

神戸大学工学部 学生会員 ○松山 真由子
 神戸大学大学院工学研究科 正会員 内山 雄介

神戸大学大学院工学研究科 学生会員 上平 雄基

1. 研究背景及び目的

産業革命以降の工業化の進展に伴い森林伐採や化石燃料の消費が増大し、近年では二酸化炭素(以下、 CO_2)濃度の増加や地球温暖化が危惧されている。大気中の CO_2 濃度の増加は海洋の CO_2 濃度にも影響を及ぼし、『海洋酸性化』を引き起こすことが指摘されている。海洋酸性化はさまざまな海洋生物の成長や繁殖に影響を及ぼし、海洋生態系に大きな変化が起きる恐れがあるとされ(IPCC, 2007)¹⁾、今後も海洋の監視が必要不可欠である。

一方、海表面における pH の低下と海面水温の上昇が進行し続けると、海洋が大気から CO_2 を吸収する能力が低下すると指摘されている(IPCC, 2007)¹⁾。すると、大気中に残留する CO_2 の割合が増えるため、地球温暖化を加速する可能性がある。よって、海洋-大気間での CO_2 の吸収・放出量 (CO_2 フラックス) の変動を把握し、海洋酸性化に及ぼす影響を把握する必要がある。海洋中 CO_2 分布の観測は国際協力によって精力的に行われているが、観測値だけで海洋全域を把握することはできず、気象や海況変動による影響については未解明な部分も多い。

本研究では、Sugimoto ら(2012)²⁾によって開発された CO_2 フラックス推定手法を広く手に入るデータに対して適用し、その精度を確認する。さらに、 CO_2 フラックスと海洋酸性化の変動を把握し、季節変動や気候変動との関連を評価することを目的とする。

2. 海洋 CO_2 濃度と CO_2 フラックスの推定

本研究では Sugimoto ら(2012)²⁾によって開発された大気-海洋間の二酸化炭素フラックス推定手法を 1985 年～2008 年の 24 年間におけるデータセット(表-1)に適用した。ただし縁海である日本海、黄海、ベーリング海は除いた。本手法では、疎らな CO_2 濃度の観測値に対して、海面の水温、塩分、クロロフィル濃度などの海洋データを用いて詳細な CO_2 濃度空間分布を経験的に推定する。 CO_2 分圧の季節変動が地域ごとに異なることから、対象海域内を緯度別に 5 つの領域に分割し、更に各領域内を SST, SSS を用いて更に分割し、合計 14 の小領域ごとに

表-1:海洋中 CO_2 推定に使用したデータセットの一覧

変数	データセット	解像度
pCO ₂ s, xCO ₂ s	SOCAT	0.25° × 0.25°
xCO ₂ a	気象庁全球解析データ	2.5° × 2.5°
SST	MGDSST	0.25° × 0.25°
SSS	SODA	0.5° × 0.5°
Chl-a	MODIS-Aqua SeaWiFs	1/12° × 1/12° 1/28° × 1/28°
SLP	JRA25	1.25° × 1.25°
10m wind speed	JRA55	1.25° × 1.25°

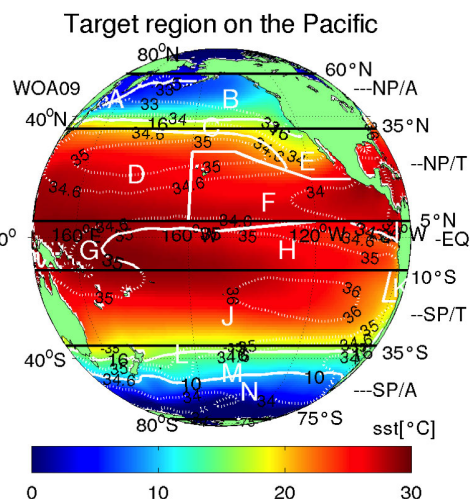


図-1: World Ocean Atlas の SST,SSS による海域分割

解析を行った。図-1 は対象海域を分割された小領域の範囲を示している。

CO_2 フラックス F_{CO_2} は海洋-大気間の CO_2 分圧差にガス交換速度 k と溶解度 L を乗じたものとして定義される。本研究では、推定された海洋 CO_2 分布と気象庁による海上風再解析値などを用いた Sugimoto ら(2012)²⁾の方法により F_{CO_2} を評価した。なお、 CO_2 濃度推定値は観測値と良好に一致することを確認している。

3. エルニーニョ・ラニーニャ現象の影響

CO_2 フラックス, pH の 24 年間の経年変動を調べたところ、それぞれ海域ごとに異なる季節変動が見られた。しかしながら、赤道域には季節変動が見られず、エルニーニョ現象、ラニーニャ現象と関連性のある中期変動が

