



幅広い味わいが
楽しめる石川の地酒
「社員杜氏」の導入で
働きやすい環境づくり

.....
2

生物資源工学研究所
教授
河井重幸



株式会社加越
代表取締役社長
山田英貴氏

対談



表紙 PHOTO / 株式会社加越の酒造り風景

CONTENTS

研究紹介

微生物で生薬の希少成分を生産

生物資源工学研究所 准教授 南 博道 4

農業生産と環境保全、高ミネラル作物の開発へ向けた植物の鉄の研究

生物資源工学研究所 准教授 小林 高範 5

BioJapan 2018 出展報告

食品科学科 准教授 小柳 喬 6

CLOSE-UP

微生物発酵で作るバイオエネルギー

災害時の備えから地方活性化貢献まで

助教 馬場 保徳 7

平成30年度 石川県立大学シーズ発表会 8



株式会社加越
代表取締役社長
山田 英貴氏



生物資源工学研究所
教授
河井 重幸



幅広い味わいが楽しめる石川の地酒 「社員杜氏」の導入で働きやすい環境づくり

清酒「加賀ノ月」の銘柄で知られ、小松市に蔵を構える創業153年の株式会社「加越」。代表取締役社長の山田英貴氏は、2022年の北陸新幹線敦賀延伸を見据え、地酒を生かした加賀地方の活性化にも期待を寄せています。そんな加越の取り組みを、生物資源工学研究所の河井教授がお聞きしました。

日本酒は日本の文化

河井教授●昨年6月に県外の大学から本学に着任したばかりです。石川の地酒を飲むのを楽しみにやってきました。先日、加越さんのお酒もいただきました。とても美味しかったです。

山田氏●ありがとうございます。当社は、昭和37年（1962）年に北陸3県の4つの酒造会社が合併して今の組織になりました。当時の酒造業界は、灘（兵庫県）や伏見（京都府）の巨大な酒蔵が力を持っていました。それらの酒蔵は、国税局の鑑査で「一級酒」の称号を得ることも多い圧倒的な存在。国のお墨付きを得た一級酒は飛ぶように売れていました。一方、いわゆる「地酒」は「二級酒」として扱われることが多く、味に自信はあってもブランド力では一級酒に太刀打ちできず、売り上げも厳しい。生き残るために合併した酒蔵も少なく、当社もその一つです。地酒の味が評価され始めたのは、平成に入ってからですね。

河井教授●そうなんですね。個人的に地酒は美味しいという印象を持っていたので、そんな歴史があったとは驚きました。山田社長にとって日本酒とはどんなもので

すか。

山田氏●「日本の文化」だと思います。日本人は、稲作が伝来してから約2千年間、ずっとコメを食べ続けてきました。そんな日本人のDNAとコメを原料とする日本酒の結びつきは強いはずですよ。よく、魚料理には日本酒、肉料理にはワインやウイスキー、ビールなどの洋酒が合うと言われますが、日本酒には何年も寝かせた古酒や発泡系の活性生酒などもあります。日本酒の味わいは幅広いのです。魚料理に限らず、どんな料理にも合うことを知っていただきたいですね。和菓子にも合うんですよ。

河井教授●和菓子にも合うとは、石川県らしい。石川の地酒の特徴を教えてください。

山田氏●一概には言えませんが、能登の酒と加賀の酒で味わいが少し異なります。酒造りには地下水を使用することが大半です。能登地方にある山は比較的標高が低く、雨水が地下水になるまでの時間が短い。だから軟水に近い水が原料となることが多いです。軟水系の水は、甘口の良いお酒に仕上がるんですね。対して加賀地方には、標高2700mの白山があります。時間をか



麴を仕込む場面

けて抽出される地下水には、ミネラル成分などがたっぷり含まれており、酵母の働きを活性化してくれます。そうすると質の良い辛口のお酒が出来上がります。どちらの酒の方が美味しいというわけではありません。石川県には現在、酒蔵が37社あります。たくさんの酒蔵があり、銘柄があるからこそその日本酒だと思います。互いが切磋琢磨して良いお酒を造ろうとすることが、日本酒業界を盛り上げるために必要です。

