

北太平洋亜寒帯海域におけるCO₂非平衡量と人為起源CO₂の季節的動態 Seasonal variations of oceanic CO₂ disequilibrium and anthropogenic CO₂ in the subarctic North Pacific

*李 勃豊¹、宿田 さとり¹、葛西 広海²、黒田 寛²、谷内 由貴子²、長谷川 大介³、渡辺 豊¹

*Bofeng Li¹, Shukuta Satori¹, Kasai Hiromi², Hiroshi Kuroda², Taniuchi Yukiko², Daisuke Hasegawa³, Yutaka Watanabe¹

1. 北海道大学、2. 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 北海道区水産研究所、3. 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 東北区水産研究所

1. Hokkaido University, 2. Hokkaido National Fisheries Research Institute, Japan Fisheries and Education Research, 3. Tohoku National Fisheries Research Institute, Japan Fisheries and Education Research

【はじめに】

産業革命以降、現在までに人間活動によって大気中に排出された二酸化炭素(CO₂)は約40%増加し、これに伴い、海洋表層のpHはおおよそ0.1減少した [IPCC, 2013]。海洋表層のpHの低下は海洋の緩衝能力を弱めるとともに、炭酸カルシウムの殻をもつ海洋生物などに大きな影響を与える [Doney et al., 2009]。

これまでに、化学トレーサーと炭酸系データ両方に基づくΔC*法を用いて、人為的CO₂量の測定がされてきた [Gruber et al., 1996; Sabine et al., 2004; Watanabe et al., 2013]。この方法は化学トレーサーと炭酸系物質を広域的に測定しなければならず、船舶を用いての観測が必須となり、広範囲の海域には不向きで、人為的CO₂量を求めるにはCO₂非平衡量 (C_{diseq}) が最大の誤差となる。このため、詳細なC_{diseq}の時間変動を求めなければならない。さらに、ΔC*法では400m以深にしか使えない窒素・酸素・炭素化学量論比 (Anderson and Sarmiento, 1994) を用いて人為起源CO₂ (C_{ant}) 量が多い400 m以浅を見積もるため、その確度については未だ不明である。

本研究では、水塊が複雑で、北太平洋中層水が形成され、かつ季節による水塊分布の変動も激しく、生物生産が活発な、北太平洋西部海域において、CO₂非平衡量の季節的動態を明らかにする。さらに、C_{ant}の見積りのボトルネックとなっている400 m以浅の化学量論比の妥当性を評価し、CO₂非平衡量の季節的動態と合わせて、C_{ant}のより詳細な時空間分布を明らかにする。

【方法】

本研究では、表層混合層内 (MLD) では大気海洋間のCO₂がよく混合されていることを仮定し、C_{diseq} は以下の式から求める [Li et al., 2019]。

$$C_{diseq} = DIC_{MLD} - C_{sat, MLD} - C_{soft, MLD} - C_{carb, MLD} \quad (1)$$

ここで、DIC_{MLD} : 現在のMLDのDIC、C_{sat, MLD} : MLDにおける飽和CO₂量、C_{soft, MLD} : MLDにおける有機物の再無機化によるDIC量、C_{carb, MLD} : MLDにおけるCaCO₃溶解由来のDIC量。

C_{soft, MLD}、C_{carb, MLD}は、窒素・酸素・炭素の化学量論比から求めるが、従来の方法で400m以深にしか使えない窒素・酸素・炭素化学量論比 (Anderson and Sarmiento, 1994) を使っており、400m以浅ではその使用の保証はされていない。C_{soft, MLD}とC_{carb, MLD}は生物生産と再無機化の影響を補正する項であり、400 m以浅ではその影響は大きい。このため、古典的な生物活動由来の化学量論比であるRedfield比を用いて400m以浅の計算を行い [Chen and Millero, 1979]、従来のΔC*法との比較を行った。DICの観測は、2017年10月・2018年1月北海道区水産研究所の北光丸、2018年5月・7月の東北区水産研究所の若鷹丸に乗船し、各クルーズ4地点

12層で採水し、224試料を得た。semi-closed法により高精度かつ高確度な炭酸系物質のデータを測定した[Li et al., 2016]。

【結果と考察】

古典的な化学量論比とAnderson and Sarmiento (1994)の化学量論比でそれぞれ計算した C_{diseq} の差は $5 \mu \text{mol kg}^{-1}$ 以内であり、従来の方法(Sabine et al. 2004)の誤差範囲内であるため、 C_{diseq} を計算する際に、Anderson and Sarmiento (1994)の化学量論比も使えることがわかった。このため、これを基盤に、北太平洋亜寒帯海域のMLD内の C_{diseq} の変動を評価したところ、1月冬季には $-38.29 \mu \text{mol kg}^{-1}$ から $-56.93 \mu \text{mol kg}^{-1}$ 、7月夏季では $-9.65 \mu \text{mol kg}^{-1}$ から $1.02 \mu \text{mol kg}^{-1}$ となり、強い季節変動を見出した。この C_{diseq} を C_{ant} の見積りに適用することで、 C_{ant} の強い季節性が明らかとなった。

キーワード：大気海洋CO₂の非平衡、人為起源CO₂、北太平洋亜寒帯海域

Keywords: Air-sea CO₂ disequilibrium, Anthropogenic CO₂, Subarctic North Pacific