

## ビール酵母細胞壁を用いたプラントアクティベーターの開発

北川 隆徳

## はじめに

アサヒグループでは、ビール醸造の副産物として大量の余剰酵母が生じる。医薬部外品の「エビオス錠」、調味料・培地原料の「酵母エキス」などとして有効活用されているが、酵母エキス抽出後の「酵母細胞壁」は飼料などに利用されているものの、十分には有効活用されていなかったため、新規用途開発を目的として、2004年にプラントアクティベーターとしての研究開発を開始した。大豆の病原菌細胞壁由来のグルカンオリゴ糖（ヘプタβ-グルコシド）が大豆の防御反応を誘導することは古くから知られており<sup>1)</sup>、ビール酵母細胞壁の構成成分であるβ-1,3-1,6-グルカンに着目した。酵母細胞壁は水に不溶であるため、低分子化するために酵素分解または水熱分解したものを供試したところ、植物の病害虫に対する抵抗性を誘導することが明らかとなった。また、水熱分解した酵母細胞壁は還元性を有し、土壌を還元し、微生物叢を変化させるというユニークな特徴があることも明らかとなった。2017年より農業現場やゴルフ場の芝管理で利用されており、各地でさまざまな問題の解決に役立っている。本稿では、ビール酵母細胞壁が植物および土壌に与える影響について紹介する。

## 酵母細胞壁酵素分解物による病害抵抗性誘導

植物の病原菌に対する防御応答として、サリチル酸が関与する全身獲得抵抗性（systemic acquired resistance；SAR）や、エチレンやジャスモン酸が関与する誘導全身抵抗性（induced systemic resistance；ISR）が知られている。ビール酵母細胞壁にβ-1,3-グルカナーゼを作用させた分解物を、SAR関連遺伝子*PR-1a*、またはISR関連遺伝子*PDF1.2*を導入したシロイヌナズナ組換え体に供し、レポータージーンアッセイを行ったところ、投与1時間後から*PDF1.2*の発現量が上昇し、4時間後にピークを迎え、24時間後には対照との差異はなくなった。一方、*PR-1a*は投与3日目から発現量が上昇し、4日目にピークを迎え、その後発現量は低下した<sup>2)</sup>。このようにビール酵母細胞壁分解物は、これまで拮抗と言われていたISR、SARの両防御応答系を時間差で順番に活性化することが明らかになった。このことより、

ビール酵母細胞壁分解物を植物に処理することにより、広範な病害に対する抵抗性を付与することが示唆された。また、大豆のファイトアレキシンであるグリセオリンの誘導活性を評価したところ、二糖以上のグルカンオリゴ糖に活性があることを確認している<sup>3)</sup>。

## 酵母細胞壁水熱分解物によるイネの発根促進作用

ビール酵母細胞壁に肥料成分のリン酸、カリウムを添加し、180°Cで過熱水蒸気により水熱反応させた分解物（以下、CW1）を供試した。第四葉が展開したイネ（日本晴）の根部を上記水熱分解物の希釈液に浸漬したところ、7日後に根の乾燥重量が有意に増加し、明らかな側根量の増加も確認された。上記処理を行ったイネからRNAを抽出し、Real-time PCR法により、植物ホルモン応答性遺伝子の発現解析を行った。処理後1日目に病害抵抗性遺伝子（*OsPR3*）の発現量が増加し、2日目以降は対照区との差は見られなかった。また、処理後5日目からIAA応答性遺伝子（*OsIAA1*）および側根形成に関与する遺伝子（*OsIAA11*、*OsIAA13*）の発現量が増加し、側根形成を阻害するサイトカニン応答性遺伝子（*OsPR6*）の発現量は低下した。このことから、CW1処理の初期段階では病害抵抗性を誘導し、次いでIAA合成が促進されることにより側根量が増加することが推察された<sup>4)</sup>。

