

氏名・(本籍)

はたけ だ けん たろう  
畠 田 健太郎

学位の種類

博士(理学)

学位記番号

理博第2445号

学位授与年月日

平成20年3月25日

学位授与の要件

学位規則第4条第1項該当

研究科, 専攻

東北大学大学院理学研究科(博士課程)地学専攻

学位論文題目

Long-term Variability in Polycystine Radiolarian Assemblages in the  
North Atlantic (IODP Expedition 306 Site U1314): Paleooceanographic  
Implications during the last 3 My

(放散虫化石群集を用いた北大西洋 (IODP Expedition 306 Site U1314)  
における過去300万年間の古環境解析)

論文審査委員

(主査) 教授 海保 邦夫

教授 尾田 太良, 箕浦 幸治

准教授 中森 亨, 井龍 康文

## 論文目次

Abstract

Acknowledgements

Chapter I: General Introduction

I-1. Late Pliocene-Pleistocene climate variability

I-2. Outline of this dissertation

I-2.1. North Atlantic radiolarian biostratigraphy, IODP Expedition 306, Site U1314

I-2.2. Variation in the North Atlantic radiolarian abundance in relation to the climate system during the last 1.5 m.y. (Chapter IV)

I-2.3. Radiolarian assemblage changes in relation to glacial/interglacial climate variability for the last 600 ky (Chapter IV)

I-2.4. Long-term trend in the radiolarian faunal characteristics for the last 3 m.y. (Chapter V)

Chapter II: Atlantic radiolarian biostratigraphy, IODP Expedition 306, Site U1314

II-1. Abstract of Chapter II

II-2. Introduction

II-3. Geological setting

II-4. Methods

II-4.1. Age model

II-4.2. Sample preparation

II-5. Zonation

II-6. Discussion

II-6.1. Correlation of the Pliocene-Pleistocene radiolarian biostratigraphy in the North Atlantic

II-6.2. Abundance peaks of *Amphimelissa setosa* as a stratigraphic marker

II-7. Conclusion

II-8. Species description

Plates

Chapter III: Variation in the North Atlantic radiolarian abundance in relation to the climate system during the last 1.5 m.y.

III-1. Abstract of Chapter III

III-2. Introduction

III-3. Samples and methods

III-3.1. Sampling strategy

III-3.2. Estimation of IRD and large diatom abundances

III-3.3. Spectral analysis

III-4. Results

III-5. Discussion

III-6. Conclusion

Chapter IV: Radiolarian assemblage changes in relation to glacial/interglacial climate variability for the last 600 ky

IV-1. Abstract of Chapter IV

IV-2. Introduction

IV-3. Samples and methods

IV-3.1. Samples

IV-3.2. Cluster analysis

IV-4. Results

IV-4-1. Group A

IV-4-2. Group B

IV-4-3. Group C

IV-5. Discussion

IV-5.1. Glacial climate condition

IV-5.1.1. Relatively warm glacial conditions in MIS 6, 14 and lower MIS 8

IV-5.1.2. Southward advection of Arctic front at MIS 2 and MIS 10

IV-5.1.3. Severe glacial conditions with almost perennial sea-ice coverage during MIS 12 and upper MIS 8

IV-6. Conclusion

IV-7. Species description

Plates

Chapter V: Long-term trend in the radiolarian faunal characteristics for the last 3 m.y.

V-1. Abstract of Chapter V

V-2. Introduction

V-3. Samples and methods

V-4. Results

V-5. Discussion

V-5.1. Radiolarian faunal turnover corresponding with onset of major Northern Hemisphere Glaciation (2.95-2.3 Ma)

V-5.2. Warm glacial conditions without prominent glacial/interglacial climate variability after the major glaciation (2.3-1.6 Ma)

V-5.3. Enhanced UNADW production at the mid-depth in the northern North Atlantic after the major glaciation (2.3-1.6 Ma)

V-5.4. Glacial cooling and enhanced intermediate depth ventilation in the North Atlantic after 1.6 Ma

V-6. Conclusion

V-7. Species description

Plates

Chapter VI: General summary

References

Appendix

## 論文内容要旨

北大西洋高緯度域は海洋深層循環の起点となる海域であり、そこで形成される北大西洋深層水 (NADW) の変化は地球規模の気候変動に大きな影響を与えることから、これまで多くの古海洋学的研究が行われてきた。しかし、後期鮮新世から現在にかけての過去の研究の大部分は 2.7-2.5 Ma の北半球氷河作用 (Northern Hemisphere Glaciation), 1.2-0.6 Ma 頃の Mid-Pleistocene Transition (MPT) など比較的規模の大きなイベント、あるいは最終氷期-間氷期以降 (過去 10-15 万年) の千年スケールの古環境解析を対象としたものに限られる。そこで本研究では、IODP Expedition 306, Site U1314 より産出した放散虫化石群集の、過去 300 万年間を通じた長期的な変化および氷期-間氷期サイクルに対応した短期間の周期的な変動から、海洋表層から中層域における古海洋環境の変遷を明らかにした。さらに、北大西洋中-高緯度域では放散虫生層序に関する情報が乏しいため、本研究で新たに後期鮮新世以降の放散虫化石層序を提唱した。

本研究では、まず Site U1314 から得られた放散虫各種の産出パターンを明らかにし、後期鮮新世から完新世の時代を 6 つの化石帯に区分した。今回年代指標として用いた種は北大西洋中緯度の他サイトやノルウェー海などで産出が確認されており、産出層準についても Site U1314 との整合性が高いことから、本研究で提唱した放散虫化石層序は北大西洋の中緯度から高緯度まで広く適用できると考えられる。さらに、Site U1314 では *Amphimelissa setosa* の 2 つの産出ピークが他の中-高緯度北大西洋においても対比できる可能性を示した。

