

地球物理

第 4 卷 第 4 號

昭和 15 年 12 月

論 說

別府温泉の重水(第一報^{*})

理學博士 野 滿 隆 治

理 學 士 大 塚 昌 三

理 學 士 堀 龍 夫

1. 緒 言

著者の一人野滿⁽¹⁾は嘗て別府市内温泉數百口の湧出量と雨量との對比から、同温泉の處女水率平均を推定した。然るに近時重水の發見があり、夫の方面から處女水との關聯が想像せられる様になつたので、新に別府温泉の重水調査を企てたのである。

一體河や湖沼の水或は普通の地下水は世界中到るところ其の重水含有率が殆んど同一で、略ぼ全量の1/5000即ち0.02%ほどであることが分つて居る。この事實即ち多量に連絡ある地表の淺近水(Vados water)は其の重水濃度が一定であるといふことは、温泉學上極めて重要なことで、之は其の他の溶解礦物質には關係なく成立するのであるから、若しも地球の深所より出る温泉水中の重水含有率が之と違つて居るならば、それは普通の循環水とは何か違つたものであるといふことになり、温泉學上やかましい處女水の本質を掴む鍵となるかも知れないのである。それで Urey と Bradley は 1932 年に布哇の Kilauea 火山か⁽²⁾

*本文は昭和15年3月の日本温泉氣候學會雜誌第5卷第3號所載「處女水と重水」の一部である。

1) 野滿, 池田, 瀬野: 別府温泉涌養源としての雨量と處女水, 本誌第2卷(昭和13年)97; 京大紀要23(1940), 41,

2) Bradley & Urey: Phys. Rev., 40 (1932), 889.

ら出る水蒸氣や、岩漿の急冷によつて出来たと考へられる黒耀石の含有水の重水率を調べ、
又 Schneider⁽³⁾ は 1934 年に Hansen⁽⁴⁾ 等は 1935 年に若干の鑛泉水を調べて重水濃度を測定
したのであるが、何れも其の實驗誤差が今日の方法に比して過大なため、其の範囲内では普
通の循環水と差がなかつた。次で Dole⁽⁵⁾ は實驗法の精度を増して 1936 年に Nevada の
3 温泉につき Michigan 湖の水と比較したところ、何れも湖水よりは 2.8 γ 軽いことを發
見した。ガンマ(γ)といふのは、密後の差を 1000000 分の 1 單位としたもので、無論溶解
鑛物質などは全部取去つて蒸溜水とした上で比較せねばならぬ。重水は常水よりも重いか
ら、其の含有率が多ければ多いほど比重が増す。従つて比重の増減と重水含有率との間に
は一定の関係があり、一方より他方を算出し得るので、測り易い密度の増減を以て重水含
有率の代用とすることが多いのである。

東京帝大の柴田雄次博士等⁽⁶⁾も此の問題を重視し、今少し多數の温泉水を系統的に調査す
る意圖を以て、昭和 13 年先づ淺間附近の湧出水 20 ほどを調べ、多くは東京水道水より
も軽く 1~2 γ に及ぶものもあることを確めた。然し其の間に降つた雨を屋根から直接引
いて採つた水は夫等よりも一番軽くて、東京水道水に對し-2.3 γ であつた。

我々も昭和 13 年始めより同様の意味を以て別府温泉の重水含有率調査に着手したが、
後に述べるやうに京都水道水に較べて軽いものもあり重いものもあることを知つた。

又、野口喜三雄、福島隆太兩學士⁽⁷⁾は鳴子間歇泉の重水濃度が東京水道水よりも密度差で
1.5~4.0 γ も重いことを示し、小穴進也學士⁽⁸⁾は箱根硫黄山噴氣孔の水蒸氣を凝結した水も
東京水道水よりは重く而も夫れが雨によつて變ることを見出した。私共も別府地獄の若干⁽⁹⁾
につき水蒸氣凝結水を調べて同様に京都水道水に比し却つて重い結果を得て居る。

扱、今日までの實測結果は此の様に温泉或は火山によつて其の水が常水よりも或は軽く
或は重く出てきて、何れか一方にきまらないとなると、重水によつても處女水の本質を捉
ふることは豫想通りには簡單でないことが分る。かうなれば重水方面からの處女水研究も

3) Schneider & Slezak: Chem. Obsor., 9 (1934), 160.

4) Hansen, Rustung & Hveding: Klin Wochenschrift, 14 (1935), 684; J. Pharm. Chim., 21 (1935), 538.

5) Dole: Science, 83 (1934), 434.

6) 柴田, 野口, 金子: 日本化學會誌第58巻, 第 10 號(昭和 14 年), 1013.

7) 野口, 福島: 日本溫泉氣候學會雜誌, 第 5 卷(昭和14年), 10.

8) 小穴: 日本化學會誌, 第60巻(昭和14年), 995, 1005.

