

# 論文審査の結果の要旨

氏名 古市 尚基

海洋の深層における乱流混合過程は、深層海洋大循環を駆動する重要な物理過程の一つと考えられており、乱流混合強度の全球的な分布の把握は深層海洋大循環の理解と気候モデルの高度化にとって必要不可欠な課題である。この乱流混合をもたらす主要なエネルギー源として、潮汐と風応力擾乱の重要性が示唆されている。これまで、潮汐流と海底地形との相互作用によって励起された内部潮汐波による全球的なエネルギー供給の見積もりや、内部潮汐波エネルギーの乱流スケールまでのカスケード機構、それに基づく乱流混合強度のグローバル分布については精力的に研究が進められている。一方、風応力擾乱によって混合層内に励起された近慣性振動を起源とする内部波から供給されるエネルギーに関する研究は非常に少なく、全球的なエネルギー供給の見積もりは未だ明らかになっていない。本論文は、高精度海洋大循環モデルを用いた全球シミュレーション結果に基づいて、風応力擾乱により励起される内部波の発生と伝播、およびそれに伴うエネルギー収支を調べることで、風擾乱起源の深海乱流過程へのエネルギー供給を定量的に見積もり、深層海洋大循環の理解を深めることを目的としたものである。

本論文は5つの章から成立している。まず、第1章は導入部であり、深層海洋大循環と深層乱流混合過程の研究の歴史と現状を述べた後、本論文の内容及び目的が述べられている。次に、第2章で、本論文で用いた海洋大循環モデルとこれを駆動するための外力の詳細について示されている。

第3章では、まず、数値モデルで得られた風応力擾乱起源の近慣性周期内部波の再現性およびモデル結果の妥当性を評価し、限られた観測結果と矛盾しない内部波伝播の全球的な分布を得ていることが確認された。次に、海洋表層における近慣性振動へのエネルギー供給率を定量的に見積もった。その結果、冬半球の中緯度帯（緯度30度から50度の間）を伝播する大気擾乱によって効率的に近慣性振動が励起され、そのエネルギーの一部は励起源から低緯度方向へ伝播していることが明らかになった。また、風応力擾乱による全球合計のエネルギー供給は、およそ0.4TWと見積もられた。

第4章は、海洋深層へのエネルギー輸送を定量的に明らかにするため、代表的な大洋におけるエネルギー収支の詳細を調べた。その結果、どの海域においても、風応力擾乱から供給された全エネルギーのうち、70~80%が海面から150m深までの表層において消散してしまうことが明らかとなった。また、鉛直モード展開を用いた異なる視点からの解釈では、供給されたエネルギーの大部分は高次モードの変動へ分配され、そのエネルギーは殆ど水平伝播していないことがわかった。この結果は、風応力擾乱から深層乱流過程へのエネルギー供給は高々0.1TW程度であることを示しており、従来の研究から推測されていた値に比べて1オーダーも小さいことが明らかとなった。

第5章は、得られた結果をまとめ、深層海洋循環研究の中での本論文の結果の位置づけおよびその意義について述べている。

このように、本論文は海洋の3次元高精度数値モデルを用いた全球シミュレーション結果に基づいて、風応力擾乱により励起された内部波の深海乱流混合に対するエネルギー源としての寄与を初めて定量的に明らかにした。その結果、風応力擾乱起源の深層乱流混合は、従来推察されていたよりもはるかに小さいという重要な知見を得るに至り、深層乱流の励起を通じた深層海洋大循環の理解に大きく貢献した。このことは、深層海洋大循環の流量の見積もりやその駆動メカニズムに関する再考察を含め、今後の深層海洋大循環の研究の新たな方向性を切り拓く成果として高く評価できるものである。

なお、本論文の主要な内容は日比谷 紀之 博士、丹羽 淑博 博士との共同研究に基づいているが、論文提出者が主体となって研究を行ったものであり、その寄与が十分であると判断できる。

したがって、審査員一同は、博士(理学)の学位を授与できると認める。