

地球化学図からテクトニクスを読む — 黒潮古陸は再浮上するか？ —

田中 剛¹⁾

1. はじめに

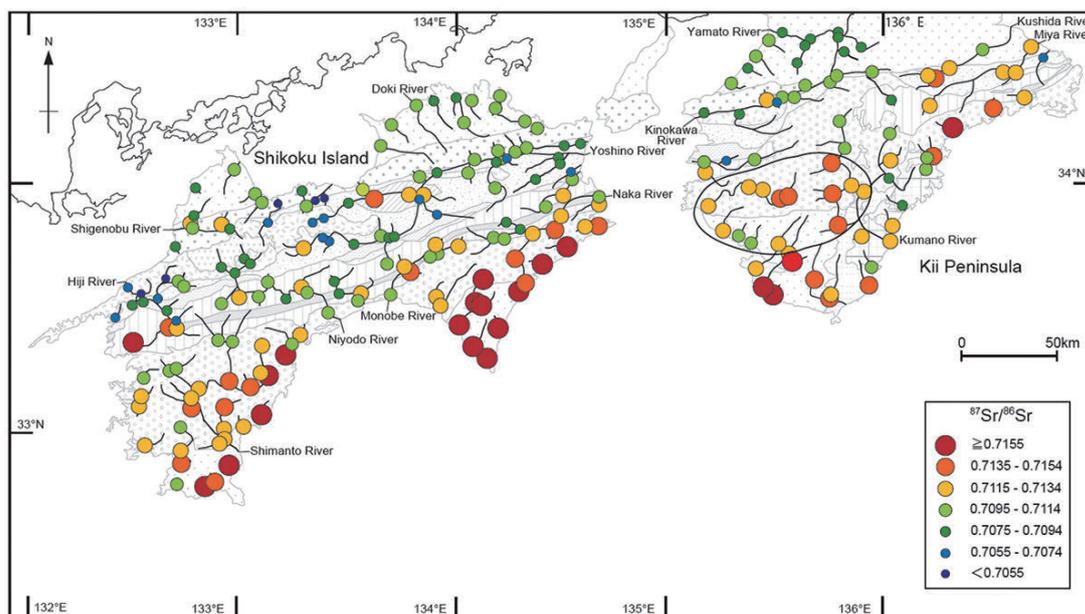
世界各地で地球化学図が公表されている。日本では、椎川ほか（1984）による「秋田県の地球化学図」や伊藤ほか（1991）の「地球化学アトラス—北関東—」に始まり、今井ほか（2004）による「日本の地球化学図」で全国カバーが成し遂げられた。これらの地球化学図では、巻頭にその作成に際しての目標が掲げられている。1980年代以前においては、新しい賦存資源の発見が中心であったが、やがて公害が大きな社会問題となるにつれ、その目標は、環境汚染の防止となり、さらに、地圏環境の化学バックグラウンド評価へと展開し、地形図や地質図などに共通する国土基盤情報図の一つとなった。

最近、城森ほか（Jomori *et al.*, 2013）は、上記の今井ほか（2004）により採集された試料を用いて、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体の地球化学図を作成した。この図からは資源でも公害でもなく、あたらしい地質テクトニクスを物語る情報が読み取れる

かと思われるのでここに紹介する。元名古屋大学年代測定総合研究センター教授の柴田 賢博士、名古屋大学博物館特任教授の足立 守博士からは多くのご助言を頂いた。

2. 黒潮古陸

1970年の前後、堆積物の起源や形成過程の研究が隆盛を極めた。例えば、Adachi（1971）による上麻生礫岩の発見とソールマークによる古流向の推定は、これらの礫岩を供給した後背地が北方大陸に露出し、そこからの供給を示唆する強力な証拠となった。紀州四万十帯団体研究グループ（1968）は、紀伊半島に露出する四万十帯を精査し、牟婁層群では堆積盆の伸張方向に沿った東西方向のタービダイトに加えて、北→南、南→北の側流が顕著に見られることから、そこに含まれるオーソコーツァイト礫を供給した大陸的性格を持った南方陸地を推定した。さらには、上麻生に見いだされた片麻岩礫が、先カンブリアの放



