

# 論文審査の結果の要旨

氏名 田中 雄大

世界有数の高い生物生産・漁業生産を誇るベーリング海南東部の大陸斜面域には、陸棚縁辺に沿って高い一次生産が夏季でも持続する帯状の海域の存在が知られており、グリーンベルトと呼ばれている。この持続的な生産は、陸棚底層堆積物に起因する溶存鉄が陸棚縁辺表層へ供給されることで維持されている。しかし、具体的な溶存鉄の供給経路や輸送に関わる物理過程については推測の域を出ていなかった。物理過程としては、斜面域で発生する中規模渦による鉄に富んだ陸棚水と栄養塩に富んだ海盆水の水平等密度面混合や、陸棚縁辺近傍での潮汐混合による亜表層から表層への栄養塩・溶存鉄の乱流鉛直輸送が仮説として提案されていた。一方、乱流鉛直混合強度の実測はこれまで行われておらず、グリーンベルトでの生物生産の制限要因である溶存鉄濃度の観測も限られていた。本研究は、溶存鉄と鉛直混合の同時観測および鉛直混合の観測・モデリングによって、グリーンベルトの生産を支える溶存鉄・栄養塩の輸送経路、および、溶存鉄の輸送に関わる鉛直混合過程を明らかにすることを目的として研究を行った。

本論文は5章で構成されている。

第1章では、グリーンベルト周辺海域と過去の知見が総括され、その問題点が浮き彫りにされている。

第2章では、グリーンベルトを横断する観測線で行った栄養塩・溶存鉄濃度と鉛直混合強度との同時観測データから、陸棚上の海底付近のほか、陸棚縁辺沖約20kmの亜表層において、グリーンベルトでの植物プランクトンによる溶存鉄消費量に匹敵する大きな上向きの乱流鉄フラックスが生じていることが示された。この陸棚縁辺沖のフラックスは、水深約100mでの溶存鉄濃度の鉛直極大に伴う大きな鉛直濃度勾配と、その深度帯での大きな鉛直混合によって生じていた。また、この溶存鉄濃度の鉛直極大は、陸棚底層堆積物に起因した高鉄濃度水塊が等密度面に沿って陸棚から斜面側へ輸送されることによって形成されることが示された。これらの結果から、大きな鉛直混合によって陸棚底層で巻き上げられた溶存鉄が、等密度面に沿って陸棚縁辺沖の斜面域亜表層に輸送され、陸棚縁辺沖での強い鉛直混合により斜面域表層に供給されるという輸送経路と物理過程が示唆された。

第3章では、陸棚縁辺近傍での水塊・鉛直混合強度の1日繰り返し観測から、第2章の観測で示された陸棚縁辺沖の亜表層と陸棚海底付近での大きな鉛直混合が、1日平均場にも存在することが明らかになった。また、陸棚縁辺沖の亜表層では、乱流エネルギー散逸率が局所的に大きくなるのに対応して、鉛直拡散係数も大きくなっていった。流速観測を行った陸棚縁辺沖の約10kmの点では、潮流による流速鉛直シアと散逸率との間に有意な正の相関関係が検出され、観測された大きな散逸率が潮流の鉛直シアに伴うものであることが示唆された。

第4章では、日周潮汐 ( $K_1$  潮)・半日周潮汐 ( $M_2$  潮) で駆動した3次元潮汐モデルを用いて、観測と整合的な強い潮流により鉛直シアと大きなエネルギー散逸が陸棚海底および陸棚縁辺周辺で普遍的に分布することが示された。特に、観測が行われたプリビロフ峡谷の測線では、陸棚縁辺域からその沖20kmでの亜表層と、陸棚海底付近で観測された乱流散逸の強化を数値的に再現することができた。陸棚海底付近での乱流散逸は1日周期地形捕捉波に伴って強化される一方、陸棚縁辺沖の表層・亜表層での乱流散逸は陸棚縁辺域からビーム状に射出される半日周期の内部潮汐波に伴うシアによって強化されていた。

以上の結果から、陸棚堆積物に起因する溶存鉄が日周期の潮汐混合によって上方へ拡散され、さらに、傾斜した等密度面に沿った水平混合によって陸棚沖亜表層へ輸送されるとともに、半日周期の内部潮汐波に伴う強い鉛直混合によってグリーンベルト表層へ輸送されるという溶存鉄の輸送過程が初めて定量的に明らかにされた。また、この物理過程に伴う輸送量は、表層で陸棚から直接水平輸送される溶存鉄と同程度であることも定量的に示された。

第5章では、総合考察として、グリーンベルトを支える溶存鉄の輸送経路と物理過程について本研究が総括されるとともに、今後の課題が述べられている。

以上、本論文は、鉛直混合過程がグリーンベルトへの溶存鉄輸送、および、生物生産に寄与することを示した「海洋物理学と生物地球化学の学際的研究」として高く評価できるもので、学位論文として十分な成果であると判断する。なお、本論文の第2章～第4章は指導教員の安田一郎教授ら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あり、その寄与は十分であると判断する。

従って、審査員一同は、博士（理学）の学位を授与できると認める。