

新潟における降水のSrおよび酸素同位体比

柚原雅樹*¹・渡部直喜*¹

Sr and Oxygen isotopic ratios of rain waters in Niigata City.

by

Masaki YUHARA and Naoki WATANABE

(Abstract)

Rain waters collected on the roof of Research Institute for Hazards in Snowy Areas, Niigata University between the period March 1999 to January 2000 were analyzed for the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio, Rb and Sr concentrations and oxygen isotopic ratio. The $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios of rain waters range from 0.70658 to 0.71051. Most rain waters are close to sea water in the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio. This indicates that Sr in most rain waters originated from sea water. The high Sr isotopic ratios (>0.710), in spring and winter, may be affected by eolian dust. In addition, strong seasonal wind through beach carries sands which may also affect Sr isotopic ratios of rain water in winter. Sea water samples were collected at five beaches in Niigata Prefecture. These $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios are in narrow range from 0.70915 to 0.70917, and are equivalent to average of sea water in the world (0.709177). This supports homogeneity of sea water in Sr isotopic ratio. The $\delta^{18}\text{O}$ values of rain waters range from -17.17 to $+0.23\%$, and do not relate to theoretical seasonal variation.

Keywords : Sr isotopic ratio, oxygen isotopic ratio, rain water

キーワード : Sr同位体比, 酸素同位体比, 降水

I は じ め に

河川水や地下水は, 大部分が降水起源であるから, Sr同位体比からそれらの水に含まれる溶存成分の起源を考える場合, 降水のSr同位体比を知ることが不可欠となる。降水の H_2O は基本的に海水の蒸発によりもたらされるものであり, 溶存成分にも海水飛沫の寄与が認められ, 特に海洋島や沿岸域の降水には, そのような海水起源のSrの影響が大きいとされている。しかし, 海洋島における降水のSr同位体比が海水よりも低い場合もあり, 海水飛沫以外のソースを考える必要がある場合も報告されている。また, 雨ごとに異なるSr同位体比を示すことも知られている(中野, 1993)。さらに, 降水のSr同位体比には, 中野ほか(1992)によって示されているように, 季節変動が認められる。こうした降雨に見られるSr同位体比組成の変化は, 気団との関係や降雨地域に由来するSrを考慮すべきであることを示している(中野, 1993)。

*1新潟大学積雪地域災害研究センター

そこで、新潟大学構内における降水のSr同位体比組成および酸素同位体比を測定し、その季節変動を解析した。

II 分析 方 法

降水の採水は、新潟大学積雪地域災害研究センターの屋上で行った。試料は、不純物を除去するため0.45 μm のメンブレンフィルターでろ過した。使用した水試料は同位体で60~200ml、定量で60~120mlである。さらに、比較のため、新潟県内の5カ所の海岸で海水を採水し(図-1)、Sr同位体比を測定した。試料調整およびRb, Sr抽出は、柚原ほか(1998)およびHamamoto et al.(2000)に従った。

