

大分縣溫泉調查研究會

報告 第 1 號

目 次

別府溫泉に於ける湧出量の相互關係に就いて	瀬野錦歲 山下幸三郎
別府溫泉の總調査の結果に就いて	山下幸三郎
別府溫泉の潮汐湧出量泉温の相關型	川端博
別府溫泉の湧出量と泉温の相關性に就いて	石見綱
別府溫泉のクロール分布の變動に就いて	吉川恭三 輕部末藏

24年7月研究会第16期

序 言

大分縣溫泉調査 研究會 長
京都大學火山溫泉研究所長 長谷川 万 吉

地下資源の乏しい我國土に於て、滾々と湧き出る温泉こそは盡きないエネルギーの源であつて洵に尊い地の恵みである。之を埋れたままに放置し、或は徒に乱發して無用に放流すべきでもない、戦後の我國に於て温泉の重要性が官民両面から再認識せられたことは當然である。しかし温泉の開發といひ、その利用といつても、いづれも専門學者の眞摯な調査研究の結果に基礎を置くのでなければ到底その目的を達することが出来ないのは多くの實例が示す所である。

大分縣は世界最大の温泉都市別府市を擁し、他にも多くの未開發の温泉源をもち、今後我國の觀光國策にも果すべき大きな役割が期待されてゐる。一方に於いて別府市については、温泉開發は漸く極点に近づき、今後の浚渫或は新堀等に慎重を期すべき状態にある。温泉利用に就いては猶研究すべき問題が多くある。大分縣の識者は夙に温泉の物理的研究の必要を覺り、先に故京大教授志田順博士と謀り、京大温泉研究所の創設に絶大なる援助を與へられた。爾來、二十有余年志田博士及びその後繼者故野滿隆治博士を初めとして多くの京大地球物理學教室員の絶えざる努力によつて集積された研究業績は温泉學上他の追従を許さないものがある。

然るに之等は純學問的な研究で、今一步を進めることによつて實用面に接觸するものが多い。大分縣の諸賢はこの点に注目せられ昨年四月京大の温泉研究所員と相議して大分縣温泉調査研究會を設立されたのである。

今回行つた主な仕事の一つは別府温泉に於ける相互關係の實驗的調査である。之は縣、市當局及び市民の協力がなければ到底行ふことの出来ない實驗であつて、温泉地下水學上、劃期的研究といふことが出来る。一般に温泉行政に重要な示唆を與へるものと思う。他の仕事は別府及びその附近の温泉の實態調査である。これは大正十三年及び昭和八年の前二回の調査と共に四半世紀に亘る別府温泉の歴史を明かにしたもので、全体として別府温泉が年と共に變化して行く方向を示すのである。市の温泉政策の示針となるものと思はれる。

これ等の結果を研究報告第一号としてここに發刊する。

地 球 物 理

第 8 卷 第 2—4 號

昭和 25 年 3 月

別府火山温泉研究所報告第 12 號

論 說

別府温泉に於ける湧出量の相互關係に就いて

瀨 野 錦 藏

山 下 幸 三 郎

1. 緒 言

地下水が井戸から揚水される時は地下水面又は地下水頭は井戸の近傍ほど深く沈下した漏斗状の曲面となる。この水面、水頭の低下範圍を影響圏と言ひ、地下水が流動してゐるときは揚水量に相當して揚水區域が定り、揚水井の下流に於ては水面、水頭が降下する。

別府に於ける如く穿堀温泉が相接して多數に存在してゐてそれらの間に新しい温泉を新堀して湧出せしめると、地下水の場合と似て、周邊の温泉の湧出量、従つて又温泉に影響するであらうことは容易く想像出来る。昭和⁸年、京大別府研究所により別府温泉の第二回の總調査に際し、ある温泉をポンプにて過剰に揚水してゐるため周邊の温泉が枯渇した例があるのを見た。又土生理學士は一温泉の揚水によつて近接温泉の水位が低下した記録を得てゐる。

一温泉が周邊の温泉に及ぼす影響は既存の地下水の理論でなされてゐない点が多い。別府温泉には自噴するものが多く、分布も一様でない。又温泉水の流動と深處よりの補給と、淺處の地下水との連絡もある。

温泉の利用の立場からも温泉相互の關係は利害關係の問題があつて、今回、大分縣、別府市の後援によりこの問題の調査研究することになつた。

2. 實 驗 方 法

温泉の相互の作用を知る方法は種々あると思はれるが、吾々は次の方法を實行した。

- (1) 新温泉の穿堀が完成して湧出を初める時の前後に周邊の温泉の湧出量を測定すれば温泉の新設の影響を知ることが出来る。かゝる好機會は長年月に僅かしか期待出来ない。
- (2) 既成の温泉をポンプで平常より過剰に揚水せしめると温泉の新設に近い状況になるから揚水による周邊の温泉への影響を確かめることが出来る。揚水の操作は温泉の埋設導管に異常な壓力變化を加へることになるから、鐵管か竹管ならば新しいものを選ばなければならぬ。今回の試行に於ても撰擇を誤つて一孔を破損せしめた失敗例もある。
揚水時間は長い程、揚水量は多いほど好都合であるが、實施には諸種困難を伴ふので、大約2時間の連續揚水を行ひ、その間及び前後に周邊の温泉の測定を行つた。揚水を2時間としたのは潮汐の湧出量に及ぼす影響が遅れるものもあることが推定されてゐるから、その点を考慮したのである。
- (3) 温泉水中にガスを多量に含む場合にはポンプで揚水が困難である。かゝるときは温泉の湧出を一部又は全部を抑制する。この時はこの温泉が消去した状態に近いからその影響が判る。温泉水頭が地表下に低いところではポンプの装置があるから、ポンプの活動又はその停止を行へば(2)、(3)のいづれの實驗も行ふことが出来る。
- (4) 舊別府市田湯温泉附近は温泉水頭が一般に地表下でポンプで揚水してゐるものが多い。自家用は揚水量が少ないが、旅館公衆浴場の如きは揚水量が多い。故に停電日にはポンプ揚水が全く止む。従つてこの日と前後日の湧出量又は温泉水頭の變化で全体の湧出抑制の影響を知ることが出来る。

以上諸種の實驗に際して観測すべきものは湧出量のほか、泉温、化學成分等について行ふ必要があるが、今回は人員と湧出口數の關係により主として湧出量の變化に注目した。然し長谷川万吉教授の示唆により特にある温泉の温度の微小變化を知るためにベックマン寒暖計により五分毎観測したものもある。化學成分の變化も吉川理學士⁽¹⁾が城崎温泉で行つた如く變化があることは豫期されるのであるが、それまで及ばなかつた。將來は之を行ふ心算である。

揚水温泉を中心にしてどの邊まで影響があるかは明かでないから今回は半徑百米内の測定可能の温泉について行つた。既述の如く短期間の観測であるから氣壓や降雨の影響はあつても小さいが、海岸に近いと潮汐の影響が重合して揚水の影響と分離出来ない場合も

生じた實驗を行つた温泉の主要
事を第一表に示す。

實驗實施期は多くサンマー
タイム實施中であつたがすべて標
準時に直してある。實測資料は
後にまとめて揚げた。

3. 實驗の結果

(i) 湧出口が新設されて周
邊の温泉に及ぼす影響を測定する
ことが本研究の直接な方法であ
る。幸ひ別No 487の新設を知つ

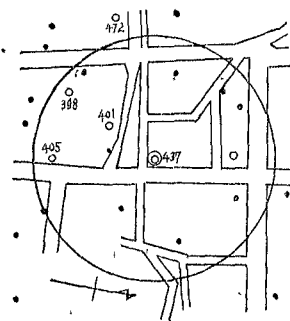
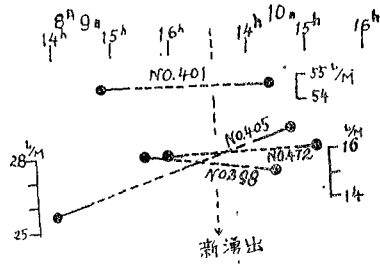
第 一 表

温泉番号	温泉名又は温泉所有者	海岸よりの距離	實施月日	試驗法
別府 No. 19	紙屋温泉	370m	昭和24年 8月7日	揚水
〃 521ノ1	松尾マツ	66	〃 11日	〃
〃 373ノ1	野上久雄	150	〃 13日	揚水及抑制
〃 437	藤井吉之助	270	10月10日	新設
〃 473ノ1	武田西雄	360	8月10日	導管破損
〃 551	松野屋旅館	400	〃 6日	〃
〃 694	亀井ホテル	650	〃 4日	揚水
〃 1045	奈須勝吉	40	〃 9日	抑制
〃 1212	竹瓦温泉	81	9月30日	〃
〃 1241ノ2	濱脇温泉	135	8月8日	〃
亀川 No. 50	有馬醫院	174	〃 18日	揚水
〃 181	原田杏一	252	〃 〃	〃
〃 318ノ1	国立病院	660	〃 15日	〃

たので、この温泉の初湧出後と前に周邊の温泉の湧出量を測定した。海岸から近いので潮汐の影響を消去するために25時間々隔に測定した結果は第1圖A, Bで示す如くNo.398は減じ、No. 405 は新湧出後は増加してゐる。新湧出のため周邊の温泉の湧出量の増加を來したのは意味があるかどうか疑問である。No.398より近いNo.401は殆んど變化がない。この場合新温泉湧出は周邊への影響が少い。ごく (A)

近くに温泉がないからでもあらう然し新温泉は既存温泉相互ほど密接ではないと考へられる。ある期間を経て連絡が定常になつた状態を測定すべきで、又長期後の影響は降雨その他の効果が重合するから、温泉相互の影響は新設の場合には明確にならぬ如くに見える。

(ii) 揚水影響を明瞭に知るには海岸より遠いものがよい。別、No.694 温泉は曾て土生理(1) 學士が研究したものであるが、湧出口直上にコンクリートのタンクがあつて、温泉水頭は地表僅か下で、必要時に電力ポンプ(1/2馬力)二台で揚水する。再々の試験揚水は約2時間、(B)



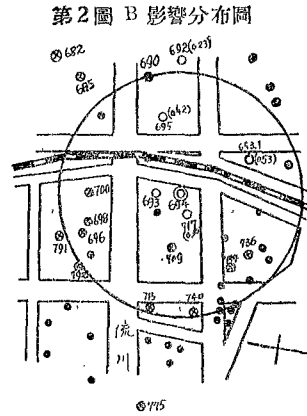
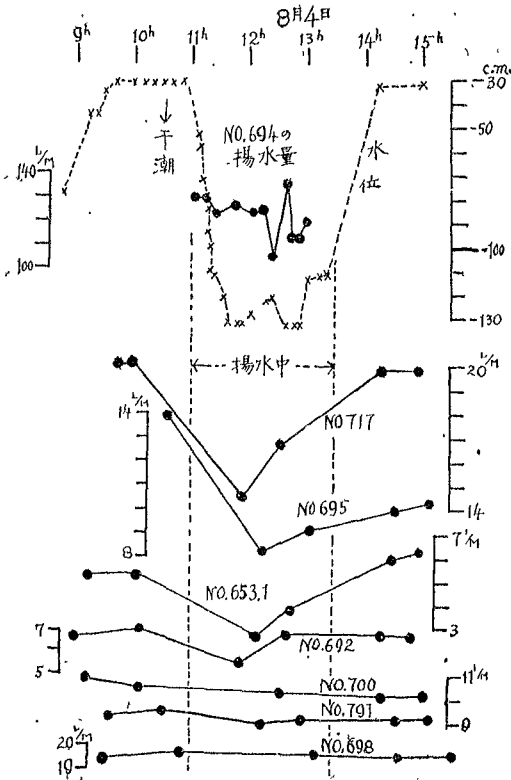
●印は調査した温泉 B 影
印は新温泉、○印は調査した温泉
よる周邊温泉への影響分布圖で◎
第1圖 A 別、No.487の新湧出に