9) 本文第二報として追て發表の豫定

亦吾々が湧出量對雨量から推定した地球物理的方法と同様、成るべく多數の温泉につき永年月連續觀測して比較綜合を行ふのでなければ俄に信賴する譯に行かない。只一つの温泉や噴氣孔での重水測定から、一般的に處女水問題を論ずることは最も危険なことと言はねばならぬ。従つて以下述ぶる別府温泉の重水含有率測定結果も、單に左様な一資料を提出し置く意味にすぎず、夫れを以て處女水問題を論議するのは暫く保留するのが當然である。

2. 實 測 法

從來多くの學者が取つて居る重水含有率決定法は、單に温泉水と標準に取るべき水道水とを其のまゝ各別に蒸溜精製して其の比重を恒温槽内で測つて居る様であるが、夫れには γ の次の桁まで出すにも恒温槽の溫度を攝氏 1000 分の 1 度までも精確に測らねばならない。然るに溫度を夫れ程精確に測るといふことは今日の物理器械では殆んどむづかしいことであるし、又假令測れるとしても試料水容器の上下とも果して夫れ程の精確さに溫度を一樣に出来るかは全く疑問である。依つて從來の方法ならば、蒸溜だけを如何程やかましく嚴密に行つたところで、結局は γ の桁だけしか信用に足る値は得られないと信ずる。

依つて吾々は先づ温泉水と標準水とを一系列につないで電氣濃縮し、もとの 4~50 倍の重水濃度に高めた上之を蒸溜精製して、恒温槽内で比重測定を行つた。電解濃縮法は京大の荒勝文策教授が臺灣大學在任中に太田頼常氏⁽¹⁰⁾をして工夫せしめた方法を踏襲し、比重測定法は柴田博士等と同じく小泉理學士⁽¹¹⁾の浮沈子法によつた。かく一應相當程度まで濃縮を行つて置けば、浮沈子の浮きも沈みもしない所謂平衡溫度は温泉水と常水とで 1° 内外も違ふから、恒温槽の調節機能も左程心配がいらず又平衡溫度測定も 0.01°C 程度まで測ればよいからベツクマン寒暖計を使へば至極容易である。その代り同一電流で系列に電解濃縮を行ふとは云へ、濃縮率が果して温泉水と標準水と全く同一なりや否やに多少の心配がないでなく、加ふるに時間を要すること夥だしく一長一短ではある。

3. 實 測 の 結 果

三年前から着手したものの、最初の一年餘は殆んど濃縮裝置の作製に費し、其後も他の研究の傍ら片手間仕事にやつて來た爲め一向に撈取らず、今日までの處漸く十數口の温泉につき實測を遂げたに過ぎないのは残念である。然し兎も角今迄に得た測定結果をあげる

10) 太田：臺北帝大紀要，10(1934)，71，15(1935)，165.

11) 小泉：日本化學會誌第56巻(昭和10年)，811.

別府温泉の重水（第一報）

と次表の通りである。標準水としては京都市水道水を用ゐた。表中重水濃度以外の材料は全部本誌第1巻第1号及び第2巻第4号より採録して比較研究の資に供したものである。

別府温泉の重水濃度とその他の諸要素対照表

温泉 番號	重水濃 度(γ)	深さ (m)	温度 (°C)	湧出量 (L/M)	固形分 量 (%)	SiO ₂ (%)	Fe ⁺⁺⁺ (%)	Al ⁺⁺⁺ (%)	Ca ⁺⁺ (%)	Mg ⁺⁺ (%)	K ⁺ (%)	Na ⁺ (%)	Cl ⁻ (%)	SO ₄ ⁼⁼ (%)	HCO ₃ (%)	遊離 CO ₂ (%)
4	+1.13	44	58.8	23.67	0.630	.1573	.0041	.0002	.0537	.0323	.0100	.1021	.1049	.0486	.3555	.1345
130	-0.14	14.5	49.9	9.43	0.740	.1811	.0027	.0010	.0653	.0448	.0144	.1092	.1043	.0492	.5742	.1487
192	+0.78	51	60.5	14.43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
414	-1.81	91	62.0	17.53	—	—	—	—	—	—	—	—	.2610	—	.6181	—
564	-0.94	74	49.5	18.02	—	—	—	—	—	—	—	—	.2517	—	.3360	—
634	+3.13	11	46.4	46.22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
749	+1.17	46	59.5	17.73	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
813	+3.81	51	46.0	12.41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1171	+0.82	46	51.0	2.48	1.106	.1818	.0038	.0004	.0932	.0537	.0224	.1878	.2261	.0641	.4328	.1172
松村 海地 獄	+2.51	300	39.6	9.95	—	—	—	—	—	—	—	—	.0748	—	.8065	—
	-4.95	—	88.5	—	3.572	.3742	.0042	.0057	.0743	.0277	.1937	.8882	1.3512	.9954	—	.2345

