

瑞浪市化石博物館研究報告 第 48 号, 33–42, 5 figs., 2 tables.
Bulletin of the Mizunami Fossil Museum, no. 48, 33–42, 5 figs., 2 tables.
©2021, Mizunami Fossil Museum
Manuscript accepted on July 1, 2021; online published on August 20, 2021.

— 学術資料 (Scientific data) —

埼玉県「所沢」観測井におけるストロンチウム同位体層序

加藤 進*

*狭山市立博物館 〒350-1324 埼玉県狭山市稲荷山 1-23-1

Strontium isotope stratigraphy in the Tokorozawa observation well for subsidence, Saitama Prefecture, Japan

Susumu Kato*

*Sayama City Museum, 1-23-1 Inariyama, Sayama City, Saitama 350-1324, Japan
<susumukato9@gmail.com>

Abstract

Strontium isotope ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ratios for molluscan fossil fragments from the Tokorozawa observation well by Saitama Prefecture, two water wells and three surface samples were measured. Although most samples were altered due to surface water circulation and diagenesis, the highest $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio among samples shall be nearly equal to the original $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio.

Sr isotope ages for less altered samples are estimated using Look-Up Table by McArthur and Howarth (2004). It was found that there was no inconsistency in vertical relationship among the obtained Sr ages of the wells. However, it is not possible to evaluate the Sr ages due to lack of reliable age data. Sr isotope age of 10.5 Ma for the Tsuchishio Formation is slightly older than its geological age by diatom fossils due to alteration.

For Sr isotope ages using molluscan fossil fragments, it is necessary to analyze multiple samples in the same stratum as much as possible.

Key words: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio, Sr isotope age, molluscan fossil fragment, Tokorozawa well

1. はじめに

ストロンチウム(以下 Sr と表記する)同位体層序は高精度で復元された地質時代の海水の Sr 同位体比 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比)の変動を用いる年代決定法であり,特に 38 Ma 以降において海水の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比が一方的に増加しており,精度良く年代を決定することが可能である(伊藤, 1993). この手法は海成の炭酸塩化石を含む地層であれば適用でき,坑井では有孔虫化石調査で得られる石灰質有孔虫化石が用いられており(例えば,加藤ほか,

1997), 地表試料でも貝化石を用いて良好な結果が得られている(例えば,中村ほか, 1999).

埼玉県が昭和 53 年度に掘削した地盤沈下観測井「所沢」(以下,「所沢」と表記する)では連続的なコアが採取されており,コアの岩質調査に加え,物理検層や微化石調査も実施されており(埼玉県, 1979),狭山市周辺の地下地質を検討する上で「所沢」は重要な坑井である.しかしながら,地下地質を検討するためには,年代層序の枠組み(年代面となる鍵層)が必要であるが,「所沢」についてはこれまでその報告がない.

「所沢」コアの岩質調査報告には貝化石の産出が

多くの層準で記載されており、納谷ほか(2012)は本コアにおいて 15 層準の海成層を認定している。そこで、著者は貝殻を試料として $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比を測定し、その深度変化を明らかにするとともに、Sr 同位体年代を求める試みを行った。また、カッティングス試料でもこの方法が適用できるかを検討するために水道井の試料や、珪藻化石から年代が分かっている土塩層(須藤ほか, 2003)の試料についても $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比を測定した。本論では、これらの結果を報告する。

2. 「所沢」の地質概要

「所沢」は 1/5 万地形図「青梅」の北東部に位置しており、所沢航空公園の北西端において深度 457.3 m まで掘削された(Fig. 1)。地質柱状図および正式柱状図(埼玉県, 1979)を基に作成した坑井要約図を Fig. 2 に示す。

「所沢」は所沢台に位置しており(植木・酒井, 2007)、埋土(厚さ 0.75 m)の下には厚さ 9.55 m のロームが発達しており、その基底から 1.65 m 上位に層厚約 23 cm の軽石凝灰岩が挟在している。ロームの下位には所沢層(植木・酒井, 2007)に対比される厚さ 3.7 m の黄褐色砂礫層が認められ、砂岩、チャート、ホルンフェルスからなる垂円礫は極度に風化している。その下位には薄い(厚さ 0.3 m)ロームが在り、これは多摩ローム層(植木・酒井, 2007)に対比されると推定される。

深度 14.3–65.0 m 間は主にシルト質砂礫からなり、層厚 0.1–0.6 m の砂質シルトを挟む。本層は、森ほか(1974)と同様に比抵抗が 100–300 Ωm と大きく(Fig. 2)、一部に風化した花崗閃緑岩の礫を含むことから、中部更新統の芋窪層(植木・酒井, 2007)に対比される。

深度 65.0–305.0 m 間は砂礫、細粒～中粒砂、シルト～泥岩から主になり、軽石凝灰岩や亜炭を挟む。また、深度 110 m 付近～300 m 付近にはカキなどの貝殻を含む層準が挟まれている。深度 150 m 以浅では砂礫→砂→シルトの堆積サイクルが複数回認められ、岩相から下部更新統の狭山丘陵に分布する狭山層あるいは加治丘陵～入間川沿いに分布する仏子層(植木・酒井, 2007)に対比される。

