

## 全球海洋大循環モデルで計算された3次元の炭素収支解析 Three-dimensional budget analysis of global carbon cycle estimated from a coarse-resolution global OGCM

中野 英之<sup>1\*</sup>Hideyuki Nakano<sup>1\*</sup><sup>1</sup> 気象研究所<sup>1</sup> Meteorological Research Institute

近年の観測およびモデルの研究によって自然起源および人為起源の炭素循環の循環像が明らかになりつつある。観測サイドからは、Sabine et al. (2004) などにより人為起源の炭素のどこに主に蓄積されているかなどの知識が得られた。Mikaloff-Fletcher et al. (2006, 2007) や Gruber et al. (2009) などの inversion model 見積もりからは鉛直積分した量として、全球規模で太平洋などの海盆を横切る炭素量が見積もられた。これまでに得られた知識と、海洋の物理場の知見から、炭素循環における Subtropical cell (shallow overturn) の重要性などが示唆されているものの、現時点での限られた観測では、これらの情報を組み合わせた3次元的な収支解析には限界がある。モデルを用いた場合には、モデルの不確定性、特に生態系モデルの不完全さから観測に比べて信頼性が落ちるものの、原理的には、3次元の炭素循環の収支解析を計算できるはずである。しかしながら、これまでに全球規模で3次元の収支解析を明示した研究はなかった。

ここでは、粗い (1x0.5) の海洋大循環モデル (OGCM) に簡素なモデル (NPZD) を用いた炭素循環モデルで計算された結果を用いて領域ごと、密度帯ごとに、炭素の収支解析を行うことで、3次元の炭素循環を描くことを試みる。用いた計算結果は Nakano et al. (2011, JO) と同一のものである。Nakano et al. (2011) では、1x05 の全球海洋モデルに CORE の再解析外力を用いて 1830-2006 まで大気中の二酸化炭素濃度を歴史的に増加する pCO<sub>2</sub> で与えた実験と産業革命前まで一定の pCO<sub>2</sub> を与えた実験を行い、その差を人為起源の炭素と定義した。これで得られた海面付近の pCO<sub>2</sub> や二酸化炭素吸収量などの結果は近年のモデル結果と同等で、観測ともおおむね整合的であった。

3次元構造の見積もりは具体的には以下のように行う。月ごとに領域ごとに密度帯における炭素量を計算する (A)。各領域ごとに海面の密度およびその時のフラックスを計算する (B、図の Srf)。領域に側面から入ってくる炭素量の収支を計算する (C)。そして  $dA/dt - B - C$  から、内部における変化を計算する (図の Inn)。これからだけでは軽い方へ移動したか、重い方へ移動したかわからないが、全体の密度分布の変化の傾向をとらえることができる。計算は一ヶ月平均の場合で行ったが、5日平均の場合もほぼ同じであった。領域分割は Mikaloff-Fletcher et al. (2006, 2007)、Gruber et al. (2009) などに従った。これはまた、Regional Carbon Cycle Assessment and Processes (RECCAP) などでも採用されている領域分割でもある。この図とは別に、密度帯ごとの inventory とその密度における montgomery potential を重ねて書くことで、領域内での密度面に沿った移動をみることができる。

太平洋の炭素循環として以下のものを見ることできる。北太平洋では赤道域より中緯度域へ表層において炭素が運ばれる。中緯度域では冷やされることで炭素を取り込む。その取り込みが最も大きい密度帯は主に中央モード水に密度帯に相当する。モード水の密度帯へは、大気からの直接の取り込みだけでなく、冷却や対流活動の影響により 23.5 よりも軽い表層からそれより重い亜表層への炭素の移動が起きる。モード水の密度帯に移動した炭素は Subtropical Cell などにより赤道域に運ばれる。赤道域では赤道潜流で東に向かう間に軽い密度帯の内部での移動が起きる。そして、赤道域の海面では Natural Carbon は放出となるが、人為起源 Carbon は大気中の濃度上昇の影響が大きく吸収となる。

また、大西洋においては、NADW に人為起源炭素が多く蓄積しているにもかかわらず、人為起源炭素は海面から海底まで積分すると北半球でも北向きに運ばれていることがわかっている。表層に蓄積された人為起源炭素の影響の方が強く出ている結果であることは理解はできるが直感的ではない。3次元的な収支解析をすることで、確かに NADW の密度帯では南下していることが示せる。

この研究で明らかになった描像は最新の成果というよりも、これまでに知見と整合的なものであるが、この研究で初めて明瞭に数値化して図示することができ、炭素循環を理解を進める上で役に立つものと思われる。

キーワード: 炭素循環, 海洋大循環モデル

Keywords: carbon cycle, OGCM

AOS25-03

会場:203

時間:5月19日 14:45-15:00