別府温泉に於ける湧出量の相互關係に就いて

その前2時間は停電で、終了後2.5時間も、揚水しなかつた事を確めてある。第2圖A, Bに周邊の温泉の湧出量の變化とその分布圖を示す。◎印が試験温泉、大円はそれを中心に半径百メートルである。○印は測定した温泉で、⊗は揚水影響のない温泉、●印は測定出来なかつた温泉である。(以下の圖で温泉の記號はこの種に分けて用ひる) A圖の縦二本の点線間が揚水時間である。この地區も尙潮汐の影響は僅か乍らあるのであるが揚水前後はほぼ同じ湧出量になつてゐるから今は問題にせずともよい。

A圖中の干潮とある矢印は別府灣潮位の調和分析より得た半日月潮干潮時を推定したものでこの推定は第8圖の例の如く潮位實測とよく一致してゐる。

第2圖 A別, No.694の揚水による周邊の温泉の湧出量變化



A圖より No.717, No.695, No.693, No.1, No.692等がNo.694の揚水中に湧出量は低下してゐることは確かに揚水の影響である。而も何れも揚水中の第二回目の値は稍々回復してゐる。No.692は殆んど揚水前の値になつてゐる。不透水層間を流れる

地下水の如きものであるならば地盤の弾性等を考へる必要があるが、揚水開始後かなりの時間が経つてからで稍々疑問である。

地下に多層の地下水層、温泉水層があつて各水壓に對應して相互の混合があるが、採湯層が時に減壓(今の場合には揚水によつて)するときには平常の均衡を破れて他層より補給

別府温泉に於ける湧出量の相互關係に就いて

を多く受けることが考へられる。補給する層は冷地下水の場合もあり又更に高温な泉水層の場合もあると考へられる。温度、化學成分の變化によつて推定出来る場合がある。別府市街地では、下流と考へられる海岸に近い方が全体として湧出温度が高く又流動速度から推定しても深處からの高温泉の補給の可能性がある。

No.791は影響が多少はあると見られる。No.70, No.698は先づない、圖には示さぬがその他のものは變化が不規則なものや、反つて湧出量が増加したりしてゐるものも影響がないものとみる。之をB圖で平面圖に示す。括弧内の數字は減少量のものとの湧出量との比である。之を見ると影響の及ぶ地域が揚水温泉を中心にして對稱的でないと云ふ事が判る。今の場合温泉水頭が高く上流と考へられる方面に偏在して所謂揚水區域に似てゐる。下流に影響が及ばないのはそれだけ他の地層からの補給が考へられる。この地域は田湯温泉脈上にある。揚水量は平均123L/Mで影響された總減量は20L/M未満である。影響範圍が尙擴つてゐるとしてもこの程度と余り多くはないであらう。即ち揚水量は總減量より遙かに多いからこの地には温泉伏流に余裕のあることは確かである。

No.695は揚水停止後余り回復しない。かゝるものは永く影響が残ることもあるのではないかと思はれる。

この實驗で影響は百米より遠くに及ぶ場合もあることが判る。

iii) 亀, 318ノ1も海岸より遠い。この温泉は揚水前には湧出は停止してゐて、放棄してあつたのでポンプをかけた初めは泥水が出てポンプは停止したが、約2時間の努力で揚水が順調になつた。然しポンプの揚水量は弱まり1時40分間の平均揚水量は12.9L/Mで、この間も變動が著しかつた。この温泉は揚水停止後、42.°20の温泉として復活した。

揚水時は満潮時で第3圖でみるとNo.378はこの時最大湧出量になつてゐる。故に揚水の影響は先づないと見る。

No.318; No.370, No.371,等は揚水の影響は明らかである。これらは揚水中の第二回目の測定値が減じてゐるのは前の別, No.694の揚水の場合と反對である。従つて他の地層からの補給はあつても少く、又揚水の影響の位相差を示すものだとも考へられる。

No.332, No.334は海岸より遠いが潮汐と揚水の兩影響を受けてゐるとも解釋が出来る。No.371は揚水終了後は少しも回復してゐない。

平均揚水量12.9M/Lで總減量は約10M/L, 尙他にも減量はあるべく兩者ほぼ等しいと見られる。

別府温泉に於ける湧出量の相互關係に就いて

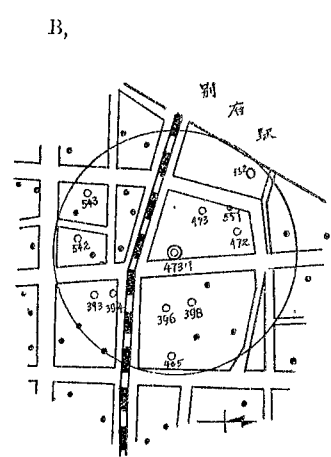
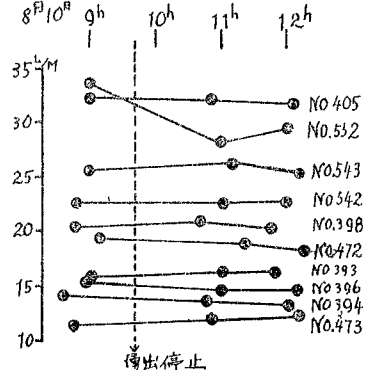
プを装置して揚水を試みたが多量に泥水が出るばかりで遂に高温水の誘出をなし得なかつた。亀No. 318ノ1の場合は鐵管で復活し易く、竹管はそれが困難であるやうに思はれる。ポンプを仕掛けても鐵管は壓力差に堪えられるが、古い竹管は周圍の壓力でおしつぶされてしまふのであらう。

別 No. 473ノ1 も竹管で低温となり雑用に使はれてゐたが埋没管上端は古くは見えなかつた。之にポンプ揚水を行つたが約10分で揚水は出来なくなり水面は見えず、試みに水を注いでも吸ひ込むばかりであつた。約一時間後地表下 85cm 迄水面が下昇して來た。

もともと低温で湧出量の少いこの温泉が湧出を停止したのは途中導管がつぶれて埋つたか或は深部の高い温水が破損個處から浅い地層に逃れてゐるのかは明かでない。揚水前に周圍の湧出量を測定しておいたから、破損後如何なる影響を周圍に及ぼしてゐるかが判る筈であるがその結果は第5圖の如く増減一様でない。No. 552が4 L/Mも減少してゐるのが地下の連絡を意味するならばこの破損した温泉は下層の高温水がこれまでより多量に淺層に流入してゐると解釋される。

V) 別, No. 19は海岸より可なり離れてゐるが潮汐の影響があるのは第6圖Aで見られる。然しNo. 2, No. 52の如き海岸からの距離をも考へると4~7L/Mの變化が潮汐によるとは

第5圖 A, 別No. 473ノ1の破損に伴ふ周圍の温泉への影響
別No. 473.1の破損



思はれぬ。この邊では既に調査した結果は潮汐係數 $C_A = 0.5$ 位で

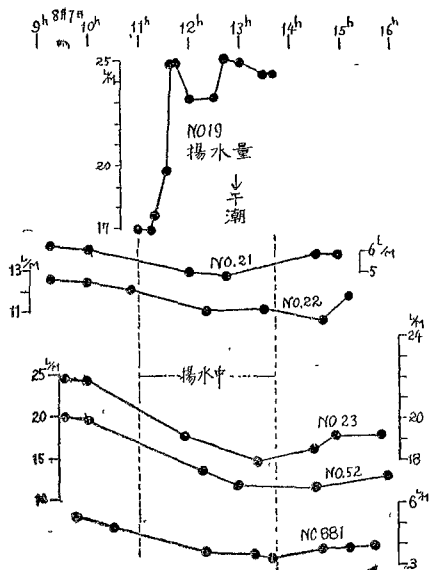
$$C_A = \frac{h}{a} \quad h = \frac{\Delta q}{\Delta H}$$

こゝに a は導管斷面積, q は湧出量, H は潮位である。
今 $a = 14 \text{ cm}^2$ (別府温泉の導管斷面積の平均) とすると潮汐による湧出量の變化量 Δq は

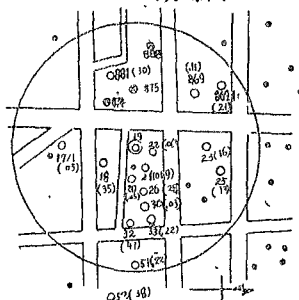
$$\Delta q = 0.5 \times 14 \times \Delta H = 0.7 \times \Delta H$$

で測定時は小潮に近く ΔH は最大 1 米位であるから Δq は 1 L/M 以下である。

第6圖 A, 別府No. 19揚水による周辺温泉への影響



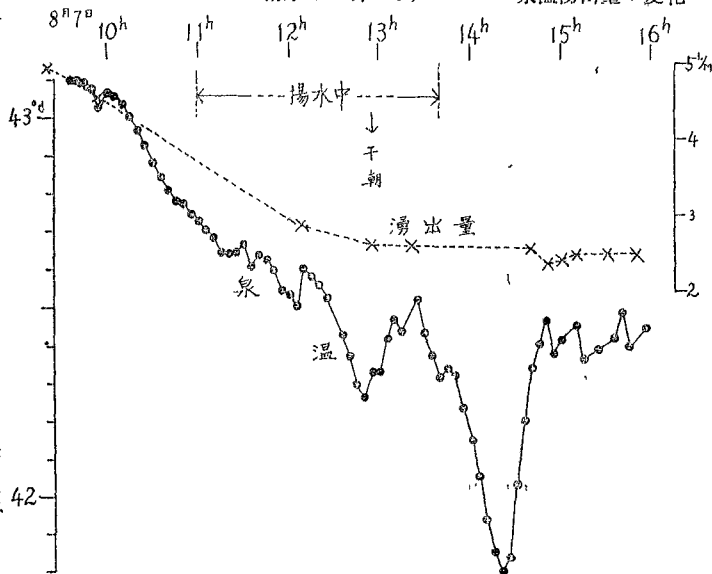
B, 影響分布図



又干潮時を中心にしても可なりの不對稱になつてゐる。潮汐の影響に位相差がありとしてもNo. 23の如きは確かに揚水の影響と思はれるものがある。

そこで今少し過大視の傾向はあるが揚水中の減少を揚水による影響とみて減少比をとるとその分布は第6圖の如くなる。海岸に近いNo. 52No. 32, などが大きき値をもつてゐるのは潮汐の影響が混じてゐるとみられるが、大体百米内では殆んど揚水の影響が及んでゐることは明かである。又、百米円外にも影響が及んでゐるであらうことは推察し得る。影響の大きいものは海岸に直角な(東西)方向に帯状に分布してゐるやう

