

別府温泉の化学的研究

第20報¹⁾: 別府温泉成分の地域的特性(その2)Ca/Mg、コロイド硅酸量、Br/Cl, I/Cl,
重水素含有量などによる検討

古 賀 昭 人

(九州大学温泉治療学研究所)

(昭和34年3月27日受理)

1. 緒 言

著者は、さきに第13報の別府温泉成分の地域的特性(その1)²⁾において海水成分よりの偏差を求め別府温泉の各地区で、それぞれ特性があることを示した。すなわち、明礬および堀田、観海寺地区は偏差が大であり鉄輪から亀川方面はその偏差が小で旧市内は、やゝ大であつた。旧市内は、さらに北部方面と田ノ湯泉脈が大であり海門寺泉脈は小であつた。つぎに SO_4/Cl について温泉80個の考察では火山性けんちよな明礬、堀田、観海寺地区が大で亀川および鉄輪地区の大部分は1より小であつた。とくに亀川地区は0.5以下であり、旧市内地区は別府駅以東が低く0.3以下で田ノ湯泉脈は0.4~0.7、北部地区は1に近い温泉もあつた。これらの概要は第1表に示す。

著者は更に引きつべき、Ca/Mg、コロイド硅酸、Br/Cl, I/Cl, Br/r、重水素含有量などから種々別府温泉成分の地域的特性について考察したので報告する。

第1表: 別府各地区温泉の海水成分よりの偏差 (δ) SO_4/Cl

地 区	明 礬	鉄 輪	亀 川	堀田・観海寺	旧 市 内
δ	10~140	0.10~1.81	0.18~0.65	1.9~80	北 部……0.35 ~ 2.14 海門寺泉脈……0.27 ~ 0.63 田ノ湯泉脈……0.77 ~ 2.31
SO_4/Cl	3.0~111	0.07~1.61	0.16~0.44	1.38~33.0	北 部……0.24 ~ 1.04 海門寺泉脈……0.23 ~ 0.40 田ノ湯泉脈……0.41 ~ 0.72

(註) X成分について $\delta_x = \frac{\text{温泉のX量 (g/l)}}{\text{温泉のCl量 (g/l)}} - \frac{\text{海水のX量 (g/l)}}{\text{海水のCl量 (g/l)}}$ とし

$\delta = \delta_{Na} + \delta_{SO_4} + \delta_{Mg} + \delta_{Ca} + \delta_K$ を各温泉について計算した。

