

地質時代における海水ストロンチウム同位体比 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) の変動: 固体地球及び環境変動への示唆

Variation of the seawater Sr isotope on a geological time scale: implications for solid earth and environmental change.

柏木 洋彦^{1*}, 小川 泰正², 鹿園 直建³

KASHIWAGI, Hirohiko^{1*}, Yasumasa Ogawa², Naotatsu Shikazono³

¹ 慶應義塾大学, ² 東北大学, ³ 慶應義塾大学

¹ Keio University, ² Tohoku University, ³ Keio University

鉱床を形成する地殻(地層)の起源や生成年代、当時の地球環境などを知ることは、鉱床の成因のメカニズムを解明するためには不可欠であるといえる。

海底堆積物中に記録されているストロンチウム同位体比 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) (海水 Sr 同位体比) は、大陸起源の風化生成物と海底熱水反応等によりもたらされるマントル起源の物質のバランスによって規定されており、過去の地殻変動や環境変動を知る上で有用な指標となり得ることが知られている。本稿では、最近の地球化学的知見を基に、海水 Sr 同位体比の変動要因や検討すべき問題点を取り上げる。

まず、大陸風化との関係では大陸に分布する火成岩の重要性が指摘できる。このような火成岩の Sr 同位体比は低く、高い反応性を示すため、海水 Sr 同位体比の変動に大きく寄与すると考えられる。また、造山帯において変成作用を被った炭酸塩鉱物の重要性も指摘できる。これらの鉱物は周囲の珪酸塩鉱物等と反応して生成されるため、海生炭酸塩と比べてその Sr 同位体比が高い点に特徴がある。また、海底熱水作用については、従来、海嶺の軸部付近における高温の熱水反応が重要と考えられてきたが、海嶺の軸部から離れた領域においても反応が起きており、この反応も考慮する必要があると考えられる。

地質時代における海水 Sr 同位体比を時代に応じて変動させる要因としてしばしば挙げられるのは大陸面積や海水準の変動であり、始生代では、初期大陸の形成に伴う海水 Sr 同位体比の急激な上昇が挙げられる。また、ウィルソンサイクルとの対応関係、古生代から中生代の白亜紀までにかけての海水準変動との対応関係も指摘できる。

一方で、新生代では、海水 Sr 同位体比の変動は海水準の変動とは直接対応せず、海洋底拡大(海洋地殻の生成)、ヒマラヤ・チベットの隆起浸食、コロンビア洪水玄武岩等の大陸玄武岩の風化、氷河作用に伴う独特な風化パターンの形成、大気 CO₂ 濃度との関係などが議論されている。

このうち、新生代前期における海洋底拡大(海洋地殻の生成)は当時の海水 Sr 同位体比をコントロールしている一因である可能性がある。また、新生代後期はヒマラヤ・チベット地域の隆起との関連性が指摘されている。その具体的なメカニズムとしては、主に風化量の増加により海水 Sr 同位体比が上昇したという説と岩石の Sr 同位体比が高かったことが重要であるとする説とがあるが、数値モデルによれば、前者については風化量の増加はそれほど大きくなかったとの指摘がなされている。

海水 Sr 同位体比と大気 CO₂ 濃度との対応は上記ヒマラヤ・チベット地域の隆起との関連で議論されているが、新生代後期の大気 CO₂ 濃度は現代と同じ程度であって海水 Sr 同位体比の変動の傾向とは一致していないので、海水 Sr 同位体比の変動は大気 CO₂ 濃度の指標として用いることはできないと考えられる。

このように、地質時代における海水 Sr 同位体比の変動は、単一の原因によって説明することはできず、複合的な要因が組み合わさって変動してきたといえる。この点で、数値モデルを用いて各要因をパラメータ化してその変動要因を解析することは有用である。特に、大気 CO₂ 濃度や氷河作用と海水 Sr 同位体比との関係は、元素の挙動と環境変動との密接な関連性を示唆するものであり、今後もさらに詳細に検討していく必要がある。

キーワード: ストロンチウム同位体比, 風化, 熱水反応, 新生代, ヒマラヤ, 氷河作用

Keywords: strontium isotope, weathering, hydrothermal reaction, Cenozoic, Himalaya, glaciation