第7圖 別, No. 19の揚水中に於ける, No. 32の泉湧出量の変化

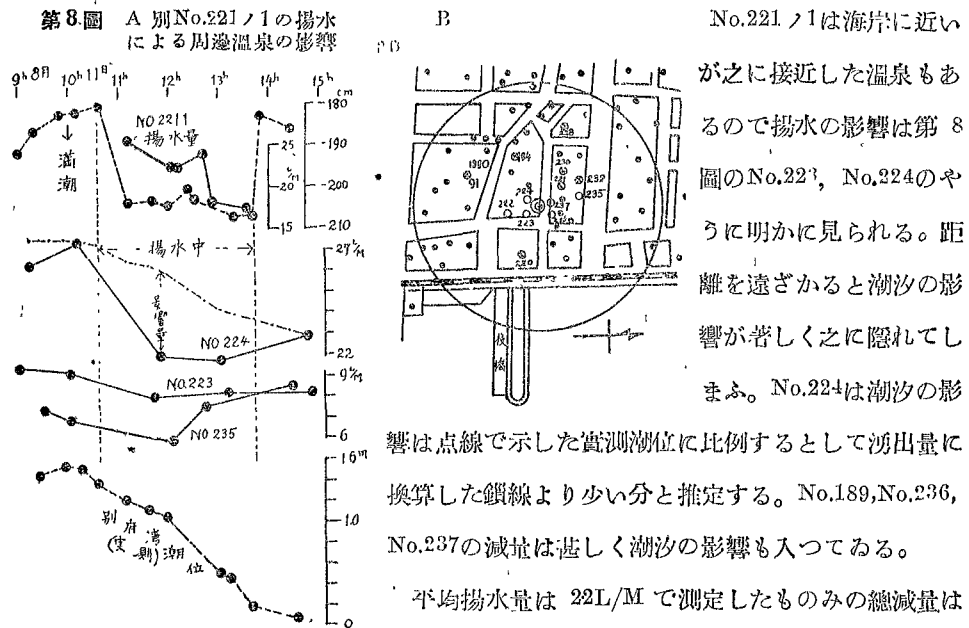


である。總減量は23L/M余になり揚水量22L/Mを越えてゐる。前者が潮汐影響を混じてゐるが影響區は更に廣い事を考へると揚水量と總減量が畧等しと見るべきであらう。この地域は別府温泉の南西限界点であるから地下温泉伏流はあまり強いことはないであらう。

別府温泉に於ける湧出量の相互關係に就いて

No. 32 温泉に就いて泉温の微細變動を觀測したものを第 7 圖に示す。潮汐の影響の上に大きい變化が二つある。之は湧出量には對應せず揚水變動に伴ひて時間が遅れて現はれたやうに見える。影響が湧出量とは別に泉質に及んでゐるのであらう。別府温泉で時に地上に何の原因と考へられるものがないのに湧出量と泉温又は泉温と化學成分が相伴つて變化する⁽⁴⁾とがあのるのは、他の温泉の變動が地下で連絡が密であるものに及ぼすことがあるのではないかと思ふ。

vi) 海岸に近い温泉は潮汐の影響が著しいので揚水による影響に重合して後者が見分け難い事がある。No. 1211 の湧出抑制試験を行つたが周辺の温泉は潮汐の影響にかくされて明かになし得なかつた。

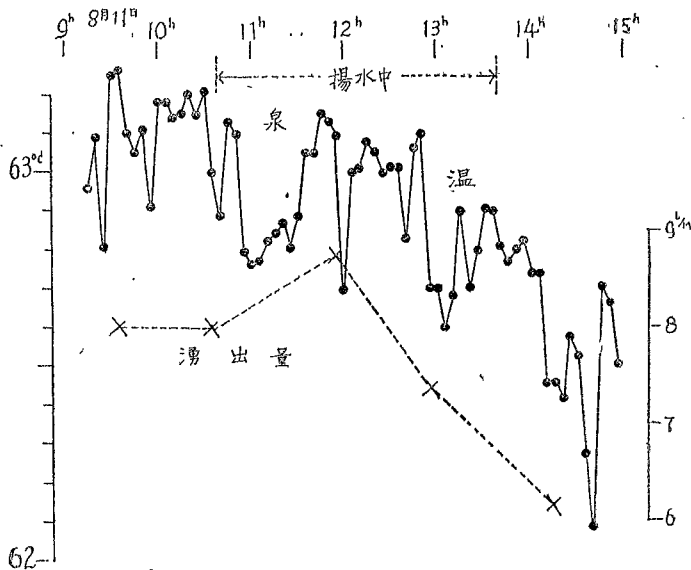


⁽⁵⁾ この邊は田ノ湯温泉脈上で優勢な温泉伏流を思はしめるがほぼ一口に相當する揚水量も近くには影響することが確かめられたのである。

No. 228 は揚水中に湧出量が増加してゐるのは揚水に關連あるのかないのかは明かでないが、泉温の微小變化は第九圖の如く變動が甚しいのは、No. 83 (第 7 圖) に比して著しく對照的がある。この變動は別府灣の共振も影響してゐることも考へられる。

別府温泉に於ける湧出量の相互關係に就いて

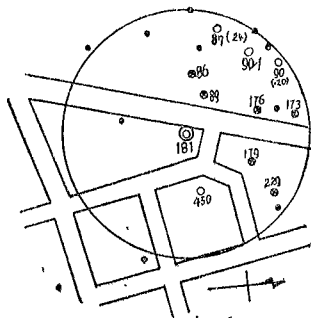
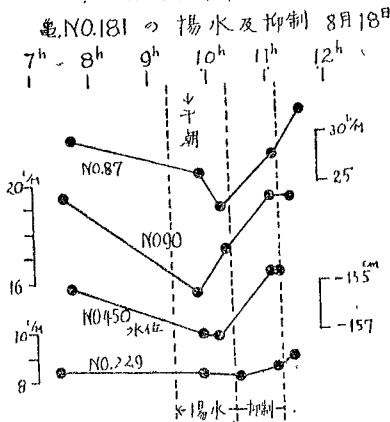
第9圖 別No.221.1の揚水中に於けるNo.228の泉温, 湧出量の變化



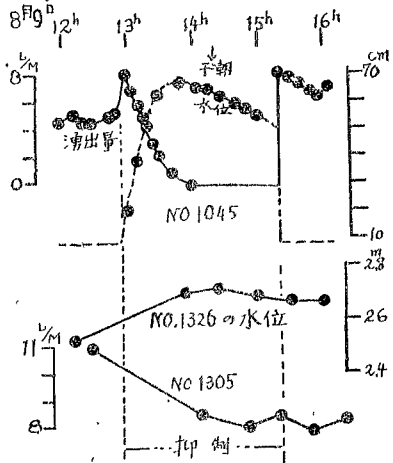
vii) 亀, 181の揚水及び抑制の時刻は丁度干潮時であるが海岸に近いNo.229等は殆んど潮汐の影響がないのに較べると第10圖 AではNo. 87, No.90, No.450 (水位) の變化は揚水の影響と見てよい。

影響分布圖を B圖に示す。之で日につく事

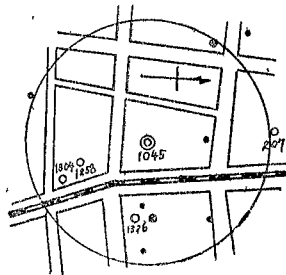
第10圖 A 亀No.181の揚水及抑制の周邊温泉への影響



第11圖 A 別No.101の湧出抑制による周邊温泉の影響



B



は近くの温泉よりも遠方の温泉に影響を及ぼしてゐるといふことである。深き泉温は温泉群の小區域ではほぼ似たものであれば一様の關連が考へられるのであるが、それにも拘らず影響度の異なるのは地下の連絡が複雑であると推定しなければなら

ない。揚水量は25L/Mであるが総減量は約12L/Mで影響が更に遠くに及んでゐても、この二倍に及ばぬと思はれるから、揚水量の方が多し。温泉分布も余り密ではないから地下温泉流になほ余裕があるのであらう。

viii) 別, No.1045の湧出抑制は丁度干潮時のため周囲の温泉の多くは抑制の影響が第11圖の No.1305の如くに現はれなかつた。唯一つ No.1306の水位が干潮時に増位してゐるのが、抑制影響と認められた。

ix) 龜 No.50の揚水によつて第12圖 Aの如く No.116, No.140, No.142, No.144は明かに影響を受けてゐる。揚水の前後の値を直線で結んだ値との差量を影響量とみる。No.51, No.60は潮汐の上に加揚水影響が重合してゐるとも見られる。影響分布(第12圖 B)を見ると揚水影響の大きいNo.116, No.140, No.142, No.144が遠くあり響影の小さいNo.51, No.60が近くにあることは他と較べて特異な点である。

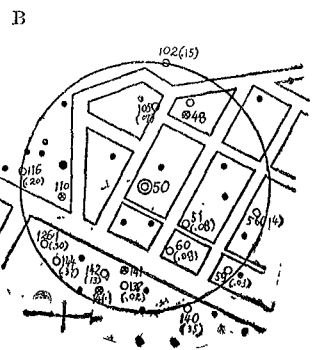
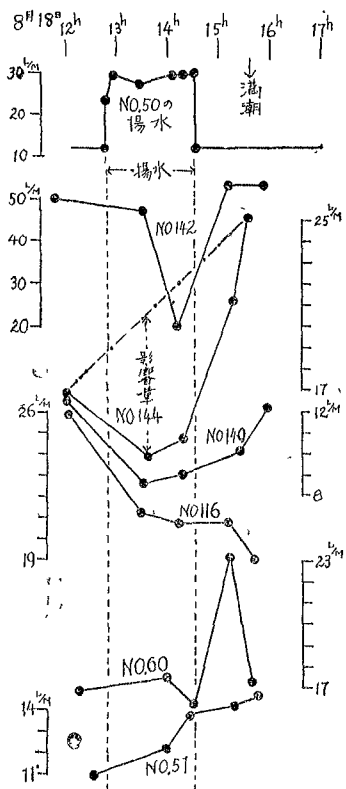
平均揚水量約25L/Mで総減量約30LMであるから両者は畧等しい。即ち揚水量だけどこかの温泉に割當てゝ湧出量が減つてゐるといふことになる。

x) No.1212の湧出抑制の影響は第13圖に示す如く潮汐の影響が重合してゐても No.1211, No.416, No.50の揚水影響は明かであり、No.316も多少の影響がある。影響域は海岸に直角な帯状になつてゐるらしく見える。

No.1212の抑制前の湧出量は測定が出来なかつたが湧出量は多い方であつたから、(抑制による周囲温泉の増加量は抑制前後の湧出量を点線で結んだより多い分の)総量約12L/Mよりは多いと思はれる。

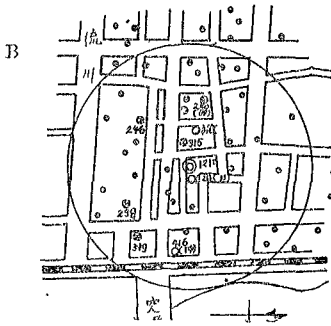
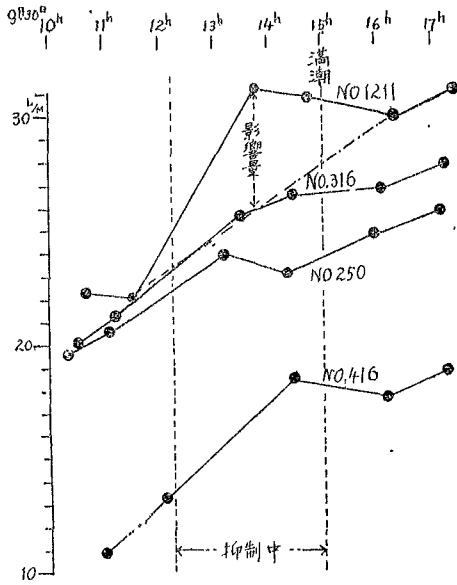
xi) No.373の揚水及抑制の影響は第14圖の如くNo.343に明かに見える、No.341には殆んどない、No.344, No.412には多少ある如く、No.347は潮汐の影響と重合してゐる如く見える。

