

解説

J. Jpn. Soc. Colour Mater., 93 [12], 379-383 (2020)

—特集 地球環境問題と色材—

海洋における二酸化炭素の動態とpH測定

鶴島 修夫*†

* (国研) 産業技術総合研究所 茨城県つくば市小野川16-1 (〒305-8569)

† Corresponding Author, E-mail: tsurushima-n@aist.go.jp

(2020年9月25日受付, 2020年9月30日受理)

要 旨

海洋は二酸化炭素の大きな貯蔵庫であり, その吸収能の監視は地球温暖化の将来予測に欠かせない。吸収した二酸化炭素により海洋が酸性化し, 生態系に影響を及ぼすことも懸念されている。また近年, 二酸化炭素回収貯留 (CCS) など, 海域を利用した事業が検討されており, 海洋の炭酸系諸量のモニタリング需要が高まっている。とくにpHは今後測定が盛んになることが予想され, 比色分析による高精度な定量法は国際標準化も行われているが, 測定に必要な高純度色素試薬や標準物質の普及状況については課題がある。

キーワード: 海洋, 二酸化炭素, 酸性化, 比色法, 標準物質

1. はじめに

地表の約7割を占める広大な海洋は, 地球上の二酸化炭素の大きな貯蔵庫となっている。二酸化炭素は水中で炭酸イオン (CO_3^{2-}) および重炭酸イオン (HCO_3^-) の形で存在できる (図-1) ので, 窒素や酸素などと比べて溶解度が大きい。IPCC 第5次報告書¹⁾によると, 現在, 海水中の無機炭素の総量は約38,000 PgCで, 大気中二酸化炭素の総量の約50倍近くと見積もられている。その大きな貯蔵能力により, 人類が放出した化石燃料起源の二酸化炭素の一部も海洋が吸収していることが明らかになっている。産業革命以降に大気中に蓄積された人為起源二酸化炭素は 240 ± 10 PgCであるのに対し, 海洋へは 155 ± 30 PgCが吸収されたと見積もられており¹⁾, IPCC海洋・雪氷圏特別報告書²⁾では, 1980年代以降は20-30%の人為起源二酸化炭素を海洋が吸収している可能性が非常に高いとされている。この海洋の二酸化炭素吸収量をできるだけ正確に把握することは, 気候変動の将来予測のためにも大変重要である。また,

近年, 二酸化炭素を吸収することによる海洋の酸性化が生態系に与える影響についても懸念が高まっている。本稿では, これらの問題に対応した海洋モニタリングのための測定手法の現状と課題について紹介する。

2. 海洋二酸化炭素吸収量の把握のための炭酸系諸量測定

2.1 海水中の炭酸系諸量4種のパラメーターの解析

海洋の人為起源二酸化炭素吸収量の見積もりは, 大気中の二酸化炭素やその炭素同位体, あるいは酸素濃度の時系列解析などで推定する方法もあるが, 最も直接的な方法は海水中の二酸化炭素量を精密に測定し, 増加量を検出することである。

先述のように二酸化炭素は海水中で分子状のほか, 炭酸イオン, 重炭酸イオンの形で存在する。このため, その動態を把握するためには炭酸系諸量と呼ばれる全炭酸, アルカリ度, pH, 二酸化炭素分圧の4種のパラメーターを解析する必要がある。全炭酸は水中に溶存する無機炭素の総量である。アルカリ度はアルカリ性物質と酸性物質の差をあらわす量で, 一般的な海水ではその大部分は二酸化炭素由来のイオン濃度 (重炭酸イオンと炭酸イオンの2倍を足した量) となる。二酸化炭素分圧は対象となる海水と平衡状態にあることを仮定した気相中の二酸化炭素の分圧を示し, 水中の分子状二酸化炭素の濃度に比例する。海洋では大気とのガス交換のほか, 光合成や呼吸, 炭酸カルシウムの生成・溶解などの過程で二酸化炭素の増減があり, その過程により4種の炭酸系諸量の変化は異なるのが特徴である。たとえば, 大気から海洋に二酸化炭素が溶入すると, 全炭酸が増加し, pHは低下, 二酸化炭素分圧は上昇する。この過程ではアルカリ度は変化しない。一方, 生物の殻などを形成する炭酸カルシウムが溶解すると全炭酸が増加するが, 二価の炭酸イオンが生成するため, アルカリ度はその2倍増加する。このような関係性を利用し, 実際に海洋で何が起きているかを推定し, 大気との交換量を見積もることができる。なお, これら4種の炭酸系パラメーターのうち2種を測定すれば, 残り

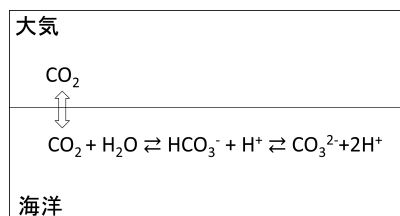


図-1 大気・海洋における二酸化炭素の存在形態



〔氏名〕 つるしま のぶお
 〔現職〕 産業技術総合研究所
 〔趣味〕 自転車, 将棋, 空手
 〔経歴〕 1998年北海道大学大学院水産学研究所博士後期課程修了, 科学技術振興事業団博士研究員を経て2000年工業技術院資源環境技術総合研究所 (現産業技術総合研究所) 入所。海洋炭酸系計測の高度化・標準化および海洋環境影響評価研究に携わる。