深度 305.0–457.3 m(掘止深度)間は主に細粒～中粒砂、砂礫からなり、薄い砂質シルトや泥岩、軽石を挟む。深度 350 m 以深には大型二枚貝などの貝殻が含まれ、浮遊性種を僅かに伴う内湾～浅海に生息する底生有孔虫化石も産出している(埼玉県, 1979)。含まれている貝殻の多くは灰白色を呈しているが、深度 394.5 m の貝殻は褐色を呈しており、他の深度の貝殻に比べると保存が不良である。深度 305.0–457.3 m 間は、岩相から下部更新統と考えられている東京都の地下に分布する東久留米層(遠藤ほか, 1989)に対比される。狭山層/仏子層および東久留米層は上総層群に含まれる地層である。

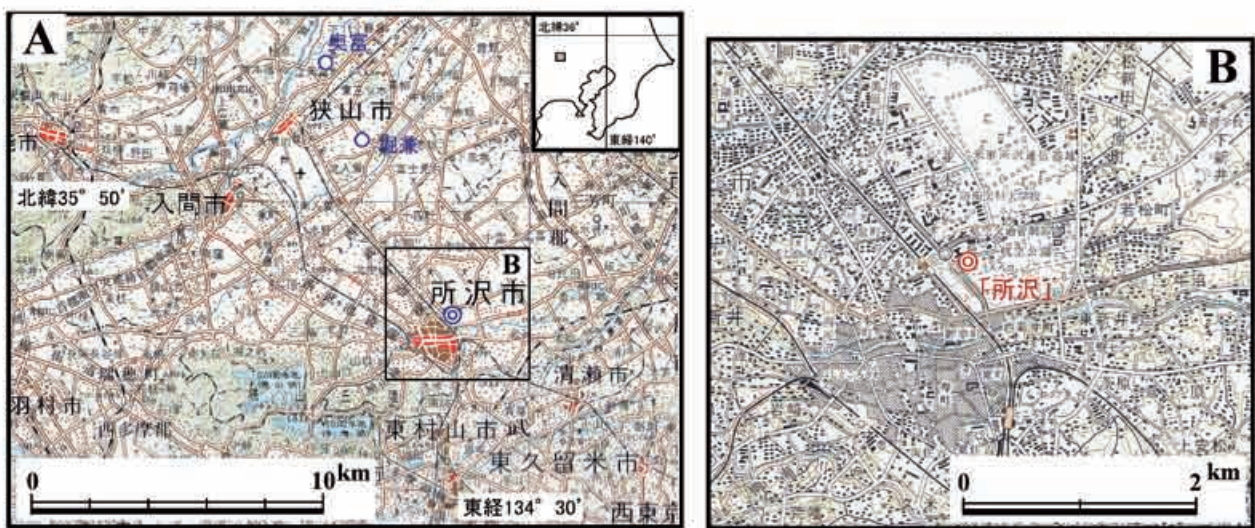


Fig. 1. 坑井位置図. A: 1/20 万地勢図「東京」を使用, B: 1/5 万地形図「青梅」を使用。

Fig. 1. Location map showing the Tokorozawa well and two water wells. 1:200,000 scale topographic map “Tokyo” (A) and 1:50,000 scale topographic map “Ome” (B) published by Geospatial Information Authority of Japan are used.