北陸新幹線敦賀延伸は絶好の商機

河井教授●3年後の北陸新幹線敦賀延伸は、石川県の地酒、特に加賀地方の地酒の消費拡大を狙う商機になりますね。

山田氏●そうですね。小松駅前の居酒屋さんなどは、みんな期待していますよ。当社も看板銘柄である「加賀ノ月」の地元での知名度アップを図りたいと思います。現状は、首都圏や関西方面から多く引き合いをいただいています。地元ではまだまだ。アジアやオセアニア、ヨーロッパなど海外への輸出も手掛けていますが、やはり地元石川での販売にも力を入れなければいけないと考えています。

河井教授●後継者の育成についてはいかがですか。

山田氏●酒蔵を支える屋台骨は、経営者と製品の製造責任者である杜氏です。酒造りの世界では「季節杜氏」といって、農閑期に能登や新潟などからやってくる杜氏を中心とする職人集団が酒蔵に泊まり込み、お酒を仕込む「蔵人制度」が伝統的に存在します。杜氏は蔵人をまとめる指揮官で、高い技術と人間力を持ち合えます。杜氏を中心に、蔵人が昼夜を問わず、一冬を通して酒造りに打ち込むわけですが、その労働環境を現代の働き方として鑑み、拘束時間が長い蔵人制度をこの先も維持していくのは厳しいと考えています。そこで当社では「社員杜氏」の制度を導入しています。蔵での泊まり込みを止め、自宅から通えるようにしました。24時間体制の酒蔵の管理は、交代制にするなど、季節に関係なく「社員」として仕込みやその他の業務に携わってもらいます。古くから受け継がれてきた杜氏の技

術を会社全体で協力し合って継承することで、安定した酒造りも可能になります。

河井教授●昨今注目が高まっているIoT(モノのインターネット)やAI(人工知能)を、製造現場や社内で活用されるお考えはありますか。

山田氏●現状は取り入れていませんが、深刻化する現場の人手不足を考えると、当然そんな時代がいつかはやってくると思います。例えば、蔵の温度や湿度管理、麴を仕込む時の水加減や完成直前に漂う独特の香りなど、杜氏の技術や勘に頼っていた部分を数値化し、人工センサーの反応で蔵の内部や麴の発酵状態が分かるようにする。そういった製造工程管理の面でIoTやAIの活用が期待できると思います。

信念を持って道を切り開くことが大切

河井教授●本学に期待すること、学生へのメッセージをお願いします。

山田氏●我々のような小さな会社では、社員の人数も限られていますので、商品開発や品質向上のための研究に大きな予算を割いたり、設備を整えることはなかなか難しいのが現状です。そういった研究に力を貸していただくと大変ありがたいです。学生さんには、信念を持って行動する人になってほしいと思います。そのために、学校や知人、先輩後輩など、さまざまところで多くの情報をキャッチし、自分で勉強することも大切です。現場に立てば、世代が異なる人、さまざまな考え方や価値観を持つ人に出会います。そういった人とも上手に力を合わせて良いものを作るためには、反対意見を言う人がいれば説得したり、自分自身を見つめ直すこともあるでしょう。心を砕く大変な作業ではありますが、そんな時に自分の中に信念があれば、必ず道は開けます。

河井教授●ありがとうございます。私は微生物発酵を専門に研究しています。「発酵」つながりで、何かお手伝いさせていただける機会があればうれしいです。

山田氏●お互いに協力し合って一緒に取り組むのも面白そうですね。その日を楽しみにしています。



蔵の中には酒樽がずらり



蔵人が力を合わせて上質な酒造り



外観

微生物で生薬の希少成分を生産



生物資源工学研究所
准教授
南 博道

高等植物は、ストレス耐性、病害抵抗性などにおいて様々な二次代謝産物を産生、蓄積することが知られています。これらの二次代謝産物は、大きくアルカロイド、テルペノイド、フェノール性化合物（フェニルプロパノイド、フラボノイド）の3つのグループに分類され、香辛料や染料、香料、医薬品等として我々の身の回りに様々な形で利用されています。多様な二次代謝産物のなかでも、アルカロイドは少量で顕著な生理活性を示すため、市販されている医薬品原料として非常に高い需要があります。一般にアルカロイドは光学活性を有し化学構造が複雑なために、化学合成による大量生産は困難であり、植物体からの抽出が主な生産方法となっています。しかし、植物体に乾燥重量の数パーセント程度しか含まれていないものも多く、植物体の生育には数ヶ月～数年を要するため、大量に供給する方法が検討されています。

