

西部北太平洋におけるガス交換係数の季節変動による大気海洋間CO₂フラックスへの影響

Effect of seasonal change in gas transfer coefficient on air-sea CO₂ flux in the western North Pacific

熊 睿^{1*}, 増田 良帆², 橋岡 豪人², 小埜 恒夫³, 山中 康裕²

Xuanrui Xiong^{1*}, Yoshio Masuda², Taketo Hashioka², Tsuneo Ono³, Yasuhiro Yamanaka²

¹ 北海道大学大学院環境科学院, ² 北海道大学大学院地球環境科学研究院, ³ 水産総合研究センター 中央水産研究所

¹ Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, ² Graduate School of Environmental Earth Science, Hokkaido University, ³ National Research Institute of Fisheries Science

1. はじめに

西部北太平洋では pCO₂ 分布及び季節変動について、亜熱帯海域では、温度が pCO₂ の影響しており、亜寒帯海域では、生物、混合、温度が影響している。そして西部北太平洋では冬に北風が強い、冬季季節風と呼ばれる現象が起こる。冬季季節風が海の二酸化炭素吸収にどのように影響するのかが注目する課題の一つである。本研究は炭素循環を含めた3次元海洋大循環モデルを開発し、西部北太平洋に適用して、その計算結果から冬季季節風による CO₂ フラックスへの影響について解析した。

2. モデルと実験設定

開発したモデルはオフライン手法を用いた炭素循環を含めた海洋大循環モデル CCSR Ocean Component Model に生態系モデル North Pacific Ecosystem Model Used for regional Oceanography を結合したモデル (COCO-NEMURO) の西部北太平洋領域版 (120-180 °E, 10-60 °N) である。水平解像度は 1/4 ° × 1/6 ° で、鉛直に 26 層を設定する。物理データは、東京大学気候モデル MIROC (Model for Interdisciplinary Research on Climate) の温暖化実験の計算結果 10 年間を使用した。初期条件や境界条件は Global Ocean Data Analysis Project (GLODAP)、World Ocean Atlas、MIROC のデータを使用した。10 年間の積分したあとに、さらに 10 年間の積分し、その 10 年間平均について分析することにした。

大気-海洋間での CO₂ フラックスはガス交換係数と大気と海洋間での二酸化炭素の分圧差 ($dpCO_2 = pCO_{2\text{sea}} - pCO_{2\text{air}}$) の積で求める (Takahashi et al., 2009)。ガス交換係数は気体移動速度と溶解度との積で求める。気体移動速度は風速 2 乗に依存するパラメータである (Wanninkhof et al., 1992)

3. 結果と考察

海洋表層の年平均 dpCO₂、CO₂ フラックスの分布は非常に似ていることが分かる。亜熱帯海域と亜寒帯海域の一部は、CO₂ を放出する海域であり、その他の海域が吸収する海域である。亜熱帯海域 (亜寒帯海域の一部) で、dpCO₂ が高い (低い) にも関わらず、フラックス値が低い (高い) のは、ガス交換係数が小さい (高い) ことが原因と考えられる。しかしながら、混合水域における、dpCO₂ がマイナスの海域 (40 °N) では、ガス交換係数が高い値にもかかわらず、吸収は減少する。すなわち、亜寒帯海域における CO₂ が放出される海域が拡大された。さらに dpCO₂、CO₂ フラックスの符号が逆符号になる海域が存在する。

季節変動で CO₂ 分圧とガス交換係数が相関を持つことで生じる補正項が亜寒帯を放出海域に導き、亜熱帯を吸収する海域に導く。CO₂ フラックスの分布に影響し、年平均の dpCO₂、CO₂ フラックスの符号が逆符号になる原因である。

季節変動 12 カ月の月平均について亜熱帯と亜寒帯のローカル海域の結果を分析した。亜熱帯ローカル海域 (28 °N, 147 °E) では、冬季 dpCO₂ は ' - ' であり、CO₂ を吸収する時期である。冬季季節風が吹き、ガス交換は盛んになるので、ガス交換係数が大きく、吸収を促進する役割を果たす。夏季 dpCO₂ は ' + ' で、ガス交換係数は小さく、放出を和らげる役割を果たす。冬季吸収を促進し、夏季放出を和らげることで、一年間を通してみると、亜熱帯ローカル海域では、ガス交換係数の季節変動は CO₂ フラックスを押し下げ、放出を和らげる効果になる。亜寒帯ローカル海域 (46 °N, 158 °E) では、冬季 dpCO₂ は ' + ' であり、CO₂ を放出する時期で、ガス交換係数は大きく、放出を促進する役割を果たす。夏季 dpCO₂ は ' - ' で、ガス交換係数は小さく、吸収を和らげる役割を果たす。一年間を通してみると、亜寒帯海域では、ガス交換係数の季節変動は CO₂ フラックスを押し上げ、吸収を和らげる (=放出を促進する) 効果になる。

4. まとめ

西部北太平洋海域では、季節変動で CO₂ 分圧とガス交換係数が相関を持つことで、十分大きな「亜寒帯は放出源、亜熱帯は吸収源」に導く、これは年間 CO₂ フラックスに影響を及ぼし、亜熱帯=亜寒帯の放出・吸収のこらストをおよそ半分にしていて、dpCO₂ と CO₂ フラックスと符号が逆符号になる原因である。モデルには鉄循環は含まれていなかったため、亜寒帯海域 pCO₂ の結果が過大評価にされている。鉄循環を含めモデルの物質循環の改善やモデル解像度の向上

AOS25-04

会場:203

時間:5月19日 15:00-15:15

や観測データより取り込んだ初期条件・境界条件の使用は今後もっと精密的に西部北太平洋を分析するのに必要になる。

参考文献

Takahashi T. et al. 2009: Climatological mean and decadal change in surface ocean pCO₂, and net sea-air CO₂ flux over the global oceans. *Deep Sea Res. II*, 56, 554-577.

Wanninkhof R. 1992: Relationship between wind-speed and gas-exchange over the ocean. *J. Geophys. Res. - Oceans*, 97, 7373-7382.

キーワード: 西部北太平洋, pCO₂, ガス交換係数, CO₂ フラックス, 生態系モデル, 季節変動

Keywords: gas transfer coefficient, pCO₂, air-sea CO₂ flux, Ecosystem model, North Pacific, seasonal change