

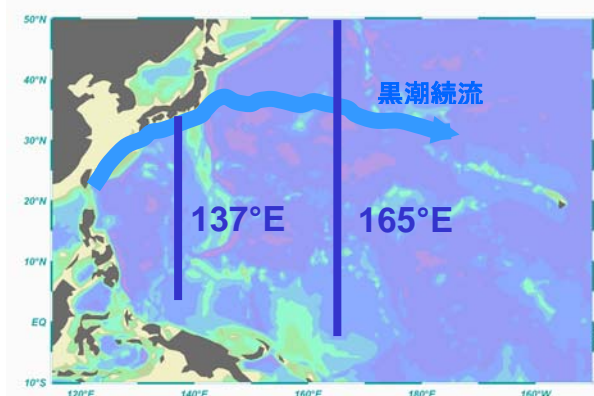
# 海洋における炭素循環の変動に関する観測的研究

○緑川 貴(地球化学研究部)

## 1. はじめに

海洋は、化石燃料の消費によって排出された人為起源の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を長期的に大気から吸収し続けており、大気中CO<sub>2</sub>濃度の増加を緩和する重要な役割を担っている。海洋が今後も人為起源のCO<sub>2</sub>を吸収し続けるのか、その吸収量がどう変化していくのかが、地球温暖化の予測精度を向上させる観点から注目されている。近年、地球温暖化やエルニーニョ現象等の気候変動に関連して海洋内部における海洋循環や生態系の変化を指摘する報告が相次ぎ、これに伴う海洋炭素循環の変化やその大気中CO<sub>2</sub>濃度への影響が懸念されている。海洋によるCO<sub>2</sub>吸収量の動向を予測するためには、気候変動に伴って海洋内部の炭素循環系に何が起きているのか等、その変動の実態とメカニズムを定量的に解明する必要がある。

気象研究所地球化学研究部と気象庁地球環境・海洋部は、地球温暖化が社会に広く認識される以前の1960年代から、観測手法の開発と改良を進めながら、大気と海洋におけるCO<sub>2</sub>の調査を続けてきた。平成16年度からは3年計画で融合型経常研究「海洋における炭素循環の変動に関する観測的研究」を実施し、北太平洋の表層と内部における炭酸系および関連物質の変動プロセスの解明に取り組んでいる。本発表では、最新の成果の概要について報告する。



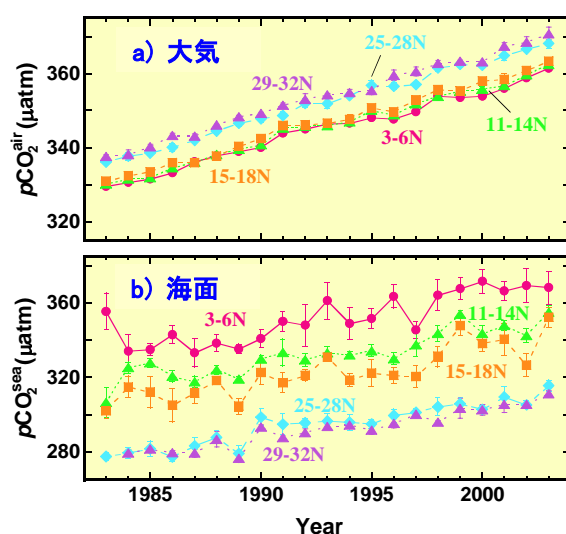
第1図: 時系列観測の海域

## 2. 成果の概要

### 2.1. 海面CO<sub>2</sub>分圧の変動

本研究で取得した海洋CO<sub>2</sub>観測データとその過去データを比較した結果、北太平洋、南太平洋、南大洋などの多くの海

域で、大気CO<sub>2</sub>濃度の増加とともに、海水中のCO<sub>2</sub>が増加していることがわかってきた。日本の南方の東経137度(第1図)に沿った観測では、海面CO<sub>2</sub>分圧は、どの緯度帯でも大気と同様の平均速度で長期的に増加しており(第2図)、その原因は主に大気から海洋へのCO<sub>2</sub>吸収であると推測された。また、海面CO<sub>2</sub>分圧は大気と比べて大きな年々変動を示し、その変動要因は緯度帯によって異なることがわかった。



