

海山型石灰岩体の Sr 同位体組成に関する研究—浜名湖西方地域秩父帯石灰岩体を例として—

Strontium isotope composition of the seamount-type limestone blocks within the Chichibu Belt to the west of Lake Hamana, central Japan

(提出先：名古屋大学大学院環境学研究所，2012年3月)

鈴木和博 (Kazuhiro Suzuki)

所属：名古屋大学大学院環境学研究所地球環境科学専攻

E-mail: kaze@nagoya-u.jp

1. はじめに

中部日本，浜名湖西方地域の秩父帯ジュラ紀付加コンプレックスには石灰岩体が多産する。その石灰岩体は秩父帯に属し，緑色岩・チャート・玄武岩を随伴していることから，異地性・遠洋性の海山型石灰岩と考えられている。しかし，この地の石灰岩体のどれからもこれまで示準化石が検出されず，その堆積年代の詳細はわかっていなかった。本研究の目的は，これら浜名湖西方地域石灰岩体，豊橋市石巻山石灰岩体と田原市田原（蔵王山・衣笠山）石灰岩体について，堆積年代の決定をすることと，石灰岩堆積環境の考察に Sr 同位体組成を適用することである。

2. コノドント化石による石灰岩体の堆積年代決定

筆者は石巻山石灰岩体の最下部から三畳紀前期ノーリアンのコノドントである *Norigondolella navicula* と *Ancyrogondolella quadrata* を，最上部から三畳紀中期ノーリアンの *Mockina* 属コノドント (*Mockina* cf. *postera*) を検出した。同様に田原石灰岩体の最下部と中央部下部から石巻山石灰岩体と同じ *Norigondolella navicula* を，最上部から三畳紀前・中期ノーリアンの *Mockina* 属コノドント (*Mockina* cf. *elongata*) を検出した。これらのことから，これまで示準化石が発見されず，全く未解明であった浜名湖西方地域に存する多くの石灰岩体のうちのこれら2岩体は三畳系で，ノーリアンの前期から中期にかけての，ほとんど同時期に堆積したことが明らかになった。

この地域の秩父帯が西南日本外帯の包括的なユニット区分のどれに対比されるかについて，広く認知された見解はこれまでのところない。本研究によって，浜名湖西方地域に分布する中期ジュラ紀末期から後期ジュラ紀の珪質泥岩を含む，緑色岩・石灰岩・チャート主体のユニットの石灰岩は少なくとも一部が三畳系であることが明確となった。このことは，今後，この地域の秩父帯ユニットの帰属を特定する上で貴重なデータとなるであろう。

3. 石灰岩堆積環境の考察への Sr 同位体組成の適用

石灰岩の Sr 同位体組成 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) は，堆積後の変質がなければ，堆積時のどこの海水の Sr 同位体組成とも等しい。これは，海水の Sr 同位体組成は，開かれた海洋であれば，どこをとっても同様であることと，海棲生物起源の炭酸塩岩と海水との間で Sr の大きな同位体分別を生じないことから説明できる。顕生代海水の Sr 同位体組成は地質時代に応じて穏やかに

変動しているが，その変動を規定しているのは，海洋の異なる Sr 同位体組成を有する物質から供給される Sr の量的変動である。それらの供給源は，海洋における (1) 塩基性火山物質，(2) 大陸起源の碎屑岩，(3) 炭酸塩岩，に大別され，その時々地球環境に応じて海洋への Sr 供給量を変化させ，それらのミキシング比変動によって海洋全体の Sr 同位体組成を規定する。

3.1. Sr 同位体組成は初生的か，それとも二次的か？

変質を受けた石灰岩の Sr 同位体組成は堆積時の海水のそれと異なることがある。そのため，石巻山石灰岩，田原石灰岩を使って石灰岩堆積時の海水の Sr 同位体組成を議論するには石巻山石灰岩，田原石灰岩が堆積後の変質を受けていないことを証明する必要がある。一般的に，石灰岩の Sr, Mn, Fe 濃度は，石灰岩の変質程度に応じて変化する。これらの濃度変化に注目した Denison *et al.* (1994) の基準 (Sr/Mn 比 > 2 または Mn 濃度 < 300 ppm) は，多くの研究者によって，その石灰岩が堆積当時の海水の Sr 同位体組成を留めているかどうかを判別するために利用されている。本研究では Denison *et al.* (1994) の基準をより厳密に適用し，「Sr/Mn > 2 かつ Mn < 300 ppm」にあてはまる石灰岩試料を堆積時の海水の Sr 同位体組成を保持しているとした。