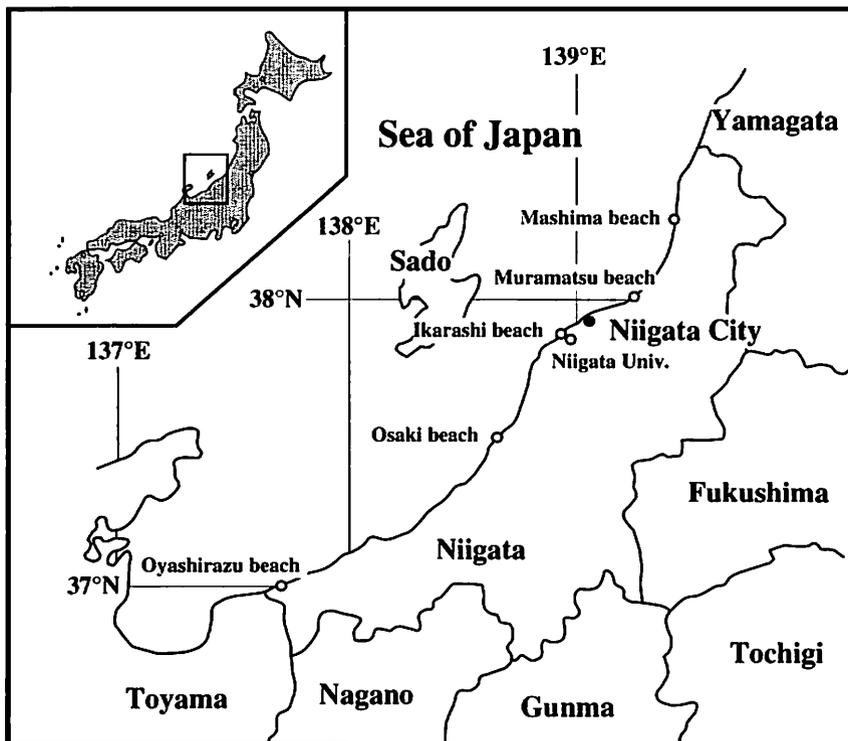


図-1 試料採取地点

Sr同位体比は、新潟大学理学部のMAT-262型質量分析計と同大学院自然科学研究科のMAT-261型質量分析計を用いて分析した。測定方法は、Miyazaki and Shuto (1998)に従った。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}=0.1194$ で規格化した。Sr抽出におけるブランクは、RbおよびSrが1 ng以下であった(Hamamoto et al., 2000)。各試料の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は、同じ測定期間中に測定したSr同位体比標準試料NBS-987のSr同位体比を、0.710241に補正した値である。Rb, Srの定量は、 $^{87}\text{Rb}-^{84}\text{Sr}$ ミックススパイクを用いた同位体希釈法により測定した。

酸素同位体比は、新潟大学積雪地域災害研究センターの安定同位体比測定用質量分析計(Micromass PRISM)を用いて分析した。試料調整および測定方法は、渡部ほか(1998)に従った。

Ⅲ 測定結果および考察

降水のSr同位体比は、0.70658～0.71051の間にある(表-1)。Sr濃度は0.26～31ppbであり、 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ は0.05387～9.306と変化に富む。一方、海水のSr同位体比は、0.70915～0.70917であり(表-2)。

表-1 新潟における降水のSrおよび酸素同位体比組成

Sample No.	Rb(ppb)	Sr(ppb)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(2\sigma)$	$\delta^{18}\text{O}$
1999.3.27	3.04	2.33	3.772	0.70993(5)	
1999.5.4	1.78	26.1	0.1979	0.71022(3)	
1999.5.25	0.173	2.54	0.1976	0.70926(3)	-9.42
1999.6.7	1.81	0.562	9.306	0.70658(6)	-6.51
1999.6.16	0.333	0.640	1.508	0.70880(3)	-3.89
1999.6.18	0.572	0.306	5.409	0.70841(5)	-8.93
1999.6.30	0.0669	0.256	0.7565	0.70859(7)	-9.70
1999.7.13					-5.03
1999.7.18					-7.99
1999.7.21					-15.61
1999.8.13					-5.30
1999.8.16					-8.32
1999.9.8	9.03	0.634	0.4119	0.70908(7)	-9.95
1999.9.15	0.594	2.07	0.8296	0.70927(4)	-17.17
1999.9.22					-8.33
1999.10.7	0.138	1.01	0.3934	0.70849(6)	-7.10
1999.10.7-2					-6.39
1999.10.12	0.0801	0.374	0.6193	0.70904(11)	-7.21
1999.10.27	0.168	5.34	0.09119	0.70909(4)	-7.09
1999.11.1					-8.88
1999.11.9					-7.70
1999.11.12	0.0790	0.645	0.3547	0.71051(5)	-6.85
1999.11.24					-5.91
1999.11.26	22.2	9.22	6.98	0.70928(3)	-4.96
1999.12.2					+0.23
1999.12.6	24.7	13.3	5.377	0.70915(3)	-6.77
1999.12.16	1.56	7.20	0.6255	0.70977(4)	-7.08
2000.1.7	0.475	5.56	0.2475	0.71059(4)	-5.74
2000.1.20	0.581	31.2	0.05387	0.70915(3)	

表-2 海水のSr同位体比組成

Sample No.	Rb(ppm)	Sr(ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(2\sigma)$
Ikarashi beach (4.16)	0.121	7.18	0.04872	0.70915(1)
Oyashirazu beach (4.17)	0.117	6.88	0.04912	0.70917(1)
Osaki beach (4.17)	0.145	7.25	0.05784	0.70917(1)
Muramatsu beach (6.1)	0.258	5.91	0.1262	0.70915(1)
Mashima beach (6.1)	0.102	6.67	0.01125	0.70917(1)

極めて狭い範囲内にある。伊藤（1993）は、1980年以降報告された海水のSr同位体比をまとめており、これによると、NBS-987=0.710240と標準化した場合、 0.709177 ± 0.000054 (2σ , $N=54$)となる。今回得られたSr同位体比は、この平均値に極めて近い。海水のSr同位体比は、全地球的に非常に均質であることは以前から指摘されており（例えば、Peterman et al., 1970）、これを支持する結果となった。Sr, Rb濃度、 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 比に差があるのは、採水場所が海岸であり、濃度が気象条件に左右されやすいことや、流入する河川水の影響などがあるためであると考えられる。