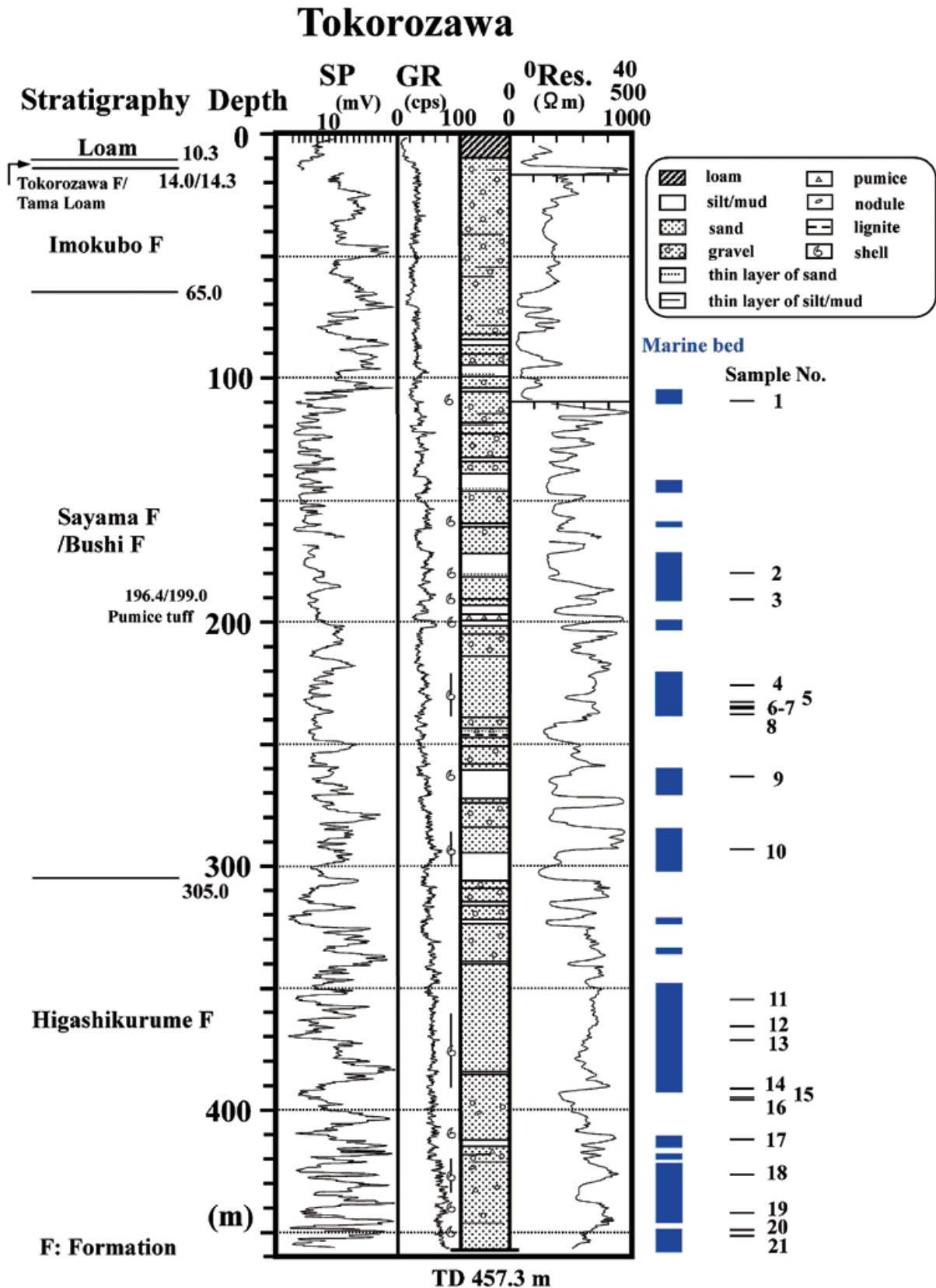


Fig. 2. 「所沢」坑井要約図および海成層と試料採取深度. 検層カーブと地質柱状図は埼玉県 (1979), 海成層は納谷ほか (2012) による. SP: 自然電位, GR: 天然ガンマ線, Res: 比抵抗.

Fig. 2. Well summary of the Tokorozawa showing marine beds and sampling depths (compiled from Saitama Prefecture (1979) and Naya et al. (2012)). SP: Spontaneous potential, GR: Gamma ray, Res: Resistivity.

3. 試料および Sr 同位体比測定

貝殻を含む部分のコアは Fig. 2 に示す深度で採取された。30 mesh と 120 mesh のフルイを重ねてその上で水洗しながらコアを解し、120 mesh のフルイ上の残渣を 100°C で乾燥してから、貝殻のみを拾い、分析用試料とした (Table 1)。また、狭山市水道井の奥富および堀兼 (Fig. 1) の試料は、狭山市立博物館に保管されていたカッティングス試料から貝殻を拾い、分析用試料とした (Table 1)。土塩層の試料は、珪藻化石によって年代が決定されている荒川明戸セクションから貝化石を採集し、その殻を分析用試料とした (Table 1)。

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比測定は島根大学総合理工学部の亀井淳志教授に依頼した。試料は (大型の試料は軽く壊したのちに) なるべく貝殻部分のみをピンセットで取り出し、超純水で数回洗浄して乾燥させ、ポリプレピレンの遠沈管に入れて、10%酢酸で融解し、溶液部分より DOWEXAG50W-X8 の陽イオン交換樹脂を用いて Sr を抽出した。抽出方法は Kagami et al. (1987) に従った。「所沢」の 25 試料のうち、2 試料 (16-1 および 16-2) 以外は酢酸の溶解で明瞭な発泡が認められ、炭酸塩物質の溶出を確認した。溶解液は無色透明であった。前述の 2 試料では発泡が無く、一晩放置後に溶液が黄色に変色した。黄色は鉄 (Fe) 由来であると推定され、ケイ酸塩鉱物、粘土鉱物、もしくは非晶質物が溶けたと考えられる。したがって、この 2 試料は変質していると考えられる。土塩層の試料では、T-1 試料の溶解液が若干黄色く変色し、狭山市水道井の試料では堀兼試料の Sr 回収量が不十分であった。

測定には島根大学総合理工学部に設置の表層電離型質量分析計 (Finigan MAT 社製 MAT-262) を使用し、飯泉 (1996) の方法に従った。各試料の Sr 同位体比は、同時に測定した標準試料 NIST 987 の Sr 同位体比を 0.710241 として規格化した。

