

別府温泉の化学的研究 (XIII)

第13報：別府温泉成分の地域的特性 (その1)

古賀 昭 人

(九州大学温泉治療学研究所)

(昭和33年7月3日受理)

1. 緒 言

別府温泉には日本薬学会規定の泉質11種類の中、9種類が存在しており湧出口2700個、一昼夜の湧出量は40万石といわれている。東西5km、南北8kmの中にこれらの泉源があるわけだが地域によって大体泉質も異っている。この異なりを数値で表わすために海水成分を基本として、これといかに違うかを以てその地域の特性とすれば、その温泉の由来、温泉脈の検討が可能であると思われる。また別府の海岸近くの温泉では海水が混入してるかも知れず或いはかつての海水が化石水として取残されて、これが混入してるかも知れないがこれらの検討にもなる。本報では海水成分よりの偏差およびSO₄/Clによる地域的特性について考究した。

2. 海水成分よりの偏差

瀬野¹⁾氏は別府温泉の塩素イオンの成因として火山性源よりも海塩性源と推察した。それによると温泉の成分としてCl、Na、SO₄、Mg、Ca、Kの6成分を選び海水のそれらに対する成分比との偏差を求めている。すなわちX成分については

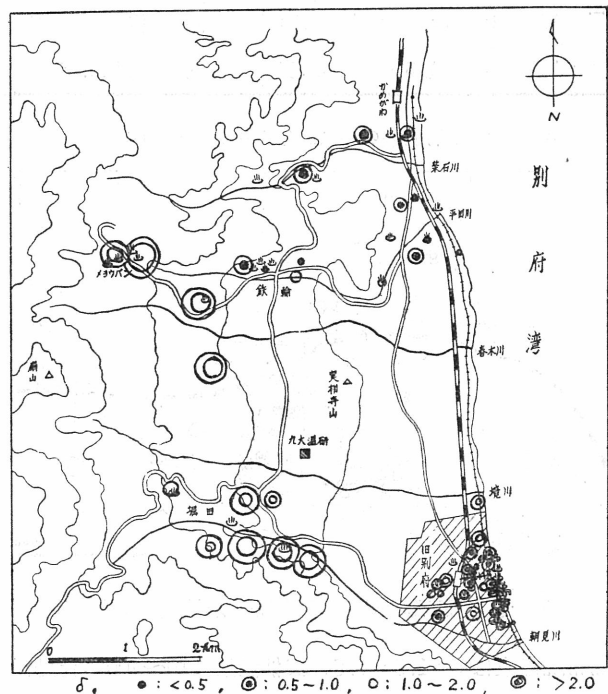
$$\delta_X = \frac{\text{温泉のX量 (g/l)}}{\text{温泉のCl量 (g/l)}} - \frac{\text{海水のX量 (g/l)}}{\text{海水のCl量 (g/l)}}$$

とし、 $\delta = \delta_{Na} + \delta_{SO_4} + \delta_{Mg} + \delta_{Ca} + \delta_K$ を各温泉につき計算し海水成分よりの偏差を求めた。

第1図：別府温泉の海水成分よりの偏差 (A)

こゝでイオンの順序は海水成分量の順序でありHCO₃は海水に少なく別の水系と考へて計算に加えていない。そして、この偏差の小さい地帯をそのまま海水の混入とする説は幾分疑問があるが、この偏差を計算して地域特性を見るのは差支へはない。著者は最近分析ずみの53箇所について同法を適用して地域的特性を見た。その結果は第1表および第1図の如くである。

