

有馬温泉・白浜温泉とラドン 西村進*

Rn in Arima and Shirahama Hot-Springs Susumu NISHIMURA*

* NPOシンクタンク京都自然史研究所, NPO Think-tank Kyoto Institute of Natural History

関西の中部・南部には、高温で含有成分の濃い温泉が所々に湧出している。例えば、有馬温泉、龍神温泉、川湯・湯の峰・渡瀬温泉、白浜温泉、勝浦・湯川温泉、湯泉地温泉、十津川温泉等がある。主に、 $3\text{He}/4\text{He}$ 比が高く、塩類の濃度が濃く、二酸化炭素を多く含んでいる。これらは下部地殻よりもマントルに存在する成分である。

フィリピン海プレートの沈み込みスラブは約60 km深度まで深発地震で追跡できる(Fig. 1)。60 km深度以上には深発地震面がみつからない。有馬温泉の下部ではスラブが約60kmの深さにみられ、白浜温泉では約30kmの深さである。これらの深さでは脱水が見られるが、110 km深度以上でないで島弧の火山活動は起こっていない(巽, 1995; 西村, 2000)。これらの条件では脱水したものは、超臨界の H_2O であり、いろいろな成分を容易に溶かし込み、これらの成分を含む流体(フルイド)としてマントル内を上昇する。この上部のマントルの温度は加水して融点下がっても部分熔融するだけの温度は無く、マグマの発生は考えられない。

上記の温泉では、断層を通じて温泉水が地下水と色々な割合で混合しながら湧出しているように見えることが多い。地殻内部での断層は地震の発生からみて、14 kmより浅い部分にしか見出されない。上記の温泉は、地表地質の調査等からみて熊野酸性岩類の貫入体(地殻下部の再溶融体で、12~14my昔の貫入体)の周辺のゆるみ域を伝い上昇し、断層を通じて湧出すると推定できる。その湧出するときには断層に存在するラジウムその娘元素のラドンを含み上昇するはずである。

白浜温泉では、このような貫入岩体は地表に見えないが、また、有馬温泉では明確でないが、高温の温泉の存在部分は地層の引帳場である。わが研究所では、潜在する貫入体を物理探査(特に重力異常の分布)で推定した。断層の存在も

