

# 高解像度(渦解像)海洋大循環モデルの開発とそれによる 水塊の形成、維持、及び変動機構の解明

本井達夫、石崎 廣、山中吾郎、平原幹俊、辻野博之、中野英之、中野俊也 (海洋研究部)、  
安田珠幾 (気候研究部)、石川一郎 (気象庁地球環境・海洋部)

## 1. はじめに

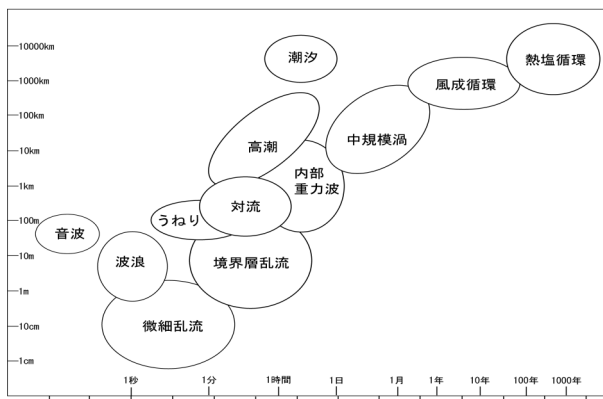
防災と地球環境保全のためには、地球温暖化予測・季節予報・海況予報などに関する海洋の諸現象を研究し、それらの変動メカニズムを理解する必要がある。第1図に海洋の諸現象を示したが、その特徴は時間と空間の両方において広範なスケールにわたっていることである。この特徴をふまえて、気象研究所海洋研究部では、様々な海洋現象を表現できる気象研究所共用海洋モデル (Meteorological Research Institute Community Ocean Model (MRI.COM)) を構築し、それを用いた海洋変動のメカニズム解明の研究を行っている。

特に近年、計算機能力の向上とともに海洋大循環モデルの高解像度化が進み、水平解像度が約10kmの高解像度(渦解像)海洋大循環モデルが本研究課題で開発された。このモデルで対馬やトカラなどの海峡(数10km)の通過海流を現実的に表現することが可能となった。このため、対馬暖流や黒潮・黒潮続流とそれらにともなう水温前線を精度良く再現することに成功し、日本付近の海洋変動メカニズムを明らかにすることができた。

## 2. 高解像度海洋モデル開発と海洋変動機構解明

### 2.1. 気象研究所共用海洋モデル (MRI.COM)

気象研究所共用海洋モデル (MRI.COM; 石川ほか, 2005) は汎用的な海洋モデルシステムとして開発・改良されている。本研究においては、海洋混合層、海水、潮汐混合、海底境界層といった物理過程を充実させるとともに、北極移動・一般



第1図 海洋の様々な現象。横軸：時間スケール、縦軸：空間スケール。

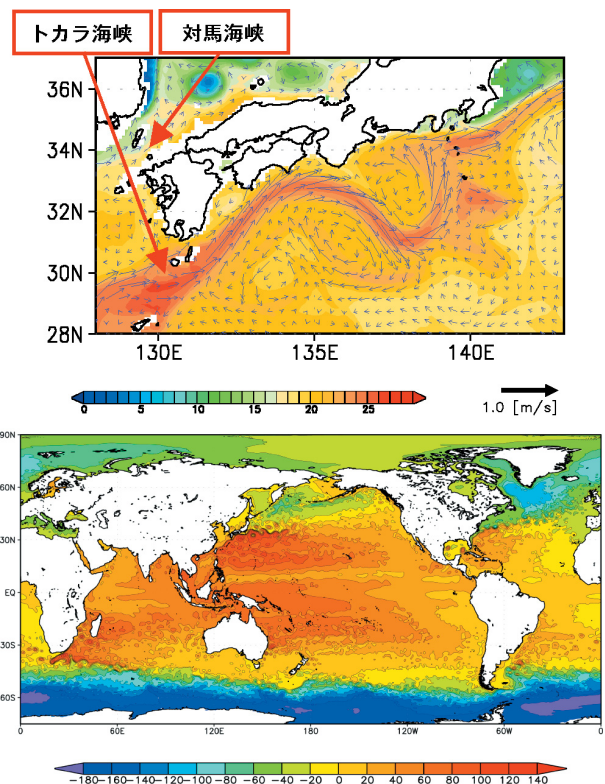
直交座標系や非等方粘性・拡散スキームといった新しい数値スキームを導入した。

また、MRI.COMを高解像度化(約10km)し最先端の渦解像モデルとして、北西太平洋領域版、北太平洋領域版、世界海洋版を開発した。ここで、北西太平洋領域版では、北太平洋領域版や世界海洋版にネスティングすることで、日本付近の領域をより詳細に研究することができる。

### 2.2. 北太平洋・北西太平洋領域版渦解像モデル

(MRI.COM-NPERM, MRI.COM-WNPERM)

北西太平洋版で対馬海峡やトカラ海峡などが現実的に表現されるようになり、第2図上段に見られるように、黒潮などの海流とそれらにともなう中規模渦や水温前線が精度良く再現されている (Tsujino and Fujii, 2007)。



第2図 上段：北西太平洋版による黒潮大蛇行時の水深100mにおける海流ベクトル ( $\text{ms}^{-1}$ ) と水温 ( )。下段：世界海洋版によるモデル積分10年目1月の海面高度分布 (cm)。