## 土壌還元による土壌微生物の制御

臭化メチル剤による土壌燻蒸は、安価で効果的な土壌病害対策法とされてきた。しかし、2012年12月31日をもってその使用が全廃された。その他の代替薬剤についても、今日の環境や健康リスクに対する意識の高まりから、使用を控える潮流となっている。このため、化学薬剤を使用しない土壌消毒技術や土壌病害管理技術が注目を集めている。このような背景のもと、新村<sup>5)</sup>により土壌還元消毒法が開発され、全国的に普及・定着してきている。土壌還元消毒では、炭素源を投入した土壌を一時的に湛水状態にすることで土壌中の空気が追い出される。さらに微生物による有機物の分解により酸素が消費され土壌の還元化が促進され、最終的に土壌の酸化還元電位は-200 mV前後となる。これによってFe<sup>2+</sup>や有機

酸が生成することにより、*Fusarium oxysporum*などの植物病原性糸状菌が抑制されることが明らかとなっている<sup>6)</sup>。一方で、土壌の還元化には微生物の増殖が必須のため、低温時など、微生物が増殖しにくい条件では十分な効果が得られないことが課題となっている。

筆者らは、CW1自体が還元性を示し、土壌と混和して湛水状態にすることにより、土壌微生物が十分に増殖しない低温（15°C）時でも土壌を還元化しFe<sup>2+</sup>が生成することを確認した。これらの知見を基に、土壌還元消毒の効果を安定に発現させる資材として、CW1を珪藻土に含浸させた土壌還元資材（以下、CW2）を開発した。CW2を土壌混和後湛水し、イチゴ萎黄病、ハウレンソウ萎凋病、トマト青枯病に対する効果を評価したところ、すべての試験において対照の土壌燻蒸剤と同等もしくはそれ以上の防除効果が確認された。さらに、CW2とフスマと混用することにより、線虫およびトマト萎凋病菌（*Fusarium oxysporum*）の防除効果が飛躍的に高まることが確認された<sup>7)</sup>。また、土壌燻蒸剤を使用した場合には土壌微生物の多様性が低下し、土壌の発病抑止性が損なわれるという問題があるが、CW2による土壌還元消毒では、土壌の多様性は維持され、発病抑止性が損なわれることはないことも確認された。これには土壌微生物群、特に糸状菌の群集構造への影響が小さいことが関与していることが示唆された<sup>8)</sup>。

### おわりに

本稿では、ビール酵母細胞壁分解物による、植物の病害抵抗性誘導、発根促進作用、および土壌還元作用による植物病害の抑止効果について概説した。ビール酵母細

胞壁分解物を植物栽培現場で活用することにより、病害抵抗性誘導による化学農薬使用量の低減、土壌還元による土壌燻蒸剤の使用量の低減が期待できる。また、土壌還元により、土壌中に酸化固定されていた肥料成分が可溶化して植物が吸収できるようになり肥料吸収効率が上がるため、化学肥料使用量の低減も期待できる。これらの知見を基にゴルフ場のコース管理にビール酵母細胞壁分解物を使用したところ、化学農薬、化学肥料の使用量を大幅に削減することができた。同時に、ライフサイクルアセスメント（Life Cycle Assessment：LCA）の手法を用いて温室効果ガス排出量を定量化したところ、通常のゴルフコース管理と比較して、ビール酵母細胞壁分解物をしたゴルフコース管理は温室効果ガス排出量がコース全体で約47%減少すると算出された<sup>9)</sup>。今後、環境にやさしい農業・ゴルフ場・緑化向けの資材として、さらなる普及が期待される。

### 文 献

- 1) Santoro, S. W. *et al.*: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **94**, 4262 (1997).
- 2) Taichi, M. *et al.*: *Plant Biotechnol.*, **28**, 481 (2011).
- 3) 下川正貴ら：日本植物生理学会年会要旨集 (2010).
- 4) 森田智也ら：日本農芸化学会2016年度大会要旨集 (2016).
- 5) 新村昭憲：土壌伝染病談話会レポート, **20**, 133 (2000).
- 6) 門馬法明：植物防疫, **67**(4), 210 (2013).
- 7) 白井建史ら：日本土壌微生物学会2016年度大会要旨集 (2016).
- 8) 門馬法明ら：日本土壌微生物学会2016年度大会要旨集 (2016).
- 9) 林 清忠ら：第13回日本LCA学会研究発表会要旨集 (2018).