微生物発酵法により、様々な有用物質が生産されていますが、これまではアミノ酸等の構造が比較的簡単なものや、数段階の反応を利用した物質変換による生産が中心となっていました。近年、遺伝子工学の進歩により、グルコース等の安価な物質から複雑な構造を有する化合物の生産が可能となっています。私は、医薬品原料として利用されている植物アルカロイドを大腸菌に生産させる研究を行っています。大腸菌は生体機能が詳細に解明されている微生物であり、アミノ酸や核酸、医薬原料など人類にとって有用な物質の生産基盤となっています。これまでの研究で、植物のアルカロイド生合成酵素と微生物由来の酵素を組み合わせることで大腸菌に導入することで、アルカロイド発酵生産システムの確立に成功しています。確立した生産システ



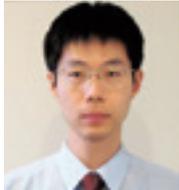
ジャーファーマンターによるアルカロイド生産



微生物発酵法により生産した粗精製アルカロイド粉末

ムに種々の生合成酵素を導入することで、植物体に微量にしか存在しないアルカロイド等の生薬有効成分の効率的な生産が可能であり、効果的な医薬用漢方製剤としての使用が考えられます。さらに、生合成酵素の組み合わせを検討することで、植物では産生されない新規生理活性物質の生産が可能です。これら植物二次代謝産物の微生物発酵生産の成功は、含有量が少ないために生理活性の明らかではない化合物や新規化合物の生理活性の解明につながるものです。今後、より実用化に向けた生産システムが確立されることで、需要の高まる医薬品への安定した供給方法になるだけでなく、創薬をはじめとした様々な分野に大きく貢献することが可能であり、微生物発酵における新たな展開が期待されます。

農業生産と環境保全、 高ミネラル作物の開発へ 向けた植物の鉄の研究



生物資源工学研究所
准教授
小林 高範

鉄 や亜鉛などのミネラルは、全ての生物が生きていくために必要な栄養素です。世界の約3分の1の人々が、鉄欠乏、亜鉛欠乏による「隠れた飢餓」によって健康に深刻な影響を受けています。日本においても鉄欠乏、亜鉛欠乏は、特に女性や子供で深刻です。

植物は土壌からミネラルを吸収しますが、土の中の鉄はほとんど溶けていないため、植物にとって鉄は吸収しにくい栄養素です。特に、世界の耕地の約3分の1を占める石灰質アルカリ土壌では、鉄の溶解度がとりわけ低いため、植物は鉄を十分に吸収できません。植物は鉄欠乏になると葉が黄白色になり、生育が止まり、ひどい場合は枯死してしまいます。このような鉄欠乏を起こしやすい土壌はアメリカ中西部、中国北部、地中海沿岸、中東などの農業が盛んな地域にも広く分布するため、植物の鉄欠乏は農業生産と環境保全の両面で深刻な問題になっています。さらに、植物の鉄吸収は私たちが摂取する食物の鉄栄養価にも直結する問題です。

私の研究室では、鉄が足りない時に植物が積極的に鉄を吸収しようとするメカニズムを研究しています。これまでに、鉄の吸収や輸送に関わる遺伝子や、その発現を調節する遺伝子を明らかにしてきました。それらの遺伝子が効率的に働くようにイネに導入することにより、石灰質アルカリ土壌でも良好に生育する「鉄欠乏耐性イネ」を作出しました。また、バイオマス植物であるソルガムやエリアンサス、ポプラ等の研究も行っています。

植物がどのように体内の鉄不足を感知して応答を起こすのかについては、まだ明らかになっていません。私は、植物細胞内で鉄不足を感知する「鉄センサー」



遺伝子組換えによる鉄欠乏耐性イネ(右)と通常イネ(左)

