

早稲田大学大学院 創造理工学研究科

博士論文審査報告書

論文題目

層状チャートを用いたカーニアン多雨事象におけるパンゲア
大陸内陸域の古環境解析

Reconstruction of paleoclimate condition in Pangean
interior during the Carnian Pluvial Episode from the abyssal
bedded chert sequence

申請者

張 天逸

Tenichi CHO

地球・環境資源理工学専攻 堆積学研究

2023年2月

後期三疊紀カーニアン期(約 230Ma)は、恐竜の多様化をはじめとした、陸上生態系が大きく変化した時代であった。この原因としては、ランゲリラ洪水玄武岩の噴出に起因する、湿潤化イベントであるカーニアン多雨事象(Carnian Pluvial Episode: CPE)が関与していると指摘されている。カーニアン多雨事象の研究は、主にテチス沿海に位置していた欧州域で進められてきたが、湿潤度変化の地域性が大きく、年代制約も乏しい。このため、CPE 時の古環境動態については、未だ十分に理解が進んでいない。そこで CPE 解明の一環として、本研究では、年代が高精度で制約されている美濃帯の遠洋性層状チャートに含まれる、超大陸パンゲア内部の乾燥地帯から舞い上がった風成塵堆積物から大陸内部の情報の復元を試みた。

第 1 章は序章であり、カーニアン多雨事象研究の現状と本研究の位置づけを述べるとともに、本論文の構成を示した。

第 2 章では、本研究の対象地点である美濃帯犬山地域の地質概略と層状チャート、及び本研究の検討セクションであるカーニアン階の層準(Section R, Section Q)について、詳細な地表踏査の結果と、本検討セクションにおける年代制約についてまとめた。美濃帯犬山地域に分布する層状チャートは沈み込み帯深部における底付け付加によって形成した地帯であり、著しい構造変形を経験している。このために、微褶曲や小規模な断層が随所に発達しており、連続層序の構築には航空写真と地表踏査の併用による丹念な露頭調査を実施した。これによって、本研究では、放散虫化石層序、コノドント化石層序によって制約されているカーニアン階の層準全体を含む区間において、層状チャートの単層スケールでの連続層序を確立した。

第 3 章では、層状チャートに挟在する泥岩層の、主要成分全岩化学組成の測定結果を報告し、泥岩層が保持する情報を堆積岩岩石学的手法と多変量統計学的手法を用いて探索的データ解析を行った。層状チャートに挟在する泥岩層は珪質生物遺骸の混入による化学組成改変の影響が比較的少なく、初生的な陸源物質の情報を保持していると考えられる。泥岩層の供給源を推定するために、構造場判別図を適用したところ、ほとんどの試料が“Quartzose sedimentary provenance”の領域に属していた。このことから、研究対象の泥岩試料は、大陸の内陸域から供給されたものであると判断できる。ただし、美濃帯犬山地域のおかれていた深海域では、陸域からの河川による物質供給が海溝の存在によって断絶されていた。したがって、研究対象の泥岩試料は、風成塵として大陸内部の砂漠地域からもたらされたと考えられる。全岩化学組成のクラスター解析の結果、泥岩試料は、陸源物質(SiO_2 , K_2O ,

MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, Na₂O), アパタイト(CaO, P₂O₅), マンガン(MnO)の3つの単成分の混合からなることが示された. また, 主成分分析(PCA)を実施したところ, 第1主成分は, クラスタ解析によって陸原物質のクラスターに属していた元素が正の負荷量を, アパタイトとマンガンのクラスターに属していた元素が負の負荷量を示した. このことから, 第1主成分はアパタイトやマンガンなどの海洋由来の生成物質に対する陸原物質の相対的な濃集度を表している. したがって, 風成塵の供給量変動を示す潜在変数を, 第1主成分として抽出できたといえる.

また, 研究セクション内における第1主成分の層序変化を検証したところ, カーニアン多雨事象の時期に最も高い値を示し, この時期に風成塵の飛来が増加したことが示された.

第4章では, 新たな化学風化指標であるRW値を開発した. この目的は, 層状チャート中の陸源物質の後背地風化度を定量的に測定するためである.

RW値の開発には, 未風化な火成岩とその風化産物の主要成分元素の独立成分分析(ICA)を実施した. この際, 解析にはSiO₂, CaO, P₂O₅を取り除いた. これは, 抽出される風化指標が生物源物質や続成自生物質の混入によって改変されないようにする工夫である. 事実, 炭酸塩が自生濃集した特殊な土壌においてRW値を適用したところ, 従来の風化指標よりも適切な土壌プロファイルを再現できることが確かめられた. したがって, 生物源・続成由来の二次的物質の混入がある堆積物にも, 適用できる化学風化指標の開発に成功した.

研究セクションにRW指標を適用したところ, カーニアン多雨事象に該当する時期に陸原物質の風化度の上昇が検知された.

第5章では, 第3章, 第4章において得られた陸源物質供給量とその化学風化度変動の成果を元に, パンゲア大陸内陸域の環境変動について議論した. カーニアン多雨事象の時期に遠洋域への風成塵供給量と風化度が増加したという事実は, 湿潤期にて大陸内部の表層堆積物の化学風化が促進され, 一方で, 乾燥期にはその飛散と輸送が促進されたことを示唆している. この対照的な気候特性の強化は, パンゲア超大陸の形成によるメガモンスーン気候に起因したと考えられる.

第6章は, 本研究によって得られた結論がまとめられている.

本研究では, 付加体に産出する層状チャートを用いて, カーニアン多雨事象における陸域環境変動の解析をおこなったものである. 古気候に関する先行研究が少なかった陸域内部の環境変動を明らかにしたことは, カーニアン

多雨事象における全球的な気候変動への理解に重要な示唆を与えるものである。

また、風化指標 RW など本研究で用いた一連の手法は、他の地帯に分布する層状チャートにも応用可能である。したがって、今後、層状チャートを用いた様々な地質事変や古気候を解析するうえで、必要不可欠な基盤を構築した研究であると言える。

以上より、本論文は三畳紀におけるパンゲア超大陸の古環境を明らかにしたという点でオリジナリティを有する研究であると評価できる。これに加えて、開発した新たな地球化学的指標は、今後の古気候解析の精度向上に資するものであることから、博士(理学)の学位論文にふさわしいものと認める。

2023年2月

審査員

(主査)

早稲田大学教授 博士(理学)(早稲田大学)

太田 亨

早稲田大学教授 理学博士(名古屋大学)

高木秀雄

早稲田大学教授 博士(理学)(東京大学)

守屋和佳
