海洋生物に対する CO_2 漏洩の影響

QICS プロジェクトから、海底下の貯留サイトから漏洩が生じた場合、漏洩した二酸化炭素（CO_2）が堆積物内および海底の真上の水を異常に酸性（低 pH）にすることが明らかになっている。酸性化の程度により、この海水化学の変化は海洋生物種および群集の健康と機能に影響を与える可能性がある。

海洋生物が低 pH（酸性化）海水にさらされた場合の最初の生理作用は、血液、血リンパまたは体腔液など一部の体液の pH の低下、すなわち「アシドーシス」である。これはその後、成長、生殖および免疫系など多くの重要な身体機能に影響を与える可能性がある。酸性化により最も大きな影響を受ける生物学的過程は、石灰化である。これは、動物が炭酸カルシウム（$CaCO_3$）の殻および骨格を形成する過程である。CO_2 が海水に溶解すると、$CaCO_3$ の沈着がより困難になり、さらに既存の殻または $CaCO_3$ 構造が溶解する可能性が高くなる。

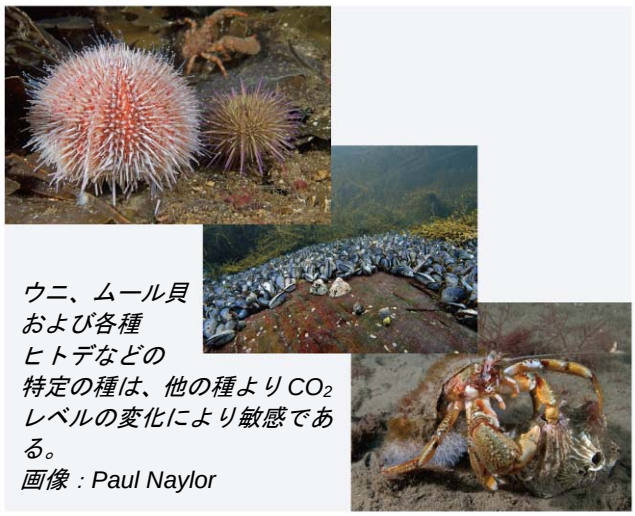
酸性化への対処はエネルギーコストを招く

極端な酸性化の場合では、大半の生物が死亡するが、高度に石灰化した種であっても短期間の中程度の酸性化には対処できるものもいる。これは、生物の酸性化に対する反応が、酸塩基平衡および生理作用の維持に必要な生理反応の燃料として利用できるエネルギーに、部分的に支配されているからである。石灰化率を維持するため、生物によってはこのプロセスにより多くのエネルギーを一時的に再配分し、成長や移動などその他の過程に使うエネルギーを少なくできる場合がある。短期的には、これは酸性化ショックに対処するための効果的な戦略であり得る。しかし、漏洩が持続した場合、高 CO_2 環境での生存に伴うエネルギー需要の増加は、必然的に成長の抑制や生殖生産の低下につながり、最終的に死に至る。したがって、CO_2 漏洩が環境に与える影響は、漏洩の程度と継続期間の両方に依存する。

高 CO_2 環境下で溶解する可能性がある海洋生物の殻および骨格

生物多様性への影響

どのような海洋生物群集でも、他の種より CO_2 レベルの上昇に生理的に耐える能力を備えている種がいるが、漏洩が在来種の絶滅や生物多様性損失を引き起こす可能性は確かに存在する。一般に、棘皮動物（ヒトデやウニなど）は、軟体動物より脆弱であり、甲殻類（カニ、ロブスター、フジツボなど）および環形動物（ゴカイ類など）は酸性化に最大の耐性を示す。したがって、極度に酸性化した海水にさらされた後に残る群集は、限られた数の耐性分類群の種で構成される。これにより、間違いなく分類学的豊富度と種の多様性の両方が減少し、海底生態系により果たされる主要な生態系機能の一部の減少につながる可能性がある（栄養循環、生産、廃棄物の修復など）。



ウニ、ムール貝および各種ヒトデなどの特定の種は、他の種より CO_2 レベルの変化により敏感である。
画像：Paul Naylor

しかし、生物の分類学に基づいてこれらの潜在的脆弱性の大まかな記述語を特定したにもかかわらず、たとえ同じ分類群内でも、耐性のばらつきは近縁関係にある種間にも存在する可能性があり、このばらつきは生物の生活様式の主要な要素と関連していると思われる。非常に変わりやすい CO_2 レベルに定期的にさらされている生息地に既に存在している生物は、より安定した状態の場所に生息する生物より、環境条件の急激な変化に対処するのに必要な生理学的機序を保有している可能性が高いと思われる。

CO_2 漏洩後の生物多様性の回復

QICS プロジェクトから得られた証拠は、CO_2 漏洩の化学的・生物学的影響は漏洩のごく近傍では大きくなり得るものの、これらの影響は放出地点からの距離が離れるにつれて速やかに消失することを示唆している。事実、大半の漏洩シナリオでは、海底生物相に対する漏洩の影響を検出するには漏洩の数十メートル以内にいない限り困難となり得る。このため、漏洩が止まって堆積物環境が自然状態に戻ると（わずか数週間と考えられる過程）、海底生物群集は極めて急速に回復し得る。この回復は、最初は周囲の影響を受けていない場所からの個体の側方移動によって引き起こされるが、最終的にはプランクトンの幼生の季節的流入によって助長される。したがって、漏洩のフットプリントが幅 50 メートル未満である場合、底生群集構造および多様性に対する漏洩の大きな影響は、1 年以内に消失すると予想される。

CO_2 漏洩からの急速な回復は大半の状況に該当するかもしれないが、漏洩の影響がずっと長く持続するか、またはより広範囲に感知される生息地や状況もあることを忘れてはならない。第一に、漏洩が石灰藻の集まった海底面、冷水サンゴ礁またはムール貝群生地などの石灰質の生体生息地付近で起こった場合、これら長寿命の生息地形成種の損失は、その場所全体の生物多様性に大きな影響を与える。この場合、これらの種が戻り、生息地が完全に回復するのに何年も、あるいは数十年もかかる可能性がある。第二に、漏洩が重要な生育場の役目を果たす場所内で起きた場合、主要な、場合によっては商業的に重要な種の加入および個体群の健康に及ぼす影響が、重大かつ広範囲にわたる可能性がある。

カロン湾の石灰層に覆われた海底面。画像：Paul Naylor

QICS Project Office
Plymouth Marine Laboratory, UK
Project Leader: Jerry Blackford
Contact: qics@pml.ac.uk