

4 海洋中の CO<sub>2</sub> 削減カーボンニュートラルの実現に向けた  
海洋中 CO<sub>2</sub> の削減技術

NTT 宇宙環境エネルギー研究所サステナブルシステムグループは、環境への様々な負荷を削減する持続可能なシステムの研究開発と社会実装を推進している。本稿では、二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) を生物学的に変換する技術のうち、藻類と魚介類の食物連鎖を活用した海洋中の CO<sub>2</sub> 削減の取り組みを紹介する。

CO<sub>2</sub> の吸収源である海洋

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change: 気候変動に関する政府間パネル) の第 6 次評価報告書によれば、CO<sub>2</sub> の総吸収量の 61.3% を森林が、34.6% を海洋が占める。海洋の年間 CO<sub>2</sub> 吸収量を、人間活動に起因する年間排出量と比較すると、海洋の吸収量は約 7 倍以上である。そのため、人間活動による、CO<sub>2</sub> 排出量の削減に加えて、海洋における、CO<sub>2</sub> の排出量を減少させ、吸収量を増加させる技術は、大気中に滞留する、CO<sub>2</sub> の総量を削減するための有効且つ新たな手段になりうる。

海洋における食物連鎖を活用した  
CO<sub>2</sub> 削減モデル

海洋による CO<sub>2</sub> 吸収は、海洋と大気間の CO<sub>2</sub> 交換と、藻類の光合成による吸収が主となる。そのため、藻類の光合成により CO<sub>2</sub> 固定(ここでは、CO<sub>2</sub> 由来の炭素が有機物に変換され生体内に取り込まれること)される量が向上すれば、結果として、海洋から大気中に排出される CO<sub>2</sub> は減少し、海洋に吸収される量は増加する。しかし、CO<sub>2</sub> を固定し

た藻類が死滅してしまうと、その分解・腐敗過程で CO<sub>2</sub> が再放出されてしまう。そのため、CO<sub>2</sub> を固定した藻類を、次の炭素循環サイクルに効率的に受け渡す必要がある。

NTT 宇宙環境エネルギー研究所は、炭素循環サイクルの 1 つである藻類と魚介類の食物連鎖に着目し、この食物連鎖における CO<sub>2</sub> 固定量を増加させることで、海洋中の CO<sub>2</sub> を削減するモデルを立案した。このモデルでは、陸上養殖のプラットフォームを使用し、海洋から引き込んだ海水中に溶け込んでいる CO<sub>2</sub> を藻類が固定し、その藻類を魚介類に給餌することで、炭素を藻類から魚介類に受け渡す。その後、藻類の CO<sub>2</sub> 固定によって CO<sub>2</sub> 濃度が低下した海水を海洋に戻すことで、海洋中の CO<sub>2</sub> 濃度を低下させる。この際、藻類と魚介類の組み合わせの良し悪しが、食物連鎖における炭素固定量を決定するため、いくつかの藻類と魚介類の組み合わせに対する給餌試験を行い、最適な組み合わせの特定を進めている。

藻類の炭素固定量を向上させる  
2 つの取り組み

前述のモデルにおける課題の 1

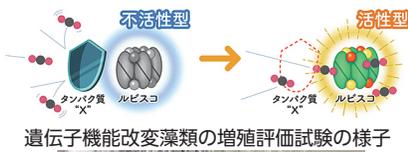


日本電信電話株式会社  
宇宙環境エネルギー研究所  
サステナブルシステムグループ  
特別研究員 今村 壮輔氏

つは、自然界における藻類と魚介類の食物連鎖では、高い CO<sub>2</sub> 削減効果は期待できない点である。ここでは、この課題解決のための 2 つの取り組みについて紹介する。

1 つ目は、藻類と魚介類の双方に、CO<sub>2</sub> 固定量を増加させるためのゲノム編集技術を適用する取り組みである。ゲノム編集技術は、自然界で引き起こされる遺伝子配列の変化と同様の原理であり、人の介入無しでは起こり得ない遺伝子組換え技術に比べ、安全であると考えられている。NTT 宇宙環境エネルギー研究所は、魚介類のゲノム編集のトップランナーであるリージョナルフィッシュ株式会社と共同で、藻類と魚介類の CO<sub>2</sub> 固定量を増加させるゲノム編集技術の研究開発に取り組み、最適な食物

