

海藻と微生物の“おいしい関係”

岡崎 文美

皆さんは「海草」と「海藻」の違いをご存じであろうか。「海草」とは、陸上の被子植物が進化の過程で再び海に戻ったもので、動物でいうところのイルカやクジラのような生き物とも言える。一方の「海藻」とは、読んで字のごとく“藻”類の仲間である。藻類とは水棲の光合成独立栄養生活を営む下等植物の総称であり、海藻は、一般に海水中に生育する花の咲かない隠花植物のうち、肉眼で見える着生した緑藻、褐藻、紅藻を指す¹⁾。海中では生育環境が陸上とは大きく異なることから、同じ“植物”に属しているものの、形態、生活史、生体成分など海藻に特有のものも多く、陸上植物の知見があてはまらないことが多々ある。海藻類は日本の食文化に定着している重要な食資源である他、家畜飼料、作物肥料、医薬品、化粧品、工業原料など幅広い用途で利用されており、近年では海洋由来のバイオマス資源としても注目されている。

近年の塩基配列解読技術の急速な進展に伴い、陸上植物と共生関係にある微生物集団全体を指す、「植物微生物叢 (plant microbiome)」の研究に注目が集まっている²⁾。植物微生物叢を利用した、農作物の増収、化学肥料や農薬の使用量低減などを目的とした開発が進められており、実際、植物微生物叢解析によりトウモロコシの増収に寄与する微生物が同定され、この微生物を表面コートした種子が上市された。一方、海藻においても微生物との共生関係が古くから指摘されているが、多様性に富む分類群から成ることや、培養手技などの実験上の制約により、陸上植物と比べて海藻の微生物叢の研究は進んでおらず未解明な点が多い。

海藻表面は微生物の定着に適した環境と考えられ、海藻が分泌する種々の有機物が微生物の栄養源となりバイオフィルムの形成を促すと考えられている。海藻表面で生育する微生物は多様性に富み、細菌、真菌、珪藻、原生動物、孢子、海洋無脊椎動物の幼生などが存在している。このうち、細菌は海藻表面に共通して存在し、その密度は海藻表面1 cm²あたりおよそ10⁶~10⁹個である。海藻表面の細菌叢は、海水中の浮遊細菌叢とは異なり、また同じ海域内においても海藻種に特異的である。さらに、海藻のライフステージ (生活環) によっても異なる。このため、海藻と細菌には特異的な共生関係 (オイシイ関係) があると考えられている。その主要な役割として、海藻の形態形成および成長促進、孢子の放出促進、遊走子の定着促進、病害防除などが報告されている³⁾。

このうち、もっとも重要な役割が、海藻の形態形成および成長促進であろう。緑藻を無菌環境下で培養すると形態異常および生育不良がみられることから、海洋環境中には共生細菌が生産する未知の因子が存在し、それが緑藻の形態形成に必須であることが1977年には報告されていた⁴⁾。その因子のひとつが初めて同定されたのは2005年のことである。緑藻マキヒトエ (*Monostroma oxyspermum*) から分離された細菌YM2-23株が産生する葉状体 (thallus) 形成誘導物質としてサルーシン (Thallusin) の構造が決定された⁵⁾。サルーシンは極低濃度 (1 fg~1 ag/mL) で作用し、マキヒトエのみならず、ヒトエグサ科およびアオサ科の緑藻にも広く作用する。そのため海藻養殖への応用が考えられた。YM2-23株のサルーシン生産量は、1 ng/L-medium以下と微量であり産業応用には課題があったが、加水分解酵素を用いた不斉合成反応を組み合わせた化学合成手法が確立された⁶⁾。これをもとに、徳島文理大学のグループを中心として、産業品種であるヒトエグサ (アオサノリ) やスジアオノリの陸上養殖への応用に向けた研究が精力的に進められている。

近年、地球規模の気候変動に伴い海洋環境も変化しており、これによる海藻資源の減少が世界的に問題となっている。我が国における伝統的かつ重要な産業であるノリ類などの海藻養殖業においても、生産量や品質の低下などの影響が出ている。そこで、海藻に共生する有用微生物やそれらが産生する有用物質を用いることで、美味しい海藻をたくさん作れるようになるかもしれない。すなわち、海藻微生物叢 (macroalgal microbiome) に関する研究の推進により、海藻と微生物の共生関係を明らかにし、さらにそれをヒトが産業利用することで、海藻と微生物とヒトとの“おいしい三角関係”になることが期待される。

- 1) 山口勝己: 水産生物化学, 東京大学出版会 (1991).
- 2) Finkel, O. M. et al.: *Curr. Opin. Plant Biol.*, **38**, 155 (2017).
- 3) Singh, R. P. et al.: *FEMS Microbiol. Ecol.*, **88**, 213 (2014).
- 4) Bonneau, E. R. et al.: *J. Phycol.*, **13**, 133 (1977).
- 5) Matsuo, Y. et al.: *Science*, **307**, 1598 (2005).
- 6) Yamamoto, H. et al.: *J. Org. Chem.*, **79**, 8850 (2014).