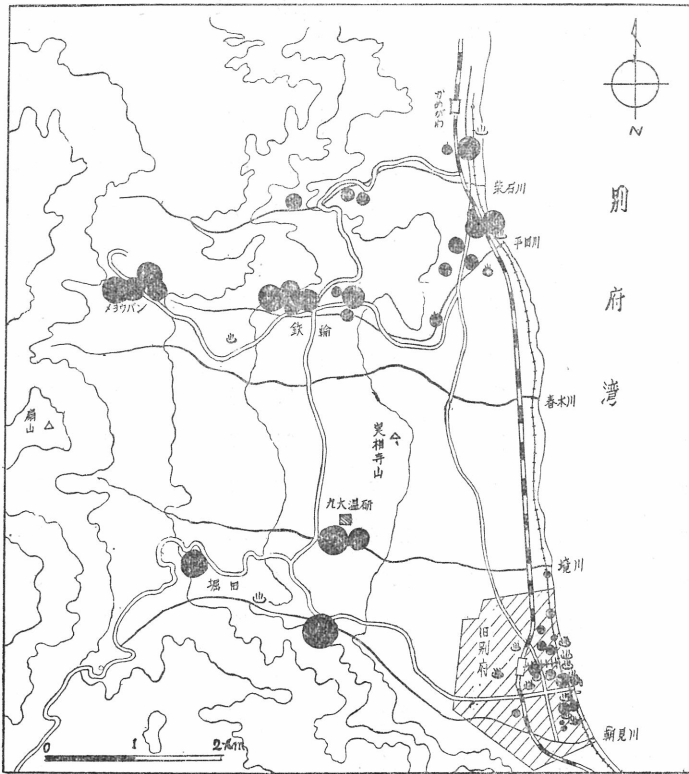
2. 別府温泉のCa/Mgについて

別府温泉の40数個所につてCa/Mgを測定した結果は第2表に示す。また、その分布を第1図A、Bにかゝげる。これによると堀田、観海寺地区がその比が大で平均3.80、旧市内が少なく平均1.90であり、明礬、鉄輪、亀川地区はその中間であつた。旧市内では、中央部がその比は大で、これを遠ざかるにつれ小さくなっていく。こゝで火成岩の比は1.74で海水はMgの方がCaより多くて0.32、河水は逆にCaの方がずつと多くて6.79である。したがつて、旧市内は火成岩の比に近く、後述のハロゲン元素間の比でも似たような関係にある。堀田、観海寺地区でMgに比しCaが多いのは、噴気に地下水を当てた形の人工泉であるからと思われる。

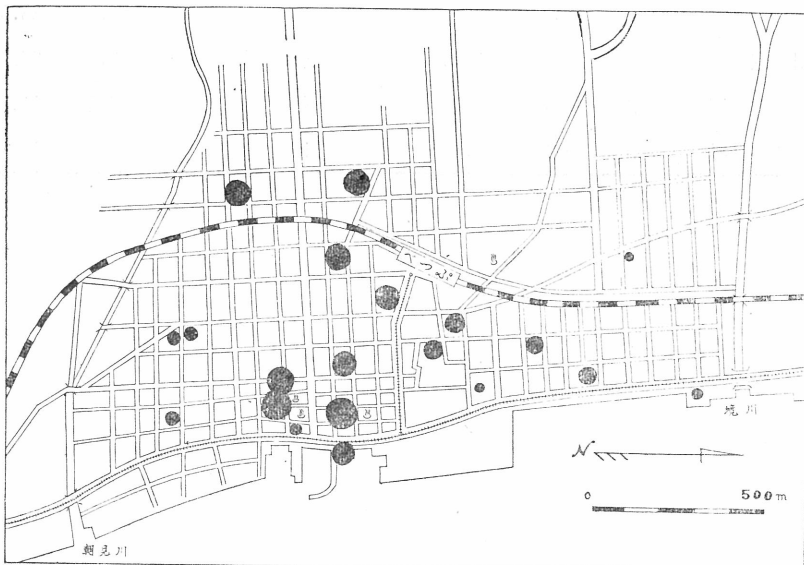
第2表：別府温泉のCa/Mg

地区	No.	泉名	mg/l Ca	mg/l Mg	Ca/Mg	地区	No.	泉名	mg/l Ca	mg/l Mg	Ca/Mg
明 礮	1	地藏	16.8	5.35	3.14	堀田、 観海寺	23	堀田	20.8	5.80	3.59
	2	野天風呂	16.0	6.80	2.35		24	観海寺	52.0	12.1	4.27
	3	薬師	20.0	6.32	3.16		25	温研	28.0	7.29	3.84
	4	鶴寿	21.6	9.24	2.34		26	〃(堀田)	20.0	5.83	3.42
鉄 輪	5	海地獄	64.0	20.7	3.09	旧 市 内	27	弓ヶ浜	155.2	105.0	1.47
	6	本坊主噴気	7.20	4.37	1.65		28	的ヶ浜	52.0	28.2	1.84
	7	十万地獄	38.4	14.6	2.64		29	上のヶ浜	128.0	70.5	1.82
	8	鬼山〃	33.6	12.6	2.67		30	弓松	72.0	60.8	1.20
	9	雷園〃	37.2	11.2	3.32		31	春日	58.4	31.1	1.87
	10	柴石〃	31.2	12.2	2.57		32	海門寺	58.4	31.1	1.87
	11	血ノ池〃	60.8	27.2	2.24		33	北町	62.4	30.6	2.03
	12	竜巻〃	74.4	31.1	2.39		34	梅園	76.0	37.4	2.03
	13	双葉荘	20.0	6.24	3.20		35	竹瓦	79.2	33.0	2.39
	14	国東荘	19.2	7.78	2.47		36	砂湯	79.2	38.4	2.06
	15	新別府ホテル	45.6	18.5	2.47		37	霊潮	68.0	43.8	1.55
	16	筑後屋	13.6	6.32	2.15		38	柳	70.4	31.1	2.26
亀 川	17	御夢想	32.0	14.1	2.27	39	楠	56.0	26.7	2.10	
	18	亀陽	28.8	9.23	3.12	40	松原	72.0	40.8	1.76	
	19	筋湯	28.0	9.67	2.89	41	永石	58.4	33.0	1.77	
	20	田川旅館	38.4	19.4	1.98	42	紙屋	48.0	27.2	1.76	
	21	喜知屋	31.2	11.7	2.68	43	不老	65.6	31.6	2.07	
	22	四ノ湯	32.8	13.1	2.51	44	田ノ湯	65.6	32.1	2.05	

