

低コストで珪藻を大量培養するための実証実験

兵庫県立大学大学院 生命理学研究科 准教授 菓子野 康浩

今回の研究は、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業先端的低炭素化技術開発実用技術化プロジェクトの一環として、兵庫県立大学、京都大学の研究グループが姫路市の協力を得て実施しているもので、地球上の光合成 CO₂ 固定の約 25% を担う重要な微細藻類である珪藻を用いて、バイオ燃料、医薬品原料、養殖用餌料などの有用物質を生産するための実証実験である。

珪藻は再生可能資源生物としてポテンシャルが高いが、培養コストが高いなどのデメリットがあり、社会実装（産業的利用）のためには培養の低コスト化が必須である。そのため、低コストで珪藻を大量培養するための要素実験を行い、その結果に基づき、下水処理施設の一部にパイロットプラントを設置して実地試験を行った。

まず野生株の粗放的野外培養実験を行い、野生株がゲリラ豪雨や台風など環境の急激な変化に対してロバスト性（強靱性）を有することがわかった。1 日半で約 5 倍に増殖（初日の倍加時間は 7.2 時間）した。目標値は約 12 時間だった。実用的大量培養時のネックのひとつは培地のコストで、珪藻での一例として培地の価格は 1 t 当たり、窒素、リン酸などの栄養塩約 1,000 円、人工海水約 3,250 円の合計で約 4,250 円となった（油脂生産量は室内実験値で 200~400 g）。

次に播磨高原東浄水場の汚水を使った培養実験を行った。この実験では下水を栄養源として使うことができ、低コストでの大規模培養が可能であり、下水処理の費用・エネルギーの低減に貢献することがわかった。

これらの結果を踏まえて、兵庫県姫路市の協力により、同市の下水処理施設「大的折水苑」内の土地（最大 25m×100m）を無償貸与してもらい、珪藻の光合成機能を利用して CO₂ を有用物質に変換するためのパイロットプラントを設置して実証実験を行った。

大的折水苑の汚水を使った試験管培養では、滅菌処理せずに培地として使用し、ろ過していない曝気槽の水以外はいずれも良好な増殖を示した。計測室、温室 1（約 3.5×6 m のプール型培養槽）、温室 2（約 2×10m のレースウェイ型培養槽）からなる珪藻培養実験施設では、天然の珪藻（野生株）の培養技術を確立し、合わせて形質転換株の大量培養展開を想定した問題点を洗い出すことを目的として実験を進めた。初沈後の一次流入水と滲かからの汽水を等量ずつ混合して約 5 t の培養液とし、汚水も汽水も取水ポンプにゴミが入らない程度のメッシュを通したのみで、除菌・滅菌等は行っていない。

結果は、培養開始後、汚水に含まれる栄養塩で良好な増殖を見せた。レースウェイ型培養槽で細胞密度は 3 日で約 16 倍（倍加時間は約 17.5 時間）、プール型培養槽で細胞密度は 3 日で約 11 倍（倍加時間は約 20.5 時間）となった。そして培養開始後 1 週間前後で沈降・付着により浮遊している珪藻が急減した。

プール型培養槽での珪藻の増殖に伴う栄養塩の変化を見ると、NO₃、SiO₂、PO₄ の主要 3 要素は、兵庫県立大学理学部キャンパスでの F 培地を用いた培養実験に近似した（窒素源はほぼアンモニア態）。

プール型培養槽での物理化学的環境因子の変化としては、温室内が高温になるため、培養槽の水温も徐々に高温へと推移することが挙げられるが、珪藻の生育温度は 15～35℃なので、締め切った温室での培養には温度管理が必要である。

珪藻を再生可能エネルギー生産生物として大量培養するための問題としては、寒冷期の水温維持や寒冷環境下で増殖特性の良い株の探索、温室の保護、寒冷期の送気系の保護、温暖期の温室内温度の上昇、採水系の遮光、配管設備の材質の問題、温暖期の水温過上昇、培養の機械化といった問題が見出されているが、下水由来の資源を珪藻培養に有効活用するための課題としては以下のとおりである。

- 水処理生物に対する理解

培養開始数日後に多種微生物が優占し始め、珪藻が凝集し沈降・付着することを防ぐため、水処理生物に対する理解も重要。

- CO₂ 溶解促進方法の開発

水に CO₂ が溶解する速度が遅いため、送り込んだ CO₂ の多くが光合成に利用されずに大気中に放出されてしまう。水に CO₂ が溶解する効率を向上させる散気法の開発が必要。

- 高密度培養

下水利用でなくても、野外での粗放的大量培養では高密度培養が課題。

- 培養後の藻類の利用用途の拡大

燃料化は、コスト的課題がまだ過大。

将来構想としては、下水処理施設等に隣接した封じ込め空間内の大型培養槽で、有用物質生産能を付与した珪藻を培養し、より高付加価値な有用物質の生産を行いたいと考えている。