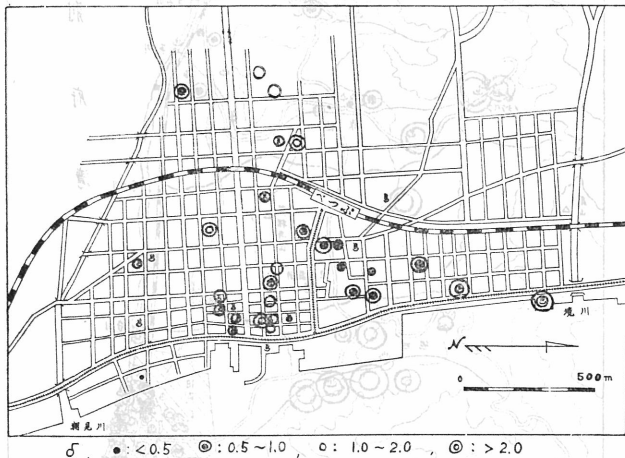
別府温泉全体からいえば δ は山の方、すなわち明礬および堀田、観海寺地区が大であり鉄輪から亀川方面は δ は1以下であり旧市内では1以上が多かった。旧市内を細かくみると第1図(B)のように別府駅以東は δ が1より小さく地域的特性を示した。これに反し流川通を中心とした地区(田ノ湯泉脈)は、 $\delta > 1$ でありまた北部の方も $\delta > 2$ があつた。さき



第1表：別府温泉の海水成分よりの偏差

地区	No.	泉 名	偏差(δ)	地区	No.	泉 名	偏差(δ)	地区	No.	泉 名	偏差(δ)
明 礬	1	地 蔵 湯	10.72	海 寺 旧	19	國武(觀海寺)	52.87	市 内	37	二 条	0.27
	2	鶴 寿	141.4		20	鶴 見	13.70		38	竹 瓦 (男)	1.11
鉄 輪	3	海 地 獄	0.86		21	麻 生 農 園	4.52		39	竹瓦(男)砂湯	2.05
	4	十 万 "	0.10		22	杉ノ井ホテル	76.11		40	" (女) "	1.40
	5	と き わ 屋	1.81		23	観 海 寺	80.26		41	靈 潮 泉	1.01
龜 川	6	双 葉 荘	0.30		24	弓 ケ 浜	2.14		42	" (ムシ湯)	1.22
	7	血ノ池地獄	0.78		25	的 ケ 浜	2.29		43	柳	1.58
堀 田 観	8	小 野 田 寮	0.65		26	上 的 ケ 浜	0.75		44	楠	1.71
	9	四 ノ 湯	0.50		27	山 田 別 荘	0.35		45	秋 葉	2.01
堀 田 観	10	龜 陽	0.39		28	弓 松 荘	0.63		46	雲 泉 寺	0.81
	11	望 潮	0.18		29	弓 松	0.93		47	大 峰、古 河	1.17
堀 田 観	12	浜 田	0.57		30	海 門 寺	0.44		48	豊 泉 荘	1.66
	13	岩 切 方	0.65		31	敬 天 荘 (本)	0.77		49	大 正 館	2.31
堀 田 観	14	後 藤 方	0.22		32	" (別)	0.49		50	田 ノ 湯	1.41
	15	堀 田	1.93		33	北 町	0.63		51	不 老	1.76
堀 田 観	16	別府白湯K.K	5.10		34	雅 泉 荘	1.38		52	永 石	1.20
	17	本 坊 主	35.24		35	梅 園	0.77		53	み くに 荘	0.15
堀 田 観	18	国武(鶴見)	42.27		36	八 坂 ホテル	1.31				

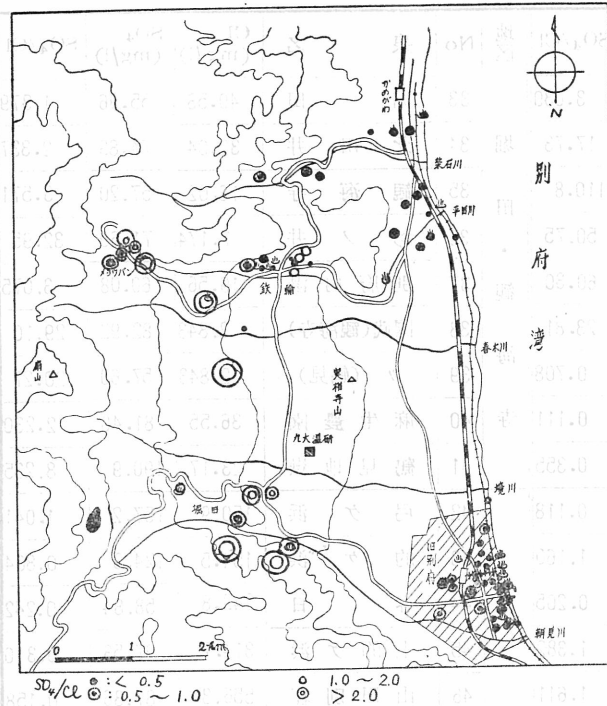
第1図：別府温泉の海水成分よりの偏差(B)