遺伝子機能喪失によるCO<sub>2</sub>固定量向上の一例



遺伝子機能改変藻類の増殖評価試験の様子



図1 ゲノム編集による藻類のCO<sub>2</sub>固定量向上の取り組み

連鎖の組み合わせに適用することで相乗的な効果を狙っている。

現在は、ゲノム編集を適用する遺伝子候補を選定し、実際に遺伝子機能を改変させた藻類を作成することで、ゲノム編集を適用した際のCO<sub>2</sub>固定量への効果を評価している(図1)。なお、実際にゲノム編集技術を藻類と魚介類に適用する場合は、自然界への放出を防止するため、陸上養殖のプラットフォームを使用する。

2つ目は、中性子線を用いた遺伝子への変異導入による藻類育種である。これまでも、γ線やX線などの電磁波や電荷を持つ重粒子線を用いて、同様に藻類育種の取り組みが検討されている。しかし、電磁波や重粒子線は物質中の透過性が低い

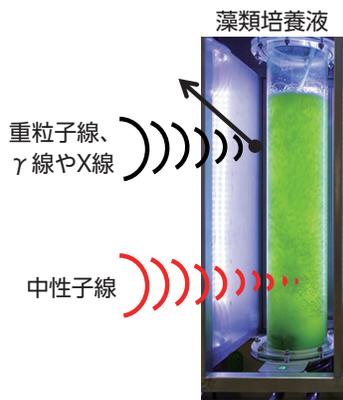


図2 放射線の種類と透過力の違い

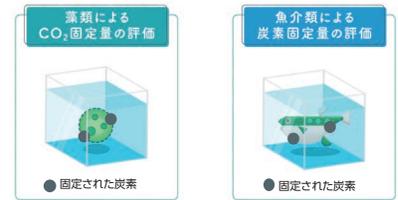
射しようとしても、培養液表面の一部の細胞にのみに照射され、培養液中の多くの細胞には効果が及ばない点が課題となっていた(図2)。

一方、中性子線は電荷を持たず物質を透過する能力が高いため、培養液中に存在する藻類細胞全てに不規則に照射され、効率的な遺伝子変異誘発と様々な形質変化が期待できる。しかしながら、中性子線による藻類への変異導入例や、中性子線の照射条件(強度など)と変異導入効率などの関係についての知見はほとんど見当たらない。そこで、NTT宇宙環境エネルギー研究所は、藻類育種のトップランナである株式会社ユーグレナと共同で、変異誘発に最適な照射条件を明確にするための研究開発を進めており、CO<sub>2</sub>固定量や増殖速度が向上した藻類株の育種をめざしている。

### 年間炭素固定量の明確化

前述のモデルの有効性を検証するためには、藻類と魚介類の年間当たりの炭素固定量の明確化が不可欠である。藻類の炭素固定量は、単位体積当たりの培養液に対する乾燥重量と、単位乾燥重量当たりの炭素含有量を明確化することにより、年間当たりの炭素固定量に換算できる手法の検討を進めている(図3)。さらに、換算量の妥当性を検証するために、リアルタイムセンサを用いた短期間のCO<sub>2</sub>固定量計測との整合性の確認も進めている。

魚介類の場合は、呼吸による大気中へ再放出される量や糞尿などの体内に取り込まれなかった量を明確化し、実効的な(正味の)固定量を明



年間あたりの炭素固定量を定量的に評価

カーボンクレジット取引に活用

図3 藻類と魚介類による炭素固定量の明確化とその利用

確化する必要がある。さらに、貝類の場合は石灰化による大気中へのCO<sub>2</sub>再放出を考慮する必要がある。

年間当たりの炭素固定量は、魚介類の成長に伴う炭素重量の増加量から、呼吸量や体内に取り込まれなかった排出量を引いた値により推定される。最終的には、魚介類の年間出荷重量のみで年間当たりの炭素固定量に換算できるように検討を進めたいと考えている。

### 今後の展開

本稿で紹介した海洋中CO<sub>2</sub>の削減に係る技術が確立できれば、大気中に滞留しているCO<sub>2</sub>の海洋中に溶け込む量が増加し、相対的に大気中のCO<sub>2</sub>が減少するため、地球温暖化問題にも貢献できると考えている。このほか、炭素固定と水産資源(食料)生産の両立は、食料問題の解決や新たなカーボンクレジット取引市場の開拓にもつながると期待している。

今後は、2~3年で実証できる有用な藻類と魚介類の組み合わせを選定し、有効性実証を完了させたいと考えている。さらに、より長い養殖期間の組み合わせにも挑戦し、持続可能な水産資源生産を通じてカーボンニュートラルの実現に貢献する。