の候補タンパク質「HRZ」を発見しました。HRZの発現を減らしたイネは、石灰質アルカリ土壌でも良好に生育したばかりでなく、茎葉や種子に鉄と亜鉛を多く貯める「高ミネラル栄養」の性質を示しました。現在、HRZが働くメカニズムを詳しく調べて、植物の鉄センサー分子を明らかにすべく研究を続けています。また、近年登場したゲノム編集技術も活用することにより、より良い形質を持つ鉄欠乏耐性・高ミネラル栄養作物の開発を目指しています。

また、私の研究室では、植物の改良に加えて、鉄肥料の研究も行っています。鉄は沈殿しやすいため、従来の鉄肥料は土壌に施用してもなかなか十分な効果が得られません。愛知製鋼株式会社は、より効率的に働く新規鉄肥料を開発しています。そこで、その効果を圃場で実証するため、愛知製鋼株式会社からの受託研究により、本大学実験圃場のコンクリートブロックに石灰質アルカリ土壌の水田を作ってイネを栽培し、鉄肥料の施用による効果を調査しました。新規鉄肥料は、少ない施用量でもイネの生育を大幅に改善させることが分かりました。今後は植物と鉄肥料の改良の両面から、農業生産と環境保全、高ミネラル作物の開発に貢献する研究を続けてきたいと考えています。



圃場の石灰質アルカリ土壌での鉄肥料実験の様子

BioJapan 2018

出展報告

食品科学科

准教授 小柳 喬

2018年10月10～12日にパシフィコ横浜でBioJapan 2018が開催された。開催資料によると1986年から丁度20回目を数えるとのことで、参加企業数1,108社、来場者数16,309人と過去最高であり、アジア最大のバイオ関連のマッチングイベントに成長したとのことである。出展者は879社であったが、その他の229社はパートナーリング(それぞれの目的に応じたマッチング)への参加となっている。参加国数も34ヶ国を数え、商談実施数は1万件に達したとのことで、バイオ研究を軸とした国際化の波にも充分に対応した非常に活気あるイベントであった。

石川県立大学からもブース出展を行い(写真①)、筆者も担当者の一人として参加した。生物資源工学研究所の三沢典彦教授が大腸菌のパスウェイエンジニアリング(代謝経路の最適化設計)による有用化合物(セスキテルペン、トリテルペン、カロテノイド)の生産に関するシーズを、筆者からは石川県産発酵食品から分離された乳酸菌の利用に関するシーズを、ブース内で展示した(写真②)。アカデミア方面の展示も非常に活気があり、同一大学内の複数の研究者が異なるシーズを持ちよった非常に大きいブースも存在した。BioJapanの場合は生物研究に特化して様々な分野の研究機関が結集しているため、研究者同士の情報交換もスムーズでお互いの研究に興味も持ちやすく、本学のブースにも企業、大学問わず多数の訪問者があった。中には、訪問者が直接シーズとなるサンプルを袋に入れて持参し、これについて調べてほしいと直接依頼があったりもした次第である。

さらに本イベントで強く印象づけられたのが、マッチング



写真② 展示を一緒にした三沢教授と(左から三沢教授、筆者)

やパートナーリングへの注力度の高さである。会場の一角に広大なパートナーリング会場が設置されており、パーティションで区切られた個室が多数設けられているため、プライベート性の高い空間で直ぐに商談が行えるようになっている。簡単なカフェカウンターもパートナーリング会場の中に設けられており、コーヒーや軽食、スイーツなども手に入る。

さらに、2018年から初めて設置されたというExhibitors Meeting Pointという別の半個室的に区切られた多数のスペースがあり、ここではマッチングメンバーでない人が含まれていても多目的に会話に使用できるそうで、自由で自然な雰囲気の中でふんだんに交流が生まれるよう隅々まで配慮されていると感じた。

1986年のスタートということであるから、PCR法の世界的な導入、遺伝子クローニングや組換えのハイスループット化や、バイオ医薬の普及、ゲノムプロジェクト、その他のオミクス研究の歴史などがほとんど全てBioJapanの歴史