にも述べたように $\delta < 1$ からといって直ちに海水成分の侵入とは決められないが主成分6個に対する考察から、別府駅以東は一つの水系が考えられる。旧市内は種々複雑な地下の構造であり或広範囲の温泉滞水層があつて、それに幾多の因子をもつ水系がこれに加わつてゐるものと解される。その水系としては海水、旧化石水または上流からの伏流水というべきものであろう。この点については SO_4/Cl のところでも詳述する。

なお、著者の分析した他の温泉では湯布院温泉は $\delta = 1.5 \sim 1.6$ 、雲仙温泉は $10 \sim 400$ 、霧島温泉は泉質が多く $0.2 \sim 36$ 、阿蘇内牧温泉は $7 \sim 8$ であつた。

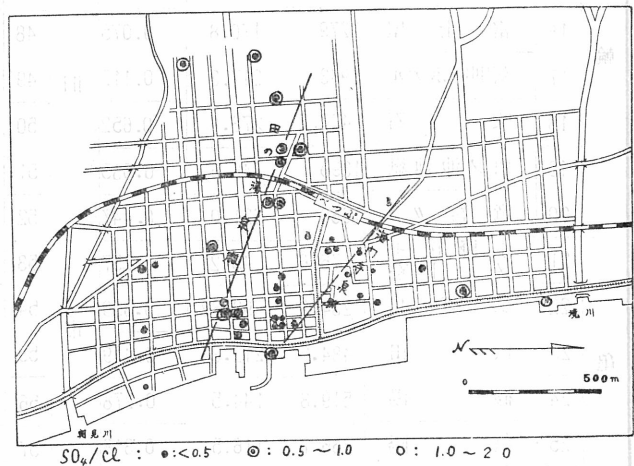
第2図 : 別府温泉SO₄/Cl (A)



3. SO₄/Cl

温泉の塩素イオンと硫酸イオンの供給源はふつう異なっているとされており、塩素イオンは大体深部から、硫酸イオンは地表近くで供給されていると考えられている。海岸近くの温泉は塩素イオンが海水の混入の形で供給されている場合もある。硫酸イオンと塩素イオンをグラフに画くと双曲線の形になる²⁾。このことは両者の供給源が異なることを示し両者に相関々係はないことを示すのであるし、硫酸イオンは火山地帯において作られるものであるから SO₄/Clの値は、その地区の特性を意味する重要な因子となり得る。前に述べた海水成分よりの偏差は塩素イオンを基にしての考察であるが、その内重要なのは SO₄/Cl であり、この値によつて偏差を左右している。著者は別府温泉80個所について SO₄/Cl を計算し

第2図 : 別府温泉SO₄/Cl (B)



た。その結果は第2図および第2表に示す。それによると SO₄/Cl を 1 >、1 < に分ければ別府温泉では火山性けんちよな明礬地区、堀田、観海寺地区が 1 より大で鉄輪地区の大部分および亀川、旧市内は 1 より小であつた。明礬地区は塩素イオンが少なく酸性を示すが、これは遊離の硫酸であり硫黄華を産出しているように、これが地表近くで酸化され硫酸として附加されたものと考えられる。したがつて SO₄/Cl も 2 以上の値を示している。それから南部に至る堀田観海寺地区は主として噴気に地下水の混じた人工泉類似のもので、ほとんど中性であるが噴気の特性として SO₄/Cl は高い値を示している。一方、鉄輪地獄地帯はいわゆる熱水型温泉であり硫酸イオンと共に塩素イオンも多く火山性の温泉には硫酸酸性、塩酸性泉の他に食塩泉がある所が多いが別府でもそのことを裏付けている。地獄はすべて酸性泉であるが SO₄/Cl は小さく 1 より少でありとくに十万、雷園両地獄は海水の SO₄/Cl の 0.14 より低い値を示した。また鉄輪町の富士屋旅館は別府温泉の最低を示し、その値は 0.075 であつた。中性の食塩泉である。

