

別府温泉の化学的研究

第21報¹⁾：別府温泉成分の地域的特性(その3)¹⁾

古 賀 昭 人

(九州大学温泉治療学研究所)

(昭和34年4月24日受理)

1. 緒 言

別府温泉成分の特性を見るために今までに種々の観点から論じてきたが今回は陰イオンの主要成分たる塩素イオン、硫酸イオン、重炭酸イオンの三角図表をもつて、その特性を表わした。陽イオンはイオン交換などの現象があるのに反し、陰イオンはないからである。また、特に旧市内地区で色々の観点から温泉の成因、構造などについて考察した。

2. 別府温泉成分の三角図表

別府温泉115泉について陰イオンの塩素イオン、硫酸イオン、総炭酸 (HCO_3^- , CO_3^{--} , CO_2) のミリアルパーセントの三角図表をかけば、第1図のようになる。これによると各地区ははつきり次の5つのタイプに分けることができる。

A、明礬地区 (4個)

この地区は $\text{SO}_4 > \text{Cl} > \Sigma\text{C}$ であるが、ほとんど硫酸イオンのみで総炭酸は含有されていない。塩素イオンも極めて少ない。

B、鉄輪地区 (11個)

$\text{Cl} > \text{SO}_4 > \Sigma\text{C}$ ではあるが酸性泉では総炭酸は含有されていない。たゞ、中性～アルカリ性温泉も2～3あるので ΣC も少しはあるのもある。けれど塩素イオンが主である。

C、亀川地区 (24個)

この地区は $\text{Cl} > \Sigma\text{C} \approx \text{SO}_4$ で総炭酸と硫酸イオンが大体同程度入っているが塩素イオンが一番多い。大多数が食塩泉系統である。

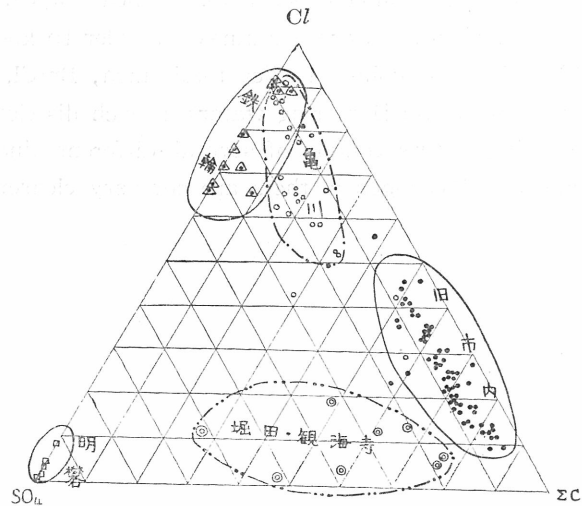
D、堀田、観海寺地区 (8個)

この地区は $\Sigma\text{C} > \text{SO}_4 > \text{Cl}$ で塩素イオンが少ない。蒸発残査も少ない地区である。

E、旧市内地区 (67個)

この地区は $\Sigma\text{C} > \text{Cl} > \text{SO}_4$ で総炭酸に富み、ついで塩素イオンが大多数、硫酸イオンは10%以下である。したがって重曹泉か食塩泉系が多い。

