

はじめに

Ishizaki and Ishikawa (2004) は渦許容北太平洋モデルを用いて、北太平洋中層水(NPIW)に伴う塩分極小層の再現を試みた。モデルの物理過程を変えたいくつかの実験を行った結果、最も良く塩分極小を再現するのは、移流スキームに含まれる数値拡散を強制的に小さくし、混乱水域で格子サイズに近い小規模の擾乱を発生させるようにした場合であった(図1)。このような小規模擾乱は渦許容モデルでは格子ノイズにあたるものが多く、その効果は渦許容モデルにおける一種のパラメタリゼーションとみなしたが、より正しくNPIWの形成・拡散過程を表現するためには、解像度を上げる必要がある。

気象研究所の海洋モデリンググループは、NPIWをはじめとする北太平洋の表層・中層の水塊形成過程をより精密に調べるため、渦解像モデルを開発することとした。ここでは、モデルのスペックと実験の設定および初期の結果を紹介する。

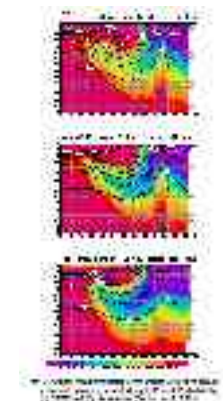


図1. Ishizaki & Ishikawa(2004)の渦許容モデルでの塩分の南北断面：中層が数値拡散を小さくしたケース

NPERM15でのNPIW

図4にNPERM15の塩分の南北断面を示す。上段が背景の鉛直粘性・拡散係数として一律な値を用いた場合(NPERM15a)、中段が千島列島周辺など地形が急峻な場所の海底付近で大きな係数(図5)を与えた場合(NPERM15c)、下段がLevitus気候値である。いずれの場合でも観測に比べNPIWに伴う塩分極小の高塩化が見られるが、比較的NPERM15cの方が塩分極小の表現が良かったので、NPERM5でもNPERM15cと同じ鉛直粘性・拡散係数を用い、NPERM15cと比較する。

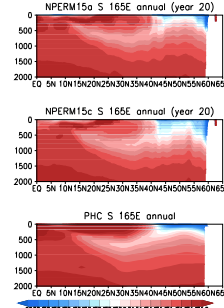


図4. NPERM15での塩分の南北断面(年平均)

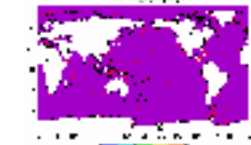


図5. 海底付近の鉛直拡散係数(NPERM15c)

モデル: NPERM5

モデルは気象研究所共用海洋モデル(MRL.COM)である。海面の力学条件は自由表面、水温・塩分の移流にはUTOPIA(水平)、QUICKEST(鉛直)を用い、水平拡散はbiharmonic型で係数は $1 \times 10^{10} \text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ を用いる。水平粘性はbiharmonic Smagorinsky型(Griffies and Hallberg, 2000)を用いる。鉛直粘性・拡散はMellor-Yamada Level 2.5の乱流混合モデルで計算する。また、EVP力学(Hunke and Dukowicz, 1997)の入った海水モデルを結合している。

水平格子サイズは $1/12^\circ$ 、鉛直62レベル、計算領域は 15°S 以北の太平洋全域である(図2)。外力はNCEP再解析値とモデル海面水温とからKondo(1975)のバルク式を用いて計算する熱・淡水フラックスとNCEP再解析値の海面風応力である。最初の実験では1979年から1998年までの20年間の月毎の平均値を用い、外力に終年変動はない。モデル南端で水温・塩分を、海面で塩分をLevitus気候値にリニアしている。