4. Sr 同位体比測定結果

Sr 同位体比の測定結果を Table 1 に示す。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は「所沢」の変質した 2 試料 (16-1, 2: 深度 394.5 m) および堀兼試料を除けば測定誤差は $10 \sim 13 \times 10^{-6}$ である。「所沢」における $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は変質した 2 試料を除けば 0.709089–0.708616 の範囲にあり、さらに 0.708900 未満の試料は深度 394 m 以深に限られている。前述の 2 試料の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は 0.707221, 0.707284 と著しく小さい値であり、3 Ma 以降の海水の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は 0.709060 より大きく、現在の海水の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は 0.709175 である (McArthur and

Howarth, 2004) ことを考えると、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比が 0.708900 未満のものは明らかに変質した試料と判断される。これらの変質した試料を除いた、「所沢」における $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比の深度変化を Fig. 3 に示す。納谷ほか (2012) により海成層は上位から M1 ~ M15 に区分されており、同じ層準で複数の測定試料がある海成層をみると、M4 (試料 2, 3) では $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比が一致しているが、M6 (試料 4~8) では試料間の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比の差が大きい。岩相は前者がシルトで、後者が細粒砂である。さらに、M7 (試料 9-1, 9-1) や M11 (試料 11~14) においても試料間の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比の差が大きい。岩相は前者が泥岩、後者が細粒砂である。

水道井の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は、奥富の 2 試料は 0.709091, 0.709064 であり、深度 147/151 m の試料は堀兼試料 (0.709059) に近い値を示した (Table 1)。土塩層の 3 試料の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は 0.708863, 0.708821, 0.708696 であり、比較的類似した値である (Table 1)。

所沢市では深度 200–300 m の水道用井戸が多数掘削されており、狭山市でも災害用給水井戸として深度 200 m まで掘削されていることから、少なくともこれらの深度までは地表水が地下水として循環している。このことは地層 (砂礫層) の比抵抗が大きいことや「所沢」の深度 394.5 m に変質した褐色の貝化石が存在することからも支持される。この変質した試料の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は小さく (0.707221 と 0.707284)、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比が 0.708900 未満を示す試料はこの変質した試料の上下の深度に認められることから、この変質は $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比を小さくする方向に働いていると考えられる。同様なことは有孔虫化石の場合にも認められる (加藤・中野, 1999)。したがって、同層準の試料では $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比が大きいものほど変質の影響が小さいと考えられる。

5. Sr 同位体年代

「所沢」の 25 試料の中で $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比が比較的大きく (0.70904 以上)、また同深度試料では $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比が大きい試料について、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比から McArthur and Howarth (2004) の “Look-Up Table Version 4: 08/04” を用いて Sr 同位体年代 (以下 Sr 年代) を求めた。結果を Table 2 に示す。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比の年代誤差は $\pm 0.1 \sim \pm 0.3$ Ma 程度である。測定誤差を考慮した Sr 年代は最大の年代幅を示し、その求め方を 2 つのケース ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比–Sr 年代プロットにおいて傾きが比較的大きい Sr 年代が 1.2 Ma と比較的小さい Sr 年代が 2.0 Ma) で測定誤差 $\pm 15 \times 10^{-6}$ の場合について Fig. 4 に示す。これらの年代範囲は広く、

Table 1. Sr同位体比測定試料および測定結果.

Table 1. Samples and results for analysis of strontium isotope ratios.

試料	深度 (m)	岩相		貝殻	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	誤差 (2σ) ($\times 10^{-6}$)
「所沢」コア						
1	109.5	暗灰色	細砂	破片	0.709001	11
2	179.4	暗灰色	シルト	破片	0.709027	10
3	190.7	暗灰色	シルト混り細砂	大きな破片	0.709023	13
4	225.1	黄褐灰色	細砂	小さな破片	0.709011	11
5	232.5	黄褐灰色	細砂	破片	0.709029	12
6	234.1	黄褐灰色	細砂	大きな破片	0.709078	13
7-1	235.2	黄褐灰色	細砂	大きな破片	0.709089	11
7-2				破片	0.709054	11
8	237.3	黄褐灰色	細砂	カキ	0.709066	13
9-1	262.5	暗灰色	泥岩	カキ	0.709080	12
9-2				カキ	0.709046	12
10	292.5	暗灰色	中砂	破片	0.709032	12
11	353.8	暗灰色	細砂	破片	0.708968	12
12	364.6	暗緑灰色	細砂	破片	0.709013	11
13	370.5	暗緑灰色	細砂	破片	0.708984	10
14	390.3	暗灰色	細砂	破片	0.708976	13
15-1	394.0	暗緑灰色	礫混り中細砂	二枚貝	0.708849	10
15-2				巻貝	0.708674	12
16-1	394.5	暗緑灰色	礫混り中細砂	二枚貝(褐色, 風化)	0.707221	27
16-2				破片(褐色, 風化)	0.707284	21
17	410.9	灰色	砂質泥岩	カキ	0.709023	11
18	425.8	暗灰色	細砂	小さな巻貝	0.708880	12
19	441.1	暗灰色	細砂	小さな巻貝	0.708747	12
20	447.9	暗灰色	細砂	破片	0.708616	11
21	450.3	暗灰色	シルト質細砂	二枚貝	0.709048	13
狭山市水道井						
奥富	128/140		粘土砂	多量	0.709091	13
	147/151		粘土混り砂	極少量	0.709064	13
堀兼	157/159		粘土	少量	0.709059	22
土塩層(荒川)						
T-1		暗灰色	砂質泥岩	二枚貝	0.708863	12
T-2		暗灰色	砂質泥岩	二枚貝, 巻貝	0.708696	11
T-3		暗灰色	砂質泥岩	二枚貝	0.708821	13