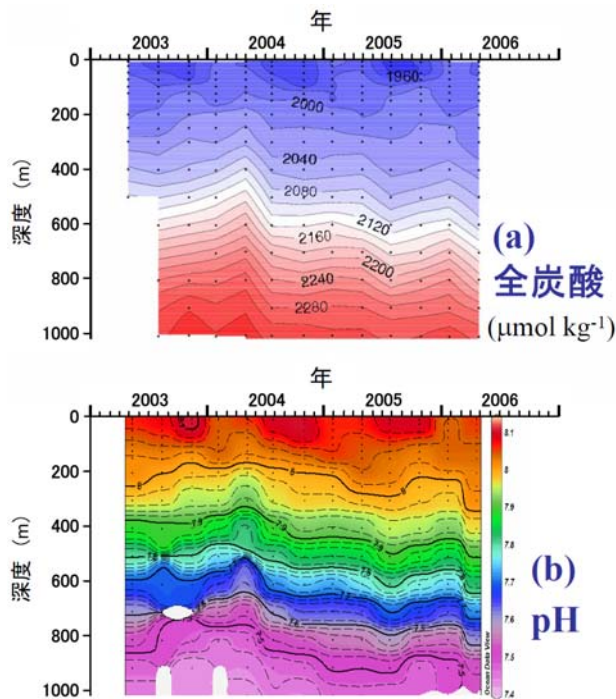
第2図: 冬季(1月下旬~2月上旬)の東経137度における緯度帯ごとの大気中(a)および海面(b)のCO<sub>2</sub>分圧の経年変動

### 2.2. 海洋内部の炭酸系の変動

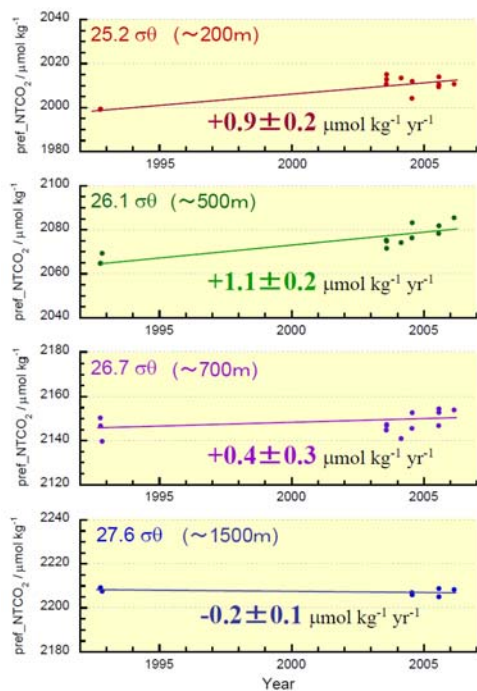
北太平洋西部の東経137度(第1図)で取得した年4回の時系列観測データから、亜熱帯域北部(北緯20~30度)の表層において、全炭酸濃度とpH(水素イオン濃度指数)が明確な季節変動を示すことを実証できた(第3図)。これらの変動は、海面CO<sub>2</sub>分圧の季節変動の要因であり、大気・海洋間のCO<sub>2</sub>フラックスに影響を及ぼしていると考えられる。冬季の全炭酸濃度やpHは表層水温と相関があり、鉛直混合の度合いがこれらの年々変動に影響していることがわかった。一方、夏季の全炭酸濃度の低下とpHの上昇は生物活動によるCO<sub>2</sub>固定に起因し、消費されたCO<sub>2</sub>は主に溶存態有機物となっていることがわかった。

東経165度の黒潮続流の南側では、全炭酸濃度が1992年の観測値に比べて増加する傾向が検出できた(第4図)。全炭酸濃度の増加速度は、表層では大気CO<sub>2</sub>濃度の増加速度

