

● 植物細胞中のハウ素によるペクチンの架橋部位の解明

ハウ素は地殻中や海水中に豊富に存在しており、ハウ酸団子、うがい薬、半導体、スライムなど、医療、工業や教育といった身の回りの様々な分野で利用されている。その反面、過剰摂取による毒性が報告されており、日本や諸外国において工業排水中におけるハウ素の含有量が規定されている。一方、ハウ素は動植物において必須元素の一つであり、その役割が研究されてきた。現在、植物中のハウ素の役割の一つとして、植物細胞中の多糖類を架橋することが考えられている。

O'Neillらは *Arabidopsis thaliana* の変異体を使用して植物の成長にハウ素がどのような影響を与えるかを報告している¹⁾。彼らの報告によると、ハウ素を得ることができないと、葉が正常に発育しないこと、ハウ素欠乏症の植物にハウ素を与えると、正常に近い状態まで葉が復活することが示されている²⁾³⁾。さらに、彼らは植物中におけるハウ素の作用部位について詳細に検討を行った。細胞壁の構成要素の一つにペクチンと呼ばれる多糖類が存在する。ペクチンはホモガラクトツロナン、ラムノガラクトツロナン-I、ラムノガラクトツロナン-II (RG-II) という三つのドメインで構成されており、RG-IIは30程度の糖からなる構造をしている。彼らはハウ素が結合すると予測される部分をメチル化して質量分析を行うことで、RG-IIの側鎖に存在するアピオース残基とハウ酸が結合し、単量体のRG-II同士を架橋して、二量体を形成することを明らかにした。また、量子化学計算を用いてハウ素がRG-IIのアピオース残基と結合し、二量体を形成する反応過程を提案した。これらの結果より、ハウ素が植物中の特定の部位に結合していることが示された。しかし、実際に生じる現象を明らかにするためには、pHや他の金属イオンの影響といった要因を考慮する必要がある。だが、多糖類は構造が複雑であり、その機能や構造の分析は容易ではない。

RG-IIなどの複雑な糖鎖の特性評価を行うために、酵素処理やサイズ排除クロマトグラフィーを用いて、植物細胞壁や赤ワインからRG-IIを単離する手法をBarnesらが報告をしている⁴⁾。さらに、質量分析法や核磁気共鳴を用いて単離したRG-IIの構造を同定する一連の流れや注意点を、実際に分析したデータを示しながら解説しており、今後はよりこの分野の研究が進展することが期待される。

- 1) M. A. O'Neill, S. Eberhard, P. Albersheim, A. G. Darvill : *Science*, **294**, 846 (2001).
- 2) M. A. O'Neill, D. Werrenfeltz, K. Kates, P. Pellerin, T. Doco, A. G. Darvill, P. Albersheim : *J. Biol. Chem.*, **271**, 22923 (1996).

- 3) V. S. Bharadwaj, M. F. Crowley, M. J. Peña, B. Urbanowicz, M. O'Neill : *J. Phys. Chem. B*, **124**, 10117 (2020).
- 4) W. J. Barnes, S. Koj, I. M. Black, S. A. Archer-Hartmann, P. Azadi, B. R. Urbanowicz, M. J. Peña, M. A. O'Neill : *Biotechnol. Biofuels*, **14**, 142 (2021).

[佐賀大学総合分析実験センター 真瀬田 幹生]

● 水晶振動子マイクロバランス法を用いた両親媒性分子の抗菌活性評価

物質間の相互作用をリアルタイムにモニタリングする手段の一つとして、水晶振動子マイクロバランス法(QCM-D)が挙げられる。QCM-Dでは、ターゲットとなる分子のうち、片方をセンサー表面にあらかじめ固定化しておき、他方の分子をポンプなどで流路から導入したときに生じる振動数の変化(ΔF)とエネルギー散逸に基づく振動数の減衰(ΔD)を同時に計測する。 ΔF はセンサー表面の質量変化に比例し、 ΔD からは形成した膜のか硬さや軟らかさ、膜厚などの情報が得られる。本トピックでは、両親媒性分子の抗菌活性評価に利用した事例を紹介する¹⁾。

細菌の細胞膜やエンベロープウイルスの外膜は、主にリン脂質が会合したリン脂質二重層によって構成されている。脂肪酸や界面活性剤はリン脂質と類似した構造を持ち、細菌のリン脂質膜を破壊する作用を示すことから抗菌剤として注目されている²⁾。しかし、多くの研究が細菌やウイルスの失活にフォーカスされており、詳細な膜破壊プロセスは解明されていない。特に、膜の曲率、すなわちリン脂質膜のサイズ依存性に関する情報が欠如している。そこでMoonらは、サイズの異なるリン脂質ベシクル(70 nm, 120 nm)をQCM-Dのセンサー表面に固定化し、ラウリル酸(LA)、モノラウリン酸グリセロール(GML)、ドデシル硫酸ナトリウム(SDS)を用いてリン脂質膜間相互作用を調べた。濃度の異なるLA及びGML溶液を導入すると、ベシクルのサイズに関係なく、臨界ミセル濃度(CMC)以上のときに ΔF 、 ΔD が大きくシフトしたことから、ミセルが形成する条件で抗菌活性が増大することが示された。一方、SDSは濃度に対する依存性が非常に小さく、ベシクルのサイズに対して依存性を示した。70 nmのベシクルに対してはすべての濃度範囲でほとんど相互作用しなかったが、120 nmのベシクルに対してはCMC以下でも膜破壊作用を示した。このような曲率依存性は、SDSの極性部や疎水部のサイズといった、構造的な要因によって引き起こされると結論付けられた。QCM-Dは、抗菌剤として有効な化合物のスクリーニングや、特定のターゲットに適した両親媒性分子を探索する方法になりうるものと期待される。

- 1) S. Moon, B. K. Yoon, J. A. Jackman : *Langmuir*, **38**, 4606 (2022).
- 2) J. L. Welch, J. Xiang, C. M. Okeoma, P. M. Schlievert, J. T. Stapleton : *mBio*, **11**, e00686-20 (2020).

[高知大学大学院総合人間自然科学研究科 生田 雄己]