

海洋内部波スペクトル内における乱流拡散スケールへのエネルギーカスケード過程

Nonlinear energy transfer across the oceanic internal wave spectrum down to turbulent dissipation scales

日比谷 紀之[1], 長澤 真樹[1], 丹羽 淑博[1]
Toshiyuki Hibiyu[1], Maki Nagasawa[1], Yoshihiro Niwa[1]

[1] 東大・理・地球惑星

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

海洋深層における乱流拡散は、深層海洋大循環のパターンや強さをもコントロールする重要な物理過程である。この乱流拡散に使われるエネルギーは、元々、潮汐流や大気擾乱によって与えられ、平衡内部波スペクトル内をカスケードダウンしてくると考えられている。従って、海洋深層における乱流拡散率の空間分布の解明には、潮汐流と海底地形との相互作用によって励起される内部潮汐波エネルギーや大気擾乱によって励起される近慣性内部波エネルギーなどの空間分布だけではなく、こうして与えられたエネルギーが海洋深層に存在する平衡内部波スペクトル（ギャレットムンクの平衡スペクトル）内をどのようにしてカスケードダウンしてくるのかを考慮する必要がある。

本研究は、外カスケールから乱流スケールまでの現実的な scale separation を考慮できる数値モデルを用いて、内部波エネルギーのカスケードダウン過程を再現した。特に、M2 周期の顕著な内部潮汐波エネルギーが発生しているアリューシャン海嶺付近（緯度約 49°N: 実験 I）およびハワイ海嶺付近（緯度約 28°N: 実験 II）を想定し、発生した内部潮汐波エネルギーが局所的な平衡内部波スペクトル内をカスケードダウンする際、両海域でどのような差異が生じるのかを調べ、その緯度依存性の可能性を検討した。

まず、鉛直 2 次元モデル内で、ギャレットムンクの平衡スペクトルからその振幅を決めた各水平波数・鉛直波数の内部波を重ね合わせ、10 慣性周期にわたる非線形相互干渉を行わせることで、各海域での準平衡的な内部波スペクトルを作成した。こうして作成した準平衡内部波スペクトルに、鉛直第 1 モード・M2 周期の内部潮汐波に対応するエネルギースパイクを与え、その後のスペクトルの時間発展を調べた。

実験 I においては、エネルギースパイクを与えた後、10 慣性周期間にわたって、準平衡内部波スペクトルの変化はほとんどみられず、鉛直高波数への有意なエネルギーカスケードを認めることはできなかった。一方、実験 II においては、エネルギースパイクを与えた後、時間とともに、鉛直スケール 30-100m の近慣性流シアーが発達し、それにもなって高波数域でエネルギーレベルが次第に高くなっていくことがわかった。これは水平高波数の内部波が、近慣性流シアーに捕捉され、その結果、鉛直波数の方も急速に高波数域へドブラーシフトされたためと考えることができる。

実験 II の緯度 28°N においては、与えられた M2 成分の内部潮汐波の周波数は約 $2.1f$ (f は局所的な慣性周波数)に相当する。鉛直低波数・周波数 $2.1f$ から鉛直スケール数 10m 程度の近慣性流へのエネルギー輸送は、内部波の代表的な非線形相互作用機構の一つである parametric subharmonic instability によるものとする矛盾なく説明できる。これに対し、実験 I の 49°N においては、M2 成分の内部潮汐波の周波数は約 $1.2f$ となり、 $2f$ を下回るため、parametric subharmonic instability の機構が働かない。結局、この海域では、大きな内部潮汐波エネルギーが発生しているにもかかわらず、そのエネルギーは乱流拡散過程には有効に供給されないことになる。