第1図 四国および紀伊半島の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 地球化学図。Jomori *et al.* (2013) のfig.2から転載。

1) 名古屋大学 年代測定総合研究センター

キーワード：地球化学図、テクトニクス、ストロンチウム同位体、黒潮古陸、後背地

射年代を示したことから、先カンブリア基盤を持つ大陸『黒潮古陸』への期待はいっそう高まった。しかし、黒潮古陸は、その後何処に消滅したのだろうか？ プレートは先カンブリア地殻を含み密度の低い物質を引きずり込むのだろうか？といった疑問や、四万十帯の白亜系砂岩の供給源は、北側の内帯東部にありとの調査（寺岡, 1977）、さらには、四万十帯の『顔』が「砂岩」から「チャートを含むメランジュ」に移ったことより、流行に追従できなかった『黒潮古陸』は、いつしか意識の底に沈んでしまった。

3. 地球化学図

地圏表層部の環境情報は、理学の4分野、物理/化学/生物/地学に対応して整理される。地球化学図は、どの地域にどのような元素や化合物が分布するかについて化学の1次情報を図化したものである。化学分析が容易になったとはいえ、信頼できる分析データを得るには時間がかかる。今井ほか（2004）は、もれなくできるだけ細密に元素の分布を把握できるよう、全国で約3000の川床堆積物を採集した。約100 km²に1試料の割合になる。結果は上記出版物、さらには多数の英文国際誌に掲載され、高い評価を得ているので、再度の紹介は割愛するが、一言で言えば、『地質と鉱床を反映した』地球化学図であった。

城森らは、同一の川床堆積物試料を用いて、その⁸⁷Sr/⁸⁶Sr同位体比を測定した（Jomori *et al.*, 2013）。その四国、紀伊半島地域の空間分布（地球化学図）を第1図に示す。ここで注目したいのは四万十帯が花崗岩や片麻岩を含む北の領家帯よりも⁸⁷Sr/⁸⁶Sr同位体比が高く、さらには四万十帯でも若い南方ほど、同位体比がより高くなっていることである。より若い南帯の⁸⁷Sr/⁸⁶Sr同位体比ほど一層高い、その理由はなぜだろうか？

4. 四万十帯の⁸⁷Sr/⁸⁶Sr地球化学図

良く知られているように、⁸⁷Rbは488億年の半減期で⁸⁷Srに放射壊変する。したがって⁸⁷Rbの多い岩石や鉱物ほど、⁸⁷Srの増加が早い。第2図は、年代を求めるいわゆるアイソクロンプロットに使われる座標で、同一のマグマから生じ、様々な⁸⁷Rb/⁸⁶Sr比を持つ岩石や鉱物は、時間とその⁸⁷Rb/⁸⁶Srに比例した、右上がりの直線上にプロットされる。堆積岩の場合も年代が経つに従い⁸⁷Rb/⁸⁶Srが大きい程⁸⁷Sr/⁸⁶Sr同位体比は早く上昇する。⁸⁷Rb/⁸⁶Srが2なら、⁸⁷Sr/⁸⁶Sr同位体比の上昇は、1億年あたり約0.003