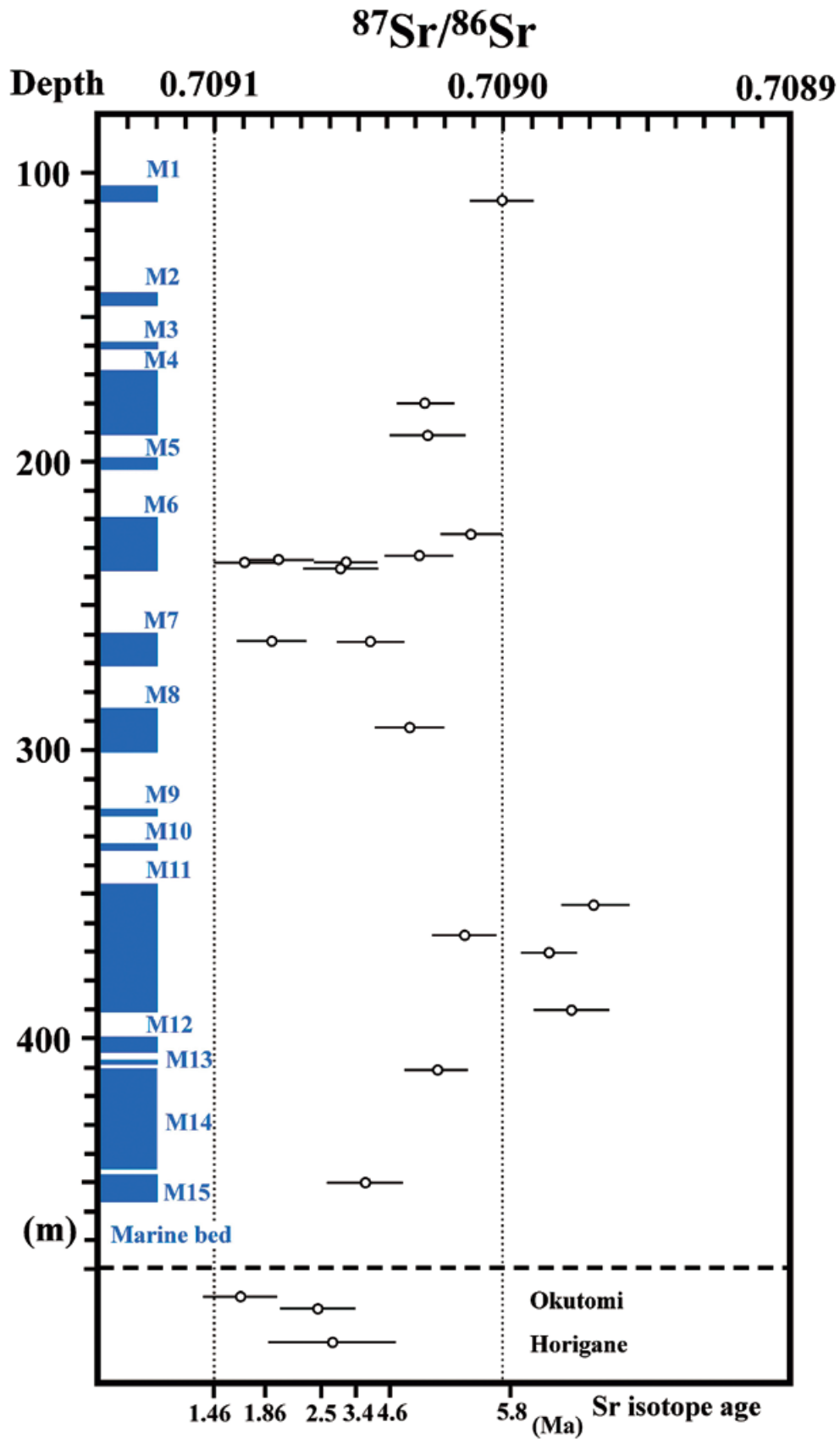


Fig. 3. 「所沢」における $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比の深度変化および水道井奥富と堀兼の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比. Sr 年代は McArthur and Howarth (2004) による.

Fig. 3. Depth change of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios in the Tokorozawa well and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios in Okutomi and Horigane water wells. Sr isotope age is based on McArthur and Howarth (2004).

Table 2. 変質の小さい試料の Sr 年代と測定誤差を考慮した Sr 年代範囲.

Table 2. Sr isotope ages and Sr isotope age ranges based on measurement errors of less altered samples.

