

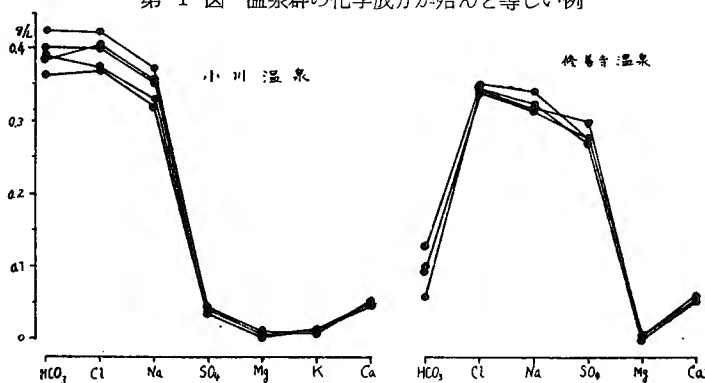
温泉の化学成分に関する若干の考察

(其二)* 小地域の温泉群について

瀬 野 錦 藏
大 矢 邦 夫

1. 我国の温泉に関する調査研究は外国に比して新しいが、その化学分析は次第に多くなり、各温泉の性格が明らかにされつつある。然しこれらの分析資料の利用は充分とは言えない。この資料も種々なる角度から考察をなせば温泉源の機構の一端をうかがえると思う。今、一つの図法によつて考察を行いたい。
2. 小地域に湧出する温泉群は同一泉源から来ていると推定するのは当然であるが、それでも化学成分を比較すると濃淡があつて多くの場合地下水の混入を考えないわけにはゆかぬことが多い。然し化学成分量が殆んどみな同じ程度ならば地下水が混入していても同じ割合であつて、温泉水は各個温泉に分岐する迄に出来上り、分岐してからは外界の作用が少いと考えてよい。第1図の小川温泉（富山県）修善寺温泉（静岡県）やその他にもこの例はある。

第 1 図 温泉群の化学成分が殆んど等しい例

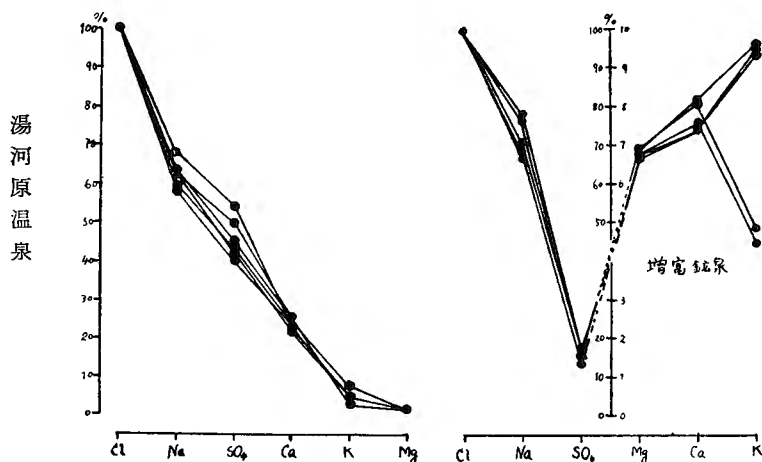


3. 温泉に混入する地下水には化学成分を含んでいないとすると、地下水の混入する割合が異つても、化学成分の比（どれかを標準として）が温泉群で一致すれば、やはり温泉源は一つとみてよい。湯河原温泉（神奈川県）は Cl^- イオンは $0.7 \sim 1.1 \text{ g/L}$ の変差があるが Cl^- イオンに対する主成分の比をとると（比の値を結びつけた折線をこの温泉の特性線と名づけておく）。第2図の如く互に近接する。

増富鉱泉も Cl^- イオンは $0.9 \sim 4.3 \text{ g/L}$ の変差があるが比をとつた特性線は殆んど一致する。そして K^+ イオンは微量であるが二群に分れる。（図では微量の Mg^{++} , Ca^{++} ,

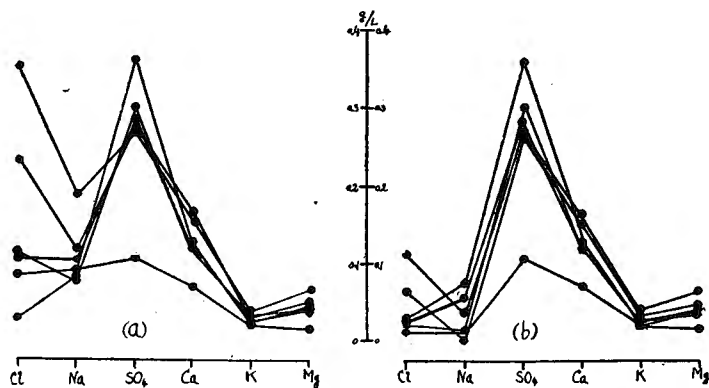
K^+ は十倍の目盛に拡大してある。) 分析法に誤差が少ないとすればこれは如何に解釈すべきか。増富鉱泉が K^+ イオンを異にする二源泉からなると解するには他の成分比があまりにもよく一致している。むしろ、同一源泉から来た温泉水が分岐した後 K^+ イオンに

