

# 論文審査の結果の要旨

氏名 レラ シュテファン

本論文は二部構成からなり、第1部は8章、第2部は7章から構成されている。

先ず、第1部に入る前に、全体を通じた序論において、過去における北太平洋中層水の挙動を知る事がなぜ重要なのかについて、特にダンスガード-オシュガー・サイクル[DOC]と呼ばれる半球規模の急激な気候変動との関わりという視点から述べられ、その上で研究の目的および戦略が記述されている。

第1部は、ベーリング海北東縁の水深約 1,000m の地点から採取されたコアに含まれる底生有孔虫殻の酸素および炭素同位体比に基づく最終氷期から融氷期にかけての北太平洋中層水の変動について書かれている。その第一章は序論にあたり、現在の北太平洋中層水が、オホーツク海で形成されている事、過去のその挙動については、ベーリング海で形成されていた可能性が指摘されているが、十分な証拠が提示されていない事が述べられている。第二章では、コア採取地点の地形や現在の海洋環境、コアからの分析用試料の分取、分取した試料の前処理について記述されている。第三章では、第1部で用いられた軟 X 線撮影、蛍光 X 線を用いた主要元素組成分析、底生有孔虫殻の酸素、炭素同位体分析、および放射性炭素年代測定の手法について記述されている。第四章では、使用されたコアの岩相およびその区分について記述されている。第五章は、使用されたコアの年代モデルとその元になった放射性炭素年代、放散虫層序、酸素同位体層序について記載されている。第六章では、底生有孔虫殻の酸素、炭素同位体比、生物源炭酸塩 ( $\text{CaCO}_3$ )、および S/Fe 比の分析結果について、詳細な記述がなされている。すなわち、1) 酸素同位体比は、数千年に一度、0.2-0.4 パーミル重くなり、それは、ハインリッヒ・イベントと呼ばれる北大西洋における氷床流出イベント (DOC の強い亜氷期に対応する寒冷期イベント) と一致しており、中層水の水温低下および高塩分化を示唆する事、2) また、その他の DOC の亜氷期の一部でも、水温低下と高塩分化が見られる事、3) 更に、酸素同位体比が重くなった時期には、ほとんど例外無く炭素同位体比も 0.2 パーミル前後重くなっており、S/Fe 比が低い事と併せて中層水が形成されて間もない事を示唆する事、4) 一方、DOC の亜間氷期に対応する時期には、炭酸塩含有量が上がり、有孔虫の含有量も増える事から、表層での生物生産が上がった可能性を示唆する事、を指摘している。第七章では、こうしたベーリング海のコアにおける底生有孔虫殻の炭素、酸素同位体比の変動を、オホーツク海のほぼ同水深のコアにおける結果と比較して、1) 氷期から融氷期の大部分の時期には、両海域における同位体比はほぼ同じ値を取る事、2) ハインリッヒ・イベントなどの寒冷期には、酸素、炭素同位体比ともにベーリング海の方が重い値を取る事を示している。そして、第八章において、氷期から融

氷期の寒冷期には、ベーリング海において、低温で塩分が高く、形成後間もない中層水が形成された可能性が高いと結論している。

第 2 部は、氷期から融氷期にかけての寒冷期に、ベーリング海において中層水が形成された事を支持するより直接的な証拠を求めて、第 1 部で分析したと同じコアを用いて碎屑物の粒度分析と主要元素組成分析を行った結果について、記述されている。第一章では、北太平洋中層水が氷期および融氷期の中の寒冷期（DOC の重氷期）に形成されていた可能性をより直接的に検証する上で、強い底層水流下で形成されるコンターライトと呼ばれるシルト質堆積物の認定とその粒径測定が有効である事を述べるとともに、碎屑物の元素組成が粒度の指標となる場合がある事を述べている。そして第二章では、現在のベーリング海における海洋環境、特に表層および深層水循環に関してレビューしている。第三章では、コンターライトの堆積学的特徴を説明した上で、研究対象としたコアの岩相を基に、それがコンターライトを含む可能性について述べている。第四章では、碎屑物の抽出法およびその粒度分析手法について記述されている。第五章では、分析結果が記載され、碎屑物が 10 $\mu\text{m}$  前後の中央粒径を持つ細粒モードと、70 $\mu\text{m}$  前後の粒径を持つ粗粒モードからなる事を示し、細粒モードは静寂な環境での表層からの鉛直沈降により堆積した碎屑物を、粗粒モードは 10cm/sec を超える強い底層水流下で堆積したコンターライト起源碎屑物を反映すると考えられる事を詳しく論証している。また、Si/Al 比が粗粒モードと細粒モードの比を良く反映し、それは強い底層水流環境の出現頻度を反映すると解釈している。そして、同じコアの酸素、炭素同位体変動と比較し、粗粒モードの粒度が大きく Si/Al 比が大きい時期が酸素、炭素同位体比が大きい時期に対応している事を示している。更に第六章では、氷期から融氷期の寒冷期にベーリング海で中層水が形成された事と冬季の気圧配置との関係について展望を述べ、第七章で、氷期から融氷期にかけての寒冷期、特にハインリッヒイベントにベーリング海で中層水が形成された事は確実で、それは冬季の気圧配置の変化に起因した風向、風速の変化と関係する可能性が高いと結論している。

本委員会は、論文提出者に対し、平成 21 年 2 月 3 日に学位論文の内容および関連事項について口頭試験を行なった。委員会は、最終氷期から融氷期にかけての寒冷期に、ベーリング海で北太平洋中層水が形成されていた事を、同位体的および堆積学的手法を組み合わせることにより、世界で初めて示した本論文の成果を、地球惑星科学、特に古海洋学における重要な成果であると判断し、審査委員全員一致で合格と判定した。

なお、本論文の第一部は、多田隆治、内田昌男、長島佳奈、板木拓也、大串健一、坂本竜彦、原田直美との共同研究であるが、全て論文提出者が主体となって分析および検証を行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

従って、博士（理学）の学位を授与できるものと認める。