試料 坑井/場所	深度/層 (m)	Sr年代			測定誤差を考慮した Sr年代 (Ma)
		年代値 (Ma)	誤差 (-) (+)		
「所沢」					
6	234.1	2.01	0.10 0.11		1.57 – 2.54
7-1	235.2	1.67	0.06 0.07		1.41 – 2.12
8	237.3	2.84	0.14 0.25		2.21 – 4.53
9-1	262.5	1.93	0.10 0.11		1.56 – 2.42
21	450.3	3.76	0.31 0.33		2.46 – 4.87
奥富					
	128/140	1.63	0.06 0.07		1.35 – 2.12
	147/151	2.46	0.09 0.10		1.94 – 3.69
堀兼					
	157/159	2.67	0.10 0.13		1.80 – 4.80
荒川					
T-1	土塩層	10.5	0.23 0.21		10.0 – 11.1
T-2	土塩層	16.3	0.11 0.11		16.1 – 16.4
T-3	土塩層	12.4	0.31 0.26		11.3 – 13.3

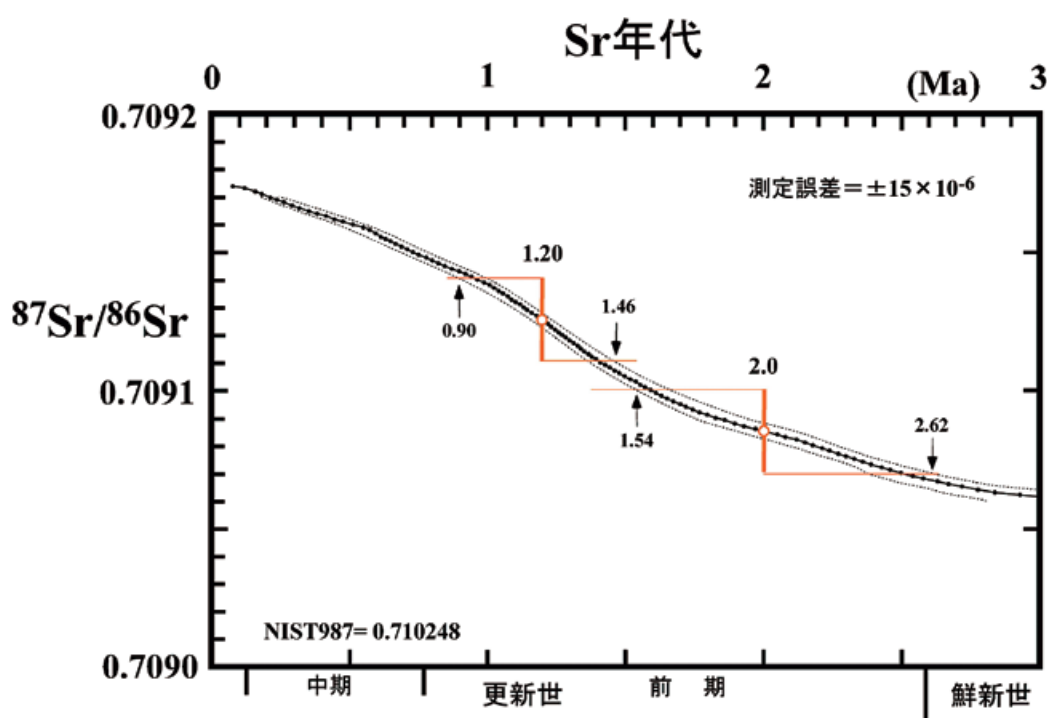


Fig. 4. 測定誤差を考慮した Sr 年代範囲.

Fig. 4. Sr age range based on measurement errors.

