

■馬場将人の研究概要■

2006 年 4 月から現在:筑波大学 植物代謝生理学研究室

藻類を用いた CO₂ 吸収や石油生産に係る研究をしてきました。藻類には、陸上植物よりはるかに高い CO₂ 吸収能力や、石油に相当する油脂を生産するものがあります。そのため藻類は、環境低負荷資源として注目される一方、実用化において、その未知の生態の理解不足による生産の不安定性が常に問題になります。私はこの課題に対処するため、有用な藻類の性質を詳細に、そしてできるだけ一般化可能な形で理解することに努めてきました。

キーワード:環境維持・植物生理学・藻類・非モデル生物

① 藻類は CO₂ 濃度の上昇に対しどのように応答するか？ (2006-2009 年)

陸上植物より単位面積あたりの生産性に優れることで知られる藻類ですが、実は現在の地球大気 CO₂ 濃度では、その光合成速度は制限されています。実際、藻類の培養液に CO₂ を添加した空気を吹き込むと、通常空気を吹き込んだ場合より良く生育することが知られています。大量培養に成功しているクロレラを含む一部の藻類は超高濃度の CO₂ (炭酸水) にも耐え、とりわけ強力に CO₂ を吸収します。工場排気はこのような超高濃度 CO₂ 環境 (現大気 CO₂ の百~千倍の濃度) に相当し、藻類を用いた CO₂ 回収、資源化は実際的なレベルで議論されています。しかし、CO₂ を十分に与えて培養した藻類の細胞状態はわかっておらず、既存の研究報告は体系化されていませんでした。私は数~数十%の高濃度 CO₂ 環境に対し、藻類がどのように応答するかについて体系的に研究しました。

この分野における問題点は、高 CO₂ への応答に伴う遺伝子発現などの特徴的な現象が不明であったことです。そのため、近年の生物学でよく用いられる遺伝子を対象とした解析は実施不可能でした。また本研究に用いた緑藻「クラミドモナス」は、藻類の中ではかなり研究が進んでいる生物種ではあるものの、マウスや酵母菌、大腸菌などのモデル生物に比べれば技術開発が不十分であり、取りうる手段も限られます。この様に藻類研究では、しばしば主とする研究だけでなく、それに必要な技術開発を平行して行う必要があり、私の研究もこの例に漏れません。

細胞が CO₂ に応答しているからには、高 CO₂ 環境で合成され、低 CO₂ で分解される高 CO₂ 誘導性タンパク質があるはずですが、当時、クラミドモナスでは 3 種類の高 CO₂ 誘導性タンパク質が知られていましたが、それらの関係性や、役割については不明でした。私は、高 CO₂ 誘導性タンパク質はどこに存在し、どのような種類で、どのような機能を持つかを明らかにすることを目的としました。

当時、世界的にも報告例が少なかったクラミドモナス由来タンパク質の網羅的同定を用いて、これまでに 22 種類 (上記 3 種類のうち 2 種類をも含む) の高 CO₂ 誘導性タ

ンパク質を発見し記載しました。これらのタンパク質は細胞壁に欠損がある細胞を培養した培地から回収されたため、本来は原形質膜—細胞壁の間隙に局在すると予想されました。すなわち、細胞は高 CO₂ に応答して、細胞の外側にタンパク質を備蓄することが示唆されました。また、これら 22 種類のうち 11 種類は、細胞壁を構成するタンパク質群(ヒドロキシプロリンに富む糖タンパク質)にグループ化され、その一部は性フェロモンなど、生殖に関する機能を持つと予想されました。これまでにこのような現象は報告されておらず、高濃度 CO₂ 条件下での異常な細胞状態が示されました。今後はこれらのタンパク質が、なぜ、どのように高 CO₂ 環境で合成されるのかを調べることで、藻類の CO₂ 濃度上昇に対する応答の意義が理解されると期待されます。

また別の研究では、自身が考案した高効率な遺伝子発現検出システムを用いて高 CO₂ 誘導性タンパク質の遺伝子発現機構の解析を行い、細胞は CO₂ 分子の検知により CO₂ 濃度の上昇を認識するという仮説を支持する成果を得ています。

② ポトリオコッカスによる石油生産機構の研究(2009-2011 年)

ポトリオコッカスという炭化水素(石油の主成分)を生産する藻類の一種があり、再生可能エネルギー源として近年注目されています。しかし研究着手当時、この藻類の遺伝子情報は皆無であり、研究の跨げとなっていました。そこで私は国立環境研究所と協力して、代表的な 3 種のポトリオコッカスの発現遺伝子情報を取得し、世界で初めて公開しました。この成果を基に、炭化水素生産状態において活性化される遺伝子の発見を行い、次世代バイオ燃料の実用化に不可欠の情報を入手しました。また炭化水素生産に適した培養条件(特に光合成に適した光源)の検討により、この有用な藻類の省エネルギーかつ効率的な培養方法を提案しました。

③ 円石藻による有用脂質生産の研究(2012 年-)

以上にご紹介した藻類は全て淡水に生息していますが、CO₂ の固定、資源化の将来を考える上では、海水で生育可能な藻類の研究も重要です。円石藻は、全海洋で一二を争うほどの生物量を持ち、生物学や産業以外の面でも重要な生物です。円石藻は数々の興味深い性質を持ちますが、現在特に注目されているのが、その生産する有用脂質(DHA、EPA や、未知の脂質分子など)です。現在、私はこれらの有用脂質の合成経路や、その効率的な回収方法の検討を行っています。研究を始めて 3 か月経ちますが、細胞を高効率に破碎する新手法を既に確立し、今後はこの方法を軸に研究を展開する予定です。