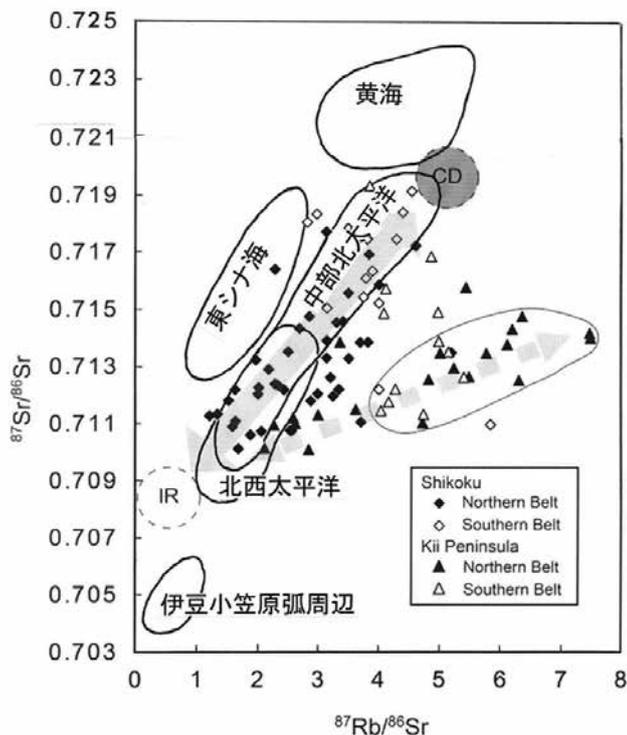
である。しかし、固体粒子から構成される堆積岩は、マグマと異なり、堆積時に化学的に均質化されないので、第2図のようなアイソクロンプロット上の列は、複数の供給源からの物質の混合線である場合が多い。時代が経つに従い、古い堆積岩の混合線もその傾斜が急になるが、新しく堆積した堆積岩も、古い堆積岩とその供給源（後背地）が同じなら、後背地の物質も⁸⁷Sr/⁸⁶Sr同位体比が進化しているので、古い堆積岩と同じ傾斜の混合線をもってプロットされる。いずれにせよ、古くてRbの多い後背地からの堆積岩ほど、⁸⁷Sr/⁸⁶Sr同位体比が高い傾向には変わりがない。同位体比が低くなるのは、Jomori *et al.* (2013)でも紀伊半島東部で取り上げられているように、若い火成岩に起源を持つ物質が混入した場合である。

5. 地球化学図からテクトニクスが読めるか

第1図の地球化学図では逆に、南方の若い堆積物ほど⁸⁷Sr/⁸⁶Sr同位体比が高いことが示されている、この事象を説明する最も容易な仮定は、南方の太平洋中により古い供給源を仮定することであろう。より供給源に近い南帯ほど⁸⁷Sr/⁸⁶Sr同位体比が高いことを説明し易い。黒潮古陸は再浮上するのだろうか？

四万十帯の碎屑物の研究からは、それをもたらした後背地は北方に分布した内帯酸性火山岩類、領家複合岩類、秩父累帯古生層などにあると考えられている（紀州四万十帯団体研究グループ, 1968；寺岡, 1977）。しかし、第1図に示した地球化学図をじっくりと見て頂きたい。四万十帯の北方には、より高い⁸⁷Sr/⁸⁶Sr同位体比を示す地体は見当たらない。いやいや、四万十帯に物質を供給した地体は、すでに剝削され、残っていないのだ、と言われるかもしれない。さらには日本海の形成以前、大陸からの碎屑物が直接太平洋に流入していたと考えることも可能であろう。碎屑性白雲母のK-Ar年代325~335 Maから寺岡ほか（1994）は、三郡変成岩相当層を候補の一つと見た。

第2図に四万十帯の⁸⁷Sr/⁸⁶Sr-⁸⁷Rb/⁸⁶Sr図（Jomori *et al.*, 2013のfig.6d）にAsahara *et al.*（1995）による太平洋各地域の海底表層堆積物のデータを重ねあわせて示した。太い実線で囲い、日本語で地名を書いている領域がAsahara *et al.*（1995）から引用した各海域のデータ分布域である。両者を比較して、四万十帯南帯の高い同位体比は、揚子江や黄河からの碎屑粒子が沈積している、東シナ海や黄海堆積物のそれとも異なっている。このことから、かつての四万十帯が東シナ海にあり、大規模な横ずれ断層



第2図 第1図に掲載したデータのうち、四万十帯からの試料の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 図 (Jomori *et al.*, 2013 の fig.6d による) に Asahara *et al.* (1995) による太平洋諸地域の表層堆積物のデータ分布域を太実線で囲み、和文で地域名を表記した図。図中の細実線で囲んだデータは第1図中で囲った地域のデータ、CD と IR は、continental detrital materials および igneous-rock-derived materials, を示す。いずれも Jomori *et al.* (2013) の fig.6d による。