第1図：別府温泉のCa/Mg (A)



第1図：別府温泉のCa/Mg (B)

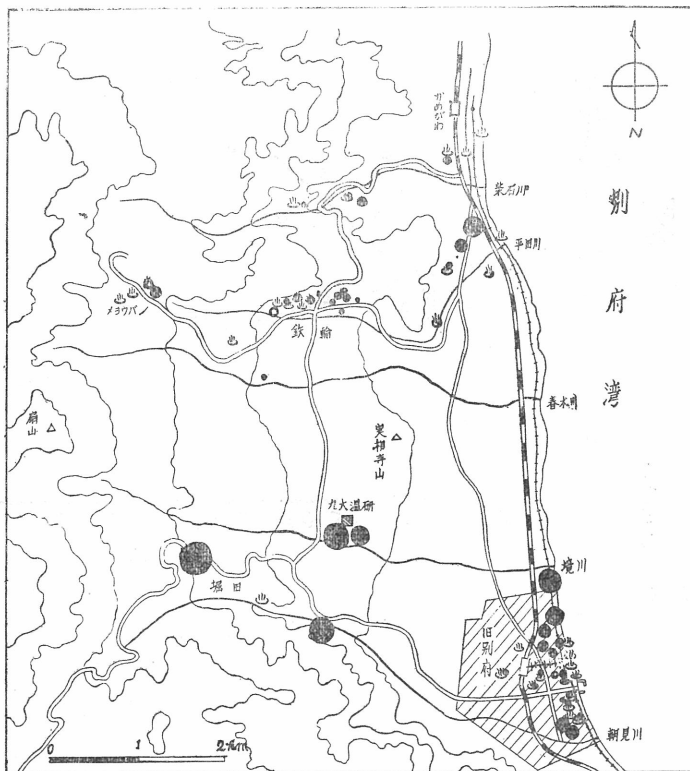


3. コロイド珪酸³⁾

コロイド珪酸の別府温泉の分布(第2図)よりすれば全珪酸に対するコロイド珪酸の%は湧出直後では明礬、鉄輪地獄地区の酸性泉はもちろん少なかつたが噴気に水をあてた形の温泉が多い堀田、観海寺地区には30~40%含むのがあり、旧市内にも10~20%含むのがあつた。この原因として、噴気自体にすでにコロイド珪酸を含むということ、旧市内では境川から南下するにつれコロイド珪酸が減少していることや、南部の朝見川に近い温泉にもコロイド珪酸が含まれていることなどは、これらの河川の伏流水が源泉水に混入して飛躍的にコロイド珪酸が生成することによつて実験的に確かめられた。この影響のない旧市内中央部の温泉はコロイド珪酸が0かそれに近かつた。