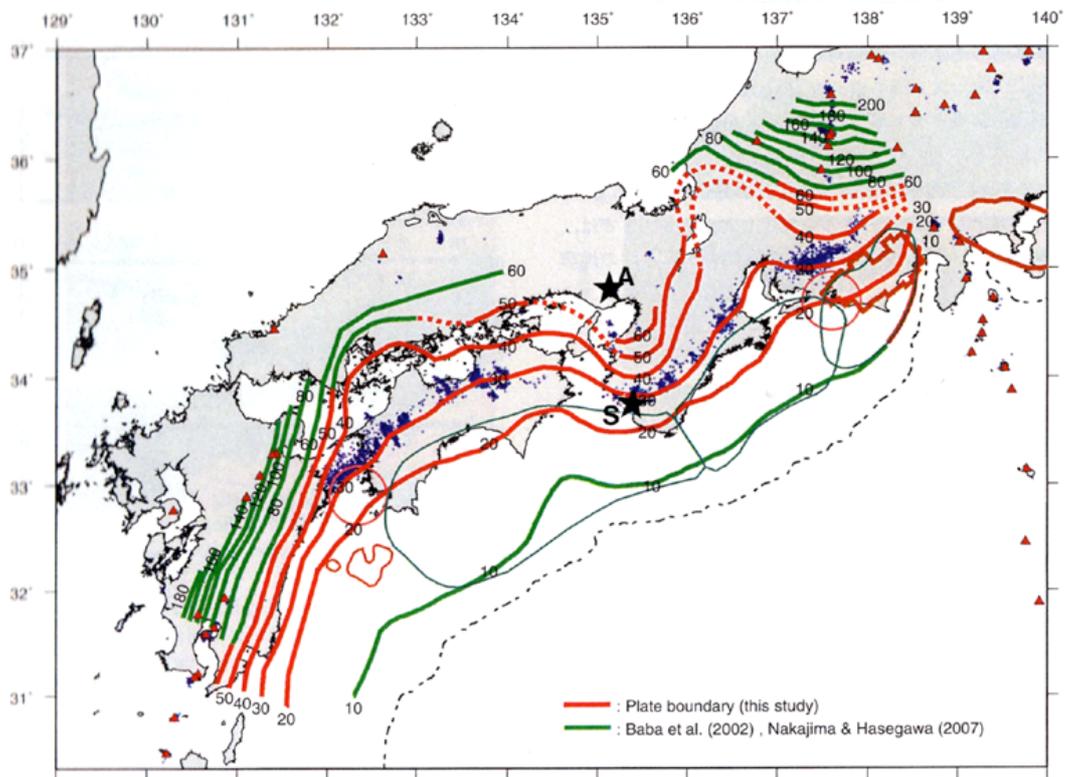
物理探査(重力異常や電磁探査)で推定できた。

高温の温泉は共存する二酸化炭素の遊離や蒸気により自噴していることが多い。これらの割れ目にはラジウムやその娘元素の粘土に吸着し、その後放出が起こるはずである。

堀内他(1979)は白浜温泉水にはラジウムやラドンの含有は少ないと報告している。しかし、地表近くの湧出孔の近辺ではラドンとトロン(ラジウム)の娘元素 ^{214}Bi , ^{208}Tl の γ 線強度が高くなるはずである。今迄の放射能探査の結果(Fig.2; Table 1)からもこのことが得られたし、温泉が閉塞して、止まっているときの地表近くの土壌中の γ 線強度と同じ温泉が自噴していたときに3.8倍であり(Table 2)。このことが証明できた。

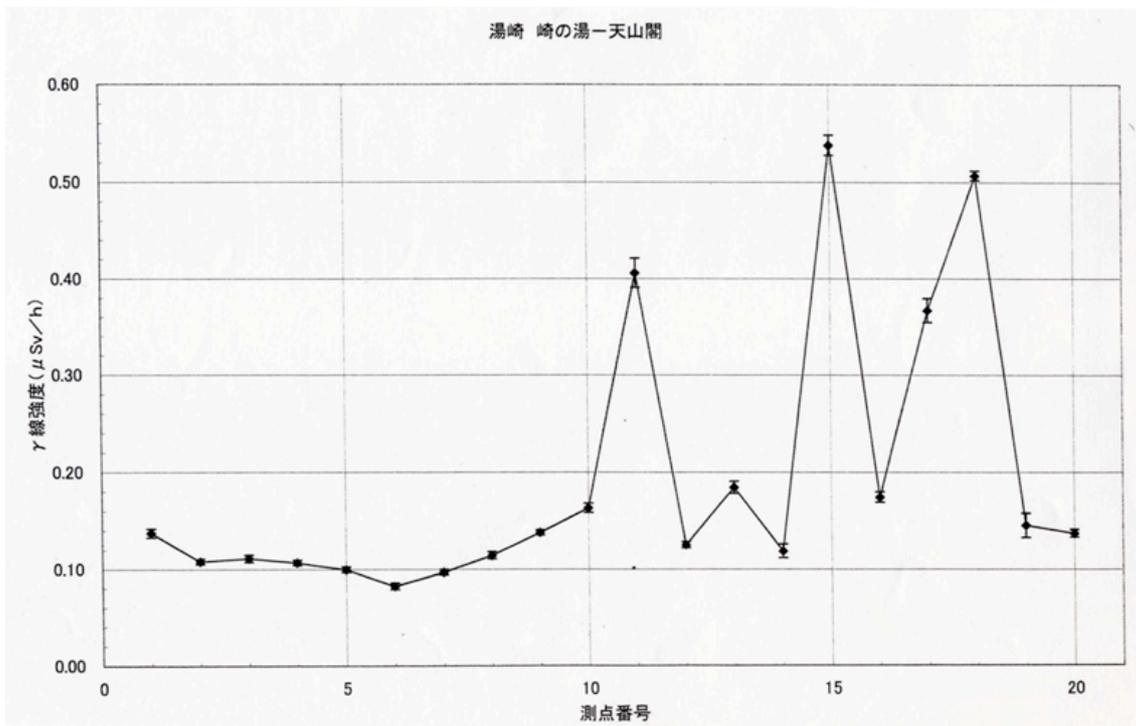
参考文献

- 弘瀬冬樹・中島淳一・長谷川昭(2007) : Double-Difference Tomography法による西南日本の3次元地震波速度構造およびフィリピン海プレートの形状の推定, 地震, 60, 1-20.
- 堀内公子・甘露寺泰雄・村上悠紀雄(1979) : 白浜温泉におけるRa,Rnの存在とその起因に関する地球化学的考察, 温泉科学, 29, 175-182.
- 西村進(2000) : 紀伊半島における前弧火成作用と温泉, 温泉科学, 49, 207-216.
- 巽好幸(1989) : 沈み込み帯のマグマ学, 全マントルダイナミクスに向けて, 東大出版, 東京.