に入ってしまうことになる。第1回の開催には残念ながら出席していないためその様子は想像するしかないが、社会が求めるバイオ研究像も恐らくこの間に大きく変化し、産学官マッチングの方向性もドラマティックに変遷したであろう。経済レベルではバブル崩壊なども経験したため、研究資金の流れや企業におけるバイオ事業の考え方にも大きな変化があったに違いない。様々な変化はあれども、現在の活気あるBioJapanの様子を見ると、きっと我が国のバイオ研究もまだまだこれから楽しみが多いに違いないと感じた次第である。



写真① 石川県立大学の出展ブース

『食品の安全性と農業の省力化を目指して』

2018年9月26日(水)、石川県立大学、石川県産業創出支援機構、いしかわ大学連携インキュベータ(i-BIRD)の三者が連携し、石川県地場産業振興センターで平成30年度石川県立大学シーズ発表会・i-BIRDセミナーを開催しました。多くの方が来場した会場では、大学から研究シーズを発信、大学と企業との共同で進められた研究成果や実用化の事例を紹介し、交流会も開催されました。



シーズ発表概要

食品科学科

准教授 中口 義次

天然精油の食中毒に対する抗菌効果の探索と食品分野への利用



食中毒菌に対する殺菌料としてアルコールや次亜塩素酸水などがよく使われるが、消費者の天然志向の高まりから抗菌効果があるとされる精油が着目されている。精油とは、植物の花、葉、果皮、根、種子などから抽出した天然の素材。精油は揮発性の気相と不揮発性の液相からなる。

11種類の精油について、腸炎ビブリオ、病原性大腸菌、サルモネラ属菌、赤痢菌、コレラ菌、黄色ブドウ球菌に対する抗菌効果を調べた結果、ケイ皮油(クスノキ科)とオリガヌム油(シソ科)は6種類の菌すべてに対して比較的高い抗菌効果があった。ハッカ油(シソ科)は腸炎ビブリオ、病原性大腸菌、コレラ菌に対する抗菌効果が最も高かった。また、多くの精油の抗菌効果の大部分は、精油の揮発成分(気相)に由来していることが分かった。

こうした結果をもとに、精油を使った新たな食中毒対策の可能性を示唆した。一方で、精油はそれぞれ特有の香りを持つため、食品におけるその香りの影響を考慮する必要性も指摘した。

環境科学科

教授 瀧本 裕士

地域分散型エネルギーの実用的導入に資するマイクロ水力発電システムの開発



2018年9月の北海道地震で、一極集中の大規模発電が被災した場合の弱点が露呈したのに対し、小水力発電・マイクロ水力発電は地域分散型エネルギー供給システムの特徴を持ち、既存の農業用水路などを使うため環境への負荷が小さい利点もある。

小水力発電では最大出力640kWの能力を持ち、余剰電力を売電している手取川宮竹用水第一発電所を紹介、マイクロ水力発電では流量変動に対応できるように工夫した白山市鳥越地区の多連型ペルトン水車発電施設(出力6~10kW)の概要を説明した。

また、水力資源でイチゴのピニールハウス栽培に使用する電力を生み、さらにIoT技術を駆使した流量計など発電関連機器の監視システム、およびハウスの室温・土壌温度等の計測システムで高品質のイチゴ生産に成功した事例を紹介した。

環境科学科

講師 長野 峻介

機械学習を用いた地域水循環管理の研究



近年、AIに利用される機械学習手法の発展は目覚ましく、広い分野でのデータ解析への応用が検討されている。高精度な機械学習アルゴリズムの一つランダムフォレストを、加賀三湖干拓地における排水管理へ適用することにより、管理者の状況判断と排水機操作のモデル化を行い、モデルの有用性を検証した。

ランダムフォレストはパターン分類と回帰のモデル化が可能であり、降水量や水位状況のデータから排水機の稼働時間を推定する2つのモデルを構築した。パターン分類モデルでは概ね良好な解析結果が得られたが、解析値の正誤のみが評価されるため誤差の大きな解析結果が得られる場合があった。一方、回帰モデルでは小さな誤差を常に有するが大きな誤差を生じることは少なく、排水機の操作管理では、重大なミスが生じない回帰モデルが適していると言える。さらに学習データを収集し、必要なデータ量の検証が課題である。