つぎに、温泉を採水放置した場合、鉄輪町の中性~微アルカリ性の温泉に相当多量のコロイド珪酸

第2図：別府温泉のコロイド珪酸/全珪酸



が泉温の低下と共に生成するのを確かめた。多い温泉では全珪酸の70%にも達するのがあつた。これらの温泉は何れも高温(100°Cに近い)で珪酸含有量も大であつた(300~600p.p.m.)が、他の地区の中性泉ではコロイド珪酸のつき方は極めておそかつた。これは泉温もそれ程高くなく(45~62°C)で珪酸含有量も、さほど大きくないからである(200p.p.m.前後)。

4. Br/ClとCl/IとBr/I⁴⁾

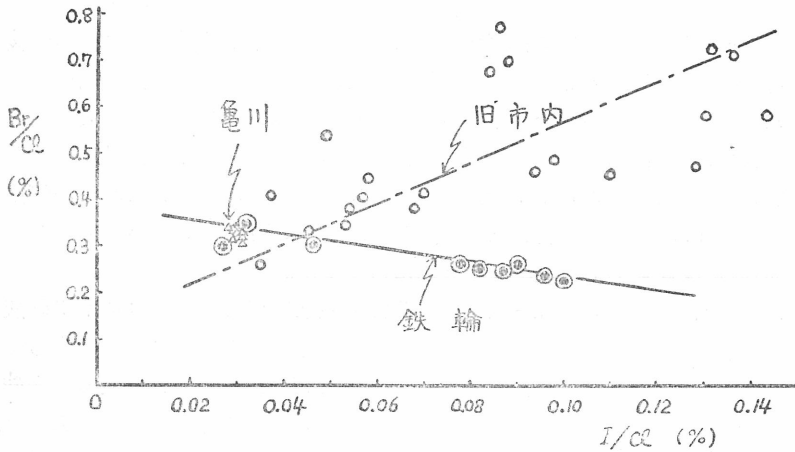
ハロゲン元素の少ない明礬、堀田、観海寺地区をのぞき、熱水型温泉の鉄輪地区や海岸地区の亀川、旧市内泉についてBr/Cl、Cl/I、Br/Iをみると興味ある結果になる。第3表に示すようにBr/Clは鉄輪地区が極めて低く、ついで亀川地区であり旧市内は相当に高かつた。こ

ゝで海水は0.34%であり火成岩は0.52%であるから旧市内は火成岩の比に近かつた。I/Clは亀川地区

第3表：別府温泉のハロゲン元素間の比

	Br/Cl	I/Cl	Br/I
海水	0.34 %	0.00026 %	1300
火成岩	0.52 "	0.096 "	5.4
鉄輪 (9個)	0.27 "	0.066 "	4.0
亀川 (8個)	0.33 "	0.030 "	11.0
旧市内 (21個)	0.51 "	0.075 "	6.2
別府温泉平均 (46個)	0.40 "	0.078 "	6.6

第3図：別府温泉のBr/ClとI/Clの関係

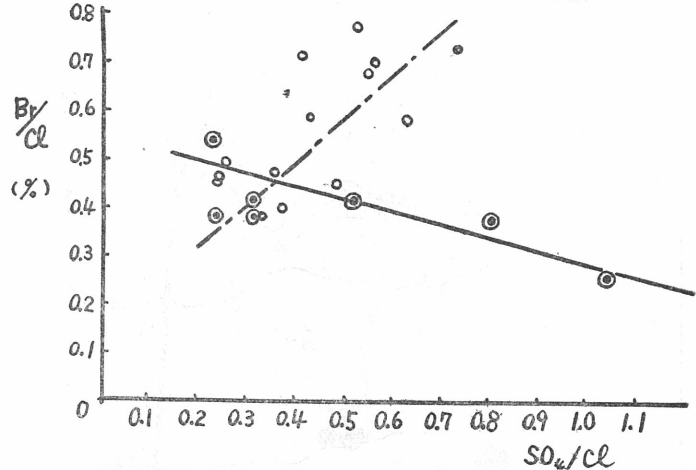


が少なく鉄輪、旧市内地区の順であるが、海水よりは100~500倍も大きい。Br/Iは鉄輪が最小、亀川が最大であつて鉄輪の熱水型温泉にはBrに対しIが相当濃縮されていることが分る。何れの場合でも、とくに旧市内地区は火成岩の比に似ていることは注目すべき