第12圖 A 龜 No.50の揚水による周囲温泉への影響

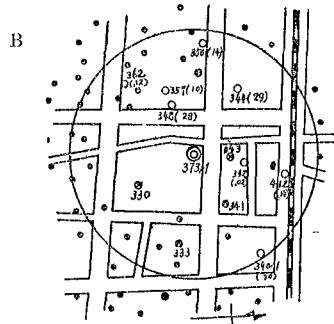
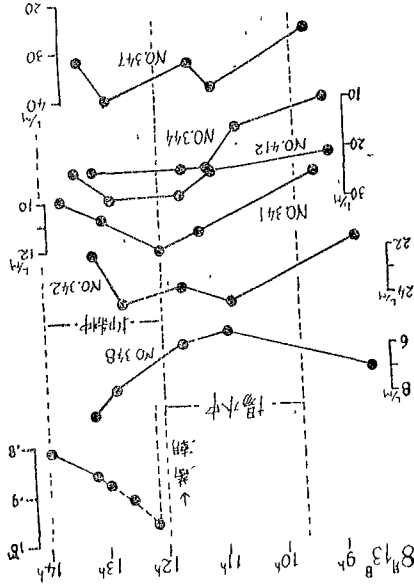


別府温泉に於ける湧出量の相互関係に就いて

第13圖 A 別No.1212の抑制による
周囲温泉への影響



第14圖 A 別No.173.1の揚水及抑制による
周囲温泉への影響



この影響分布は B圖の如く西北の半円内に影響が著しいやうで又百米以上にも及ぶ如く
見る。

揚水量が約 13L/Mに對し總減量は 36L/Mにも及んでゐる。これには潮汐影響が入つて
ゐるとしても揚水量を越えてゐる。周囲に温泉が密な地域であるから地下伏流に余裕がな
い事を示すものであらう。

Xii) 第15圖に示す如く舊別府市田ノ湯温泉南部は温泉水頭が地表より低いので必要時
にポンプで揚水するやうにしてあるものがある。そうでないものは温泉口を低く切り浴槽
が地下深く作られて温泉は絶えず流出してゐる。自家用の温泉は揚水量は少ないが、旅館
公衆浴場の揚水量は大で田ノ湯温泉は一日20時間位は間歇的に揚水が行はれてゐる。
従つて停電日にはポンプは一切動かぬから平日と比較すればこの附近の

第15圖 川の湯温泉附近の温泉分布、○はポンプ揚水温泉、⊕は停電日に昇位したもの、●は自噴温泉、⊕は停電日湧出量が増したもの



湧出量、温泉水頭の變化が知られる。8月5日は停電日であつたのでその夕方と前日の夕方の測定を比較すると殆んど停電日には増加してゐることが判つた。第15圖中の測定したものは一樣ではないが湧出量増加は約12 L/Mにあたる水位上昇も湧出量に換算してみると20 L/M以上にもなる。この事は湧出口が増加

してゆくと次第に温泉水頭が下降することを示すもので川の湯温泉はもとの自然湧出は停止してしまつた事を見ても立証できる。

4. 結 論

以上の實驗を綜括すると次の事が言へる。

- (1) 新温泉の湧出は周邊に著しい影響を與へなかつた。これは既存温泉と地下の連絡が未だ充分でないためと思へる。
- (2) ある温泉を過剰に揚水すると周邊の温泉の湧出量の減少を來たし、湧出を抑制すると周邊温泉の湧出量が増加する。
- (3) 揚水又は湧出抑制による影響分布は試験温泉に對して点對稱にはならぬ。
- (4) 影響は近いものに著しい場合、反つて遠いものに強い場合地下温泉伏流に沿ふと思はれる場合、等がある。これ等は温泉相互が地下の連絡如何によると推定される。
- (5) 試験温泉より百米以上離れても影響が及ぶ。
- (6) 試験温泉の揚水中に周邊の湧出量は一旦減少して後少し回復する。之は他の地層からの補給と考へられる。更に減少するのはその補給は少なく、影響に位相差があると考へられる。
- (7) 揚水量と總減量は畧等しいものが多く、これは地下温泉伏流を充分湧出してゐるて余裕

別府温泉に於ける湧出量の相互關係に就いて

のないことを示す。

- (8) 揚水量が總減量より遙かに多い地區は地下温泉伏流の余裕あることを示す。
- (9) 泉温が湧出量に併行して變化しないのは泉質の變化を示し、他の地層よりの補給を示す。
- (10) 湧出口の増加は温泉水頭の低下を來たす。
- (11) 別府温泉では影響圏といふものはある温泉の影響がそれを中心とした円形の地域ではない。
- (12) 揚水試験をする温泉の導管は鐵管か、新しい竹管であることが必要である。
- (13) 揚水によつて湧出量が減じたものは揚水停止によつて再び回復せぬものもある様である。

終りにこの試験に後藤巳與治、川端博、吉川恭三理學士や多くの學生が熱心に協力下さつた。尙本研究は大分縣温泉調査研究會の研究費によつてなされた事を深謝する。

参 考 文 献

- (1) 土生月樟「別府温泉に及ぼす海ヒシの影響並びに隣接温泉の相關」地球物理第7巻第2号
- (2) 吉川恭三「城崎温泉に就いて」昭和21年11月地震學會にて發表
- (3) 野満隆治、瀬野錦藏、中川廣安「別府温泉と潮汐」同上第2巻第1号
- (4) 瀬野錦藏「別府附近温泉若干の電導度年變化に就いて」同上第2巻第4号
石見 綱「別府温泉の湧出量と泉温の相關に就いて」同上本号
- (5) 野満隆治、山下 馨「別府旧市内の地中温度と温泉脈」同上第2巻第3号

The Mutual Interaction of Flows of Hot Springs in Beppu

Kinzō Seno and Kōsaborō Yamashita

When a hot spring well is overpumped, the flow decreases in those of the neighbourhood. On the pine source, the quantity of overpumping exceeds that of decrease. On the other parts, both equal each other. The degrees of influence are not regularly distributed, some times the effect extends to the hot spring situated more than 100m apart from the pumpingwell.

別府温泉に於ける湧出量の相互關係に就て

別府温泉に於ける湧出量の相互關係測定資料

別府, No.19 紙屋温泉揚水試験

昭和24年8月7日 10時15分より13時12分迄揚水

この温泉は低温で平常は放棄してある, 揚水量は次の如し。

時 分	11.00	11.16	11.21	11.32	11.36	11.46	12.03	12.30	12.45
揚水量(L/M)	16.95	16.95	17.73	19.75	24.76	24.76	23.28	23.28	25.16
時 分	13.01	13.30	平均						
揚水量(L/M)	24.76	24.38	21.95						

No. 19 揚水中の周邊の温泉の湧出量は次の如くである

1140	測定時刻	14.20 ^{時分}	13.25	13.35	13.45	14.05	14.13	14.23	14.32	
	湧出量	5.94L/M	6.32	59.4	6.02	6.32	6.43	6.43	6.32	
874	測定時刻	14.42 ^{時分}	14.51	15.01						
	湧出量	6.15L/M	6.43	6.32						
875	測定時刻	9.00 ^{時分}	10.00	11.45	12.30					
	湧出量	17.22L/M	17.24	17.52	16.91					
881	測定時刻	9.00 ^{時分}	9.33	11.48	12.32					
	湧出量	20.1 L/M	19.5	20.1	19.6					
888	測定時刻	9.45 ^{時分}	10.20	12.10	13.08	13.26	14.30	15.00	15.30	
	湧出量	5.23 L/M	4.82	3.66	3.50	3.36	3.72	3.85	3.90	
1084	測定時刻	9.30 ^{時分}	10.15	12.00	12.40					
	湧出量	6.36L/M	6.36	6.88	6.56					
1136	測定時刻	11.35 ^{時分}	13.35	14.00	15.10	15.45				
	湧出量	3.10 L/M	2.48	2.48	2.48	2.52				
1138	測定時刻	12.10 ^{時分}	14.30	15.30						
	湧出量	14.068L/M	8.951	8.205						
1146	測定時刻	11.36 ^{時分}	13.50	15.10						
	湧出量	15.919L/M	15.48	15.28						
1163	測定時刻	11.30 ^{時分}	14.00	15.00	15.30					
	湧出量	3.79L/M	0.60	0.00	0.00					
32	測定時刻	11.25 ^{時分}	13.45	14.20	15.25	15.50				
	湧出量	4.06 L/M	2.21	2.27	2.51	2.51				
32	測定時刻	9.20 ^{時分}	9.55	12.10	12.55	13.20	14.40	14.50	15.00	15.10
	湧出量	4.90	4.46	2.85	2.62	2.59	2.55	2.35	2.40	2.47
	測定時刻	15.30 ^{時分}	15.50							
	湧出量	2.47L/M	2.47							

温泉 番号	湧出量及測定時刻									
	測定時刻 湧出量	時分 9.17 15.3	9.50 14.57	11.56 14.57	12.48 14.82	14.32 14.57				
17ノ1	測定時刻 湧出量	9.20 14.41	9.45 14.79	11.58 14.40	12.43 14.20					
18	測定時刻 湧出量	9.10 6.61	9.40 6.85	11.48 5.45	12.45 5.09	13.19 4.46	14.30 4.87	15.03 5.12	15.45 5.00	
20	測定時刻 湧出量	9.05 2.98	9.45 2.89	11.50 2.81	12.35 2.89					
21	測定時刻 湧出量	9.15 6.02	10.09 5.96	12.00 4.96	12.45 4.84	14.30 5.86	15.00 5.92			
22	測定時刻 湧出量	9.15 12.68	10.00 12.51	10.55 12.12	12.45 11.21	13.30 11.17	14.40 10.81	15.10 11.80	16.00 11.22	
23	測定時刻 湧出量	9.20 21.70	10.00 21.75	11.55 19.21	13.20 18.01	14.30 18.59	15.05 19.21	15.50 19.21		
25	測定時刻 湧出量	9.00 14.90	9.40 15.58	11.50 14.12	12.30 14.30	14.43 13.58				
26	測定時刻 湧出量	9.50 3.73	10.20 3.85	12.15 3.09	13.00 2.88	13.45 2.79				
30	測定時刻 湧出量	9.15 13.50	9.55 13.10	12.15 12.82	12.40 12.67	14.35 12.67				
33	測定時刻 湧出量	9.30 15.42	10.00 15.42	12.25 12.65	13.25 12.45	14.50 11.90	15.20 12.08	15.50 12.45	16.15 11.99	12.50 13.16
51	測定時刻 湧出量	9.30 5.48	10.00 5.79	12.04 5.08	12.47 5.31	14.25 4.73	15.50 4.28			
52	測定時刻 湧出量	9.40 19.64	10.03 19.61	12.15 13.56	13.00 12.11	14.30 12.11	16.00 13.20			
869	測定時刻 湧出量	9.00 12.32	10.10 12.32	12.30 11.44	13.50 11.01	15.00 11.44	15.35 11.44			
869ノ1	測定時刻 湧出量	9.43 4.54	10.20 4.36	12.12 3.89	13.40 3.44	14.50 3.44	15.20 3.44			

備考 測定時刻ハ時分 湧出量ハL/M

No. 32 温泉湧出口に於ける泉温變化

時分	泉 温	時分	泉 温	時分	泉 温	時分	泉 温
時分 9.40	43°100C	時分 11.20	42.645C	時分 16.00	42.392C	時分 14.40	42°345C
.45	.096	.25	.650	.05	.420	.45	.410
.50	.080	.30	.671	.10	.470	.50	.470
.55	.030	.35	.610	.15	.446	.55	.383
11.00	.070	.40	.640	.20	—	15.00	.420
.05	.057	.45	.630	.25	.520	.05	—
.10	.040	.50	.600	.30	.433	.10	.455
.15	.010	.55	.550	.35	.373	.15	.365
.20	42.970	12.00	.540	.40	.320	.20	—
.25	.930	.05	.510	.45	.442	.25	.390
.30	.885	.10	.603	.50	.325	.30	—
.35	.846	.15	.582	.55	.235	.35	.420
.40	.816	.20	.565	14.00	.150	.40	.490
.45	.784	.25	.528	.05	.080	.45	.400
.50	.780	.30	—	.10	41.040	.50	—
.55	.750	.35	.430	.15	.860	.55	.450
11.00	.735	.40	.372	.20	806		
.05	.710	.45	.320	.25	.840		
.10	.688	.50	.271	.30	42.810		
.15	.650	.55	.335	.35	205		