降水のSr同位体比の季節変化を図-2に示した。降水は3月から5月にかけて高いSr同位体比を示し、その後一時低いSr同位体比を示すが、それ以降は海水のSr同位体比の前後の値を示す。11月以降は、パルス的に高いSr同位体比を示す降水が存在する。海水に近いSr同位体比を示す降水のSrは、海水飛沫によりもたらされたと考えられる。これは、 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 比が海水に類似する（図-3）ことから支持される。新潟大学五十嵐キャンパスが海岸から約1kmと、地理的にも非常に海に近いためであろう。中野ほか（1992）は、長野県野辺山における降水のSr同位体比が、春に0.7092前後と

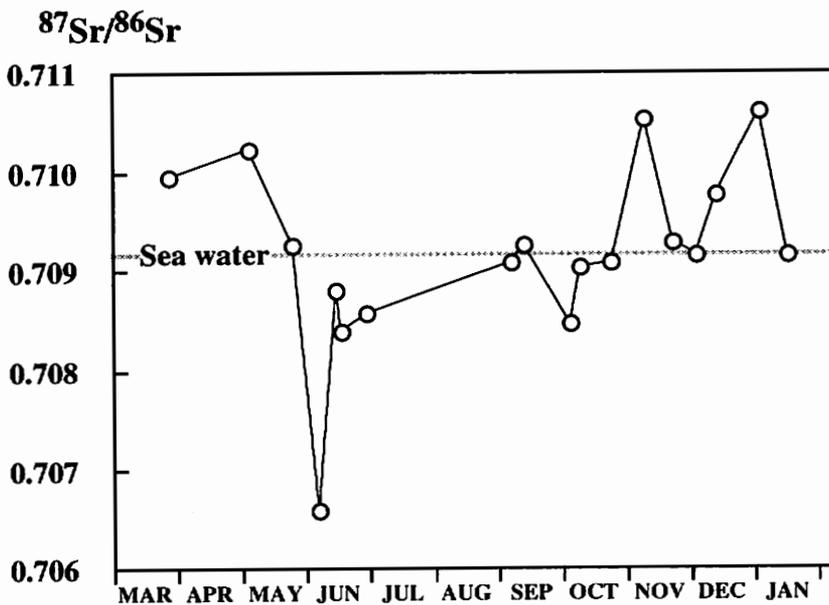


図-2 降水のSr同位体比の季節変化

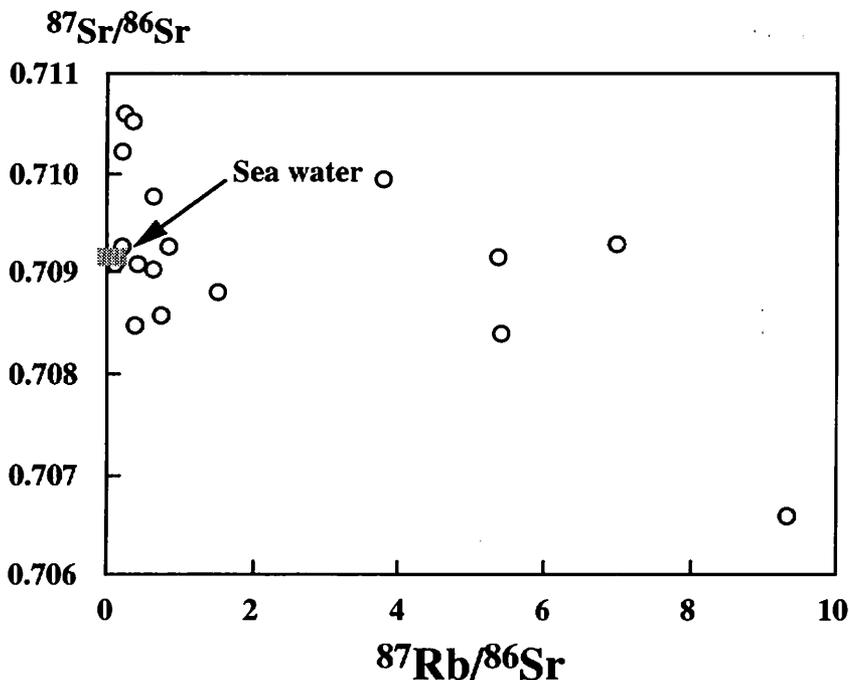


図-3 降水の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 図

海水の値にほぼ等しく高い値を示すのに対し、秋には0.7065と低い値を示すことを報告した。そして、その春の特徴を、アジア大陸の対流圏上空に舞い上がった高い $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比をもつ黄砂に原因を求めた。新潟における降水の高いSr同位体比は、明らかに海水のそれよりも高い。したがって、このような高いSr同位体比をもつ降水のSrは、中野ほか（1992）同様、黄砂に起源を求めるのが妥当かもしれない。冬季の降水のSrは、採水した降水中に砂粒子がしばしば認められることから、日本海特有の強い季節風によって運ばれた海岸部の微粒な砂粒子などの関与もあると思われる。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 図（図-3）からは、その端成分のSr同位体比組成が一樣ではないことが示唆される。これらを解決するためには、降水のみならず、周辺地域の砂、土壌、植物内の水などのSr同位体比組成の把握も必要であろう。