である。Ca/Mgも旧市内でそうであつた。

鉄輪、亀川、旧市内泉の地域的特性は第3図のようにBr/ClとI/Clとのグラフをかけば判然とする。すなわち、旧市内泉でBr/ClとI/Clとは大体、正比例の関係があるが鉄輪地区は反比例する。亀川地区は大体一点に固まるが、どちらかといえば反比例の傾向がある。鉄輪地区はBrに対しIがよく濃縮されていることを示すものである。

第4図：別府旧市内地区のBr/ClとSO₄/Clとの関係



また、旧市内地区では、コロイド硅酸の項で述べたように海門寺温泉から以北の地区と以南ではBr/ClとSO₄/Clとのグラフ(第4図)でも違った傾向を示す。つまり、北部地区は大体反比例の傾向があるのに南部では正比例している。このことはClに対しBrを多く含む温泉群たる田の湯温泉脈系ではSO₄に比例しており火山系であることを裏付けるもので、

第5図：別府旧市内のBr/Cl



北部地区は SO_4/Cl の多い伏流水でおすすめられたといえるであろう。

その他、亀川地区はBr、Iとも HBO_2 に比例しており、これらは同じ系統より含有されたと思われる。

5. 重水素含有量

別府温泉26個所の重水素含有量は東京都立大の堀部助教授の御好意によつて測定された。第4表に

第4表：別府温泉の重水素含有量

No.	地区	泉名	泉質	D偏差(%)	SO_4/Cl
1	明 礬	地蔵	酸性硫化水素泉	-0.4	17.73
2		野天風呂	"	0.0	110.8
3		鶴寿	"	0.0	60.30
4	鉄 輪	海地獄	含芒硝食塩酸性泉	0.0	0.71
5		十万 "	含ホウ酸食塩泉	+0.8	0.11
6		カマド "	含食塩酸性泉	+1.3	0.36
7		本坊主 "	噴気凝縮水	+2.2	
8		ワニ "	含食塩酸性泉	-0.2	0.12
9		雷園 "	"	+0.4	0.15
10		柴石 "	"	0.0	0.65
11		血ノ池 "	含芒硝食塩酸性泉	+0.6	0.54
12		竜巻 "	"	+0.3	0.45
13		ときわ屋	弱食塩泉	+0.8	1.16
14	双葉荘	"	+1.0	0.21	
15	亀 川	御夢想	"	+0.4	0.40
16		亀陽	"	+0.6	0.32
17		観海寺	単純泉	0.0	3.57
18	旧 市 内	弓ヶ浜	含土類食塩重曹泉	+0.6	0.52
19		的ヶ浜	含食塩重曹泉	-0.8	0.80
20		姫野方	伏流水	-0.1	
21		海門寺	含土類食塩泉	+0.9	0.23
22		竹瓦	含食塩重曹泉	+0.5	0.36
23		霊潮	"	+0.3	0.43
24		楠	単純泉	-0.7	0.52
25		不老	"	+0.1	0.56
26		田ノ湯	"	-0.6	0.57
27		海水	別府湾中央 3m下	+4.7	

それを示す。こゝで標準水は東京都の水道水であり、その重水素濃度は $D=0.0149$ 原子%である。そして、これより多いか少ないかで重水素濃度の偏差%を示す。

$$D\text{濃度 (偏差\%)} = \left(\frac{\text{試料の}D\text{濃度}}{\text{東京水道水の}D\text{濃度}} - 1 \right) \times 100$$