第1図 フィリピン海スラブ上面の形状 (弘瀬ほか; 2007に加筆)

- ・A: 有馬温泉 (スラブの上面の深さ: 約60Km)
- ・B: 白浜温泉 (スラブの上面の深さ: 約30Km)



第2図 湯崎 崎の湯-一行幸の湯-天山閣ルートのγ線強度分布

第1表 有馬温泉 金泉での地表 γ 線強度と周辺域の γ 線強度

A測線			C測線		
15m	γ ($\mu\text{Sv/h}$)	σ ($\mu\text{Sv/h}$)	15m	γ ($\mu\text{Sv/h}$)	σ ($\mu\text{Sv/h}$)
1	0.1495	0.0047	1	0.1556	0.0028
2	0.1635	0.0036	2	0.1290	0.0039
3	0.1710	0.0036	3	0.1278	0.0058
4	0.1389	0.0044	4	0.1447	0.0023
5	0.1156	0.0040	5	0.1512	0.0025
6	0.1255	0.0050	6	0.1070	0.0038
7	0.0983	0.0021	7	0.1264	0.0026
8	0.1336	0.0034	8	0.1422	0.0045
9	0.1476	0.0046	9	0.1718	0.0040
10	0.1180	0.0052	10	0.1664	0.0031
11	0.1016	0.0049	11	0.1708	0.0034
12	0.1371	0.0032	12	0.1474	0.0037
13	0.1255	0.0042	13	0.1454	0.0044
14	0.1241	0.0032	14	0.1252	0.0027
15	0.1202	0.0018	15	0.1274	0.0031
16	0.1333	0.0040	16	0.1636	0.0045
17	0.1688	0.0058	17	0.1432	0.0046
18	0.1750	0.0047	18	0.1328	0.0069
19	0.1570	0.0029	19	0.1324	0.0037
20	0.1452	0.0025	20	0.1090	0.0034
21	0.1602	0.0047	21	0.1118	0.0032
B測線			22	0.1282	0.0054
15m	γ ($\mu\text{Sv/h}$)	σ ($\mu\text{Sv/h}$)	23	0.1136	0.0035
1	0.1394	0.0047	24	0.1270	0.0053
2	0.1462	0.0040	25	0.1480	0.0037
3	0.1487	0.0079	26	0.1388	0.0036
4	0.1643	0.0036	27	0.1360	0.0050
5	0.1280	0.0046	28	0.1300	0.0031
6	0.1288	0.0026	29	0.1614	0.0047
7	0.1641	0.0037	C-2測線		
8	0.1291	0.0063	15m	γ ($\mu\text{Sv/h}$)	σ ($\mu\text{Sv/h}$)
9	0.0952	0.0025	30	0.1201	0.0056
10	0.1404	0.0075	31	0.1434	0.0038
11	0.1340	0.0047	32	0.1166	0.0048
12	0.1428	0.0054	33	0.1512	0.0027
13	0.1530	0.0046	34	0.1414	0.0056
14	0.1354	0.0041	D測線		
15	0.1337	0.0032	15m	γ ($\mu\text{Sv/h}$)	σ ($\mu\text{Sv/h}$)
16	0.1234	0.0036	0	0.3350	0.0118
17	0.1347	0.0029	1	0.3640	0.0135
			2	0.2388	0.0090
			3	0.2024	0.0042
			4	0.2168	0.0043
			5	0.1976	0.0030
			6	0.1838	0.0076
			7	0.2055	0.0048
			8	0.7110	0.0160
			9	0.1869	0.0041

第2表 有馬温泉 極楽泉源周辺での、自噴時の γ 線強度と自噴停止時の γ 線強度

泉源名	測定時の状況	γ 線強度($\mu\text{Sv/h}$)
有馬温泉 極楽泉源	孔井閉塞し、ガスがほとんど出ていないとき	0.1869±0.0041
	リーミングを行ない、温泉が沸騰し自噴するとき	0.7110±0.0160