

## 論文審査の結果の要旨

氏名：田代 崇

博士の専攻分野の名称：博士（理学）

論文題名：フィリピン・ルソン島中央平原パイタン湖周辺における後氷期以降の環境復元

審査委員：（主査） 教授 森島 濟

（副査） 教授 藁谷 哲也 首都大学東京教授 渡邊 眞紀子

古環境の復元を行うことは、将来起こりうる環境変化を予め認識することにも繋がる。特に地球温暖化という問題に関しては、ヒブシサーマルを中心とした最終氷期以降において最も温暖となった時代に世界の様々な地域でどのような環境が現れ、それが地球環境システムの中でどのようなメカニズムと共に生じていたのか明らかにすることが、数値予測結果を評価する上でも重要な情報を提供すると考えられる。さらにこうしたデータの蓄積は、データ同化技術の発展の中で、再現実験にも活かされることが期待される。

古環境の復元は、陸域や海域に残された様々な過去の環境情報を代替するデータ（プロキシデータ）を用いて行われるが、周囲の環境条件により、それらが残り難い地域も存在し、特に東南アジア地域の陸域における環境復元は、熱帯という環境と陸域の偏在性などから、空間的にも偏った状況にある。東南アジア東部は陸域の環境復元が行われていない空白域となっているが、この地域の降水量変動（対流活動の変動）は東アジアモンスーンと緊密な関連性を持ち、また全球的な気候変動にも大きな影響を与える重要なモンスーン地域の1つとなっている。したがって、本論文の対象地域となっているフィリピン・ルソン島における環境復元は、他地域における環境変動要因を明らかにする上でも重要な意味を持っている。

本論文ではこうした研究背景をもとに、フィリピン・ルソン島中央平原パイタン湖の湖底堆積物の粒度組成と堆積物に含まれる植物珪酸体を用いて、完新世前期から中期までの乾湿変動を明らかにし、古環境復元を試みたもので、全6章で構成されている。

第1章では、上述した問題意識の下で、インド-太平洋暖水プールの中にある東南アジアを中心とする完新世における環境復元に関する先行研究を整理すると共に、アジアモンスーンとの関係を示すことにより、対象地域で古環境復元を行う意義を明確にしている。更に、先行研究を踏まえ、現地に卓越する草本植生であるコゴンが、人為的土壌劣化の指標としてだけでなく、乾燥指標とみなすことが可能であることを示し、その植物細胞内で形成される植物珪酸体がプロキシとして利用可能であることを指摘している。

観測時代の気候資料を用いた解析結果を示す第2章では、1901～2010年の降水量グリッドデータをもとに、対象地域における長期的降水量変化とそれに伴うケッペンの気候区分上の変化を明らかにしている。対象地域は、従来から熱帯モンスーン気候もしくは熱帯サバナ気候として区分されてきたが、これはケッペンの気候区分上の境界領域にこの地域が位置していることを意味する。特にこれらの気候区は、樹木を主体とする気候区から草本植生へ移行する気候区にあたることから、乾湿の変化が直接的に植生景観の変化として現れる可能性が高いことを示す。観測時代におけるこの変化は年降水量の変化と共に現れ、主に夏季モンスーン季の7月の降水量の変化に伴って生じることを明らかにした。更に、対象地域を含む中部ルソン地域の降水量分布の時空間的变化を主成分分析によって明らかにし、対象地域の降水量変化が局地的な変化ではなく、中部ルソン地域の中部から西部の降水量変化と共に生じていることを示し、広域的な気候変動を議論する上での空間代表性に問題のないことを示している。また、この結果をもとに、南方振動指数、海面水温変動との関係を明らかにし、これらとの変動関係が年代や比較する時間スケールによって異なることを示した。ここで得られた結果を踏まえて、第5章において対象地域の乾湿変動と古海面水温の関係が議論されている。

第3章、第4章では、それぞれ湖底堆積物の粒度分析と植物珪酸体分析から、古環境復元を相互補完的に行っている。各分析で得られた乾湿を示す時期が調和的な関係を持つことを示し、対象地域が約8,000yrsBP頃の乾燥状態から約6,000yrsBPの湿潤状態へと変化し、その後約3,000yrsBPまで変動性を伴いながら相対的乾燥状態にあったことを明らかにした。第3章で示された粒度分析による乾湿