以上のように各地区とも、そのタイプが分れて各々その特色を示しているのは興味が深い。つまり各種類の泉質を含んでいることを示している。



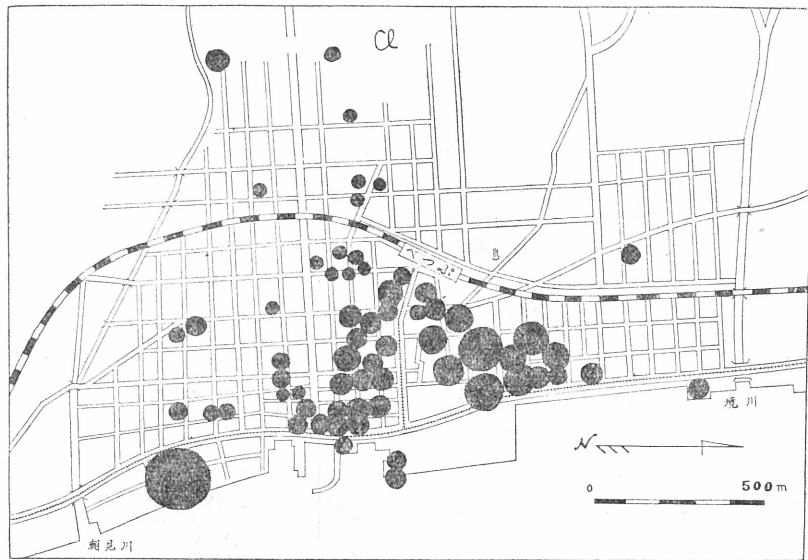
第1図、別府温泉陰イオンの三角図表

3. 旧市内泉の泉脈詳

旧市内泉は地球物理的³⁾および地質学的⁴⁾な考察により田の湯、海門寺両泉脈があるといわれている。また地球化学的⁵⁾の見地からも種々⁶⁾その裏付けを立証するデータ¹⁾²⁾⁶⁾⁸⁾が提出されている。著者も、これとは別にコロイド珪酸、ハロゲン元素などから旧市内の境川と朝見川からの伏流水が中央に向つて影響を及ぼしていることを示した。すなわち、中央部の温泉が火山性の強いことを示した。

また、著者はさき⁷⁾に海岸近くの天然砂湯の上り湯と霊潮泉蒸し湯とが潮の干満によつて二水系以上が混合しており、これに海水の圧力の増減により成分の増減がずれて生ずることを認めた。すなわち二泉は距離的には近いが蒸発残分、ヒドロ炭酸イオン、塩素イオン、遊離炭酸とも相対的な変化を示しており、二温泉の成因が異つていることを意味するが、これは潮汐の干満の影響によつて外部に現わ

