

# 二酸化炭素の海洋隔離が海産魚類に与える生理学的影響 Physiological Effects of CO<sub>2</sub> Ocean Sequestration on Marine Fish

長崎大学大学院生産科学研究科  
林 正裕

## 第1章

人類による化石燃料の消費増大は、大気への二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 排出を促進し、その結果大気中の CO<sub>2</sub> 濃度は増加の一途をたどっている。温室効果ガスである CO<sub>2</sub> の上昇は、地球温暖化等の様々な環境変動を生じさせる恐れがある。このような変動の回避策として、CO<sub>2</sub> を海洋に隔離する方法が考えられている。しかし、CO<sub>2</sub> 海洋隔離は、海洋の CO<sub>2</sub> 濃度を局所的に急増させるため、その急増による海洋生物及び生態系への影響が懸念されている。従って、このような方策が講じられる前に、慎重な生物影響評価を実施する必要があるが、CO<sub>2</sub> が海洋生物に与える影響に関する知見はわずかであり、基礎的知見の集約が急務である。魚類は、水生動物における主要な構成グループであり、重要なタンパク源の1つとして多くの国々で利用されている。従って、高 CO<sub>2</sub> 環境に対する魚類への影響評価は極めて重要であり、本研究では海洋生物の中でも特に魚類を調査対象生物とした。そして、高 CO<sub>2</sub> 環境下における CO<sub>2</sub> 耐性や生理機能の応答に着目して調査を行った。

## 第2章 (高 CO<sub>2</sub> 環境が酸塩基平衡調節に及ぼす影響)

1) 高 CO<sub>2</sub> 海水及び酸性海水の影響比較 従来の海洋生物に対する CO<sub>2</sub> の影響評価において、CO<sub>2</sub> 自体を用いた実験例の不足を補うために用いられてきた pH を指標とした酸性海水曝露実験では、CO<sub>2</sub> の生物影響を室内実験で検討する場合、影響を過小評価する可能性があり、評価手法を再検討する必要がある。そこで、同じ pH 条件にした高 CO<sub>2</sub> 海水と硫酸添加した酸性海水にヒラメ *Paralichthys olivaceus* を曝露して影響を比較した結果、両海水の間で耐性や生理応答に大きな違いが確認され、高 CO<sub>2</sub> 環境下での生物への影響は、CO<sub>2</sub> 自体によるものであることが分かった。

2) 高 CO<sub>2</sub> 環境に対する魚種間の耐性及び酸塩基平衡調節能の相違 魚類の種数は脊椎動物のうちで最も多く、種によって様々な特性を有するため、高 CO<sub>2</sub> 環境に対する生理学的応答が種によって大きく異なる可能性がある。そこで、生態特性の異なる3種の海産魚 (ヒラメ、ブリ *Seriola quinqueradiata*、ホシザメ *Mustelus manazo*) を用い、

亜致死及び致死的レベルの CO<sub>2</sub> に対する耐性と酸塩基平衡調節能の種間の相違を調査した。調査の結果、CO<sub>2</sub> 耐性に種間差 (CO<sub>2</sub> 耐性 ; ホシザメ > ヒラメ > ブリ) が示され、酸塩基平衡動態は種間で定性的に類似したが、定量的な違いがあった。

**3) 低水温の影響** 実際には CO<sub>2</sub> が隔離される海洋中深層 (水深 1,500 ~ 2,000 m) は低水温・高水圧という環境であり、変温動物の代謝活動は周囲の環境温度に大きく影響されるため、CO<sub>2</sub> 耐性や生理機能の応答が浅海種と深海種で大きく異なる可能性がある。従って、低水温・高水圧下における CO<sub>2</sub> 生物影響試験を行う必要があるが、高水圧実験は実施することが困難であるため、低水温の影響を調査することで、環境条件に依存した影響の違いを確認した。その結果、低水温におけるヒラメの CO<sub>2</sub> に対する耐性や生理機能に、顕著な低下が認められた。

### 第 3 章 (高 CO<sub>2</sub> 環境が塩類細胞に及ぼす形態学的影響)

**1) CO<sub>2</sub> 環境に対する鰓塩類細胞の応答** 海洋生物に対する CO<sub>2</sub> 海洋隔離の影響を評価する場合、本来ならば隔離が想定されている中深層に生息する深海生物を用いる必要があるが、現時点では深海種を実験に使用するのが困難であるため、浅海種を用いた実験から影響を推定せざるを得ない。この場合に利用できる一手法として、形態学的形質を指標として CO<sub>2</sub> の影響を予測する手法が挙げられる。本研究では、淡水魚において高 CO<sub>2</sub> 曝露による形態学的変化が報告されている塩類細胞に着目し、CO<sub>2</sub> 曝露によるヒラメの塩類細胞の反応を調査した結果、明らかな外部形態の変化が確認された。

**2) 塩類細胞と CO<sub>2</sub> 耐性の関係** 実際には塩類細胞の変化が、CO<sub>2</sub> 海洋隔離の影響予測に利用可能か検討するため、CO<sub>2</sub> 耐性に種間差があったヒラメとブリを用いて塩類細胞観察を行った。その結果、塩類細胞の密度に種間差 (密度 ; ヒラメ > ブリ) があった。

### 第 4 章 (総括)

本研究によって、より正確に CO<sub>2</sub> の生物影響を評価するためには、直接 CO<sub>2</sub> を用いて、CO<sub>2</sub> 隔離の現場環境をできる限り再現した実験を実施する必要があるということ、実験的データを基に提示することができた。高 CO<sub>2</sub> 環境において海産魚の血液は一時的に酸性化した、イオン輸送システムの働きにより、酸性化は正常化あるいは緩和され、高 CO<sub>2</sub> に伴う魚類斃死に血液の酸性化が直接原因となっていないことが分かった。また、高 CO<sub>2</sub> 環境に対して塩類細胞が何らかの役割を担っていることが示唆され、塩類細胞が深海魚の CO<sub>2</sub> 影響を予測するための指標となり得る可能性が考えられた。今後は、実際に深海魚を用いて、可能な限りの情報収集を行う予定である。