したがって第4表の(+) (-)は東京水道水より重いか軽いかを示すことになる。

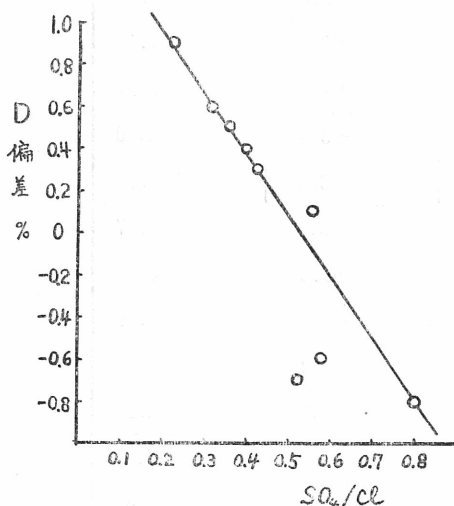
別府温泉は坊主地獄噴気凝縮水をのぞき、 $+1.3 \sim -0.8$ でその変動は小さく、本邦温泉の $+8.00$ (有馬、御所の湯)や -5.66 (三朝)に比すれば地表水のそれに近い。こゝで別府各地区の平均をとれば第5表ようになる。これによると明礬地区が低い、これは酸性硫化水素泉であり $H_2S + HDO \rightleftharpoons H_2O + HDS$ となつて硫化水素の方に交換が行われるためと思われる。全平均は $+0.5$ で標準水と余り変わらず、とくに海岸地区の温泉でもそうで海水混入説は否定される。このことは、 SO_4/Cl 、ハロゲン元素の項でも述べたように否定されるところであり指宿温泉の $+5 \sim +8\%$ に及ぶのと対比的である。なほ、別府湾中央で海水は $+4.7$ を示した。

つぎに、 D 偏差と SO_4/Cl との関係を見ると興味ある結果が得られた。第6図のように亀川、旧市内地区の各温泉では D 濃度と SO_4/Cl 間に反比例の関係があり、 SO_4/Cl の小さいほど D 濃度は増大

第5表: 別府各地区の D 偏差平均量

地区名	明礬	鉄輪	亀川	堀観海田寺	旧市内	全平均
個数	3	10	2	1	8	24
D 偏差 (%)	-0.13	+0.50	+0.50	0.0	+0.04	+0.25

第6図: 別府温泉の重水素偏差と SO_4/Cl との関係



する傾向がある。堀部氏も食塩泉より硫酸塩泉の方が重水素濃度は低いといっているが、その裏付けを示すものといえよう。 SO_4/Cl の大小は火山性を示すものと別府温泉では見られているが、 SO_4/Cl の大きい方は重水素濃度は小さいことを示している。

鉄輪地区は、それほどはつきりした関係は見られなかった。

(終りに、種々御指導を頂いた当温研所長、矢野良一教授および八田秋教授に深く感謝する。)

文 献

- 1) 前報 (第19報) 日化、80,369 (1959)
- 2) 古賀昭人: 温泉科学9,63 (1958)
- 3) 古賀昭人: 日化、80,31.35 (1959)
- 4) 古賀昭人: 日化、80, 365 (1959)
- 5) 千谷、堀部、小早川、質量分析、No. 9. 32 (1957)
- 6) K. Rankama: "Isotope Geology" p. 204 (1958)
- 7) 堀部純男: 日化第11年会講演要旨集 P.204 (1958)

Chemical Studies on the Hotsprings of Beppu (20)

The local specific feature of the Beppu Hotspring (2)

Akito KOGA

(The Institute of Balneotherapy for Research of Kyushu University, Beppu)

The Ca/Mg, colloidal silica/total silica, Br/Cl, I/Cl, Br/I and D/H in the Beppu Hot-spring waters were examined in order to know the local specific feature.

The Ca/Mg, colloidal silica/total silica, Br/Cl, I/Cl, Br/I etc. show the local specific feature of Beppu Hotspring waters in each districts, respectively. Because the Beppu Hotspring waters contain of several different kinds of mineral waters. However, the Deuterium/Hydrogen in them are not very clearer than another ratios.