

論文審査の結果の要旨

氏名 渡辺 路生

深層海洋大循環は、北大西洋の北部や南極海で冷却されて沈み込んだ海水が、中・深層における乱流混合を通じて上層から浮力を得て徐々に湧昇することで形成されると考えられている。したがって、中・深層における乱流拡散係数の時空間分布の解明は、深層海洋大循環のパターンや強さを明らかにする上で必要不可欠な課題である。乱流拡散過程に必要なエネルギーは大気擾乱や、海底地形と潮汐との相互作用によって生じる内部潮汐から供給されると考えられているが、大気擾乱から与えられるエネルギーの直接の見積もりは十分になされてこなかった。本論文は、大気擾乱から海洋へ供給されるエネルギーフラックスを定量的に見積もるとともに、大気擾乱によって励起された内部波が形成する乱流ホットスポットの時空間分布に関する考察を行うことで、大気擾乱が深層海洋大循環に果たす役割を明らかにしようとするものである。

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、海洋の中・深層における乱流拡散過程の重要性、さらに、本論文の構成と目的が述べられている。

第2章では、実際の風応力データを使用してスラブモデルを駆動し、大気擾乱から海洋表層混合層内の慣性振動へ供給されるエネルギーフラックスの時空間分布を見積もることで、主に、冬季の中緯度低気圧の伝播に伴う大きなエネルギー供給があることを明らかにした。実際に、エネルギーフラックスの年間平均値を見積もると全球で約700億ワットとなり、内部潮汐によるエネルギー供給と同程度であることが示された。なお、付録Aでは、中高緯度域における風応力データの時間分解能の粗さに起因したエネルギーフラックスの過小評価の補正方法の妥当性を、全球大気大循環モデルの風出力データを用いることによって確認した。

こうして大気擾乱から海洋表層混合層内に供給されたエネルギーは海洋内部領域の平衡内部波場へ入射していく。第3章では、この海洋内部領域における3次元の平衡内部波場に入射した内部波エネルギーがどのように散逸していくのかを Eikonal Approach という計算手法を導入することによって調べた。そ

の結果、平衡内部波場内の鉛直低波数域、または、高周波数域のエネルギーレベルをいくら増加させてもエネルギー散逸率はほとんど変化しないが、平衡内部波場内の鉛直高波数の近慣性域のエネルギーレベルを増加させるとそれに応じてエネルギー散逸率が著しく増加することが明らかになった。この結果は、実際の海洋内部領域に入射した内部波エネルギーが何らかの機構によって鉛直高波数の近慣性域にカスケードダウンすることで乱流ホットスポットが形成されていることを示している。

第4章では、北太平洋の子午面方向に鉛直2次元モデルを仮定し、伝播する中緯度低気圧によって形成される乱流ホットスポットの時空間分布を明らかにした。従来、高緯度域で励起された大気擾乱起源の内部波エネルギーは、鉛直高波数の近慣性域へのカスケードダウンが可能となる低緯度域まで伝播することで乱流ホットスポットを形成するものと推察されてきた。そこで、実際に、大気擾乱から海洋内部領域へのエネルギーフラックスと低緯度方向へのエネルギーフラックスを定量的に見積もってみると、海洋内部領域に供給されたエネルギーのうち低緯度方向に伝播するのは、せいぜい10%程度に過ぎないことが示された。さらに、海洋内部領域でのエネルギー散逸率の空間分布を調べてみると、供給された内部波エネルギーの大部分は大気擾乱からの主要なエネルギー供給域である高緯度域の1000m以浅で散逸していることが明らかになった。大気擾乱は深海における乱流拡散過程の主要なエネルギー源の一つと考えられてきたが、以上の結果は、深海乱流に寄与する大気擾乱エネルギーが実際には従来推察されていたよりもはるかに少ないことを示している。

以上、本論文は大気擾乱から海洋内部領域へのエネルギーフラックスの定量的な見積もりに初めて成功するとともに、大気擾乱起源の乱流ホットスポットの緯度・深度分布に関して新たな知見をもたらしたものである。この結果は、従来ともすればチューニングパラメータとして扱われてきた乱流拡散係数を真の物理パラメータとして位置付けるとともに、その時空間分布の解明を通じて海洋大循環モデルの高度化への道を切り拓いた研究として高く評価できる。

なお、本論文の第2、第3、第4の各章は日比谷紀之教授、付録Aは日比谷紀之教授、榎本剛博士との共同研究であるが、論文提出者が主体となって研究を行ったもので、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。