第 2 図 化学成分比が殆んど等しい例 (右図の右半は目盛が十倍にしてある事)



化を生じたとみるべきではないか。Love によれば Na^+ 及び K^+ は Ca^+ によつて置換されるという。今の場合この三つのイオンにそんな傾向はみられない。Dittrich によるとカリウム塩溶液を珪酸塩岩石に接しておくと岩石中のナトリウムがカリウムと置換して溶出するという結果を得ている。今の場合、 K^+ の少いものに Na^+ が多いので Dittrich の説を裏付しているが定量的迄には言えないようである。

第 3 図 赤倉温泉 (右図は $NaCl$ として適当に引いたもの)



4. 赤倉温泉 (新潟県) の主成分は第 3 図 (a) の如くその特性線は一つを例外として、近接しているが、 $Na^+ Cl^-$ の成分が著しく乱れている。そこで $NaCl$ としての適当な量を引

いたものを画くと同図(b)の如くなる。この処理では唯一泉源の温泉に NaCl として種々な量が溶解したと解釈出来るが、地下に岩塩があるかどうかは疑問であろう。もし食塩溶液として混入したものならば 種々な濃度の溶液が同一量だけ温泉に混合したとみなければならぬ。

4. 有馬温泉(兵庫県)は穿堀によつて沸点に近い高温と、海水より濃い食塩を含有している温泉であるが、もと自然湧出であつた本温泉の1901年の主化学成分と、この温泉より約250m 離れ、標高約20m 低い地点に穿堀せられた温泉水の主化学成分とが殆んど一致している(表参照)。即食塩としての濃度高く、 SO_4^{2-} は殆んどか又は全くなく、且一般の温泉には比較的少い K^+ が

有馬温泉に多い。従つて両者は同一泉源とみられる。40年前の自然湧出の温泉水は尙現在もこの両温泉間の地下に存在する

	Cl g/L	Na	Ca	K	Mg
³⁾ 有馬本温泉(1901)	37.497	17.321	4.08	3.99	0.054
⁴⁾ 有馬興業温泉(1940)	36.85	17.83	3.419	3.411	0.0326
⁵⁾ 有馬天神湯(1949)	39.4763	18.5668	3.7759	4.11	0.0516
¹⁾ 唐櫃鉱泉(1913)	33.80	15.78	4.08	2.50	0.31

という予想により筆者は既に三孔の温泉穿堀位置の撰定に成功したのである。

然るに之より約2 km 離れた位置に古く知られた唐櫃鉱泉は表の如く全く有馬温泉と化学成分の特性を同じくしている。上治寅次郎博士によれば同地も有馬温泉地と同じ地層である。この事実より、唐櫃に於いては高温泉の湧出が可能性が考へられる。もし可能性がなければ同質鉱泉水は有馬温泉地域より地層深く流動してきたと考へられる。そういう事も有り得る。有馬川に沿う流域で可なり濃い NaCl を含む地下水が探査されているのである。⁷⁾この地域に於ける温泉の探査は興味深いものがある。

5. 別府に於ける海地獄、⁵⁾血ノ池地獄はその名の示す如き全く対比的な景観を示している。然るにその化学成分表を見ると殆んど一致し、唯前者が遊離塩酸、⁸⁾後者は遊離硫酸をもつ著しい対比をなしている。Cl と SO_4 はほぼ当量だけ置換している。この事実は二者が全く別の生成とみるより同一泉源のものが遊離酸だけの変動を生じたとみるべきではなからうか。海地獄は血ノ池地獄に此して標高は約三百米高いことから考えると、海地獄の方に泉源が近いのではないかと想像される。

血ノ池地獄に於ける赤色沈澱には、酸化鉄(Fe_2O_3)が42.38%であるがこの内の酸化鉄は如何にして生じたか。一般に温泉では重炭酸鉄より酸化鉄を生じると説明されている。ところがこの温泉水を採水すると間もなく赤色沈澱が出来て水は澄む。もし沈澱が成生しつつあるならば出来たばかりの水酸化鉄は微細で中々水は澄まない。又沈澱物は生成続行の筈であるがそれもみられない。海地獄に此して Fe^{++} が少くなつてゐるが、いづれも強い酸性であるから重炭酸塩としては来ていない。かく考えてくるとこの赤色沈澱物は池面

