

論文審査の結果の要旨

氏名 吉田 聡

本論文は6章からなる。第1章は、イントロダクションであり、生命と海水組成の共進化に関する研究史とその問題点がまとめられている。生命と海水組成の進化に着目した研究は古くから存在するが、海水中の遷移金属元素組成の地球史を通じた経年変化の推定はいまだ論議的となっている。特に、岩石試料の分析から海水組成を推定した例は、縞状鉄鉱層などの比較的特殊な環境で堆積した岩石に限られており、海洋全体の経年変化はいまだ解明されていない。本章では、太古代炭酸塩堆積岩を用いて海水組成を推定することの利点と問題点が挙げられている。問題点としては、初期太古代の炭酸塩岩の成因が不確定であることや珪化作用、再結晶化作用および碎屑物の混入を受け、炭酸塩岩の化学組成が初生的な情報を失っている点が指摘され、それらの影響を考慮する必要性が説かれている。

第2章では、約38億年前に形成したカナダ・ケベック州のヌブアギツック表成岩帯の炭酸塩岩の起源を地質学的な産状と希土類元素組成を用いて推定したことが述べられている。この炭酸塩岩の地質学的な産状は炭酸塩岩が岩脈に沿って形成したこと、一方、希土類元素組成は炭酸塩鉱物が水溶液から晶出したことを示すことから、炭酸塩岩は熱水に伴って形成したと結論づけられている。

第3章では、約39億年前に形成したカナダ・ラブラドル、サグレック岩体に存在するヌリアック表成岩類中の炭酸塩岩が、地質学的な産状と微量元素組成をもとに、最古の堆積成炭酸塩岩であると示されている。また、それらの炭酸塩岩は縞状鉄鉱層や超苦鉄質岩を伴うタイプと泥質岩を伴うタイプに分類され、それぞれ遠洋熱水活動域と大陸縁で堆積したと推定されている。加えて、両者に深海熱水の関与を示すEuの正異常が存在することから、初期太古代では全海洋に深海熱水の影響が及んでいたと結論づけられている。さらに、それらの炭酸塩岩における珪化作用や碎屑物質の混入による化学組成の影響が定量的に評価され、海洋で晶出した初生的な炭酸塩鉱物中のV、Co、NiおよびZn濃度が推定されている。

第4章では、約38億年前に形成した西グリーンランド南部・イスア表成岩帯の炭酸塩岩の地質学的産状と地球化学的研究について述べられている。その炭酸塩岩は、チャート層と互層するタイプと礫岩層と互層するタイプに分類され、それぞれの地質学的な産状と微量元素組成から、遠洋域と大陸縁辺域で堆積した化学堆積岩であると推定されている。また、第3章と同様に、珪化作用や碎屑物質の混入による化学組成の影響が定量的に評価され、それらの炭酸塩岩の化学組成から、約38億年前の海洋で晶出した初生的な炭酸塩鉱物中のV、Co、NiおよびZn濃度が推定されている。

第5章では、本論文全体を通じた議論が展開されており、第3章と第4章で得られた初期太古代の海洋で晶出した初生炭酸塩鉱物の化学組成と顕生代の炭酸塩岩の化学組成とが対比され、初期太古代の海水は顕生代の海水に比べて、V、Co、Ni および Zn に富んでいたと結論づけられている。V、Co および Ni はそれぞれ窒素固定、メチオニン合成およびメタン生成に必要とされるニトロゲナーゼ、コバラミンおよび F430 補酵素に含まれる金属元素である。そこで、推定された海水の V、Co および Ni 濃度の経年変化と生命進化とが対比され、生命の金属元素利用能と海水組成との関係が議論され、Co と Ni に関しては生命と海水組成との間に共進化が見られるものの、ニトロゲナーゼの進化に着目した場合、V に関しては両者の関連性は見られないという結論が示されている。以上の結果をもとに、海水組成と生命には共進化の事例が存在するものの、全ての生命が海水組成と共進化しているわけではなく、生物学的な要因が進化を駆動する場合があると結論づけられている。

第6章では、本論文の結論がまとめられている。

本論文では、変成作用や変質作用を被った初期太古代の炭酸塩岩から、堆積時の海水組成を推定する新たな手法が提案されている。また、その手法を用いて推定された海水の遷移金属元素組成の経年変化と生命進化との対比から、元素ごとに海水組成と生命進化との関連性が具体的に示され、海水組成と生命の共進化について論じられている。本論文で示された炭酸塩岩から過去の海水組成を推定する手法と海水組成と生命の共進化に関する新たな知見には、地球と生命の進化の研究における独創性と新規性が認められる。

なお、本論文の地質に関する部分は小宮 剛教授（総合文化研究科）、地球化学に関する部分は澤木佑介助教（総合文化研究科）と石川 晃准教授（東京工業大学）との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。