第2図：別府旧市内の塩素イオンの分布

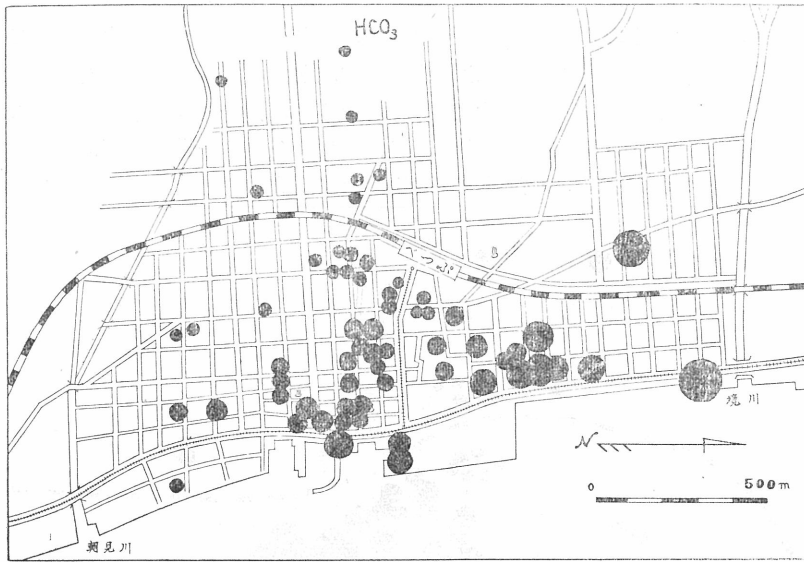


第3図：別府旧市内の硫酸イオンの分布



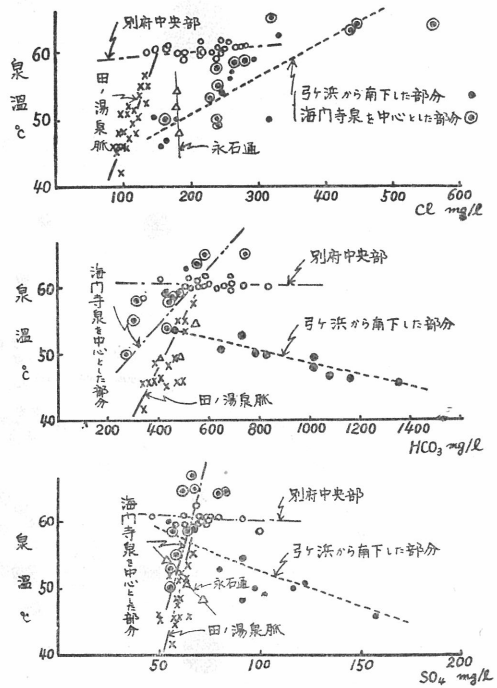
れたものである。また各温泉間でも塩素イオンと遊離炭酸、塩素イオンとヒドロ炭酸イオンとは反比例している。このことは遊離炭酸を多く含む水系と塩素イオンを多く含む水系とが混合していることを示している。また温泉は成分中、最多量のヒドロ炭酸イオンに大体比例している。したがってヒドロ炭酸イオンは高温系にあるといえる。

第4図：別府旧市内のヒドロ炭酸イオンの分布



こゝで旧市内地区の67泉の塩素、硫酸、ヒドロ炭酸イオンの分布を示と第2、3、4図のようになる。これと泉温との関係を見ると第5図のようである。塩素イオンは全体的に泉温と比例するが細かく分けると5つに分類できる。すなわち第6図のように①弓ヶ浜温泉から南下した部分、②海門寺温泉を中心とした部分、③別府中央部、④田ノ湯泉脈、⑤永石通りの泉脈などに分れる。この内、田ノ湯泉脈が第5図のように勾配が大で、ついで弓ヶ浜から南下した部分であり別府中央部は勾配が極めてゆるやかで泉温は、ほとんど変わらないのに塩素イオンは相当に増加している。こゝで弓ヶ浜温泉から南下した部分は、さらに海門寺温泉を中心とした部分と分れるが硫酸イオンやヒドロ炭酸イオンと異つて塩素イオンは、はつきり特長を見出すことはできない。つまり別府駅前通りから以北の部分は塩素イオンを含む水系が同一であり、これに硫酸イオンやヒドロ炭酸イオンをもつ水系の混入の仕方が異なることによつて二つの部分の温泉群に特長が現われたと解すべきであ

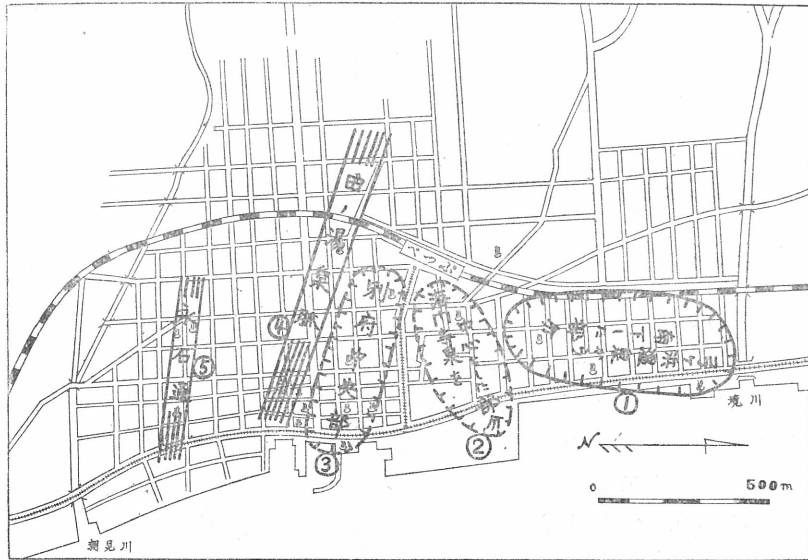
第5図：別府旧市内の泉温とCl、SO₄、HCO₃との関係



ろう。永石通りの温泉は泉温が変つても塩素イオンの濃度は変つていない。

これに対して硫酸イオンとヒドロ炭酸イオンとは全体的に泉温とは無関係のように見えるが、個々の群を検討してみると、やはり5つの型はある傾向を示している。こゝで特長なことは弓ヶ浜から