変動の復元は、堆積環境変化を示すと考えられる中央粒径と歪度で示される淘汰度を利用することにより行われている。地表から約 10m までの深度で得られたボーリング試料の連続性を、試料の色調変化、<sup>14</sup>C 年代測定値、粒度分布の相関解析を用いて確認し、連続性が確認された試料から 2cm ごと、計 247 点における粒度分析が行われている。中央粒径と歪度の関係は、中央粒径が小さいものほど淘汰が進み、逆に大きなものほど淘汰が進まないことを示し、この関係が既存研究における河口からの距離に依存した堆積物の粒度組成変化と同等であることが指摘されている。試料採取を行ったパイタン湖は明瞭な流入河川を持たず、堆積物の運搬は湖岸に接する斜面からの表面流出に限られる。また、小規模な閉鎖的火山湖であり、降水量の増減に伴って容易に湖水位も変動する。これらの条件から、本試料中に現れた中央粒径と淘汰度の関係は、湖岸から試料採取地点までの距離が湖水位変化に伴って変化し、湖水位が上昇した時期には中央粒径が小さく、淘汰が進み、逆に湖水位が低下した場合には中央粒径が大きく、淘汰が進まない堆積環境にあったものとしている。この関係をもとに、第 4 章では、粒径組成データに対して K-mean 法によるクラスター分析を行い、湖岸から試料採取地点までの距離の変化を示す粒度組成タイプを 4 つに分類し、それらのタイプが示す典型事例 42 点に対し植物珪酸体分析を行っている。この分析を行うためには予め現地植生との対応を明らかにする必要があり、本研究においても周辺域の植物の採取と植物珪酸体の有無、形状把握が行われ、価値の高い植物珪酸体標本が示されている。この標本に基づき、植物珪酸体と現地植生との対応が粒度組成タイプごとに明らかにされている。この結果から本論文では、第 1 章において指摘している対象地域において最も乾燥状態に強いと考えられるコゴンの植物珪酸体を乾燥指標とし、植物個体との対応は不明であるものの木本型に分類される植物珪酸体を湿潤指標として用いている。粒度組成タイプとコゴン型植物珪酸体含有率を比較した結果、湿潤から乾燥を示す粒度組成タイプの移行に伴い、コゴン型植物珪酸体含有率が上昇する傾向にあり、また木本型植物珪酸体含有率との関係においては逆の傾向にあることが示されている。これらの対応関係は、必ずしも強い関係を示すものとして判断されるものではないが、粒度組成により推定された乾湿変動が相対的な状態を示すものであることや、これに対する植生の応答と応答時間が不明であることなどを考慮すれば、現在までのところ十分な証拠を示すものと考えられる。寧ろ、今後の研究の発展性を示唆するものともいえる。

第 5 章では、乾湿変動として示される復元結果が、周囲のアジアモンスーン地域の乾湿変動及び古海面水温との関係から議論されている。他のアジアモンスーン地域の乾湿変動との対応関係は、単純なものではないが、少なくとも約 7,000~6,000yrsBP の間のヒブシサーマル期においては、アジアモンスーン地域と同期した湿潤状態にあったことを指摘している。また、約 8,000yrsBP からこの期間への乾燥状態から湿潤状態に至る変化は、東西循環の強化の一因と考えられる熱帯域の海面水温の東西差の拡大と共に生じた可能性があることを示した。一方、ヒブシサーマル期以降においては海面水温との関係に一定の連関が確認されないことを指摘し、その 1 つの要因に乾湿変動が大きくなったことを挙げている。第 2 章において示されるとおり、対象地域の降水量変動と海面水温変動との関係は時間スケールや比較年代によっても変化することから、同様の関係の変化が生じた可能性があることを示唆する結果となっている。

以上のように本論文は、熱帯地域という陸域のプロキシデータが残り難い場所において、草本類と木本類に含まれる植物珪酸体をそれぞれ乾燥指標、湿潤指標として用いると共に、粒度分析から得られた中央粒径及び歪度を指標とする淘汰度から堆積環境と湖水面変動との関係を考察し、これらの比較から古環境変動を明らかにしたものである。古環境の復元に留まらず、本対象地域における古環境復元の意義を気候変動における空間代表性と共に示し、既存の環境復元成果との比較を行うことを通じて、環境変動の時間スケールへの考察を行ったことも本研究の独自性といえる。これらの成果と知見は、古環境学、第四紀学、自然地理学といった分野の学術的発展に寄与するものと考えられる。

このことは、本論文の提出者が自立して研究活動を行い、又はその他の高度な専門的業務に従事するに必要な能力及びその基礎となる豊かな学識を有していることを示すものである。

よって本論文は、博士（理学）の学位を授与されるに値するものと認められる。

以 上

平成 27 年 2 月 19 日