放散虫総生産量 (個体数/g) は珪藻と比較的相関的な変動を示し、IRD とは逆相関の関係が見られた。さらに、MPT を境に弱い 4 万年周期から顕著な 10 万年周期の変動へと移り変わり、650 ka 以降には間氷期における放散虫総生産量が増加する傾向が認められた。MPT 以前には間氷期においても IRD の堆積が見られることから、Site U1314 の海域では小規模の水床崩壊が頻繁に起こり、海洋生物生産が低い状態であったと考えられる。

10万年周期の気候変動サイクルが発達する過去60万年において、Q-モードクラスター解析の結果、放散虫群集は氷期、間氷期、遷移期の3つのグループに分けられることが明らかになった。さらに、優占種の産出頻度変化から、氷期には常に低温・高酸素濃度の中層水に生息する *Cycladophora davisiana* が高い頻度を示すことから、海洋中層から亜表層において Upper North Atlantic Deep Water (UNADW) が活発に形成され、Site U1314の海域はその形成場の中心であったことが示唆された。一方、氷期の海洋表層はそれぞれの同位体ステージにおいて異なる海洋環境が見られ、*Stylochlamydidium* aff. *venustum* が優占的に産出し季節変化の大きい比較的温暖な環境を示す MIS 6, 14, MIS 8 下部、*Amphimelissa setosa* が群集の大部分を占め、現在の北極海と類似した寒冷な環境を示す MIS 2, 10, そして、年間を通して海氷に覆われ生物生産が極めて低い状態であった MIS 12, MIS 8 上部の3つの海洋環境状態に分けられることが分かった。間氷期には *Lithomelissa setosa* および *Pseudodictyophimus gracilipes* が産出頻度を増加させることから、全体的に温暖な北大西洋海流の影響が大きく、海洋一次生産の活発な環境であったことを明らかにした。

最後に、過去300万年を通じた長期的な放散虫群集の変遷から、2.7-2.6 Ma, 2.3 Ma および 1.6 Ma ごとに大きな古海洋環境の変化が確認された。比較的温暖で海洋一次生産の高い環境を示す鮮新世の群集 (*Lithomelissa setosa*, *Drupptractus irregularis*, *Spongodiscus* spp.) は、2.7-2.5 Ma に起こった北半球氷河作用を境に高緯度亜寒帯域に分布が限られる *Cycladophora sakaii* が大部分を占める群集へと移り変わり、極前線が Site U1314 の海域まで南下したことを示した。2.3 Ma 以降になると *Stylochlamydidium* aff. *venustum* が高い頻度を示すことから、海洋表層では季節変化の大きいやや温暖な環境へと移行する一方、中層種である *Botryocampe inflata* や *Cycladophora davisiana* が産出頻度を増加させることから、北半球氷河作用による寒冷化に伴い UNADW 形成が活発化したと推定した。さらに 1.6 Ma 以降には氷期における *C. davisiana* の産出頻度が増大したことから、氷期の寒冷化が進行し UNADW の形成がさらに活発化したことを示した。

## 論文審査の結果の要旨

北大西洋においてこれまで行われてきた後期鮮新世以降の古海洋学的研究の大部分は、比較的規模の大きな気候変動イベントを対象としたものに限られ、長期間を通じた詳細な海洋環境の変遷については明らかになっていない部分が多かった。提出者の博士論文は、海洋表層から中層まで幅広く過去の環境を復元することのできる放射虫化石を用い、北大西洋 (IODP Exp. 306, Site U1314) における過去 300 万年間の長期的な古海洋環境の変遷および氷期-間氷期サイクルに対応した短周期の古環境変動について検討した。さらに、後期鮮新世以降の放射虫化石層序を新たに提唱した。

提出者は、まず Site U1314 から得られた放射虫各種の産出パターンに基づき、後期鮮新世から完新世について北大西洋中緯度からノルウェー海まで広く適用できる 6 つの化石帯に区分した。

次に、過去 150 万年を通じた放射虫総生産量変化は Mid-Pleistocene Transition (MPT) の前後において 4 万年から 10 万年周期へ移行するとともに、間氷期の海洋生物生産が MPT 以降に増大したことを明らかにした。

さらに、過去 60 万年の放射虫群集は氷期-間氷期サイクルに対応した変化が認められ、氷期には海洋中層-亜表層で Upper North Atlantic Deep Water (UNADW) が形成されたこと、海洋表層ではそれぞれの同位体ステージにおいて異なる海洋環境を示すことを明らかにした。一方、間氷期には温暖な北大西洋海流の影響が大きく、海洋一次生産の活発な環境が推定された。

最後に、過去 300 万年を通じた長期的な放射虫群集の変遷から、Site U1314 において 2.7-2.5 Ma の北半球氷河作用に伴う極前線の南下、2.3 Ma 頃にやや温暖な環境へと移り変わるとともに海洋中層循環 (UNADW) が活発化したこと、さらに 1.6 Ma 以降には氷期の UNADW 形成がより活発化したことを明らかにした。

以上のような、海洋表層から中層の長期的な古環境変化を詳細に検討した結果は、北大西洋における古海洋学の基礎となるだけでなく、これまで困難であった海洋中層における古環境復元の手がかりとして重要な位置づけにある。このことは提出者が自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示しており、畠田健太郎提出の博士論文は博士 (理学) の学位論文として合格と認める。