

この中項目が属する分野番号

この中項目が属する分野・部門

中項目名とその英語表記
(索引掲載)

関連する
中項目のページ

小項目

口絵にカラー
の図がある
ことを示す

重要語句は
ゴシック体で示し
英語を付記
(索引掲載)

36

分野：環境・エネルギー
部門：地域・地球環境 [IV-1]

海洋大循環

[英] ocean general circulation

海洋大循環とは、大洋規模あるいは全地球規模での海洋の3次元の流れであり、おもに海面での風応力によって駆動される風成循環と、海面での浮力フラックスにより駆動される熱塩循環がある¹⁾。これらの海洋大循環は、大気循環とともに、熱帯域で吸収された太陽からの熱を高緯度域へと輸送し、地球の気候形成とその変動(⇒p.59)に重要な役割を果たしている。

A. 風成循環

風成循環は、海面から数百メートル深までの海洋表層で顕著に見られる、水平方向に卓越した循環であり、地球儀や地図帳などで海流図としてよく目にする。亜熱帯循環や亜寒帯循環のような大洋内で閉じた循環がある一方、南極周辺の南大洋では遮る陸地がないため、東西につながった周極流を形成する。また、各大洋の西側では黒潮のような西岸境界流があり、流れの不安定化による擾乱の発達など、乱流的な振る舞いを示す。

B. 熱塩循環

熱塩循環は、海表面から海底まで達し、全海洋を巡る大規模な循環であり、風成循環の及ばない深層ではこの循環が卓越する。熱塩循環は、大気から強い冷却などを受けて密度が増加した表層の海水が、グリーンランド周辺や南極周辺海域で深層へと沈み込み、海洋全体に広がりながら、各大洋内部で徐々に上層へ湧き上がり、沈み込み海域へと戻って行く循環である。一巡するのに千年程度の時間をかけ、非常にゆっくりと流れている。そのため、さまざまな原因による混合過程の影響を強く受けており、熱塩循環の適切な再現には、海洋内部の混合パラメタリゼーションの扱いが重要と考えられている。

C. 海洋大循環モデル

このような海洋大循環に伴う3次元の流れや、水温、塩分、密度などの分布の時間発展を計算するため、1960年代に海洋大循環モデルが開発され、その後多方面で用いられるようになった。海洋を含む流体運動は、ナビエ・ストークス方程式(Navier-Stokes equations)と質量保存の式、さらにエネルギーに関する式や状態方程式を連立させた非線形の偏微分方程式(partial differential equation)系で表される。これらを差分方程式で近似し、海洋を水平方向と鉛直方向に離散化してシミュレーションを行う²⁾。その際、着目する現象に合わせて、多様な座標系が用いられている。海洋のモデルには、方程式系の近似の場合に

よりさまざまなものがある。海洋大循環モデルの正式な定義は曖昧だが、表層から深層までを含めた全球規模の海洋循環を再現できるプリミティブ方程式系で表されるものを、海洋大循環モデルと呼ぶことが多い。海面での風応力による運動量フラックスと、大気海洋間の熱フラックスとを境界条件として与えることで、風成循環と熱塩循環を駆動する。

D. 海洋大循環のシミュレーション

複雑な海岸海底地形を持ち、非定常、非線形の、時空間的に非常に幅広いスペクトルの現象を含む海洋大循環のシミュレーションは、十分な解像度に加え、出力データを時空間的に密に保存する必要があるため、膨大な計算機資源を必要とする。また、計算機の性能向上とともに高解像度化が進んでいるが、それでも格子間隔以下の空間規模を持つ現象を取り入れるためのパラメタリゼーション(parameterization)は不可欠であり、その研究も同時に発展していく必要がある。

近年では、地球シミュレータ(The Earth Simulator, ⇒p.134, p.202, p.307)などの最先端スーパーコンピュータを駆使した高解像度数値シミュレーションが可能となり、大洋規模の循環に加え、直径数百km程度の中規模渦や海洋前線帯も、現実的に再現することができるようになった。また、観測データを用いてモデル結果を修正しながらシミュレーションを行う、データ同化技術(⇒p.24, p.60, p.191)の発展も目覚ましく、精度の良い海洋循環のデータが得られつつある。

高解像度海洋大循環モデルで再現された海面水温分布の例を以下に示す(口絵13)。大洋規模の分布とともに、黒潮域の中規模渦や前線構造も再現されている。



参考文献

- 1) The Ocean University: *Ocean Circulation*, Pergamon Press, p.238 (1989)
- 2) Griffies, S. M.: *Fundamentals of Ocean Climate Models*, Princeton University Press, p.518 (2004)

執筆に際して参考にした文献、または
より深く知りたい読者のための文献