別府 No. 221/9 松尾マサ氏温泉の揚水試験

昭和24年8月11日 10時38分より13時38分まで揚水

時 分	11.10	12.03	12.13	12.43	12.52
揚水量 L/M	25.4	21.7	21.2	24.0	17.6

泉源水位 (湧出口上部のタンク上端より下へ)

時 分	9.00	9.18	9.53	10.10	10.36	11.10	11.40	11.58	12.22	12.28	13.17	14.26
水位 (cm)	192	187	183	182	181	204	203.5	204.5	201	203	207	185

別府灣潮位

時 分	9.22	9.55	10.12	10.34	11.08	11.34	11.54	13.00	13.14	13.40	13.33
潮位 (cm)	145	155	151	139	120	114	104	49	43	40	10

別 No. 228の湧出温度

時分	泉 温	時分	泉 温	時分	泉 温	時分	泉 温
9.15	62°.960C	10.40	62°.890C	12.05	63°.000C	13.30	62°.9°C
.20	.090	.45	63°.130	.10	.010	.35	.900
.25	.810	.50	.100	.15	.080	.40	.810
.30	63 250	.55	62°.793	.20	.050	.45	.770
.35	.230	11.00	.762	.25	.000	.50	.800
.40	.100	.05	.773	.30	.010	.55	.820
.45	.050	.10	.820	.35	.010	14.00	.740
.50	.110	.15	.842	.40	62 .830	.05	.740
.55	62 910	.20	.870	.45	63 .080	.10	.450
10.00	63 .180	.25	.802	.50	.100	.15	.450
.05	.180	.30	.885	.55	62 .700	.20	.410
.10	.140	.35	63 .050	13.00	.700	.25	.570
.15	.150	.40	.050	.05	.300	.30	.520
.20	.200	.45	.150	.10	.680	.35	.270
.25	.150	.50	.130	.15	.930	.40	.080
.30	.210	.55	.090	.20	.700	.45	.700
.35	.000	12.00	62 .700	.25	.800	.50	.690
						.55	50)

温泉 番号	湧 出 量 及 測 定 時 刻					
	測定時刻	湧出量				
91	測定時刻	9時20分	10.07	11.45	12.45	14.25
	湧出量	15.05 L/M	14.87	13.26	10.92	8.71
189	測定時刻	9時10分	9.77	11.55	13.00	14.32
	湧出量	12.10 L/M	14.00	9.22	8.34	6.87
194	測定時刻	9時20分	10.20	11.40	12.35	14.30
	湧出量	13.45 L/M	12.84	8.31	4.79	0.78
220	測定時刻	9時20分	10.15	12.00	12.55	14.35
	湧出量	37.80 L/M	38.50	31.20	23.55	12.83
222	測定時刻	9時00分	10.05	11.45	12.42	14.25
	湧出量	5.61 L/M	5.70	5.35	5.09	3.12
223	測定時刻	9時00分	10.00	11.40	13.10	14.50
	湧出量	9.25 L/M	9.10	7.99	8.17	8.17
224	測定時刻	9時15分	10.10	11.50	13.00	14.45
	湧出量	26.20 L/M	27.28	21.85	21.68	22.85
228	測定時刻	9時40分	10.35	11.55	12.55	14.55
	湧出量	8.02 L/M	8.02	8.45	7.33	6.15

230	測定時刻	9時15分	10.15	11.50	12.55	14.25	
	湧出量	21.64 L/M	14.31	12.40	8.40	5.61	
231	測定時刻	9時45分	10.20	12.05	13.15	14.50	
	湧出量	10.17 L/M	7.37	5.75	6.17	2.79	
232	測定時刻	9時40分	10.10	12.10	9.33	14.49	
	湧出量	5.15 L/M	5.14	5.19	5.17	4.79	
235	測定時刻	9時30分	10.04	12.02	12.40	14.30	
	湧出量	7.28 L/M	6.79	5.84	7.42	8.36	
236	測定時刻	9時20分	10.00	11.40	12.10	14.00	
	湧出量	10.44 L/M	10.76	8.05	4.38	0.00	
237	測定時刻	9時00分	10.18	11.50	12.00	14.25	
	湧出量	19.21 L/M	19.93	15.60	13.36	11.67	
192	測定時刻	11時04分	11.53	12.52	14.32		
	湧出量	22.40 L/M	10.89	10.30	10.67		

別府No. 373ノ1 野上久雄氏所有温泉揚水試験

昭和24年8月13日 9時40分より12時迄揚水 この間の湧出量 12.70 L/M

12時10分より14時迄湧出抑制 この間の水位は地表より次の値をもつた

時 分	12.10	12.37	13.00	13.10	14.00
水位 (cm)	77	72	69	67	62

周囲の湧出量變化は次の如くである

温泉番号	湧出量及測定時刻					
330	測定時刻	8時55分	10.45	11.15	12.35	13.05
	湧出量	11.04 L/M	14.22	17.18	20.62	19.32
333	測定時刻	8時45分	10.40	11.10	12.30	13.00
	湧出量	6.28 L/M	8.53	9.04	9.07	9.05
336	測定時刻	8時45分	10.45	11.15	12.35	13.15
	湧出量	7.77 L/M	7.71	9.47	9.23	7.85
340ノ1	測定時刻	9時10分	10.50	11.20	12.45	13.25
	湧出量	23.17 L/M	30.72	27.92	34.75	11.76
341	測定時刻	9時20分	11.20	12.00	13.00	13.40
	湧出量	9.00 L/M	11.25	12.00	10.80	10.00
342	測定時刻	8時40分	10.50	11.30	12.35	13.10
	湧出量	21.62 L/M	24.12	23.31	24.12	22.10
343	測定時刻	9時00分	10.55	12.48	13.20	
	湧出量	14.15 L/M	-14.98	14.29	13.90	

344	測定時刻	9時10分	10.40	11.10	12.35	13.05
	湧出量	10.00 L/M	15.28	23.11	23.82	23.82
344ノ1	測定時刻	9時15分	10.50	11.15	12.40	13.00
	湧出量	11.40 L/M	15.98	17.73	15.22	17.73
348	測定時刻	8時30分	11.00	11.40	12.50	13.10
	湧出量	6.99 L/M	5.36	5.81	7.63	8.66
350	測定時刻	9時25分	10.55	11.25	12.46	13.10
	湧出量	7.20 L/M	15.61	13.39	15.61	4.92
357	測定時刻	9時42分	10.45	11.11	12.45	13.02
	湧出量	33.52 L/M	35.17	31.54	34.06	35.95
362	測定時刻	9時15分	11.03	12.05	12.57	13.25
	湧出量	16.42 L/M	15.23	14.46	14.89	13.78
412	測定時刻	9時05分	11.05	11.40	12.50	13.25
	湧出量	21.03 L/M	24.54	29.45	29.45	24.54
347	湧出量	9時25分	10.56	11.23	12.50	13.15
	測定時刻	25.29 L/M	37.14	32.21	39.30	31.16
340	測定時刻	8時40分	10.40	11.10	12.30	13.10
	湧出量	19.77 L/M	17.61	13.84	10.18	15.45
347	測定時刻	10時25分	11.56	12.23	13.50	14.15
	湧出量	25.29 L/M	37.14	32.21	39.30	31.16

別府No. 437 藤井吉之助氏温泉の新湧出

昭和24年10月10日 11時30分 湧出開始

静止水頭地上 2.03m 湧出水頭地下 0.27m 泉温 56°5c 湧出量 37.0 L/M

新湧出前後に於ける周邊温泉の湧出量

温泉番号	湧出量及測定時刻	
401	測定時刻	9日 15時50分
	湧出量	54.76 L/M
405	測定時刻	9日 15時0分
	湧出量	25.73 L/M
472	測定時刻	9日 16時55分
	湧出量	15.83 L/M
338	測定時刻	9日 16時30分
	湧出量	15.93 L/M

No. 473ノ1 武田西雄氏所有温泉揚水試験

昭和24年8月10日 9時30分ポンプにて揚水 9時40分揚水止み 温泉孔には水面が低くてみえず
水を注げば吸つてしまふ。10時37分頃水位は上昇し来り地下 85cm にて止る。

温泉番号	湧出量及測定時刻			
393	測定時刻	8時55分	11.00	11.50
	湧出量	15.71 L/M	16.14	16.16
394	測定時刻	8時35分	10.45	12.00
	湧出量	14.05 L/M	13.85	13.45
396	測定時刻	8時55分	11.00	12.13
	湧出量	15.25 L/M	14.60	14.09
398	測定時刻	8時37分	10.40	11.52
	湧出量	20.42 L/M	20.81	20.17
405	測定時刻	8時47分	10.49	12.05
	湧出量	32.42 L/M	32.37	31.91
472	測定時刻	9時08分	11.22	12.15
	湧出量	19.05 L/M	19.20	18.82
473	測定時刻	8時15分	10.70	12.10
	湧出量	11.58 L/M	11.92	12.24
474	測定時刻	8時30分	11.20	11.50
	湧出量	23.18 L/M	21.33	23.07
542	測定時刻	8時15分	11.00	12.00
	湧出量	22.88 L/M	22.73	22.88
543	測定時刻	8時55分	11.09	12.13
	湧出量	25.63 L/M	26.49	25.48

別府No. 694 亀井ホテル揚水試験

昭和24年8月4日 11時05分より13時27分まで揚水、その間の揚水量、水位次の如し。

揚水量 平均 123.0 L/M

時 分	8.38	11.05	11.15	11.24	11.44	12.02	12.16	12.28	12.35	12.47	12.52	13.00
揚水量 M/L	95.5	130.1	130.1	124.7	128.2	124.7	126.4	105.6	126.6	113.6	112.2	121.3

温泉水位 (地表より下へ)

時 分	8.43	9.13	9.20	9.32	9.48	10.00	10.11	10.27	10.30	10.40	10.53
水位 (cm)	78.8	47.5	43.1	37.2	32.5	31.5	32.0	32.2	32.2	32.2	31.5
時 分	11.00	11.06	11.09	11.11	11.12	11.15	11.17	11.20	11.22	11.24	11.31
水 位	53.0	59.8	72.7	79.5	84.1	94.0	100.5	107.5	111.5	114	121.0

時分	11.36	11.43	11.52	12.01	12.15	12.27	12.36	12.43	12.52	12.01	12.15
水位	132	132.5	130	128	124	121	132	133	170	128	124
時分	12.27	12.36	12.40	12.46	12.52	13.01	13.12	13.20	13.27	14.16	14.48
水位	121	106	110	110	105	104	103	104	揚水停止	33	31
時分	15.00	15.18	15.38	15.51	16.00						
水位	31	31	31	31	31						

