

## 論文審査の結果の要旨

氏名 山根雅子

本研究は、鮮新世 - 更新世における東南極氷床変動の復元、および、全球的気候変動との関連の解明を目的として行われた地球化学的研究であり、論文は全 5 章から構成される。

第 1 章はイントロダクションであり、鮮新世 - 更新世における三つの全球的な気候イベント (Pliocene climate optimum, Late Pliocene transition, Mid-Pleistocene transition) の背景が整理されている。これらの気候イベントは、全球気候システムの重要な再編期であり、極域氷床の発達史とも密接に関わっていることが研究されてきた。しかし、過去の南極氷床の変動は、地理的に遠い、過去の氷床変動の記録が陸上に残っていない、南大洋では有孔虫がほとんど産出しないなどの理由、すなわち南極特有の問題のため、十分に解明されてこなかった。鮮新世 - 更新世における東南極氷床変動の復元、および、全球的気候変動との関連の解明を目的に、岩石の露出年代測定と海洋堆積物中の生物源珪酸塩酸素同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{silica}}$ ) 測定を行い、東南極氷床の氷厚と底面状態および氷床融解イベントを検討する背景を述べている。

第 2 章では、地表面が宇宙線にさらされた期間 (露出年代) を直接求めることができる表面照射年代法の分析結果について述べている。東南極ドロニング・モードランドのセール・ロンダーネ山地から採取された岩石試料の  $^{10}\text{Be}$  と  $^{26}\text{Al}$  の測定が行われ、露出年代が算出された。これに加え、現在までに報告されている東南極 5 地域の露出年代データのコンパイルと一部データの再計算が行われた。その結果、①300 万年前以前の東南極氷床は現在よりも少なくとも 600 m 以上厚い氷床であった、②300 - 100 万年前にかけて内陸から沿岸へ徐々に氷床が薄くなった、③160 - 80 万年前に底面が融解状態から凍結状態に変化した、ということを明らかにした。さらに、この東南極氷床の変化の時期は、全球的な気候変動 (Pliocene climate optimum, Late Pliocene transition, Mid-Pleistocene transition) の時期と同期していたことを明らかにした。

第 3 章では、生物源珪酸塩酸素同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{silica}}$ ) の分析結果について述べている。東南極ウィルクスランド沖で掘削された海洋堆積物コアに含まれる珪藻と放散虫の  $\delta^{18}\text{O}_{\text{silica}}$  測定が、安全・簡単・微量測定可能な新手法を用いて行われた。その結果、①珪藻の酸素同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{diatom}}$ ) は南極表層水の情報を、放散虫の酸素同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{rads.}}$ ) は南極中層水の情報を持っていること、②この海域の  $\delta^{18}\text{O}_{\text{sea water}}$  は更新世に比べ鮮新世の方が相対的に重く、融氷水の流入減少があったこと、すなわち、ウィルクスランドが氷

床に覆われていなかった時期が鮮新世の中にあったことを明らかにした。

第4章では、第2～3章で得られた鮮新世 - 更新世における東南極氷床の氷厚と底面状態および氷床融解イベントの結果を基に、東南極氷床変動と全球的気候変動との関連についての考察が記述されている。温暖な鮮新世の東南極氷床は厚く、底面が融解している流動が激しい氷床であった。このような氷床が存在し続けるには、降雪量の増加、すなわち水循環の強化が必要である。この時代は海水温が上昇していたとされるので、これに伴う蒸発量の増加が寄与していたと考えられる。また、流動が激しい東南極氷床では、南大洋への融け水の供給が増加する。融氷水の増加は、CO<sub>2</sub>を取り込む南極底層水の形成の減少を招き、大気中 CO<sub>2</sub>濃度上昇の原因になったと示唆される。したがって、長期間持続した鮮新世の温暖環境および高 CO<sub>2</sub>濃度に、在とは異なった姿の東南極氷床が寄与していた。南極の氷厚減少が始まった 300 万年前頃は、全球的な寒冷化が顕著になった LPT と同時期である。寒冷化に伴い、海面からの蒸発量は減り、南極へ運ばれる水蒸気量も減少した。この結果、南極の降雪量は減少を続け、氷厚も減少し続けたと考えられる。南極氷床はしだいに薄くなっていき、氷床底が圧力融解点に達することがなくなった 160 - 80 万年前に流動性が激しい氷床から安定な氷床へ変化した。氷床の形が変わり、氷床末端が海に接するようになった結果、南極氷床の変動は海水準変動の影響を強く受けるようになったと考えられる。この時期は Mid-Pleistocene transition と一致しており、南極氷床が海水準変動を通して北半球氷床と同期するようになったことが、氷期 - 間氷期サイクルの振幅増大に影響を与えたと示唆される。

第5章では、本論文のまとめと今後の展望が記述されている。本研究では、鮮新世 - 更新世を通して、東南極氷床は流動が激しい氷床から安定な氷床に変化したことを明らかにされた。このような東南極氷床の挙動は海洋循環・炭素循環を通して、全球的な気候変動に寄与していた可能性が示唆された。この結果は氷床モデルの改良やモデルによる将来予測の向上に有用であるモデルの動作特性の検証に大きく貢献できると考えられる。

本研究に関係した共同研究に関しては、横山祐典准教授（東京大学 大気海洋研究所）、三浦英樹博士（国立極地研究所）、前杢英明教授（広島大学大学院 教育学研究科）、岩崎正吾博士（北見工業大学）、松崎浩之准教授（東京大学大学院 工学系研究科）と共に成されたが、論文提出者が主に分析、解析及び解釈を行なったもので、論文提出者の論文への貢献は本質的な部分で特に高く、寄与は十分であると審査委員全員が判断した。

以上の理由より、審査委員会は本論文を提出した山根雅子氏に博士（理学）の学位を授与できると認めた。