

微生物，植物，人，そして窒素

安藤 晃規

清酒製造は、麴によるデンプンの糖化と、酵母によるアルコール発酵とを同一容器内で実現する日本独自の高度な技術である。この並行複発酵は、杜氏の経験則に基づいた有用菌種の選抜と育種、おいしい酒を再現性よく造るという選択圧により完成された。また、そこに目を付け、高い機能を持つ微生物を積極的に利用したのが高峰譲吉博士であり、このとき日本の生物工学が幕を開けた。

最近、この並行複発酵をヒントにした新しい水耕栽培技術(有機質肥料活用型養液栽培)が注目されている^{1,2)}。従来の水耕栽培では、栽培時に直接有機物を添加すると水が腐って根を傷めるため、化学肥料に頼らざるを得なかった。ケネディ宇宙センターでも、宇宙での長期滞在を想定し、窒素循環を実現すべく精力的な研究が展開されたが、結局この問題を克服できなかった³⁾。では篠原らは、どのような点に着目し、解決したのだろうか。

そもそも、なぜ根が腐るのかというと、多くの作物が好硝酸性植物であるのに対し、水耕栽培では有機物の分解が硝酸まで進まず、通常有害なアンモニアで止まってしまうからである。自然の窒素循環に学べば、アンモニアから亜硝酸、硝酸まで進むはずで、硝酸までの酸化を担う硝化菌を培養すればよいことになる。ただし、硝化菌は排水処理の分野で詳細に研究されているが、有機物に弱く、独立栄養細菌であり増殖が非常に遅いことが問題となる⁴⁾。

この問題を解決したのが、応用微生物学のお家芸、集積培養(目的の微生物群を選抜する培養)と馴養培養(目的の環境に慣れさせる培養)である。まずプランターに水を張り、微生物源として一握りの土と小さじ1杯の有機物を入れる。次に金魚用のエアポンプで曝気し、脱窒菌の生育を抑える。数日だけ少量の有機物を添加して1ヶ月ほど静置しておく、有機物に比較的強い硝化菌を含む微生物生態系が水中に構築されて硝酸が蓄積する。ここでは清酒製造の並行複発酵を模した無機化が行われており、アンモニア化成と硝酸化成が連続的に進行している。ここに、作物を植えて毎日少しずつ有機物を添加すれば、水中の微生物群が速やかに有機物を分解して硝酸を供給し、作物を旺盛に生育させる。

この栽培法では、コーンステーパーリカー、ナタネ油粕、魚粉、コーン油粕、牛乳、メタン発酵残渣、食物残渣など多様な有機物を直接添加でき、収穫後のトマトの茎や葉でさえ利用できる。自然環境の微生物生態系が有する高い頑健性と適応性を窺える事実である。さらに、通常の水耕栽培では見られないこの微生物群が作物の自然な

姿を引き出し、一般的な水耕栽培との差を生み出している。

根は、一般的な水耕栽培では全体が白色を帯びて根毛も発達しないが、本栽培法では、根の表面にバイオフィーム(微生物の集団)が形成され、根毛の形成や旺盛な根の張りが観察され、施肥効率も高い。病害への抵抗性も高く、たとえば根部病原菌を接種しても、しばらくすると菌が検出できなくなる。これら根毛形成、高い施肥効率、病害抵抗性の特徴が、微生物と植物の何億年と続いている相互作用の所産であると考えられる。

この特徴の意義は大きい。従来の水耕栽培は病害への抵抗性が弱く、温度管理や無菌管理など施設維持費が高いため、土耕栽培に対して競争力を落としていた。しかし、病害抵抗性があれば施設は不要で、家庭から農家サイズまで規模も柔軟に対応できて競争力も高まる。さらに無農薬での栽培が可能となれば、環境負荷の低減や安全性の確保など付加価値も期待できる。病原菌の殺菌が主目的である農薬分野でも、微生物と植物が一体となって病害抵抗性を高める新たな防除機構を提案できるかもしれない。また、肥料原料を輸入に依存し、一方で有機廃棄物を捨てている現状に対し、有機物の無機化と高施肥を実現する“高機能バイオ肥料の生産”という夢も広がる。学術的な面でも、土の中では観察が難しかった根と微生物の相互作用の直接観察を可能にする初めての実験材料となり、植物根と微生物の共生メカニズムの解明の起爆剤となり得る。

清酒製造の“おいしい酒”が“おいしい作物”に変わり、アルコール発酵から硝酸発酵に変わった点、つまり対象が炭素の代謝から窒素の代謝に移った以外は、微生物群の変遷が資化能と生育環境に規定される点でよく似ている。現在、炭素循環を軸とした地球温暖化対策の取り組みが活発である。しかし、生命活動として炭素とリンクする窒素に目を移すと、脱窒による放散や有機廃棄物の堆肥化ぐらいしか見受けられず、環境への配慮は乏しい。かつて高峰博士が清酒製造における炭素代謝の現象論に着目し、生物工学の夜が明けたように、窒素代謝を軸とした研究を展開することで、窒素の循環的利用が期待でき、ひいては、さまざまな分野に影響を及ぼす新現象の発見につながるかもしれない。

- 1) 篠原：化学と生物，**46**, 230 (2008).
- 2) <http://www.organichydroponics.jp>
- 3) Garland, J. L. et al.: *Acta Hort.*, **469**, 71 (1998).
- 4) Prosser, J. I. et al.: *Adv. Microb. Physiol.*, **30**, 125 (1989).