周邊温泉の湧出量變化は次の如くである

温泉番号	湧出量及測定時刻							
653ノ1	測定時刻 湧出量	9時20分 5.50 L/M	10.20 5.21	12.10 2.54	12.45 3.85	14.30 5.98	15.00 6.22	
685	測定時刻 湧出量	9時30分 6.86 L/M	10.20 7.46	12.15 7.27	13.05 9.61	14.40 7.43	15.25 8.23	5日 13.40 7.72
689	測定時刻 湧出量	9時15分 2.84 L/M	10.15 3.02	12.07 3.19	12.55 3.52	14.30 4.20	15.10 3.26	5日 13.15 3.63
690	測定時刻 湧出量	9時00分 13.95 L/M	10.00 14.05	11.50 13.69	12.40 14.27	15.00 14.79		5日 13.50 12.21
692	測定時刻 湧出量	9時00分 6.54 L/M	10.05 6.79	11.50 5.42	12.35 6.68	14.20 6.74	14.70 6.68	
696	測定時刻 湧出量	9時25分 14.00 L/M	10.25 12.46	12.10 14.30	12.55 12.96	14.35 13.39	15.20 13.50	5日 15.15 13.00
698	測定時刻 湧出量	9時40分 16.38 L/M	10.40 19.45	12.25 19.76	13.10 19.65	14.50 19.60	15.35 19.75	5日 15.05 14.61
700	測定時刻 湧出量	9時10分 10.78 L/M	10.10 10.06	11.55 10.42	12.40 10.20	14.20 10.10	15.05 10.15	5日 14.45 10.71
709	測定時刻 湧出量	10時45分 24.62 L/M	12.06 26.84	12.45 23.54	14.35 25.07	15.03 23.13		
715	測定時刻 湧出量	9時15分 18.31 L/M	10.15 16.50	12.10 18.31	12.40 18.69	14.25 18.31	15.05 18.31	
717	測定時刻 湧出量	10時02分 20.7 L/M	11.56 14.43	12.35 16.73	14.20 19.33	15.00 19.83		
736	測定時刻 湧出量	9時10分 4.88 L/M	10.55 8.68	12.55 9.42	14.05 9.42	15.10 9.42	16.05 9.35	
740	測定時刻 湧出量	9時35分 5.78 L/M	10.35 7.27	12.25 7.57	12.55 6.53	14.40 6.99	15.20 7.27	
744	測定時刻 湧出量	9時35分 5.94 L/M	10.45 6.63	12.45 6.57	13.40 7.80	14.45 6.95	15.45 6.38	

775	測定時刻	9時20分	10.45	12.25	13.80	14.30	15.30	
	湧出量	13.73 L/M	12.90	12.93	11.44	13.52	13.67	
791	測定時刻	9時35分	10.32	12.15	12.55	14.35	15.20	15.10
	湧出量	9.19 L/M	9.46	8.90	9.12	9.14	9.63	9.20
792	測定時刻	9時05分	10.10	11.58	12.35	14.20	15.00	5日 15.25
	湧出量	20.95 L/M	20.95	22.74	20.00	21.45	21.80	21.80

別府 No. 1045 奈須勝吉氏所有温泉湯水試験

昭和24年8月9日 12時54分より15時20分迄揚水停止

温泉湧出口上タシリの水位變化 (水位標準点は地下217.5cmである)。

水位	分 秒	水位	分 秒
0 cm	0 00 (12時54分)	cm	時 分
20	7.15	66.8	13.50
30	12.04	65.25	14.05
40	18.01	63.7	15
50	24.48	61.5	26
56	29.52	59.0	40
60	34.10	56.8	50
64	40.01	55	15.00
67	48.07		

周邊温泉の湧出量變化は次の如くである

温泉番号	湧出量及測定時刻						
207	測定時刻	12時07分	13.50	14.20	15.05	15.30	
	湧出量	13.68 L/M	6.74	5.55	3.88	3.51	
1258	測定時刻	12時20分	14.00	14.30	15.10	15.40	16.10
	湧出量	9.90 L/M	8.06	7.93	7.86	8.32	9.17
1304	測定時刻	12時15分	13.50	14.20	15.30	15.30	16.00
	湧出量	1.98 L/M	0.89	0.82	0.69	0.97	1.19
1305	測定時刻	12時25分	14.08	14.45	15.17	15.48	16.18
	湧出量	10.96 L/M	8.50	8.67	8.44	7.89	8.27
1326	測定時刻	12時19分	13.53	14.23	15.00	15.30	16.00
	湧出量	2.34 L/M	2.72	2.76	2.69	2.67	2.65

別府No. 1212 竹五温泉湯水試験

昭和24年7月30日 12時05分より15時迄湧出抑制 平常の湧出量は測定不能で得られない。

翌10日この温泉は湧出の自然停止を來した。

温泉番号	湧出量及測定時刻						
239	測定時刻	10時0分	12.50	13.05	14.15	15.50	16.48
	湧出量	15.14 L/M	11.72	14.33	11.84	15.83	15.48
248	測定時刻	10時10分	11.90	13.12	14.11	15.50	16.55
	湧出量	9.41 L/M	10.97	12.66	18.59	24.03	26.29
250	測定時刻	10時19分	11.05	13.21	14.21	15.55	17.08
	湧出量	19.61 L/M	20.60	23.85	23.09	24.89	25.87
315	測定時刻	9時48分	10.62	13.37	14.34	15.32	16.42
	湧出量	18.94 L/M	20.55	21.00	21.00	17.79	21.30
316	測定時刻	10時32分	11.12	13.28	14.26	16.05	17.15
	湧出量	2 019 L/M	21.23	25.62	26.54	26.84	27.90
319	測定時刻	11時30分	12.15	13.50	14.35	16.30	
	湧出量	5.47 L/M	8.40	10.85	13.10	14.90	
416	測定時刻	11時00分	12.05	14.25	16.10	17.20	
	湧出量	10.79 L/M	13.20	18.46	17.71	18.81	
1211	測定時刻	10時43分	11.25	13.45	14.45	16.20	17.25
	湧出量	22.29 L/M	21.67	31.29	30.89	30.00	31.20

龜川No. 5) 有馬醫院温泉揚水試験

昭和24年8月18日 12時15分より14時30分まで揚水

時分	12.45	12.58	13.22	14.07	14.30	平均
揚水量(L/M)	27.5	29.0	27.4	29.5	29.5	25.4

揚水前の湧出量11.96 L/M

周邊温泉の湧出量變化は次の如くである。

温泉番号	湧出量及測定時刻						
48	測定時刻	12時05分	13.30	14.20	15.15	15.35	
	湧出量	11.33 L/M	12.47	12.99	13.55	12.72	
51	測定時刻	12時30分	14.00	14.25	15.16	15.45	
	湧出量	11.00 L/M	12.20	13.8	14.2	14.6	
56	測定時刻	12時25分	13.57	14.10	14.55	15.40	
	湧出量	17.22 L/M	18.70	14.87	16.12	15.69	
59	測定時刻	12時18分	13.32	14.25	15.10	15.50	
	湧出量	49.98 L/M	49.02	48.55	49.98	48.55	
60	測定時刻	12時13分	13.45	14.17	15.10	15.35	
	湧出量	16.9 L/M	17.53	16.21	23.2	17.4	

102	測定時刻 湧出量	12時20分 7.96 L/M	13.40 9.19	14.00 7.96	15.20 9.95	15.40 9.63
105	測定時刻 湧出量	11時53分 12.34 L/M	13.20 13.33	14.25 12.34	15.06 11.11	15.25 13.33
110	測定時刻 湧出量	12時20分 23.40 L/M	13.20 23.40	13.55 23.40	15.15 23.40	15.45 23.40
116	測定時刻 湧出量	12時00分 25.92 L/M	13.25 21.25	14.10 20.76	15.10 20.82	15.40 19.03
126ノ1	測定時刻 湧出量	12時10分 3.56 L/M	13.40 3.86	14.20 3.16	15.17 4.98	15.40 4.98
138	測定時刻 湧出量	11時55分 8.95 L/M	13.30 8.74	13.50 8.73	15.05 9.01	15.30 8.98
140	測定時刻 湧出量	11時57分 12.5 L/M	13.30 8.6	14.12 8.95	15.25 10.09	15.55 12.09
141	測定時刻 湧出量	12時05分 0.62 L/M	13.35 0.94	14.00 1.05	15.10 1.19	15.40 1.12
141ノ1	測定時刻 湧出量	12時15分 4.00 L/M	13.40 4.14	14.10 4.69	15.20 4.69	15.45 4.60
142	測定時刻 湧出量	11時47分 50.2 L/M	13.30 4.72	14.10 2.01	15.10 53.4	15.47 53.4
144	測定時刻 湧出量	11時57分 16.83 L/M	13.35 13.38	14.14 14.76	15.15 21.08	15.36 25.41

龜川 No. 481 原田奎一氏所有温泉揚水試験

昭和24年8月18日 9時より10時20分まで揚水 10時20分より11時迄湧出抑制

時分	9.20	10.20
揚水量	37.2	37.2

温泉番号	湧出量及測定時刻					
86	測定時刻 湧出量	8時15分 0.60 L/M	10.10 0.51	10.40 0.49	11.07 0.59	11.25 0.45
87 合 90ノ1流	測定時刻 湧出量	7時40分 29.62 L/M	9.50 25.92	10.20 22.54	11.05 27.91	11.30 30.24
89	測定時刻 湧出量	7時40分 7.07 L/M	10.05 7.81	10.20 6.90	11.03 6.51	11.09 7.26

90	測定時刻	7時30分	9.45	10.15	11.0	11.20
	湧出量	19.41 L/M	15.55	17.28	19.41	19.41
173	測定時刻	7時30分	9.50	10.15	11.00	11.20
	湧出量	54.72 L/M	54.72	52.42	48.61	47.52
176	測定時刻	7時35分	9.55	10.30	10.45	11.10
	湧出量	5.43 L/M	6.21	5.97	4.98	5.34
179	測定時刻	7時35分	9.55	10.20	10.55	11.30
	湧出量	23.20 L/M	22.37	22.37	22.37	22.37
229	測定時刻	7時25分	9.50	10.25	11.05	11.20
	湧出量	8.50 L/M	8.24	8.11	8.50	8.93
450	測定時刻	7時39分	9.51	10.08	11.00	11.05
	水位(cm)	155.5	157.2	157.0	154.7	154.7

亀川 No. 318ノ1 龜川國立病院清和療内温泉揚水試験

昭和24年8月15日 18時より13時40分迄揚水 これは低温にて放棄してあつたものである。

揚水の初めは泥水が出て度々揚水は停止したが12時より順調に揚水した。

時 分	12.00	12 12	12.32	13.00	13.15	平均
揚水量 (L/M)	10.6	15.6	12.9	13.5	11.9	12.9

周邊温泉の湧出量變化は次の如くである

温泉番号	湧出量 測定時刻					
316	測定時刻	9時40分	12.35	13.07	14.45	14.53
	湧出量	0.98 L/M	0.98	0.91	0.91	0.98
318 318ノ2	測定時刻	9時50分	12.40	13.10	14.35	14.55
	湧出量	14.42 L/M	12.57	11.33	11.63	11.83
319	測定時刻	9時40分	12.30	13.00	14.36	14.50
	湧出量	5.45 L/M	4.83	4.76	4.76	4.76
323	測定時刻	9時 5分	12.35	13.06	14.40	14.58
	湧出量	11.92 L/M	11.92	10.79	12.60	11.21
332	測定時刻	10時00分	12.40	13.20	14.45	15.05
	湧出量	10.77 L/M	11.30	10.77	11.30	10.77
334	測定時刻	10時07分	12.40	13.15	14.40	15.09
	湧出量	6.28 L/M	6.73	6.23	6.73	6.50
358	測定時刻	9時35分	12.35	13.05	14.30	14.55
	湧出量	6.00 L/M	6.43	8.19	8.32	7.51
370	測定時刻	10時30分	12.55	13.35	14.47	
	湧出量	15.62 L/M	14.90	14.45	16.01	

371	測定時刻	10時44分	12.50	13.00	14.40	
	湧出量	32.77 L/M	29.79	29.35	29.35	
373	測定時刻	9時38分	12.52	13.12	14.40	15.08
	湧出量	13.60 L/M	15.78	15.63	14.31	14.55
I	測定時刻	9時50分	12.36	13.02	14.30	15.00
	湧出量	7.61 L/M	7.01	8.28	6.59	7.71

