

論文審査の結果の要旨

氏名 小牧 加奈絵

本論文は5章からなり、第1章と第5章はそれぞれ論文全体の導入と結論であり、第2章～第4章に、降下式音響ドップラー流速計(LADCP)を用いた北太平洋の深層循環に関する本論が書かれている。

LADCPは音波を海中に発射し、海流に流されている物質に当たって反射してきた音波の周波数ドップラーシフトから流速を測定する器械であり、電気伝導度・水温・深度計(CTD)のフレームに付けて船から昇降させ、鉛直方向に連続的な水平流速データをとる。20世紀の終わりから広く使われ始めた新型の流速計であるが、反射強度の弱い深層や低中緯度域では良いデータが取れないという欠点がある。そこで、第2章では、LADCPで測定した流速の鉛直シア(流速の鉛直勾配)の誤差と音波の反射強度の関係を調べ、これらの相関が高く反射強度が流速シアの誤差の大小を表すことを示し、反射強度を使った流速シアの補正方法を提案した。補正の手順は次の通りである。まず、LADCPのデータから低品質データを除去し、流速の鉛直シアを積分して流速の鉛直プロファイルを求め、100~800dbar深の船底ADCP流速に合わせることで全層の流速値を得る。そして、最深層での流速が、海底からの反射波を使って求めたLADCP海底流速(ボトムトラック流速)に一致するように、反射強度と誤差の関係をを用いて流速シアを補正する。この方法は、LADCPを海底近くまで降ろしたキャストで全深度での反射強度が比較的高い(本解析では75dB以上)場合に有効である。流速値には $1\sim 2\text{ cm s}^{-1}$ の誤差を含むが、ケイ酸塩の分布と矛盾しない深層流が得られ、有効性が示された。

第3章では、海中で音波を反射する物質について議論し、LADCPで測られる反射強度の空間特性の原因を探った。LADCPでの音波の反射強度は、3000m以深では $12^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ の亜熱帯域でほぼ一样に小さく、その北側と南側で増大する。すなわち、 30°N から 35°N にかけて急激に増大して 35°N 以北の亜寒帯域で非常に大きくなり、一方、 12°N から南向きには漸増する。このような深層での緯度変化は、海中の沈降粒子の南北分布によるものと結論された。反射強度への沈降粒子の寄与は全層で同程度であるが、動物プランクトンの寄与は表層で大きい。そのため、3000mより浅くなるにつれて動物プランクトンの重要性が増す。そこで、動物プランクトンとLADCPの同時観測を行い、1000m以浅では動物プランクトン、特に1mm以下の小さな動物プランクトンの寄与の大きいことを明らかにした。さらに、各緯度での反射強度が5dBほどの幅をもってばらつくことに注目し、各緯度での平均からの偏差が、南太平洋から流入してくる下部南極周極水では小さく、低温、高塩、高酸素、低栄養塩で特徴づけられる下部南極周極水が、さらに低反射強度という特徴を持つことを明らかにし、水塊のもつ特性のひとつとして反射強度が使えること

を示した。

第4章では、第2章で考案した LADCP 流速の補正方法と第3章で水塊分析への有用性を示した反射強度を使い、深層循環流の流路と構造を明らかにした。3500m 以深の深層下部を北上する深層循環流の一部は、39°N,170°E にある天皇海山列のメインギャップを通過して北西太平洋海盆から北東太平洋海盆に流入する。この流れが太平洋低緯度域で二本に分岐した深層循環流の東側分枝流から分かれた流れであり、メインギャップの 5400m 深で 10 cm s^{-1} に達する東向きの流速コアをもって北東太平洋海盆に入り、ヘス海膨の北側斜面沿いにほぼ 38°N を東向きに流れて 165°W に達することを明らかにした。また、東マリアナ海盆を北上する深層循環流の西側分枝流について、“半分がマリアナ海溝に沿って南方に戻り、残りの半分が北西太平洋海盆に入る”という以前の研究結果を、低反射強度という特性を追跡することで確認した。さらに、深さ 2000~3500m の深層上部を南太平洋から北上してくる上部深層循環流について、メラネシア海盆のソロモン海膨北東斜面での構造を明らかにした。すなわち、上部深層循環流は、水深約 3500m の斜面上を 100km 以上の幅を持って流れる反流によって西側と東側の流速コアに分けられ、それぞれ水深約 3000m と 4000m の斜面上に位置している。そして、反流の運ぶ水が非常に高い反射強度を持つことから、東向きの赤道深層流が反射強度の高い赤道域の海水を運びながら海底斜面に沿ってメラネシア海盆を反流として流れていると推測した。

なお、本論文の第2章及び第4章の一部は、川辺正樹との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。