亀川地区は SO₄/Cl は 0.5 以下であり、ほとんど弱食塩泉であり海岸温泉の特性を示している。これに反し旧市内は第2図 (B) のように地域的な特性があり、その傾向は海水成分よりの偏差の図

第 2 表 : 別 府 温 泉 の SO₄ / Cl

地区	No.	泉 名	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	SO ₄ /Cl	地区	No.	泉 名	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	SO ₄ /Cl
明 礬	1	鳶ノ湯	21.36	64.61	3.030	堀 田 ・ 観 海 寺	33	堀 田	40.58	55.96	1.379
	2	地 蔵	8.580	152.3	17.73		34	北 田 井	32.04	74.89	2.337
	3	野天風呂	5.720	633.7	110.8		35	観 海 寺	16.02	57.20	3.571
	4	薬 師	5.720	290.1	50.75		36	杉ノ井	2.174	71.60	32.95
	5	鶴 寿	5.720	345.7	60.30		37	別府白湯	19.56	60.08	3.075
鉄	6	本坊主	24.52	584.7	23.81	38	国武(観海寺)	2.843	82.92	29.10	
	7	海地獄	1306	925.9	0.708	39	〃(鶴見)	2.843	57.60	20.27	
	8	十 万 〃	2684	300.0	0.111	40	麻生農園	36.55	81.48	2.230	
	9	カマド 〃	1007	358.0	0.355	41	鶴見地獄	23.17	190.9	8.235	
	10	雷園 〃	2011	237.4	0.118	42	弓ケ浜	150.9	157.2	1.041	
	11	ときわ屋	258.2	301.1	1.160	43	的ケ浜	154.5	124.3	0.804	
	12	双葉荘	1448	289.9	0.205	44	春 日	242.8	58.84	0.242	
	13	栄 屋	89.38	123.5	1.382	45	上のケ浜	314.7	97.53	0.310	
	14	筑後屋	143.0	230.4	1.611	46	山田別荘	556.3	87.86	0.158	
	15	中野屋	455.8	183.7	0.403	47	弓松荘	278.1	64.61	0.232	
輪	16	富士屋	2279	170.8	0.075	48	弓 松	438.6	84.36	0.310	
	17	新別府ホテル	1943	217.3	0.112	49	海門寺	270.6	62.14	0.230	
	18	柴 石	427.2	278.6	0.652	50	いでゆ荘	240.7	59.67	0.248	
	19	血ノ池地獄	1395	746.6	0.535	51	北 町	232.8	59.65	0.256	
	20	竜 卷 〃	1388	621.0	0.447	52	敬天荘(本)	150.2	53.50	0.356	
亀 川	21	小野田セ メント寮	176.6	45.27	0.257	53	〃(別)	224.6	55.76	0.248	
	22	御 夢 想	234.9	93.82	0.399	54	梅 園	238.5	57.61	0.241	
	23	浜 田	484.2	212.8	0.439	55	雅 泉 荘	168.0	68.29	0.407	
	24	砂 湯	519.8	144.5	0.278	56	八阪ホテル	190.4	64.19	0.337	
	25	亀 陽	366.7	116.5	0.318	57	竹 瓦(男)	180.1	64.61	0.358	
	26	東 亀 陽	351.6	127.4	0.362	58	〃(女)	219.3	67.90	0.310	
	27	筋 湯	356.0	127.6	0.358	59	〃(男)砂湯	165.8	71.40	0.431	
	28	四ノ湯	331.1	119.8	0.361	60	〃(女)〃	215.2	62.75	0.291	
	29	望 潮	366.7	95.47	0.260	61	二 条	222.9	72.01	0.323	
	30	岩切方	200.5	77.24	0.386	62	天然砂湯	148.1	93.00	0.628	
	31	後藤方	876.8	189.1	0.216	63	靈 潮	158.8	67.90	0.427	
	32	栗 方	1653	74.89	0.157	64	〃(ムシ湯)	153.8	68.31	0.444	