No. 318の泉温変化

時分	泉温	時分	泉温	時分	泉温	時分	泉温
10.10	48° 927C	11.45	49° 259C	13.50	49° 422C	14.45	49° 269e
15	924	12.05	269	13.00	413	50	259
20	944	10	309	10	459	55	276
35	960	15	319	15	459	15.00	265
40	49° 022	25	336	25	464	05	272
55	120	30	379	35	489	10	269
11.00	125	40	396	45	459		
05	069	45	381	55	389		

別府 田ノ湯温泉近傍に於ける停電日前後の水位

温泉番号	8月4日		8月5日(停電日)	
	時分	湧出量(L/M) 又は水位(cm)	時分	湧出量(L/M) 又は水位(cm)
649	17.10	+23cm	-	+26cm
663	16.17	+160cm	15.45	+182cm
666	16.20	+228cm	15.40	+228cm
1207	(6F) 16.45	-174cm	14.10	-95cm
639	16.40	6.80 L/M	14.10	6.84 L/M
640	16.10	3.64	14.40	3.85
641	15.45	7.86	14.50	8.05
644	16.35	10.78	14.20	20.40
686	16.00	12.59	14.25	12.32
676、676ノ1	16.15	16.64	13.55	20.07
670	15.45	25.40	14.10	26.00
671	16.30	43.02	14.18	43.02
678	16.40	9.97	14.30	14.17

別府温泉の調査の結果に就て

山下幸三郎

緒 言

別府温泉の一齊調査は京都大學理學部附屬火山温泉研究所別府研究所（旧名京都帝國大學地球物理學研究所）に於て旧別府市内温泉を大正十三年同所創設者志田教授指揮の下に、更に昭和八年には野滿教授指揮の下に、前後二回の調査が行なはれた。亀川温泉を昭和17年に、朝日石垣地區の温泉及噴氣を昭和19年に、各一回の調査を行なつた。昭和24年大分縣及別府の依頼により重ねてこれらの一齊調査を行なつた。其の調査結果より温泉分布圖、温泉台帳を作製し其の分布圖を画き且つ調査事項を整理した、前後二回、特に旧別府市内温泉に就いては前後三回に涉つての調査を比較研究することにより別府温泉の變遷を追究することが出来る時機に至つたと思はれる。

先づ地理的分布状態及泉脈等の關係から大別して南部の旧別府市内温泉、北部の亀川温泉及中央及西部の石垣地區温泉と三つの地區に分けて説明する。

第一節 舊別府市内温泉に就て

1. 温泉分布の變動

旧別府市内温泉は別府温泉地帯に於ける孔數最も多く且つ密集して居る地區であつて別府温泉の主要部分である。京大別府研究所は大正13年創設せられて以來物理的化學的な種々の調査研究を續行し其の結果は機關誌「地球物理」に發表せられ、別府温泉地帯の内でも最も詳しく調査されて居る地區である。一齊調査は大正13年の8、9月に第一回を、其の後9年を経て、昭和8年7、8月に第二回を行ひ其の後16年後の昭和24年7、8月に第三回目の調査を行なつたのである。調査の内容は比較に都合よい様に前二回と畧々同じで泉孔の所有者、使用者、使用目的、湧出口の所在地、穿堀年月日、最近加工年月日、深度、埋没管種別、同口径、視察上の便否、導水管種別、同口径、延長分湯數、元箱の有無、浴槽の個數、形狀、構造等を調査し湧出量、溫度を測定し、尙季節的及潮汐の影響を使用者に於て常識的に感知せるやを問ひ質し是等の事項を整理記帳して温泉台帳を作製した。尙其の他の科學的な調査研究記録の有る温泉には其れも合せて記載した。

別府温泉の總調査の結果に就いて

旧市内温泉の孔数は台帳面に於ては即ち廢孔に成つたものや、権利はあるも放任若しくは埋没したもの掘鑿に失敗して湧出せざるもの等有り、其の反面新に穿堀したるもの有つて其の總数は第一表の如く大正13年には1292口、昭和8年には1394口に増加せるも昭和24年には1258に減少して居る。現實に湯を出して居る活動湧出口は大正13年に826口でその内

第一表

年次	台帳孔數	活動口數
大正13年 1924年	1292	826
昭和8年 1933年	1394	756
昭和24年 1949年	1258	674

自然湧其は18口他は悉く穿堀温泉であつた。昭和8年には70口を減じ756口となり、今回の調査には更に82口を減じ674口と成つて居る。この内自然湧出は11口である、第一圖は其の分布圖を示す。泉口の最も密集して居る所は市街地の略々中央の流川通りに少し傾いた線に沿つて居り、其の次が濱脇地區である。

之れ等の地區は古來より自然湧出温泉である泉脈に當る處であつて、こゝに一つの地質構造線が走つて居ることは地球物理第一卷第一號の鈴木政達氏の論文に述べられ其の後野滿博士山下理學士は市内の地中溫度測定から泉脈の存在を確かめ、田の湯泉脈、濱脇泉脈の以外に海門寺附近で田の湯泉脈に平行に走る自然湧出のない泉脈である海門寺泉脈と三つの泉脈の存在する事を見出した。現在活動湧出口の密集度は田の湯泉脈上が最も大きく其の最大密集度は100米平方に約30口の多數である。昭和8年と今回の調査に於ける活動湧出口の變遷の原因は過度の温泉開發や温泉源の變動及經濟的な條件に依るものと考へられる。一、二の増減から温泉源の變動を推定する事は他に有力なる資料の無い限り困難な事と思はれるが、結果は全活動湧出口は減少である。地域的に見ると増加して居る地域もある。即ち田の湯泉脈では現状維持か又は増加、海門寺泉脈附近は増加、其れと反對に濱脇泉脈上では約1/3に減少して居る。其の他田の湯泉脈の南側及び山の手方面が減少を示して居る。之の減少の多い所は一孔當りの湧出量が少く温泉も低い所で、此の地域の温泉源の衰微を物語つてゐる又優勢な田の湯泉脈及海門寺泉脈では増加して居る。

2. 穿堀深度

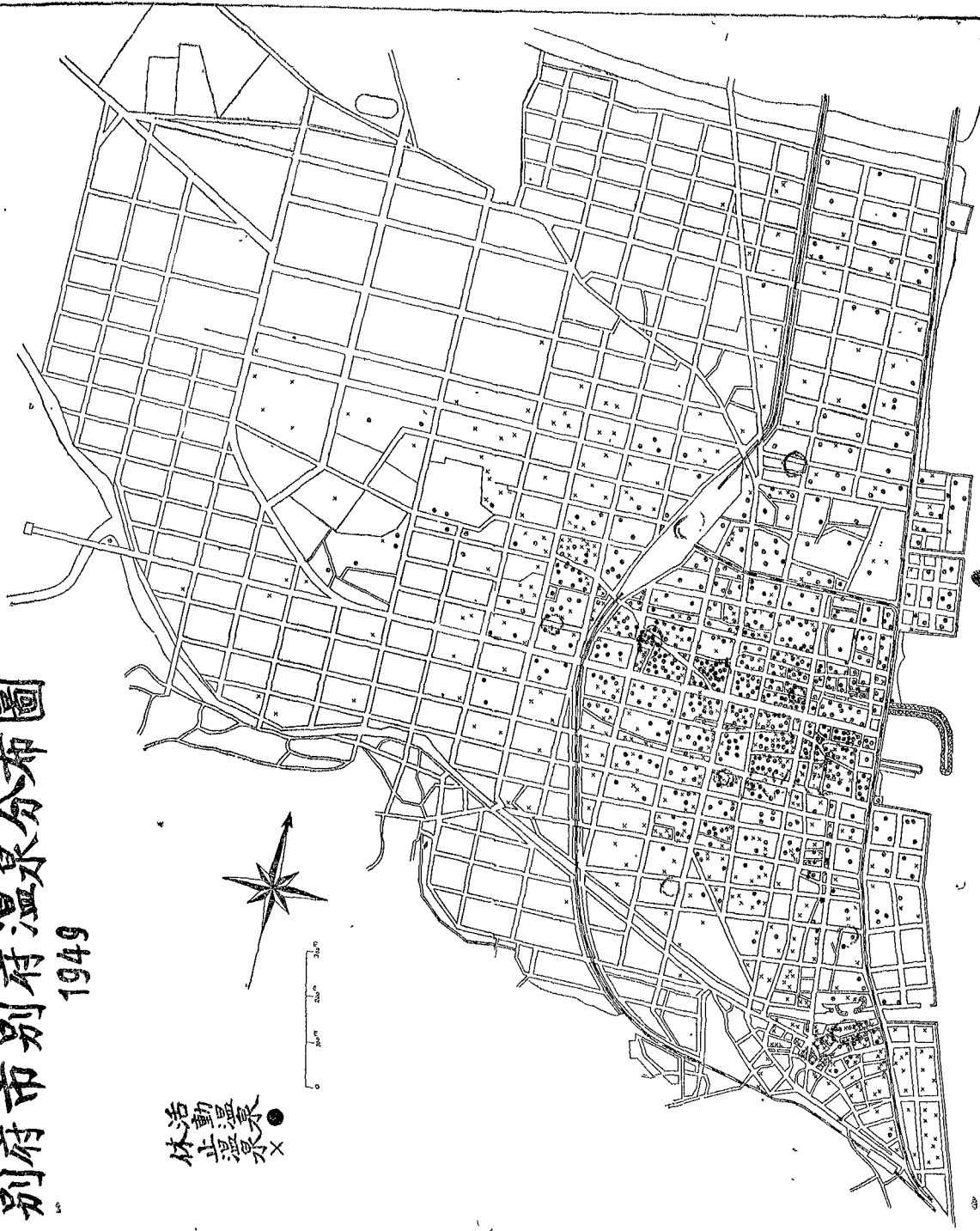
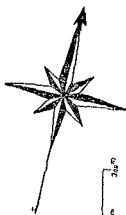
穿孔の深さは自然湧出を持つ田の湯泉脈では大体に於て比較的淺く、之を遠ざかるに従つて深くなる。同じ地点に於ても、湧出量の増加泉温の上昇を期して漸次深度は淺深毎に深めて行く傾向にある。深度は實測する事が困難な爲所有者又は穿堀者に聞いたのであるから、長年後で正確に記憶してないものや所有者の變更で全く知らない者等有り、正確は記し難いが大体の傾向は出して居ると思ふ。第二表は三回の調査に基づき深度と孔數の關

(1) 野滿、山下. 別府舊市内の地中溫度分布と温泉脈. 地球物理 卷 3号.