	海地獄	血ノ池地獄
温度	88°.5C	66.2
pH	1.6	2.0
総残査	3.572	3.688
SiO ₂	0.3742	0.3163
Fe ⁺⁺	0.0042	0.0034
Al ⁺⁺⁺	0.0057	0.0066
Ca ⁺⁺	0.0743	0.0737
Mg ⁺⁺	0.0277	0.0309
K ⁺	0.1937	0.1670
Na ⁺	0.8882	0.9193
Cl ⁻	1.3512	1.4423
SO ₄ ⁼	0.9954	0.7033
CO ₂	0.2345	0.0244
H ₂ S	0.0080	0.0030
Mn ⁻	0.0082	0.0065
H ⁺	0.0084	0.0038

で出来たものでなく深处からそのままきたものと考えより外はない。池面に出る gas の 45% は CO₂ であることはこの考察に役立つであろう。

6. 別府温泉の海地獄の温泉水の化学成分が15年前後の化学成分が殆んど一定であることが指摘されている。北米 Arkansas¹⁰⁾ に於ては 120 年前後に温泉の化学成分が殆んど不変である事が指摘されている。わが国温泉の化学分析が初まつて凡そ七十年を経た。日本鉱泉誌と日本鉱泉分析表と対比できるものがある。分析の精度は新しきものほど高いと思われるが、対比によつて複雑な変化を示しているものが多い。それは同名温泉でも同一個処でも、湧出状態の変動によつても左右されると思われる。比較的变化が少いと思われるものが箱根湯ヶ原温泉にある。表

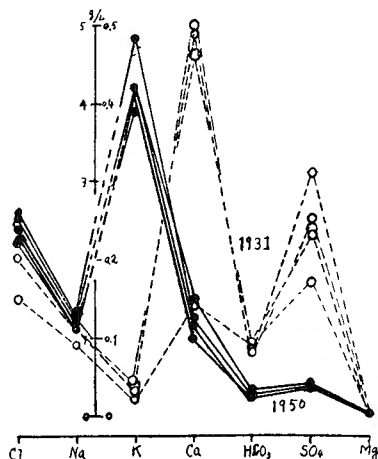
によつて、全体は濃くなつてゐるが両者の各成分比は可なり揃つてゐる。Mg の如き微量成分迄比が近い。

7. 城崎温泉は泉源保護に充分 留意され長期に渉つて湧出状態が同一状態に保持されている。同温泉は19年後化学分析が繰返えされた。¹³⁾ その対比により第4図の如く著しい変化を

箱根湯ヶ原温泉の湯化学成分

	1886 ¹²⁾	1922 ¹⁾	比
K	0.0187	0.031	1.57
Na	0.331	0.4818	1.45
Ca	0.1365	0.1913	1.40
Mg	0.0013	0.0023	1.68
Cl	0.5501	0.7689	1.39
SO ₄	0.2533	0.3484	1.38
泉 温	64.°4C	75.°0C	—

第4図 城崎温泉化学成分変化（左二成分は右に比して目盛は $\frac{1}{10}$ である）



示している。同温泉四～五孔の温泉は各回に於て殆んど一致しているが兩回で著しい変化を示した。即ち NaCl としては少々増したが殆んど変りなく、Ca、SO₄、HCO₃ は急減し K が増加している。曾ては城崎温泉の化学成分が海水のそれに類似していたがこの化学成分の変化は海水の化学成分より偏異を大にしその誘導を來たしたものでないと推定される。

この変化の説明は将来を期したい。

本研究には文部省科学研究費をあてた。感謝の意を表する。

参 考 文 献

- * (其一) 温泉水中の塩分源としての海塩 地球物理 第7巻 131頁
- 1) 日本鉱泉分析表：衛生試験所彙報 第34号（昭和24年）
 // // 第54号（昭和15年）
 - 2) S. K. Love : Trans. Amer. Geophys. Union. (1944)
 - 3) 辻本清蔵：有馬温泉誌（大正4年）
 - 4) 有馬興業株式会社所有温泉分析表
 - 5) 東京都立衛生研究所分析表
 - 6) 上治寅次郎：地学雑誌 第49年（昭和12年）481頁
 - 7) 神戸海洋気象台調査
 - 8) 地球物理 第1巻
 - 9) 石津：The mineral Springs of Japan (1915)
 - 10) 田中研一：温泉（昭和13年2月）
 - 11) K. Bryan : Journ. Geol. Vol 32 (1924)
 - 12) 日本鉱泉誌（明治19年）
 - 13) 山崎，町田，棚橋，海と空 第13巻（昭和6年）及び城崎町分析表

Notes on Chemical Elements of Hot Springs

(2) Kinzō Seno. Kunio Ōya