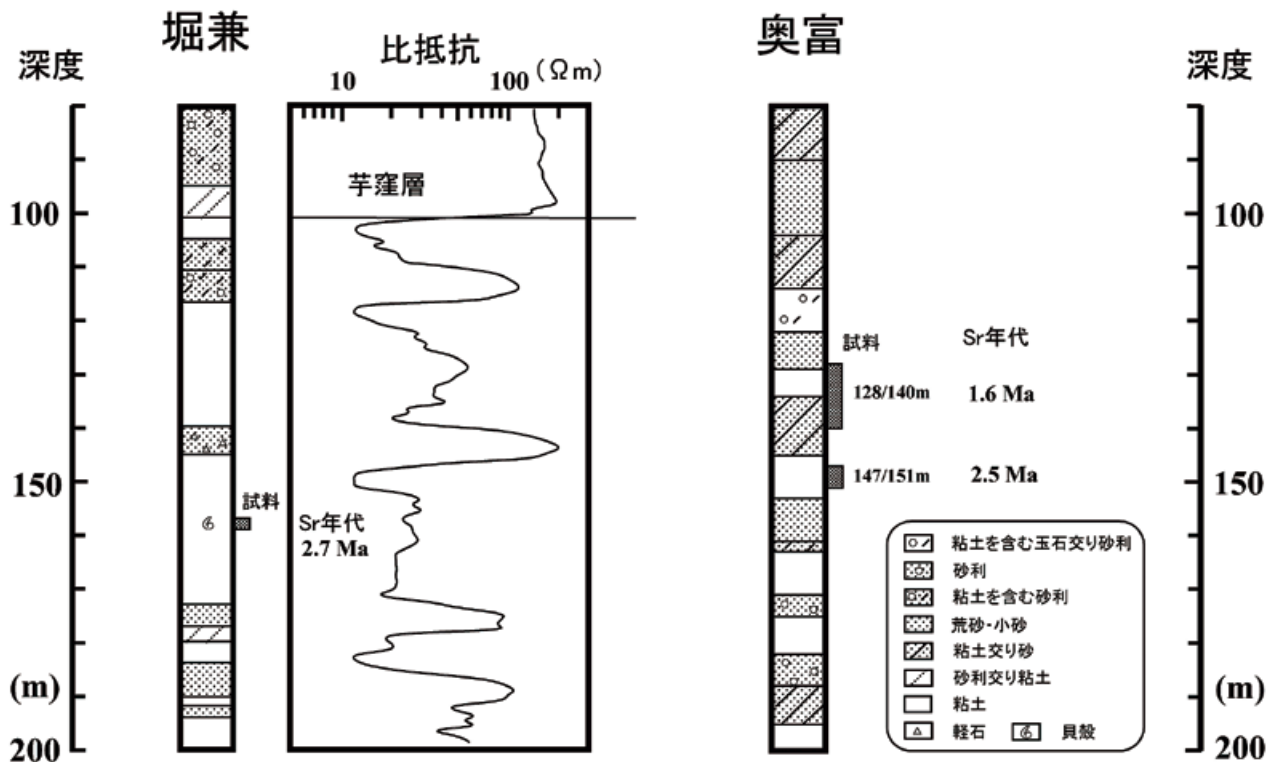


Fig. 5. 水道井奥富と堀兼の地質柱状図と Sr 年代.

Fig. 5. Geologic column and Sr age in the Okutomi and Horigane water wells.

それぞれ 1.2 ± 0.3 Ma, 2.0 ± 0.6 Ma となる. そのため, 以下では測定値から求めた Sr 年代を基に議論する.

「所沢」では 5 試料(試料 6, 7-1, 8, 9-1, 21)の Sr 年代を求めた (Table 2). 同じ海成層 (M6) ではほぼ同深度の 3 試料の Sr 年代は 2.8–1.7 Ma であり, その下位の海成層 M7 の 1 試料の Sr 年代は 1.9 Ma である. M6 に属する試料間には $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比の値に差があり, 目視や薬品処理では判断できないような変質の差が影響している可能性が考えられる. 試料の変質が $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比を小さくする方向に働いていることは, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比と Sr 年代の関係 (Fig. 4) から明らかかなように, 変質の程度が大きくなると Sr 年代は古い値を示す可能性が高い. その中で, 試料 7-1 (深度 235.2 m) と試料 9-1 (深度 262.5 m) の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は大きく, 変質の程度は小さいと考えられ, 深度 235.2 m の Sr 年代 1.7 Ma と深度 262.5 m の Sr 年代 1.9 Ma は深度の上下関係にも矛盾がなく, その信頼性が高いと判断される. 最下位の海成層 M15 の 1 試料の Sr 年代は 3.8 Ma であり, この付近の上総層群および相当層の基底深度は -500 m から -

1000 m の範囲にあり (鈴木, 2002), 上総層群とされる地層の年代 (植木・酒井, 2007) より明らかに古く, 変質の影響を受けていると考えられる. 得られた Sr 年代の上下関係は上記のように議論したが, 「所沢」からは微化石や火山灰から得られた年代値がないため, Sr 年代自体の評価はできていない. ただし, 仏子層の堆積年代 (約 2.5–1.5 Ma: 納谷・水野, 2020) を考慮すると, 「所沢」で得られた 2.8–1.7 Ma の Sr 年代は誤差を含めると大きくずれているわけではない.

狭山市水道井の奥富と堀兼のカッティングスによる地質柱状図を Fig. 5 に示す. 奥富の 2 試料については, 上位が 1.6 Ma, 下位が 2.5 Ma と Sr 年代の上下関係に矛盾はない. また, 奥富の下位試料と堀兼の試料はどちらも深度が 150 m 前後で, Sr 年代もそれぞれ 2.5 Ma と 2.7 Ma と類似しており, 対比できる可能性がある. しかし, 奥富と堀兼も「所沢」と同様に Sr 年代を検証できる年代データが無いため, 本論では議論しない.

明戸セクションにおける土塩層の Sr 年代は 16.3–10.5 Ma であり (Table 2), 珪藻化石に基づく年代 (10.1–10.0 Ma: 須藤ほか, 2003) に比べやや古

い。試料 T-1 の Sr 年代 10.5 Ma が最も珪藻化石年代に近似しているが、誤差 (± 0.2 Ma) を考慮してもやや古く、前処理で溶解液が若干黄色に変色したことから、変質の影響を受けていると推定される。

