

北太平洋高緯度海域における海水中人為的な全無機炭素の循環の変動に関する研究：
パラメタリゼーション技術の応用と海水中炭酸物質の準リアルタイムなマッピングの展開

北海道大学大学院環境科学院地球圏科学専攻 博士後期課程 4 年（助成時）

北海道大学地球環境科学研究院地球圏科学部門 博士研究員（現 在）

李 勃豊

現在、人間活動により環境へ放出された CO₂ のほぼ 1/4 を海洋が吸収し、劇的な環境変動に対して重要な緩衝作用を持っている [Le Quere et al., 2014]。人為起源 CO₂ の海洋への吸収によって、産業革命以降、海洋の pH が 0.1 ほど低下し [IPCC 2013]、地球温暖化を引き起こすとともに海洋の酸性化をもたらし、その結果、海洋の物質循環や生物過程（殻の生成等）に対して大きな影響を与えている [Doney et al., 2009]。このため、海洋の炭酸系物質や人為起源 CO₂(C_{ant})の動態を解明することは地球環境問題における重要な研究課題のひとつである。

海洋の炭酸系物質の動態を把握するために、1990 年代から現在まで、研究船による海洋表層から底層までの全球規模で海水試料を取得し、全炭酸 (DIC) とアルカリ度 (TA) を約 0.1% の高精度で測定する多くの努力が払われてきた [例えば Suzuki et al., 2013, CDIAC]。しかし、その時空間分解能は、10 年規模・100–500 キロであり、経年変化・季節変動の詳細な空間分布を把握するのは難しい。この点を克服するため、炭酸系物質のパラメタリゼーションがこれまでにいくつか行われている [例えば, Juranek et al., 2011 ; Li et al., 2016] が、C_{ant} が到達しているであろう水深数千メートル [Sabine et al., 2004] までのパラメタリゼーションの構築には至っていない。

そこで、本研究は、北太平洋亜寒帯海域 (40°N - 56°N, 145°E - 130°W) を対象として、2000 年以降の水深 0 m – 2000 m の DIC・TA・pH データと、それらに対応する溶存酸素 (DO)・水温 (T)・塩分 (S)・圧力 (P) のデータ群を用いて、重回帰モデルに適用することで、DIC・TA・pH のパラメタリゼーションを行い、北太平洋高緯度海域とその縁辺海における炭酸系物質の高解像度な分布を描き出し、C_{ant} の動態を明らかにすることを目的とした。その結果、DIC・TA・pH パラメタリゼーションの精度はそれぞれ 5.6 μmol/kg, 8.2 μmol/kg, 0.02 pH であり、10 年規模の炭酸系物質の変化を明らかにすることができた。

さらに以下の式を用いることで、北太平洋高緯度海域の詳細な C_{ant} 分布の見積りを試みた。

$$C_{ant} = DIC - C_{soft} - C_{carb} - C_{pi,sat} - C_{diseq} \quad \text{式(1)}$$

C_{ant} は人為起源の炭素量; C_{soft} は再無機化からの炭素量; C_{carb} は炭酸カルシウムの溶解の寄与による炭素量; $C_{pi,sat}$ は産業革命以前の炭素量; C_{diseq} は非平衡炭素量で、単位は $\mu\text{mol/kg}$ である。 $C_{pi,sat}$ と混合層以下の C_{diseq} は海水中の炭酸平衡から計算した。 C_{soft} と C_{carb} は DO、TA 等と化学量論比を用いることで推定した。そこで、10 日程度の間隔で 0 m から 2000 m まで観測する中層プロファイリングフロート(アルゴフロート)の DO・T・S・P データ群に本研究で得た DIC・TA のパラメタリゼーションと式(1)を適用することで、時空間的に高分解能な C_{ant} の分布を描き出した。1990 年代の C_{ant} の結果[Sabine et al., 2004]と比較すると、北太平洋高緯度で 300 m 以上深く C_{ant} の貫入が進んでおり、水中存在量は 20%以上増加していることがわかった。

以上のように、海洋炭酸系物質のパラメタリゼーションを行うことで、北太平洋高緯度海域とその縁辺海における海洋炭酸系物質の分布を描き出し、人為起源 CO_2 の動態を明らかにすることができた。