により、現在位置にまで移動したことも考えにくい(四万十帯に供給された大陸性物質が、現在の黄海や東シナ海の堆積物とは異なっていたと考えることを否定はしない)。

一方、第2図からは四万十帯の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 分布は、現在の西太平洋ではなく、中部北太平洋の表層堆積物の分布に似ていることがわかる。中部北太平洋の表層堆積物は、大陸起源の風成塵と火山起源物質や生物遺骸の混合した軟泥とされ、同位体比もそれを物語る。しかし、四万十帯堆積物の主体は砂岩類である。

もう一つ、四万十帯の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 地球化学図の特徴は、 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ が小さく、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ が低いデータに欠けることである。第2図で言えば、左下の伊豆小笠原弧周辺堆積物の分布するあたりである。Jomori *et al.* (2013) の fig.6 によれば、三波川帯や秩父帯には、この領域に少なからずデータ点が分布する。このことは、四万十帯は、島弧型あるいは海嶺型の塩基性火山活動による物質供給が三波川帯や秩父帯ほど多くなかった地に堆積したことを物語る。

6. これからの地球化学図

黒潮古陸は再浮上するのか、しないのか！ここまでの紹介をお読みいただいた読者の方々は、結論の見えない議論に大きなフラストレーションを感じられたと思う。なぜもっと他の地域の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 地球化学図が無いのか？100 km²に1試料などと言わずに、せめて1/20万地質図に対応した全国の地球化学図があれば、読者自身をご存知の岩相に対比して考えられるのに…と。筆者も同感である。

いま、地球化学図が燃えている。城森らは、今井ほか(2004)による川床堆積物試料の分析を昼夜兼行で進めているという。内帯古生層や三郡帯を含めた、日本列島の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 地球化学図が完成する日もそう遠いことではあるまい。韓国の地質調査機関であるKIGAMの地球化学図全国カバーは、日本に先んじていた。KIGAMで表面電離型質量分析計の稼働が始まった今、韓国全土をカバーする $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 地球化学図に着手したようである。地球化学図も日本と韓国は連続しよう。日本の地質調査機関であるGSJで、1/20万図幅に対応した地球化学図ができないものだろうか？筆者は、地球化学図が資源と環境に加えて、地質テクニクスを読む強力な助っ人になると信じる。

文献

Adachi, M. (1971) Permian intraformational conglomerate at Kamiasso, Gifu Prefecture, Central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **77**, 471-482.

Asahara, Y., Tanaka, T., Kamioka, H. and Nishimura, A. (1995) Asian continental nature of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios in north central Pacific sediments. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **133**, 105-116.

伊藤司郎・上岡 晃・田中 剛・富樫茂子・今井 登・金井 豊・寺島 滋・宇都浩三・岡井貴司・氏家真澄・柴田 賢・神谷雅治・佐藤興平・坂本 亨・安藤 厚 (1991) 地球化学アトラスー北関東一。工業技術院地質調査所, 35p.

今井 登・寺島 滋・太田充恒・御子柴(氏家)真澄・岡井貴司・立花好子・富樫茂子・松久幸敬・金井 豊・上岡 晃・谷口政碩 (2004) 日本の地球化学図。産業技術総合研究所地質調査総合センター, 209p.

Jomori, Y., Minami, M., Ohta, A., Takeuchi, M. and Imai, N. (2013) Spatial distribution of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios of stream sediments in Shikoku Island and the Kii Pen-

- insula, Southwest Japan. *Geochemical Jour.*, **47**, 321–335.
- 紀州四万十帯団体研究グループ (1968) 紀伊半島四万十帯の研究 (その2). *地球科学*, **22**, 224–231.
- 椎川 誠・金山道雄・滝沢行雄 (1984) 秋田県の地球化学図. 秋田大学教育学部地学教室, 29p.
- 寺岡易司 (1977) 西南日本中軸帯と四万十帯の白亜系砂岩の比較. *地質学雑誌*, **83**, 795–810.
- 寺岡易司・柴田 賢・奥村公男・内海 茂 (1994) 九州東部－四国西部の四万十帯層群中の碎屑性カリ長石および白雲母の K-Ar 年代. *地質学雑誌*, **100**, 477–485.
-
- TANAKA Tsuyoshi (2013) Findings on tectonics in geochemical map – revival? of Kuroshio paleoland –.
-

(受付: 2013 年 5 月 13 日)