地区	No.	泉名	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	SO ₄ /Cl	地区	No.	泉名	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	SO ₄ /Cl
旧市内	65	柳	85.44	62.14	0.727	旧市内	73	高岡方	95.31	50.41	0.529
	66	楠	142.4	58.02	0.407		74	豊泉荘	93.37	62.34	0.668
	67	寿	96.12	53.92	0.561		75	大峰・古河方	119.2	60.28	0.506
	68	秋葉	91.75	58.02	0.632		76	雲泉寺	243.5	128.4	0.528
	69	不老	98.56	55.14	0.560		77	紙屋	175.1	65.43	0.373
	70	瀧見	101.3	56.17	0.554		78	永石	156.6	75.72	0.483
	71	田ノ湯	98.25	51.44	0.523		79	松原	168.7	54.73	0.324
	72	大正館	84.87	61.11	0.721		80	三国荘	2536	488.0	0.192

(第1図B)と同様である。やはり別府駅以東が低く0.3以下である。これに比し、いわゆる田の湯泉脈は0.5~1で塩素イオンに対し硫酸イオンも多く含まれている。堀田、観海寺泉脈の流れにつながるものと思われる。一方、境川近くの弓ヶ浜、的ヶ浜温泉も、その比は大であり特に弓ヶ浜温泉はSO₄/Clは1より大で旧市内唯一の多い温泉である。この付近は境川および地下伏流水の影響が大であり地下水も含有成分が大でSO₄/Cl=1.9に達している⁴⁾。これらの混入を意味するものであろう。

(終りに種々御指導御鞭達にあづかつた当温研所長、八田秋教授に厚く感謝する。)

文 献

- 1) 瀬野 錦蔵 : 地球物理、7. 131 (1943)
- 2) たとえば瀬野 錦蔵 : 日化第9年会講演要旨集 P.173、一國雅己、高橋保夫、ibid, P. 175. (1956)
- 3) たとえば登別温泉、霧島温泉、玉川温泉など。
- 4) 古賀 昭人 : 日化第11年会 (1958) 講演

Chemical Studies on the Hot Spring of Beppu(13)

The local specific feature of the Beppu Hot Spring(I)

Akito KOGA

(The Institute of Balneotherapeutics for Research of Kyusu University, Beppu)

In Beppu hot spring all kinds of spring exist in region extended over east and west 8km and south and north 24km.

Author calculated the deviation from sea water and SO_4/Cl in Beppu hot spring in order to know the local special feature.

(1) the deviation from sea water (δ)

The deviation (δ) from sea water in Beppu 53 hot springs were calculated on the assumption that

$$\delta X = \frac{X \text{ content in hot spring (g/l)}}{Cl} - \frac{X \text{ content in sea water (g/l)}}{Cl}$$

$$\delta = \delta_{Na} + \delta_{SO_4} + \delta_{Mg} + \delta_{Ca} + \delta_{K}$$

The results obtained were as follows.

δ was bigger in hilly districts than in seaside. However, the hells were $I > \delta$. In old Beppu city $\delta > I$, but $I > \delta$ in east region from Beppu station, and it showed the local special feature.

(2) SO_4/Cl

The supplying source of Cl and SO_4 to hot spring are usually different, and it is considered that Cl is supplied from the deep, while SO_4 from the earth's surface.

SO_4/Cl were calculated in 80 Beppu hot springs. In the strong volcanic hot spring SO_4/Cl were 1~100, while in the thermal type hot spring and hot spring of near seaside SO_4/Cl were < 1 . In old Beppu city east region from Beppu station were $SO_4/Cl < 0.3$. These were the local special feature about the same to the deviation from sea water.