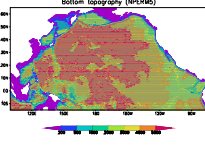


図2. モデルの海底地形

実験の方法

実験は、水平格子サイズを $1/6^\circ \times 1/4^\circ$ としたモデル(NPERM15)をLevitus気候値の水温・塩分分布で静止状態を初期値として、前述の外力で20年駆動し、19年目の12月と20年目の1月と平均の水温・塩分を $1/12^\circ$ 格子に内挿して初期値とする。一年間NPERM15の20年目の水温・塩分にナッジングしながら走らせ、その後、NPERM15とNPERM5を全く同じ境界条件で走らせて、結果を比較する(図3)。

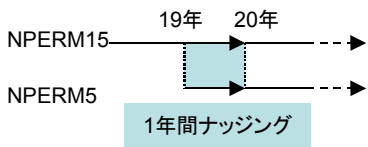


図3. 実験の方法

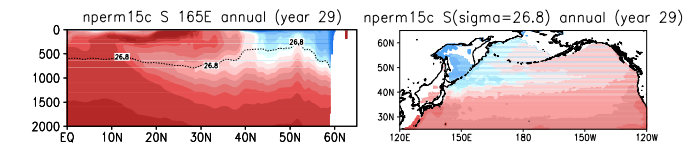


図6. 塩分の南北断面(年平均)

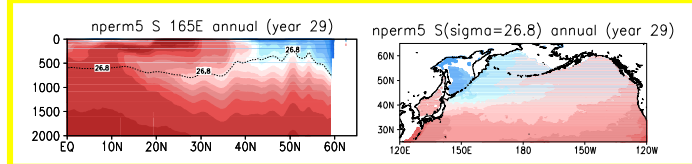


図7. 等密度面上の塩分(年平均)

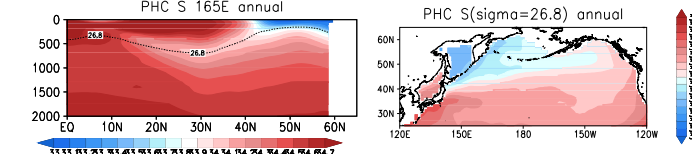


図8. 200m深の水温(瞬間値)

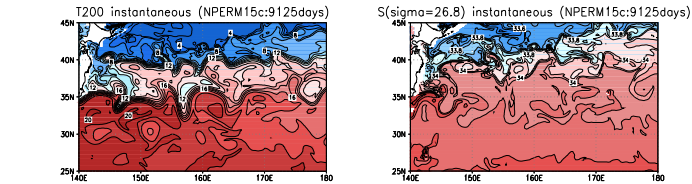


図9. 等密度面上の塩分(瞬間値)

結果: NPERM5 vs. NPERM15

現時点でNPERM15の初期から数えて29年間の計算が終了している。NPERM15cとNPERM5との塩分の南北断面(図6)を比較すると、NPERM15cに比べNPERM5のほうが塩分極小がより低塩化しているのが分かる。 $\sigma_\theta=26.8$ の等密度面上での塩分分布(図7)を比較すると、西部で低塩分水がNPERM5でより南へ広がっているのが見られる。瞬間値の水温の場(図8)を見ると、NPERM5の方が前線の構造がよりシャープになり、周辺の渦活動が活発である。瞬間値の等密度面上の塩分分布(図9)では、NPERM5では数十kmスケールの渦やフィラメント状の構造が多く見られるのに比べ、NPERM15cでは比較的滑らかな分布となっている。このことは、モデル全体の運動エネルギー(図10)や海面高度の短周期変動の振幅(図11)の増加にも反映していると考えられる。このようにNPERM5でより顕著に見られる小規模の擾乱が低塩分水の輸送に寄与していると考えられる。

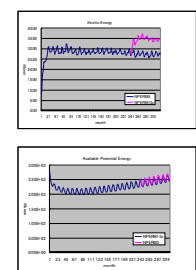


図10. モデル全体の力学的エネルギーの変化

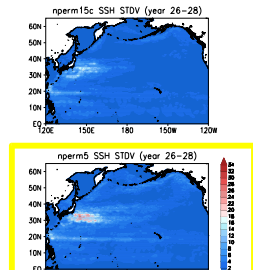


図11. 海面高度の短周期変動の振幅