

1 8. 海水の CO₂ 濃度指標～深層水と表層水

○佐藤徹（東京大学）

1. はじめに

CO₂ 濃度は、海流や生物活動の影響等で常に変動している。そこで世界の多様な海域を対象とし、CO₂ 濃度のデータを取得・整理した。

2. 化学的基礎

2.1 二酸化炭素の溶解過程

観測された DIC と DO は次のように表される。

$$\text{DIC} = \text{DIC}_0 + \Delta \text{DIC} \quad (1)$$

$$\text{DO} = \text{DO}_0 + \Delta \text{DO} \quad (2)$$

ここで、DIC₀ と DO₀ は生態系の影響を受ける前の値であり、ΔDIC と ΔDO は生物活動によって変化した量である。Redfield の式より、

$$\Delta \text{DIC} = -k\Delta \text{DO} \quad (3)$$

という呼吸と光合成の関係が導かれ、ここで、 $k=0.768$ である。海水は海表面で大気とガス交換をするが、DIC₀ と DO₀ は平衡とは限らない。CO₂、O₂ の飽和度をそれぞれ a₀、b₀ とすると、

$$\text{DIC}_0 = a_0 \text{DIC}_{\text{eq}} \quad (4)$$

$$\text{DO}_0 = b_0 \text{DO}_{\text{eq}} \quad (5)$$

ここで、DIC_{eq} と DO_{eq} は溶解度である。以上より、

$$\text{DIC} + k\text{DO} = \text{DIC}_0 + k\text{DO}_0 = a_0 \text{DIC}_{\text{eq}} + kb_0 \text{DO}_{\text{eq}} = C_1(a_0, b_0, T, S, \text{TA}) \quad (6)$$

ここで、C₁ は a₀ と b₀ の関数で、生物活動に影響されず水塊ごとに一定となる。

この他、炭酸カルシウムの生成も炭酸イオンの変化に影響を与える。1 mol の [CO₃²⁻] が消費されると、DIC が 1 mol、TA が 2 mol 減少し、

$$\text{DIC} - 0.5\text{TA} + k\text{DO} = \text{DIC}_0 - 0.5\text{TA}_0 + k\text{DO}_0 = C_2(a_0, b_0, T, S, \text{TA}) \quad (7)$$

が得られる。ここで、 $k=0.83$ であり、また C₂ は CaCO₃ の形成/溶解を含む生物活動に影響されず、海表面でのガス交換で決定されるため、主に温度 T の関数であるとして、Sun et al. [1] は [DIC-0.5TA+0.83DO]-T の相関を海水中 CO₂ 濃度の新たな指標として提案した。

2.2 CO₂ 濃度指標の相関関係

DeGrandpre et al. [2] によると、pCO₂ は [DO

saturation] と強い相関を持っている。

$$p\text{CO}_2 = -\left(k \frac{K_0}{\beta \text{H}_{\text{O}_2}} p\text{O}_{2,\text{eq}}\right) \frac{\text{DO}}{\text{DO}_{\text{eq}}} + (a_0 p\text{CO}_{2,\text{eq}} + kb_0 \frac{K_0}{\beta \text{H}_{\text{O}_2}} p\text{O}_{2,\text{eq}}) \quad (8)$$

この式は、CCS 実証試験を実施した苫小牧沖の CO₂ 濃度調査で環境省が採用した指標である。

3. 結果

Carbon Data System [3] から、8 つの海域のデータに上記指標を適用したところ、pCO₂-[DO saturation] は水深により大きく 2 つに分類されたが、[DIC-0.5TA+0.83DO]-T は水深によらず良い相関を示した。

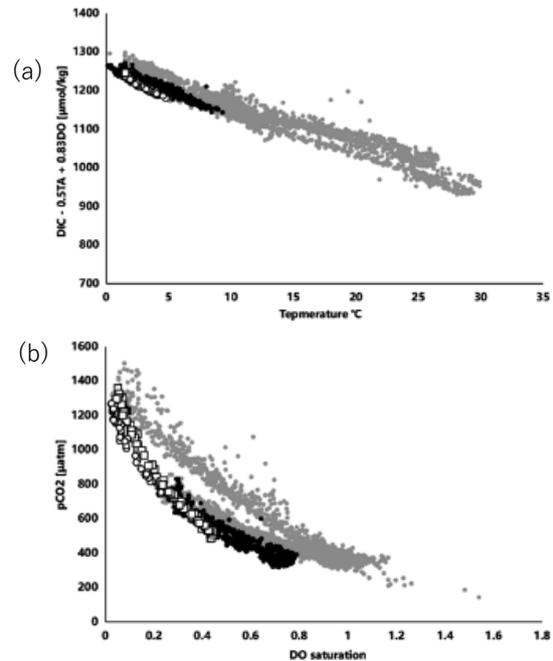


Fig. 1 (a) pCO₂-[DO saturation]、(b) [DIC-0.5TA+0.83DO]-T. Black points indicate the data of deep seas.

4. おわりに

[DIC-0.5TA+0.83DO]-T という CO₂ 濃度指標は深層水にも適用できることが示された。

【謝辞】

本稿は NEDO の委託事業 (JPNP18006) による。

【参考文献】

- [1] Sun, S. et al. (2021) Int. J. Greenhouse Gas Control 112, 103489.
 [2] DeGrandpre, M.D. et al. (1997) Limnol. Oceanogr. 42:21-28.
 [3] https://www.nodc.noaa.gov/oads/stewardship/data_portal.html.