第6図：別府旧市内の温泉群

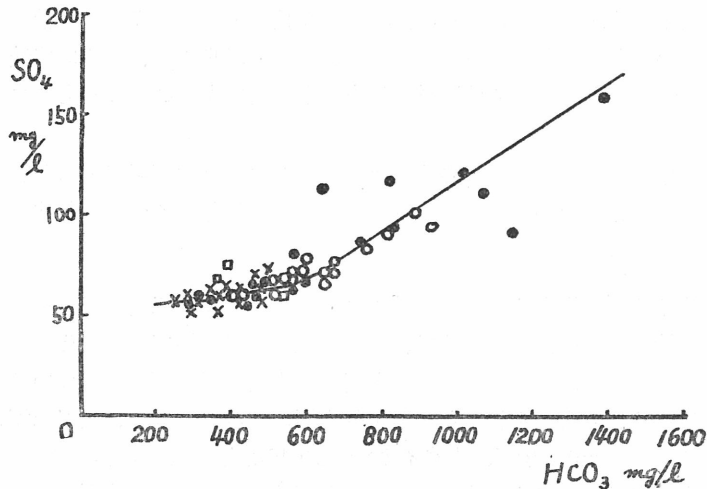


南下した部分は両イオンとも泉温に反比例することである。そして塩素イオンと違って、はつきり海門寺温泉を中心とした部分と異なることで、これは正比例の関係にある。また別府中央部も僅かながら反比例している。

このように硫酸イオンとヒドロ炭酸イオンとは同様な傾向があるので二つのイオンは当然比例していることが予想される。第7図にそれを示す。この事から両者イオンは同一水系にあると思われるが、もちろん、その比が同様であるだけで各地区でその濃度は違っている。

以上のように塩素イオンと(硫酸イオンとヒドロ炭酸イオン)とは大体違っているので、 HCO_3/Cl 、 SO_4/Cl をみれば各地区の特性を示すがうなづかれるが SO_4/Cl については、すでに報告した²⁾。

第7図：別府旧市内の SO_4 と HCO_3 との関係



吉川は、1951年に塩素イオンとヒドロ炭酸イオンとの関係から高温水もふくぎつで2種以上の水系からなることを推察し、これが更に温度が 16°C の塩素イオンもヒドロ炭酸イオンも含まない地下水によつてうすめられているとした。そして、 HCO_3/Cl 、(泉温(T)-16)Clが地下水の影響を除いた源泉固有の値になることから二者の関係をグラフで示し3つの群から別府温泉が成立するとした。こゝで浜脇附近は現在、海水の混入があるので除外すると第8図(イ)のようになる。このように弓ヶ浜から南下した部分と、それ以外の温泉は二つの型を示している。先にあげた5つの群は、この二つの型の何れかに包含される。同様のことは硫酸イオンとヒドロ炭酸イオンとが全体的に同一水系にあると思われるので SO_4/Cl と(T-16)/Clとの関係でも成立する。第8図(ロ)にそれを示す。

