

# 論文審査の結果の要旨

氏名 久保田好美

東アジア夏季モンスーンは、北半球中～低緯度域の水循環と熱輸送に重要な役割を担っている。また、その変動は、人口が集中する東南アジア～東アジア地域に洪水や旱魃といった災害をもたらすため、社会経済学的観点からもその変動メカニズムの解明と変動予測の改善が求められている。しかしながら、降水の観測記録は 100 年程度と短いため、降水量変動の周期や長期トレンド、極端現象の規模や発生頻度を評価するには不十分である。したがって、地質学的証拠から、より長い期間に渡る過去の降水量変動を高時間解像度で定量的に復元し、その周期や変動振幅、持続期間などを解析することが重要である。しかしながら、これまで観測記録以前の東アジア夏季モンスーン降水量の定量的復元はその困難さからほとんど行なわれてこなかった。本研究は、長江の河川流出量が南中国における降水量と高い相関を持つことに着目し、東シナ海の海底堆積物試料を用いて、後氷期の過去約 7000 年間と最終氷期の 4 万 4 千年前～2 万 5 千年前 (MIS 3) における長江河川流量変動の定量的な復元に取り組んだものである。

本論文は、九つの章から構成される。第一章では、東アジア夏季モンスーン降水量復元の重要性を、気候学的な観点および社会経済学的な観点から記述し、これまでの中国における観測記録以前の降水量復元のレビューを行っている。レビューの中で、これまで東アジア夏季モンスーンの間接指標として古気候学で広く受け入れられて来た鍾乳石の酸素同位体比についての問題点を指摘し、本研究の目的を述べている。第二章では、東アジア夏季モンスーンの気候学的背景および東シナ海の海洋学的背景について現在の観測データに基づく研究結果をまとめている。

第三章では本研究の解析に用いた東シナ海の海底堆積物試料について試料の採取地点および試料の産状、年代モデルについて記述している。第四章では、試料の前処理方法および分析手法について記述している。第五章では、本研究で用いた有孔虫の炭酸塩殻のマグネシウム/カルシウム比、および酸素同位体比について、水温、塩分の間接指標としての化学的な原理について記述している。

第六から八章では、本研究により得られた主な結果とその意味に関する考察が述べられている。第六章では、後氷期の東シナ海北部海域について浮遊性有孔虫殻の Mg/Ca 比および酸素同位体比を用いて表層水温と表層水の酸素同位体比を復元し、それを基に長江流量の定量的な復元を行った結果について述べている。本研究では、東シナ海北部における表層水の酸素同位体比を黒潮水と長江淡水の混合モデルで説明することにより長江淡水の寄与率変動を求め、さらに過去 45 年間の観測値を基に長江流量と東シナ海北部における長江淡水寄与率変動の関係式を導き、過去の長江流量を定量的に推定している。その結果、長江の淡水量の平均値が後氷期中期(約 6-7 千年前)から現在にかけてほとんど変化しなかったことが示された。これまで、南中国の鍾乳石の酸素同位体比から、東アジア夏季モンスーンによる降水量は北半球の夏の日射量変動に伴って後氷期中期から後期にかけて減少傾向を示すという考えが広く受け入れら

れてきたが、本研究の結果から、このような長期的な減少傾向は、少なくともモンスーンフロントの北限より南に位置する長江集水域には当てはまらないことが示された。これは、同時に、後氷期における南中国の鍾乳石に見られる酸素同位体比の長期トレンドの主要な要因が、長江流域内の降水量変動ではないことを示す。また、過去 7 千年間の流出量の最大増加量  $0.9 \times 10^2$  Sv(約 4.7 千年前)は、過去 50 年間の最大流出量を記録した 1954 年と同規模の洪水が 100 年間で約 39 回発生したことに相当し、過去 50 年と比べると、その発生頻度がおよそ 13 倍であることを示した。更に、千年スケールの長江流量の時系列変動がエルニーニョ南方振動の変動とも関係していることを示唆した。

第七章では、最終氷期の長江流量変動について述べている。特に、4 万 4 千年前～2 万 5 千年前 (MIS 3) については、後氷期と基本的に同様の方法で長江淡水の寄与率変動を導き、さらに東シナ海陸棚上を北上する黒潮起源水の流量が対馬海峡を通過して日本海に流入する対馬暖流の流量と同じで、それが対馬海峡の断面積に比例すると仮定することによって長江淡水流出量の定量復元を行っている。その結果、MIS 3 における東シナ海への淡水流出量の平均値は後氷期の平均値と比較すると、 $70 \pm 30\%$ 程度になることが示唆された。一方、百年から千年スケールの変動の振幅は、後氷期よりも 2 倍程度大きかったことが示唆された。これは、最終氷期では後氷期の気候の境界条件との違いによって、東アジア夏季モンスーン降水量の千年スケールの変動が大きく増幅されたことを意味する。また千年の時間スケールでは、北半球高緯度域の亜氷期（寒冷期）に東アジアでの降水量が少なく、亜間氷期（温暖期）に多かったことも明らかとなった。

第八章では、グローバルな気候変動の枠組みの中で、今回の研究結果を位置づけると共に、今回の研究結果が、従来東アジア夏季モンスーン降水の指標と考えられてきた南中国の鍾乳石の酸素同位体比の解釈にどういった変更を迫ることになるのか、について述べている。そして、第九章で、本研究の成果とその意義についてまとめている。

本委員会は、論文提出者に対し、平成 25 年 1 月 31 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。そして本研究によって、MIS 3 と後氷期という二つの気候条件が異なる時代について、長江流域の夏季モンスーンによる降水量変動が定量的に明らかにされたこと、特に後氷期での長江流量変動が長期的な北半球夏の日射量変動の影響を受けなかったこと、一方、千年スケールの変動について見ると、過去 50 年の観測記録における大洪水頻度の 10 倍以上の頻度で洪水が起きていた時期が後氷期に千年スケールで繰り返されたこと、さらに MIS 3 には完新世よりも降水量が少なく、変動幅が大きかったことなどが示されたことを地球システム科学における重要な発見であると判断し、審査委員全員一致で合格と判定した。

なお、本研究は、木元克典、多田隆治、横山祐典、小田啓邦、松崎浩之との共同研究であるが、いずれも論文提出者が主体となって調査と結果の解析を行なったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断される。

上記の点を鑑みて、本論文は地球惑星科学、とくに地球システム科学の発展に寄与するものと認め、博士（理学）の学位を授与できると認める。