

論文審査の結果の要旨

氏名 瀬瀬 慎也

日本東方の黒潮続流域では、高温・高塩の黒潮水と低温・低塩の親潮水が合流・混合し、北太平洋亜熱帯循環域中層に広く分布する北太平洋中層水が形成されることが知られている。黒潮続流付近では、低塩の親潮水が黒潮続流流軸の中層に貫入することにより形成される顕著な塩分極小がしばしば観測されること、黒潮水と親潮水の混合が急速に進み新しい北太平洋中層水が形成されることが報告されている。しかし、親潮系低塩水の貫入過程の実態とその成因、黒潮水と親潮水の具体的な混合過程については、これまで明らかではなかった。

論文は5章から成っている。第1章では、導入部として北太平洋中層水の重要性及び過去の研究において示された中層水形成過程と本研究の目的が述べられている。第2章で詳細な海洋観測により黒潮続流中層に本研究で初めて発見された前線波動について、第3章では、さらに詳細な観測による前線波動の3次元的な流速構造・物質分布、波動伝搬特性が述べられる。第4章では、黒潮続流の流速成層構造に対する流体力学的線形安定性が調べられ、観測と理論が良く整合すること、流入する中層低渦位の親潮水の役割について述べられる。第5章で全体のまとめと結論、今後の課題が述べられている。

本研究では、従来と比較して高解像度の水温塩分流速観測資料を用いて詳細な解析が行なわれた。これら詳細観測の結果、黒潮続流の塩分前線に沿って、位相速度約0.2m/sで下流方向へ伝搬する波長約200kmの前線波動が表層だけでなく、中層にも存在することが初めて明らかになった。この前線波動は、表層と比較して中層の振幅が大きく、また、表層と中層で約1/4波長分位相がずれるために、中層前線波動の谷において低塩親潮水が黒潮系表層高塩分水の下に貫入することによって、顕著な塩分極小構造が形成される。下流に行くにつれ前線波動の振幅は増大し、渦の切離も観測された。これらより、中層前線波動の生成は、親潮水と黒潮水の混合、すなわち北太平洋中層水の形成を促進する

過程であることを示唆している。また、直接測定された水平流速場及び診断方程式を用いて推定された鉛直流の解析から、表層前線波動の谷(峰)から峰(谷)での領域で水平流速場が鉛直下向きに反時計周り(時計回り)回転するとともに湧昇(下降)流が存在することが明らかにされた。これらの流速場は、中層前線波動の谷で観測された親潮水の貫入と良く整合していた。

表層亜熱帯モード水・中層親潮水の存在のために表層で渦位の南北傾度が正・中層で負となる黒潮続流の渦位構造を基本場に反映させ、線型不安定解析を行った。その結果、下流方向へ位相速度約 0.25m/s で伝搬する波長約 220km の不安定波動が、成長率最大を示すことが明らかとなった。この波動の波長・伝搬速度・表中層の位相関係などは、観測された前線波動と良く符合しており、表層と中層の擾乱が結合して発達する傾圧不安定波の構造を示していた。また、中層での層厚を変化させ渦位傾度を変えた場合、中層の渦位傾度が大きいほど、観測と同程度の波長を持つ波がより発達するという結果が得られた。これは、黒潮続流にオホーツク海起源の低塩分低渦位の特徴をもつ親潮水が合流することにより、中層低塩水の貫入を伴う不安定波動を発生させ、黒潮水との混合、すなわち北太平洋中層水の形成を促進する過程が存在することを示唆している。

一方、本研究で観測・理論両面から得られた前線不安定波動に伴う流動場は、北大西洋湾流域で中層フロートによって観測されているメキシコ湾流の蛇行に伴う流動場とも、鉛直流を含めて整合的であり、広く西岸境界流の前線波動流動場・西岸境界流を横切る物質輸送の説明にも寄与するものと考えられる。

黒潮続流中層における波長約 200km の前線波動の特定及びその理論付けは、本研究で初めてなされたものであり、独創的であり、優れた研究と評価できる。今後、観測を積み重ね、有限振幅の不安定論を構築することによって、前線を横切る物質輸送、不安定波動による混合の定量化、生物生産への応用など発展が期待できる。また、黒潮続流付近でしばしば観測される顕著な塩分極小構造が不安定前線波動状構造に伴うものであることを明らかにし、黒潮続流域における黒潮水・親潮水の混合に関わる具体的な現象となり得ることも観測・理論の両面から指摘できている。これらの成果は、中層水塊形成過程の理解に大きく寄与するものであり、学位論文として十分な成果であると判断できる。

なお、本論文における成果は、安田 一郎氏・廣江 豊氏との共著論文として近々投稿予定であるが、論文提出者が主体となって研究を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。したがって、論文提出者に博士（理学）の学位を授与できると認める。