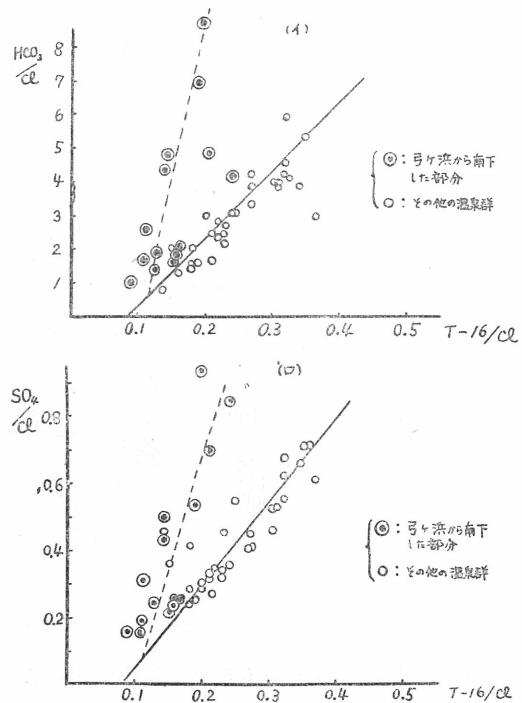
吉川は、さらに $\text{Cl}=0.5\text{g/l}$ 、 $\text{HCO}_3=0.9\text{g/l}$ 、 $\text{T}=70^{\circ}\text{C}$ なる主源泉を考え、これに HCO_3/Cl 、(T-16)/Clが共に大なるものと共に小なるものとの混入、および地下水の混入によつて数々の型の温泉が生成したとしている。しかし、著者の測定によれば第5、8図より $\text{Cl}=0.55\text{g/l}$ 、 $\text{HCO}_3=0.33\text{g/l}$ 、 $\text{SO}_4=0.045\text{g/l}$ 、 $\text{T}=75^{\circ}\text{C}$ となる。これらの事から源泉水に硫酸イオンとヒドロ炭酸イオンを主とする水系が加わっているものと推察される。とくに弓ヶ浜から南下する部分は、混入水系がそれ程高くはないと思われる。著者は、これを境川系の伏流水であろうとすでに論じた。別府中央部、海門寺温泉を中心とした部分、田ノ湯泉脈は、それほど簡単ではないが、やはり上記の主源泉に硫酸イオンやヒドロ炭酸イオンを含む水系が混入しているのは間違いはない。しかし、この混入水系は弓ヶ浜附近の水系と異つて、けつして低温ではないと思われる。なぜならば第5図のように泉温に比例するからであり、潮汐の変動による温泉成分の変動でも、泉温に比例してヒドロ炭酸イオンが変化するからである。たゞ、永石通りの温泉群は、とくに硫酸イオンは泉温に反比例するので、弓ヶ浜附近と同様、朝見川系の伏流水を考へてもよい。これもコロイドケイ酸の項ですでに報告した。

なお、幾多の微量成分が、これらの主要陰イオンと、どのような関係にあるか、またどのように変化しているかで温泉群との関係が分るが、これらについては後報でくわしく報告するつもりである。

4. 結 論

温泉成分の内、陰イオンの塩素イオン、硫酸イオン、総炭酸より三角図表を別府温泉の115泉について作製し各地区の特性を調べた。その結果、別府の五地区について、それぞれ特有の性格を持っていることが明らかとなつた。また以上の三成分を別府旧市内の温泉67個所について検討し5つの温泉群より成ることを確かめ、旧市内全般にある地下帯水層の主源泉は大体、泉温 75°C 、塩素イオン $=0.55\text{g/l}$ 、ヒドロ炭酸イオン $=0.33\text{g/l}$ 、硫酸イオン $=0.045\text{g/l}$ 、であると推定した。この主源泉にヒドロ炭酸イオンと硫酸イオンをもつ水系や地下水が混入して5つの温泉群ができると考えた。

第8図：別府旧市内の HCO_3/Cl 、 SO_4/Cl と(T-16)/Clの関係



(終りに、種々御指導、御鞭撻いただいた当温研所長、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20報) 古賀、温泉科学10、34 (1959)
- 2) 古賀：温泉科学9、63 (1958)
- 3) 野満、山下：地球物理2、233 (1938)
- 4) 鈴木：地球物理、1、6 (1937)
- 5) 古賀：日化80、31 (1959)、
- 6) 古賀：日化80、365 (1959)
- 7) 古賀：温研紀要、8、479 (1956)
- 8) 吉川：大分県温泉調査研究会報告、第2号、53 (1951)

Chemical Studies on the Hotsprings of Beppu (21)

The local specific feature of the Beppu Hotspring (3)

Akito KOGA

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

The triangle chart composed of Cl, SO₄ and Σ C of 115 Beppu hotspring waters was made and examined the local specific feature of the Beppu Hotspring. The spring of five districts of Beppu have the each distinctive character.

Besides, Cl, SO₄ and HCO₃ contents of the 67 Old Beppu city's hotspring waters were examined, and it was confirmed that this district had the five hotspring groups. And the author thought that the main headspring on the whole old Beppu city had generally about 75°C of temperature, 0.55 g/l of Cl, 0.33 g/l of HCO₃ and 0.045 g/l of SO₄, and the five hotspring groups were formed by mixing the water system contained HCO₃ and SO₄ or the vadose water to the main water system above mentioned.