### 2.3. 世界海洋版渦解像モデル(MRI.COM-WOCERM)

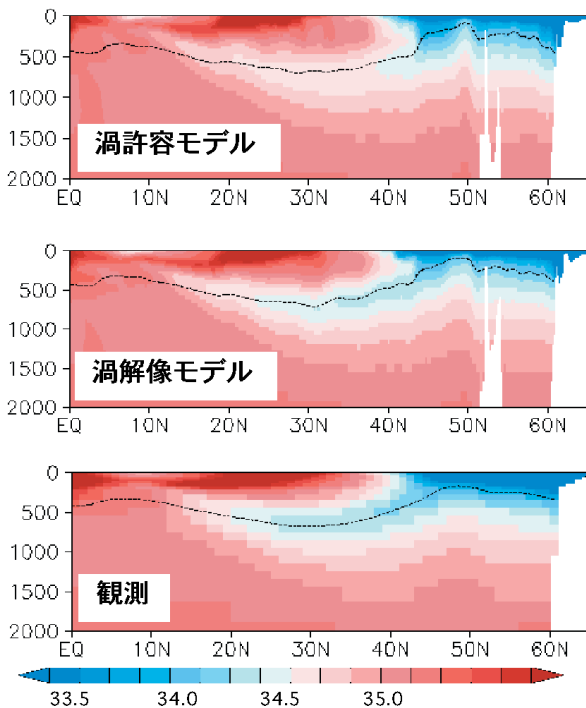
北極海や南大洋を含む世界海洋版を開発し、各大洋を連なる海流と中規模渦の変動を表現した。第2図下段は、モデル積分10年目1月の海面高度分布である。時計回り・反時計回りの中規模渦が海面高度の高低によって現実的に再現されている。

### 2.4. 日本付近の海洋構造とその変動機構の解明

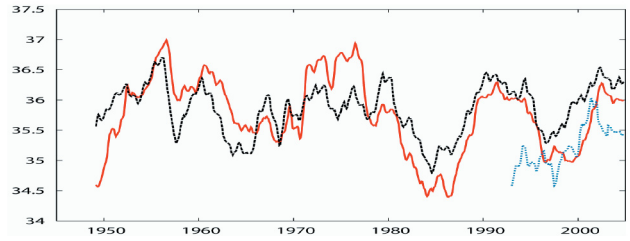
北太平洋の塩分分布の再現結果を第3図に示した。低塩分水で特徴付けられる北太平洋中層水の再現性が、渦解像モデルで格段に向上している。このことから、中層水やモード水などの水塊の形成・分布に対して渦活動が本質的であることが分かった。また、太平洋の深層循環構造を調べたところ、赤道付近の深層流速は2ヶ月程度の時間スケールで変動しており、測流結果と一致していることが見出された。

本研究で開発された渦解像モデルと新たに考案された解析的モデルに基づいて、日本海の海峡を通過する海流の平均状態と季節変動のメカニズムを調べた。その結果、それらの主因は風応力であり、沿岸捕捉波やロスビー波の調節による島回りの循環形成や海峡での地衡流制御によって年平均状態が形成され季節変動が起きていることが明らかとなった(Tsujino et al., 2007)。

また、黒潮続流が高解像度モデルで再現できるようになった。そこで、その形成のメカニズムを調べたところ、渦活動による渦度バランスなどから風成循環場における黒潮続流の



第3図 北太平洋(日付変更線)における塩分断面図。縦軸は深さ(m)、横軸は緯度。上段:渦許容モデル(渦の表現が不十分) 中段:渦解像モデル 下段:観測(psu)



第4図 赤実線:渦解像モデルにおける黒潮続流の平均緯度。青点線:衛星海面高度計から見積もられた黒潮続流の緯度。黒破線:同じ外力で駆動された低解像度モデルにおける黒潮続流に相当する緯度(海面高度0cmの緯度)。13ヶ月移動平均および、経度142°E~180°の平均。

位置が決まっていることが分かった(Nakano et al., 2007)。風成循環場は風応力によって経年及び十年規模で変動しており、それに追従して黒潮続流の位置が南北に移動していることが明らかとなった(第4図)。

### 3. まとめ

気象研究所共用海洋モデル(MRI.COM)を高解像度化し中規模渦が解像できる、北西太平洋領域版、北太平洋領域版、および世界海洋版を開発した。

渦解像モデル実験から、中層水やモード水の形成・分布に対して渦活動が本質的な役割を果たしていることが分かった。また、測流結果と同程度の変動をもつ深層流変動が渦解像モデルで再現できた。さらに、日本付近の海洋変動メカニズムとして、対馬海峡などを通過する海流の平均状態と季節変動は共に風応力によって起きていること、黒潮続流の形成と変動も風応力による風成循環場の形成とその南北移動によって決まっていることが明らかとなった。

これらの研究成果は、今後、沿岸・近海過程や物質循環などを含め、防災や地球環境保全に役立つことが期待される。

### 参考文献

- (1) 石川一郎・辻野博之・平原幹俊・中野英之・安田珠幾・石崎廣, 2005: 気象研究所共用海洋大循環モデル(MRI.COM)解説, 気象研究所技術報告, 第47号, 1-189.
- (2) Tsujino, H. and Y. Fujii, 2007: Improved representation of currents and water masses in the upper layer of the North Pacific Ocean in eddy-resolving OGCMs. *Clivar Exchanges*, Volume 12, No.3, 19-21.
- (3) Tsujino, H., H. Nakano and T. Motoi, 2007: Mechanism of the currents through the straits of the Japan Sea: The mean state and the seasonal variation. *Journal of Oceanography*, in press
- (4) Nakano, H., H. Tsujino and R. Furue, 2007: The Kuroshio Current System as a jet and twin "relative" recirculation gyres embedded in the Sverdrup circulation. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, in press