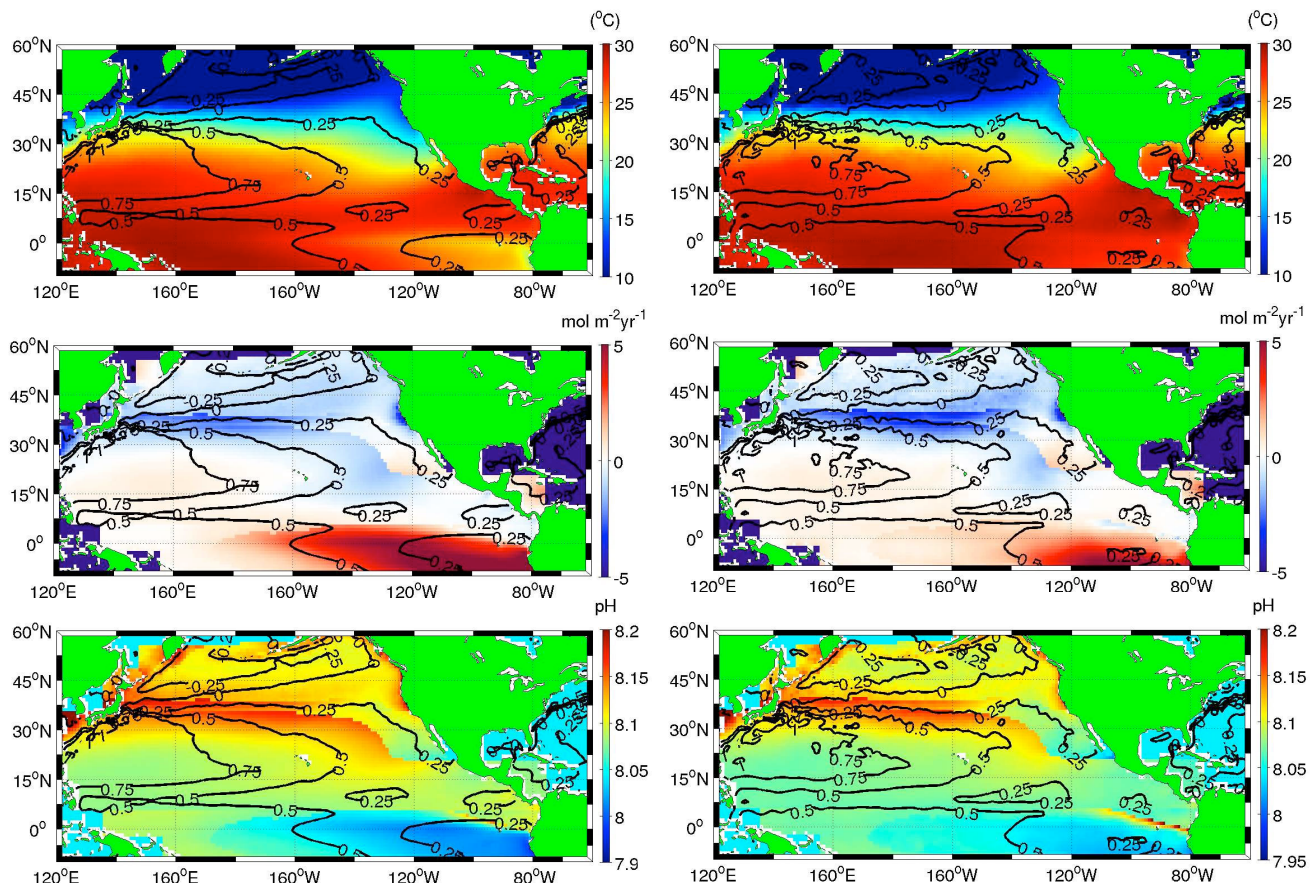


図-2：1985年1月-1997年2月(左)と、エルニーニョ現象発生期間1997年3月-1998年2月(右)における期間平均値の比較。上から、SST、CO₂フラックス、pH分布。図中のコンターは全て海面高度(単位はm)である。

確認された。赤道域において CO₂ フラックス F_{CO_2} 、pH の経年変動を調べたところ、 F_{CO_2} の放出傾向はエルニーニョ時に低下、ラニーニャ時に上昇することが確認された。pH については24年間の長期的減少傾向をトレンドとして除去し、中期変動シグナルを取り出して調べたところ、エルニーニョ時に上昇、ラニーニャ時に低下することがわかった。また、 F_{CO_2} も pH と同様に気候変動・季節変動の影響を受けていることが確認された。20世紀最大のエルニーニョ現象が起こった1997年-1998年の間と1985年-1997年2月の期間を比較したところ(図-2)、エルニーニョ時にはペルー沖の沿岸湧昇による水温低下が見られず、CO₂ フラックス吸収量が減少し、酸性化が抑制されていることがわかった。つまり SST の変動は海洋酸性化に大きく影響を与えることが示された。

4. 24年間における長期的傾向

CO₂ フラックスの24年間のトレンドを求めたところ、CO₂ の放出源である赤道域、吸収源である南北亜寒帯域ではそれぞれ放出量、吸収量が経時的に増加していることが明らかとなった。赤道域では赤道湧昇により炭素が

豊富な深層水が表層に輸送されることが、南北亜寒帯域では活発な生物活動によって海表面での CO₂ 消費が大きくなることが原因と考えられる。

5. 結論

Sugimoto ら(2012)²⁾による経験的手法を用いて太平洋全域における CO₂ フラックスを推定したところ、良好な再現結果が得られた。CO₂ フラックスには海域ごとに特徴が見られ、南北亜寒帯域は吸収源、赤道域は放出源の役割を果たしていることが明示された。pH はどの海域においても低下していることが確認され、海洋酸性化が太平洋全域で進行していることを示した。また、CO₂ フラックス、pH の両方には明確な季節変動が見られるものの、赤道域ではエルニーニョ・ラニーニャ時の SST の変動に関連する pH の低下・上昇、CO₂ フラックスの放出量減少・増大が卓越していた。

参考文献

- 1) IPCC(2007),気候変動 2007 統合報告書政策決定者向け要約,pp.2-22.
- 2) Sugimoto et al. (2012),気象研究技術報告,Vol.66,pp.1-28.