此の表を見ると、重水濃度は京都水道水より大なるものもあり小なるものもあるから、未だ温泉水は常水よりも軽いか重いかを言明することは出来ない。然し多少は重水と處女水の關聯を臭はせる様な事實が上表から認められぬでもない。即ち

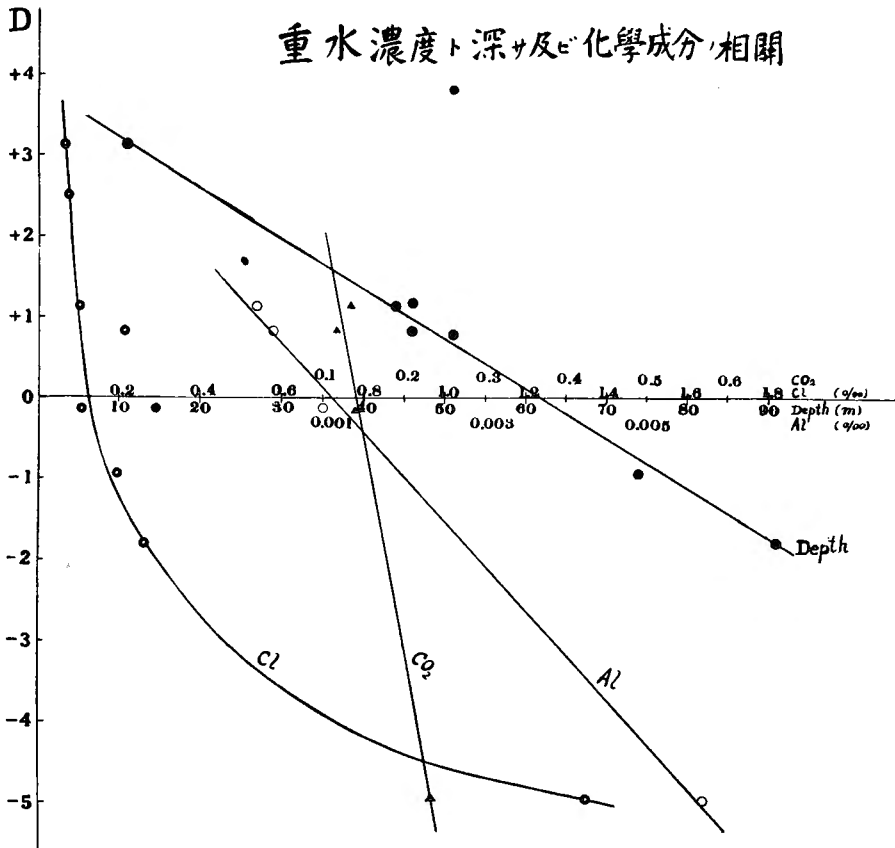
(1) 温泉の深度が大なるに従つて重水濃度の小さくなる傾向がある。第1圖中●印は温泉深度と重水濃度とを對照したもので、両者は殆んど直線的關係を示す。異常を呈する130番温泉は所謂田ノ湯泉脈上にあつて、掘鑿深度は浅いけれども深所との連絡が比較的多いと考へれば、其の重水濃度が過小なるも至當であるし、又第813番温泉は所謂秋葉水系域にあつて普通の地下水と連繫し易く、深度の大なる割合に温度が低いのも夫れを裏書する様だし、従つて重水濃度の過大なることは形の上のことで實質的には寧ろ一般傾向に合致すると謂はねばならぬ。

(2) Cl, 遊離炭酸及びAlの含有量が大なるに従ひ重水濃度は小さくなる傾向が見える。第1圖中○▲○印は夫れ等の重水濃度との相關を圖示したものである。尤もAlは含有量が極微で實驗誤差に近いから餘り重きを置くことは出来ないかも知れない。

兎もあれ以上の二事實は「處女水が常水よりも軽く重水率が少い」ことを暗示するものの如くである。なぜなら、處女水即ち岩漿水は當然其の本源が深所にあるし、又Cl及びCO₂は火山性ガスで岩漿發散ガスや岩漿水には當然多かるべき理であるのに、別府温泉で

別府温泉の重水（第一報）

第1圖 別府温泉に於ける重水濃度



掘鑿深度深く Cl, CO₂ の多いもの程重水濃度が小さいからである。

(3) 固形物總量, SiO₂, K, Na, SO₄ 等にも多少 (2) 同様の傾向がある様にもあるが、測定數少ないため明言は出来ない。

(4) 溫度, 湧出量, Fe, Ca, Mg, HCO₃ 等は重水濃度と何等の關係を示さない。

以上今日までに得た結果の概略であるが、何分にも測定數不足で充分斷定的の議論を行ふわけに行かぬは残念である。更に年月を積み多くの測定を行つた上改めて論述する機會の來らんことを期する次第である。

終りに、本研究は服部報公會の援助により實施し得たることを記して深厚なる謝意を表する。