から物理化学的に推定される速度( $+1 \mu\text{mol kg}^{-1}\text{yr}^{-1}$ )とほぼ一致した。中層( $\sim 700\text{m}$ )ではこれより増加速度が小さく、深層( $\sim 1500\text{m}$ )では増加が見られなかった。大気 $\text{CO}_2$ 濃度の上昇に伴って海洋表層で増加した全炭酸が、海洋の循環等により内部に運ばれて蓄積されていると考えられる。すなわち、人間の産業活動による $\text{CO}_2$ 放出の影響が海洋の中層まで及んでいることがわかった。



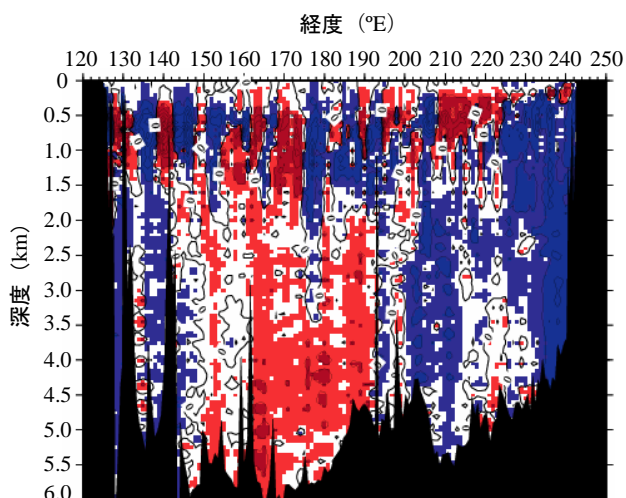
第3図：東経137度、北緯30度における全炭酸濃度(a)とpH(b)の鉛直分布の変動



第4図：東経165度、北緯28～32度の各密度( $\sigma_\theta$ )層における全炭酸濃度の増加傾向(全炭酸濃度は、塩分35に規格化し、生物分解量の変動成分を補正した値として示した。)

## 2. 3. 海盆規模での物質循環の変動

北太平洋を日本から米国まで横断する観測において、本研究で開発した栄養塩標準物質を全測点で使用し、高精度な栄養塩観測データを取得した。過去の観測データとの比較から、中緯度深層で栄養塩濃度の変動を検出した。北緯24度に沿った深層水中のケイ酸塩濃度は、海底地形に拘束されたように、北太平洋の中央部で増加し、東側の海域で減少するという顕著な変化傾向を示した(第5図)。対応する水温上昇のシグナルと併せた解析から、ケイ酸塩濃度の変化傾向は深層循環が弱まったために起こった可能性が示唆された。この変動が近年の気候変動により引き起こされたかどうかについては、今後の課題である。



第5図：北太平洋の北緯24度に沿った断面における2005年と1985年のケイ酸塩濃度差( $\mu\text{mol kg}^{-1}$ )の分布(赤色部分は $1 \mu\text{mol kg}^{-1}$ 以上の増加、青色部分は $1 \mu\text{mol kg}^{-1}$ 以上の減少を示す領域である。)

## 3. まとめ

本研究では、標準物質の整備や測定手法の高精度化により取得した高品質時系列データから、海洋炭酸系の変動を検出し、その要因について研究を進めることができた。大気中 $\text{CO}_2$ 濃度の増加や地球温暖化等の気候変動に起因した海洋炭酸系の変化を正確に把握するためには、一層の測定手法の高度化を進めるとともに、時系列観測データを蓄積し、季節変動や年々変動などの短期的な変動の要因を十分に解析して、長期的な変化傾向を抽出する手法の開発を進める必要がある。

\* 本研究は、融合型経常研究「海洋における炭素循環の変動に関する観測的研究(H16-18)」として行われた。主任研究者：緑川 貴、研究分担者：石井雅男、青山道夫、斉藤秀、時枝隆之、廣瀬勝己、松枝秀和