また、降水の酸素同位体比（ $\delta^{18}\text{O}$ ）は、 $-17.17\sim+0.23\%$ であるが、大部分は $-10\sim-5\%$ の間にある（表-1）。降水の $\delta^{18}\text{O}$ 値の季節変化を図-4に示した。高い $\delta^{18}\text{O}$ 値や低い $\delta^{18}\text{O}$ 値を示す降水がパルスの存在するが、これを除くと、季節変動の傾向は明瞭ではない。佐竹（1986）は、富山大学における降水の $\delta^{18}\text{O}$ 値および δD 値が、降水ごとに大きく変化するものの、明瞭な季節変化がないことを報告している。

今後、Srおよび酸素同位体比の測定を長期にわたり行うことにより、その季節変動の特徴やSrの起源物質がより明確になるであろう。

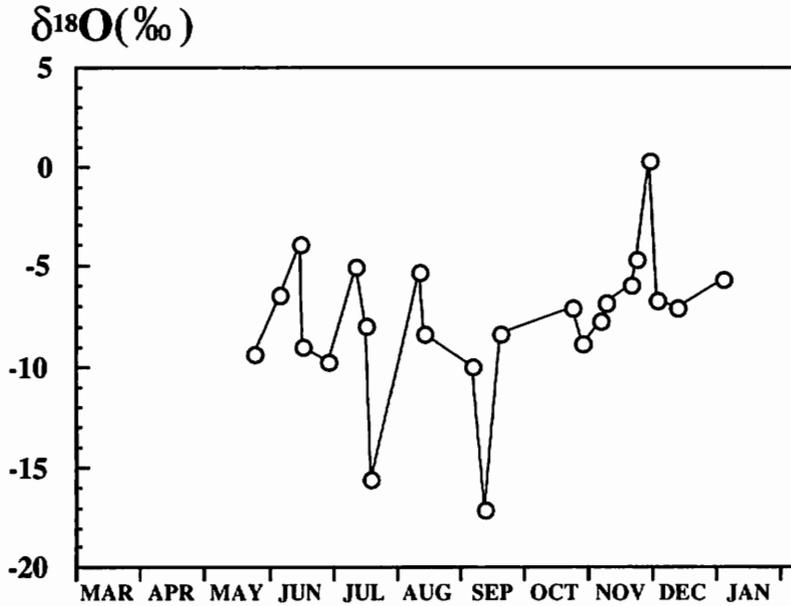


図-4 降水の酸素同位体比の季節変化

謝 辞

同位体抽出およびMAT-261, 262型質量分析計の使用に際しては, 新潟大学大学院自然科学研究科の加々美寛雄教授, 同学理学部の周藤賢治教授にお世話になった。以上の方々に感謝いたします。

文 献

- Hamamoto, T., Yuhara, M., Miyazaki, T., Fukase, M., Kondo, H., Ikawa, T., Ishioka, J., Kagami, H. and Shuto, K. (2000) : Rb, Sr, Sm and Nd separation from rocks, minerals and natural water using ion-exchange resin. *Sci. Rep., Niigata Univ., Ser. E (Geology)*, no.15, 49-58.
- 伊藤 孝 (1993) : 新生代海水Sr同位体組成データの評価とSr同位体層序学. *地質雑*, **99**, 739-753.
- Miyazaki, T. and Shuto, K. (1998) : Sr and Nd isotope of twelve GSJ rock reference samples using MAT262 mass spectrometer. *Geochem. Jour.*, **32**, 345-350.
- 中野孝教 (1993) : 水文トレーサーとしてのSr同位体. *ハイドロロジー*, **23**, 67-82.
- 中野孝教・田中 正・辻村真貴・村松 順 (1992) : 土壌-植物-大気連続系におけるトレーサーとしてのSr同位体. *日本地球化学会要旨*, 2B11-3, 142-143.
- Peterman, Z. E., Hedge, C. E. and Tourtelot, H. A. (1970) : Isotopic composition of strontium in seawater throughout Phanerozoic time. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **34**, 105-120.
- 佐竹 洋 (1986) : 富山における降水, 降雪の安定同位体およびトリチウムの動態. *地球化学*, **20**, 90-92.
- 渡部直喜・柚原雅樹・佐藤 修・鈴木将之・中川 勉 (1998) : 新潟大学積雪地域災害研究センターにおける水試料の酸素同位体比測定. *新潟大災害研年報*, **20**, 105-110.
- 柚原雅樹・渡部直喜・加々美寛雄・中沢健太・中川 勉 (1998) : 天然水試料のSr同位体測定. *新潟大災害研年報*, **20**, 56-61.