、ほのかにしっとりとしている。この色合いは、熟成の際に塩水や植物性色素のアナトーを加えた液で洗うことで生まれる。こうした「ウォッシュ」技法は、チーズに独特の香りと風味をもたらす。食べてみると、ミルクィな甘みとほのかにヨーグルトのような酸味が広がり、優しい塩気が後を引く。熟成が進むにつれて、旨みとコクが深まり、トロリとした食感が際立つ。「ラングル」のくぼみは泉を意味する「フォンテーヌ」とも呼ばれ、地元のブランデーであるマールを注ぎ、一緒に掬って食べる贅沢な楽しみ方もある。さらに、マールを注いだ後にフランベすると、マールの芳醇な香りとアルコールの刺激がチーズの濃厚な旨みと溶け合い、その味わいはまさに「目が覚めるような旨さ」である。

現在、「ラングル」はフランス政府の原産地統制呼称(AOC)を取得し、伝統を守りながら作られ続けている。シャンパーニュの豊かな風土と修道院での偶然が合わさり生まれた「ラングル」は、まさにフランス文化の「味」なチーズなのだ。