石巻山石灰岩体と田原石灰岩体から，変質に対する抵抗性が大きいと考えられるミクリティックな石灰岩45試料と32試料を，それぞれ層準の連続性を考慮して採集し，Sr 同位体組成，Sr, Mn, Fe 濃度を測定した。その結果，上記基準を満たした試料は，石巻山石灰岩28試料，田原石灰岩13試料で，これらは10%酢酸または6 M 塩酸不溶残さの割合は少なかった。また，石巻山石灰岩，田原石灰岩ともに Mg 濃度は1%未満でドロマイト化していなかった。そして，両岩体から検出されたコノドントの CAI (Conodont Alteration Index) 値は1~2で，周囲の石灰岩は激しい熱的変成作用も受けていないことがわかった。

3.2. 石灰岩堆積環境考察への Sr 同位体組成の適用

堆積後の変質を受けていない石巻山石灰岩28試料，田原石灰岩13試料の Sr 同位体組成範囲は，石巻山石灰岩；0.7061~0.7076，田原石灰岩；0.7071~0.7079であった (Fig. 1)。この両石灰岩体堆積時のパンサラッサ海水の Sr 同位体組成範囲は0.7076~0.7080と考えられるが，石巻山石灰岩で，この範囲内の値を示すのはわずか1試料，逆に，0.7065以下を示すの

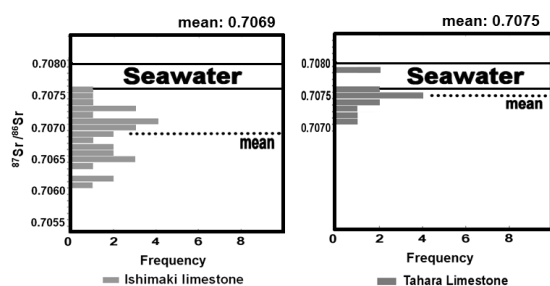


Fig. 1 石巻山石灰岩28試料, 田原石灰岩13試料のSr同位体組成度数分布

は7試料にのぼり, この7試料は過去5億年のどの時代の海水よりも低い値を示す (cf. 顕生代海水の最小値: 0.7068)。このように石巻山石灰岩は当時の開かれたパンサラッサ海水のSr同位体組成とほとんど一致していない。一方, 田原石灰岩については, 同じく, パンサラッサ海水のSr同位体組成範囲内の値を示す試料が4試料, 0.7075以下の試料は9試料, 0.7081以上の試料は無かった。田原石灰岩についても2/3以上が当時のパンサラッサ海水のSr同位体組成範囲よりも低い値であった。

石巻山石灰岩と田原石灰岩の低いSr同位体組成を説明するためには, 両岩体の堆積場である海域に, Sr同位体組成の低いSrが供給され続けることが不可欠である。そのSr供給源として考えられるのは海洋底から噴出する低いSr同位体組成の海洋熱水である。石巻山石灰岩体と田原石灰岩体が堆積した海山周辺のパンサラッサ海水に海洋熱水が関与したことを検討するために, それぞれの石灰岩体の堆積場における, 当時のパンサラッサ海水と海洋熱水のSrマスを考えた。その結果, 石巻山石灰岩体については, 熱水33%, パンサラッサ海水67%の混合を考えると, Sr同位体組成の最小値0.7061を

説明できる。一方, 田原石灰岩体については, 熱水10%, パンサラッサ海水90%の混合によって, Sr同位体組成の最小値0.7071が説明できる。この両岩体における混合比の違いは, それぞれの堆積場における海洋熱水の影響の違いに起因すると考えられる。そして, その場が閉鎖的または半閉鎖的な海域で, 海水の滞留があれば, Sr同位体組成が上記マスをバランスに達する可能性はますます高まるであろう。

半閉鎖的な海域は現在の地球上にも実際に存在する。それはバルト海で, その地はヨーロッパ大陸における半閉鎖的な海域である。そこに流れ込む河川は主に先カンブリア時代の堆積岩を後背地としているために, Sr同位体組成が高くなっている。このことから, バルト海の海水は, 広く認められた現世の開かれた海水のSr同位体組成に比べて有意に高い。もし, 石巻山石灰岩体と田原石灰岩体が半閉鎖的な海域で堆積したのなら, 開かれた海洋で堆積した場合よりも海洋熱水の影響を強く受けることになるであろう。

これまで, 同じ地質時代の海水のSr同位体組成は全海洋で同じ値を示すと考えられていたため, もし, その値と異なるSr同位体組成を示す石灰岩が存在すれば, それらは変質していると考えられてきた。しかし, 浜名湖西方地域の未変質と考えられる石灰岩のSr同位体組成を検討した本研究によって, 全海洋のSr同位体組成が, 常に同じ値を示すわけではないことがわかった。このことは開かれた海洋の海水と, それらと異なるSr同位体組成を持つ流体 (例えば海洋熱水) が混合する海域で, 本研究対象の石灰岩が堆積したことを示唆している。このように石灰岩のSr同位体組成を考察する際には, それらが汎世界的な海洋の値を示している場合もあれば, 地域的な海洋の値を示す場合もあるということを念頭に置くべきである。