6. まとめ

「所沢」、水道井および土塩層から採取した貝殻を試料として、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比を測定し、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比が大きい変質の程度が小さいと推定される測定値から Sr 年代を求めた。その結果、「所沢」では試料 7-1 (深度 235.2 m) と試料 9-1 (深度 262.5 m) の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は測定した 25 試料の中でも大きく、変質の程度は小さいと考えられる。得られた Sr 年代 (1.7 Ma: 深度 235.2 m と 1.9 Ma: 深度 262.5 m) は深度の上下関係が整合しており、従来知られている仏子層の堆積年代 (約 2.5–1.5 Ma: 納谷・水野, 2020) と近い値である。奥富の 2 試料については、上位が 1.6 Ma, 下位が 2.5 Ma と Sr 年代の上下関係に矛盾はない。また、奥富の下位試料と掘兼の試料はどちらも深度が 150 m 前後で、Sr 年代もそれぞれ 2.5 Ma と 2.7 Ma と類似しており、対比できる可能性がある。土塩層の Sr 年代 10.5 Ma は珪藻化石年代よりやや古く、前述の変質が影響している可能性がある。

「所沢」、水道井および土塩層のいずれの試料においても、変質の影響は $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比を低下させ、Sr 年代を古くする方向に働いている。同様のことは有孔虫化石でも認められている (加藤・中野, 1999)。したがって、同層準でできるだけ多くの複数試料 (貝殻) について $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比を測定し、最も大きな $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比の試料が最も変質の影響が少ない試料として Sr 年代を求めれば、信頼性の高い年代が得られる可能性があり、地下の坑井について年代や対比の基礎資料となると期待される。

7. 謝辞

埼玉県環境科学国際センターの八戸昭一博士には「所沢」コアの使用と報告書の閲覧で大変お世話になった。国立研究開発法人産業技術総合研究所の納谷友規博士と水野清秀氏にはコアからの試料採取を手伝って頂いた。島根大学総合理工学部地球科学科亀井淳志教授には $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比の測定をお願いした。狭山市立博物館には水道井の試料の使用を許可して頂いた。元石油資源開発株式会社の中山一夫博士には英文要旨を添削して頂いた。以上の方々および機関に深謝します。産業技術総合研究所の中島 礼博士には原稿を査読して頂き、本原稿の改善になったことを感謝します。

8. 引用文献

- 遠藤 毅・川島真一・川合将文・中村正明・石井 求. 1989. 北多摩地区の地盤および水文地質. 平成元年都土木技術年報: 231–250.
- 伊藤 孝. 1993. 新生代海水 Sr 同位体組成データの評価と Sr 同位体層序. 地質学雑誌 99(9): 739–753.
DOI: 10.5575/geosoc.99.739
- 飯泉 滋. 1996. 表面電離型質量分析計, MAT262 による岩石・鉱物試料の Sr・Nd 同位体組成の測定. 島根大学地球資源環境学研究報告 15: 153–159.
- Kagami, H., M. Iwata, S. Sano, and H. Honma. 1987. Sr and Nd isotopic compositions and Rb, Sr, Sm, and Nd concentrations of standard samples. Technical Report of ISEI (Institute for Study of the Earth's Interior), Okayama University, Ser., B 4: 1–16.
- 加藤 進・中野孝教. 1999. 石油探鉱におけるストロンチウム同位体層序. 石油技術協会誌 64(1): 72–79.
DOI: 10.3720/japt.64.72
- 加藤 進・田澤孝一・中野孝教. 1997. 基礎試錐「相馬沖」における新生代ストロンチウム同位体層序. 地質学雑誌 103(11): 1046–1052.
DOI: 10.5575/geosoc.103.1046
- McArthur, J. M., and R. J. Howarth, 2004. Strontium isotope stratigraphy. A Geologic Timescale 2004: 96–105.
- 森 和雄・垣見俊弘・大山 桂・石田正夫・阿久津純・田尻貞治. 1974. 埼玉県新座市・所沢市の試錐井とそれに関連する地表および地下地質. 地質調査所月報 25(8): 379–395.
- 中村羊大・亀尾浩司・浅原良浩・小澤智生. 1999. 琉球列島久米島に分布する新第三系島尻層群の層序と地質年代. 地質学雑誌 105(11): 757–770.
DOI: 10.5575/geosoc.105.757
- 納谷友規・八戸昭一・松島紘子・水野清秀. 2012. 珪藻化石と岩相に基づく関東平野中央部で掘削されたボーリングコアの海成層準の認定. 地質調査研究報告 63(5–6): 147–180.
DOI: 10.9795/bullgsj.63.147
- 納谷友規・水野清秀. 2020. 埼玉県加治丘陵に分布する下部更新統仏子層の層序と年代の再検討. 地質学雑誌 126(4): 183–204.
DOI: 10.5595/geosoc.126.183
- 埼玉県. 1979. 所沢地盤沈下観測所地質調査委託業務報告書 昭和 54 年. 埼玉県環境部水質保全課. 157 p.

須藤 斎・高橋雅紀・柳沢幸夫. 2003. 埼玉県比企丘陵の中新統土塩層(明戸セクション)の珪藻化石層序. 地質学雑誌 109(1): 48-62.

DOI: 10.5595/geosoc.109.48

鈴木宏芳. 2002. 関東平野の地下地質構造. 防災科学技術研究所報告 63: 1-19.

植木丘雪・酒井 彰. 2007. 青梅地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅). 産総研地質調査総合センター. 189 p.