

北太平洋深層での乱流拡散過程に供給される内部波エネルギーの時空間分布に関する数値実験

Model predicted distribution of internal wave energy for diapycnal mixing processes in the deep waters of the North Pacific

日比谷 紀之 [1], 長沢 真樹 [1], 丹羽 淑博 [1]

Toshiyuki Hibiya [1], Maki Nagasawa [1], Yoshihiro Niwa [1]

[1] 東大・院・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Physics, Univ. of Tokyo

北太平洋を例に、大気擾乱により励起される内部波エネルギーに注目することで、乱流拡散率の時空間分布を調べた。数値実験の結果、冬期中緯度帯 ($30^{\circ}\text{N} \sim 45^{\circ}\text{N}$) を伝播していく低気圧によって励起された鉛直低波数の近慣性波が南へ伝播し、 10°N から 15°N に達すると、その周波数がこの緯度帯の慣性周波数の 2~3 倍となるため、内部波の非線形干渉 (P. S. I.) が働き、乱流混合過程に効率的なエネルギー供給が行われることが示唆された。このような乱流拡散率の著しい時空間分布を考えると、主に夏から秋に行われてきた乱流観測による鉛直拡散パラメータ値 $0.1 \text{ cm}^2/\text{s}$ は全球的代表値としては考えにくいことがわかる。

数値モデルで再現される熱塩海洋大循環のパターンやその強さは、モデル内で仮定される鉛直拡散パラメータ K_v の値に依存して大きく変化する。最近の研究結果によれば、観測されるような循環量を再現するには温度躍層の下部で $K_v \sim 1.0 \text{ cm}^2/\text{s}$ が必要とされているが、実際の海洋観測で得られる乱流拡散の強さは、これよりはるかに小さく $K_v \sim 0.1 \text{ cm}^2/\text{s}$ の程度である。しかしながら海洋観測の期間・場所ともに限りがあり、このような値を海洋内部の代表的な乱流拡散値として考えてよいのかどうかは疑問である。

Gregg (1989) は、乱流消散率は鉛直波長約 10 m の近慣性鉛直シアアの大きさとスケールできるという結果を観測から得ている。海洋中では、内部波の非線形相互干渉 (P. S. I.) に伴うエネルギーカスケードが働くため、この鉛直シアアの強さは鉛直低波数・周波数 $\omega \sim 2f$ (f : 慣性周波数) のエネルギーレベルと連動して変化することが知られている (Hibiya et al., 1998)。このことは、鉛直低波数・周波数 $\omega \sim 2f$ の内部波エネルギーの時空間分布という、より把握しやすい情報から、乱流拡散率のグローバルなマッピングが可能となることを示している。

本研究では、特に北太平洋を例に、大気擾乱によって励起される鉛直低波数・ $\omega \sim 2f$ の内部波エネルギーに注目することで、乱流拡散率の時空間分布に関する考察を行った。計算領域は、 0°N から 55°N 、 120°E から 120°W の北太平洋とし、海底地形はETOPO5 のデータ、密度躍層の基本場としては Levitus (1994) のものを使用した。支配方程式は、ブシネスク近似および静水圧近似した3次元の Navier-Stokes 方程式である。また、大気擾乱については、気象庁作成の全球客観解析値 (1991年9月~1992年10月) による高度 10 m の風速から求めた海表面の風応力をモデルの外力として与え、水平方向に 708×360 (格子間隔約 18.5 km)、鉛直方向に28レベル (格子間隔 $25 \sim 1600 \text{ m}$) の計算格子を用いて数値積分した。なお、計算時間間隔は10分とした。

数値実験の結果、冬期中緯度帯 ($30^{\circ}\text{N} \sim 45^{\circ}\text{N}$) を次々と伝播していく低気圧によって励起された鉛直低波数の近慣性波が自由進行波としての性質を保ちながら南へ伝播し、 10°N から 15°N に達することで、その周波数がこの緯度帯の慣性周波数の2~3倍となるため、内部波の非線形相互干渉 (P. S. I.) に伴うエネルギーカスケードが働き、そこでの乱流混合過程に効率的なエネルギー供給が行われることが示唆された。このように海洋中における乱流拡散率の分布が著しい時空間分布をもっていることを考えると、従来、主に夏から秋にかけて行われてきた乱流観測による $K_v \sim 0.1 \text{ cm}^2/\text{s}$ という値は全球的代表値としては考えにくいことが推察できる。