別府市別府溫泉分布圖

1949

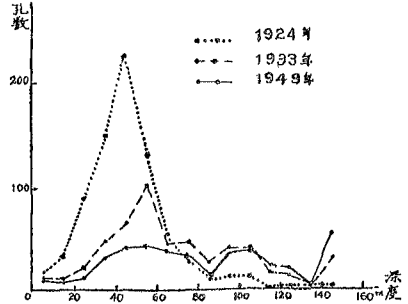
活動溫泉 ●
 休止溫泉 ×



別府温泉の總調査の結果に就いて

係を深度 10m毎に統計したもので其れを圖にしたものが第二圖である。大正13年に於ては40~50米が最も多く最深167米であつたが、昭和8年には50~60米が最多で最深270米に迄増大した。今回の調査では50~60米及び 100~120 米の所に極大があり301米を越へるものが3口もあつた。

第二圖 旧別府市内温泉深度統計

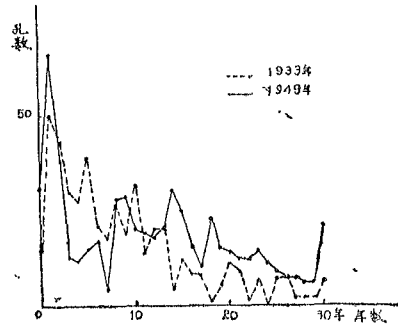


3. 穿堀温泉の年令

埋没管は一般に竹管が主として用ひられるも所によつては鐵管が用ひられて居る。其の壽命は泉質場所湧出量の多少に依り異なるらしい。現在活動湧出口の穿堀又は浚渫してからの平均經過年數は13年であるが、長いものは30年以上を經過して尙湧出して居るものも有

る。活動湧出口の最近穿堀又は浚渫してからの經過年數と孔數の關係を調べると第三表の如く成り昭和24年調査の時に3年から7年の間に於て昭和8年のと比較して特に少ない。この期間は昭和17より昭和21年に至る期間で戦時中で穿堀が特に少かつたのであらう平均して昭和24年の方が4年程古く成つて居る。第三圖は第三表をグラフにしたものである。

深 次	大正十三年 (一九二四)		昭和八年 (一九三三)		昭和二十四年 (一九四九)	
	孔數	%	孔數	%	孔數	%
≧10m	20	2.5	14	2.6	14	3.3
<20	38	7.2	13	5.1	10	5.6
<30	90	18.3	19	8.6	14	8.9
<40	151	37.3	48	17.6	32	16.4
<50	223	66.3	66	23.9	42	26.2
<60	132	82.8	103	49.2	41	33.6
<70	51	89.7	47	58.0	38	45.5
<80	31	93.5	51	67.6	35	53.7
<90	10	94.8	28	74.5	13	56.7
<100	14	96.5	42	80.6	37	65.4
<110	15	97.6	43	88.5	42	75.2
<120	4	98.2	14	91.3	25	81.0
<130	7	99.1	12	93.5	23	86.5
<140	5	99.6	3	94.0	4	87.5
<150	4	100.0	32	100	16	91.2
≧160					4	92.1
總計	891		535		427	100.0



第三圖旧別府市内温泉の壽命と孔數

別府温泉の總調査の結果に就いて

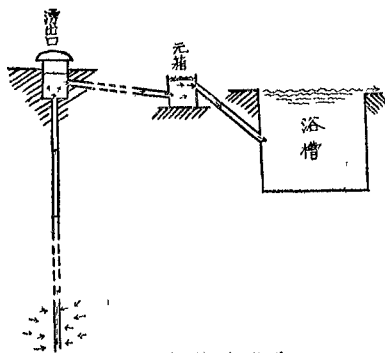
一般に自然湧出を持つ田の湯泉脈及海門寺泉脈上で年數古く、この泉脈を速ざかり泉温低く湧出量の少くない地域が短くなつて居る。又前述せる活動湧出口數の減少もこの年數の短かい所に多い事が認められる。而してのケ濱地域の如く比較的低温でも湧出量が正なれば長年月の壽命がある様である。

温泉水頭は海岸近くと海拔10m以上の山の手方面及濱脇に於ては地表より低く、此等の地域に於ては浴槽を地表より低くするか、又はポンプによつて浴槽内に汲上げて居り其の他の地域に於ては温泉水頭は地表以上で自噴して居る。湧出口の高さは湧出量と至大なる關係を有し、同時に泉温壽命等に關係する爲一般に出来るだけ之を低くしようとする傾向にある。之の温泉湧出水位と静止水位は別府温泉全体の問題を考へる場合の一要素と成るのであるから他日この方面の調査はぜひ行なはなければならぬ問題だと思ふ。

(4) 湧出温度、湧出量

1 温泉は高温であれば利用目的をはたすが、高温を維持するためには湧出量の大なるを要し、兩者は密接な關係がある。

泉温の測定は出来得れば湧出口で行なつたが湧出口の位置や保護の關係から閉塞して測定が困難なるものは元箱と稱する湧出口と浴槽の中間に在つて浴槽への湯量を調節する一つの小湯溜で測定した(第四圖参照)湧出量は浴槽を波み乾して之に入り来る速さで測定したが特種構造を有する者やポンプで汲上げるもので測定が許されない事情のものが幾つかあつた。



第四圖温泉構造

我々の得た湧出量は結局現實に地上に放流せられる湯量を示して居ると云ふ事が出来る。過去二回の調査及今回の調査の結果其の分布圖を作ると第五乃至第十圖の如く成り、泉温湧出

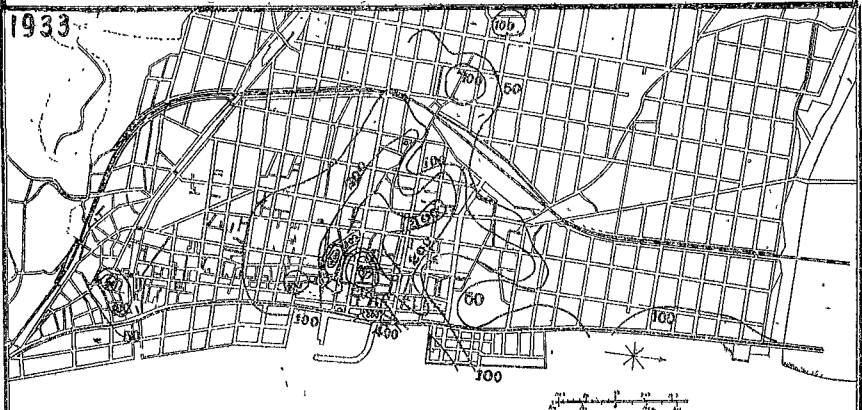
第三表 別府市内温泉の壽命と孔數

年次 年數	昭和八年 1933	昭和二十四年 1949
0	14	31
1	50	66
2	44	38
3	30	13
4	28	12
5	39	15
6	21	17
7	18	4
8	23	28
9	19	29
10	32	20
11	14	19
12	20	18
13	20	21
14	4	30
15	12	25
16	8	16
17	8	12
18	1	23
19	5	15
20	11	14
21	9	12
22	1	12
23	5	14
24	0	11
25	7	9
26	7	7
27	2	7
28	2	6
29	2	6
30年以上	6	21
總計	465	571

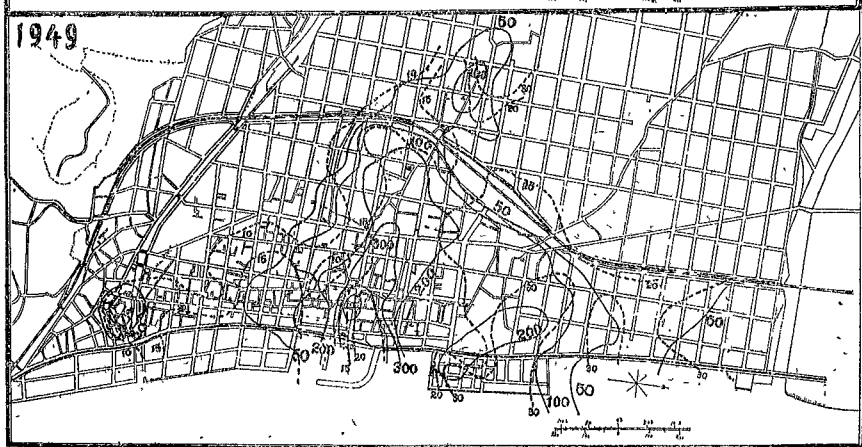
田別府市内温泉湧出量分布圖



第五圖



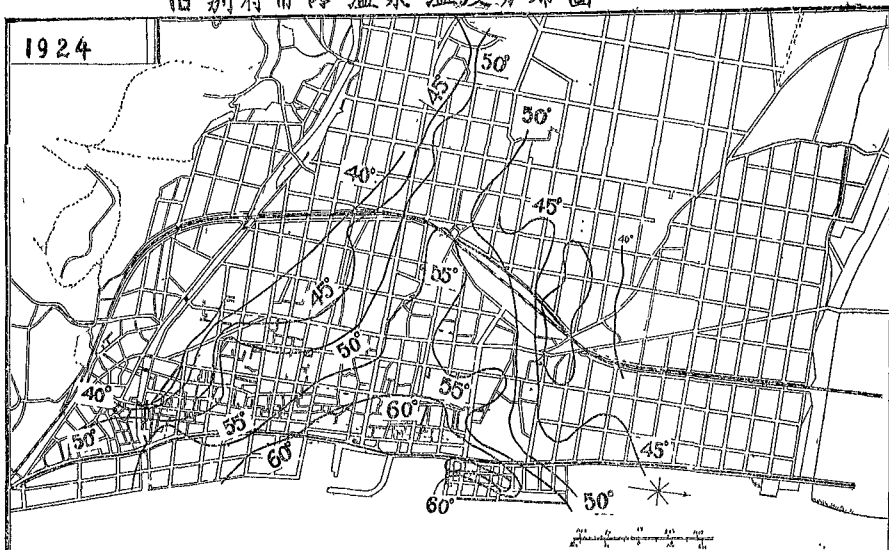
第六圖



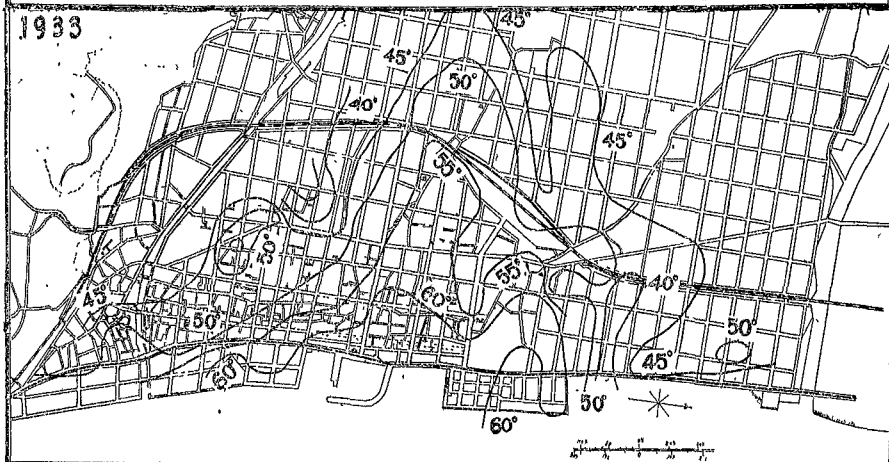
第七圖

旧别府市内温泉温度分布图

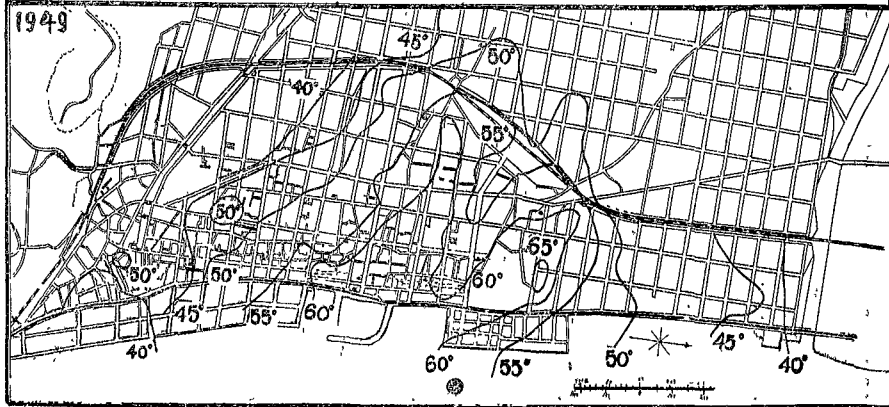
第八图



第九图



第十图



別府温泉の總調査の結果に就いて

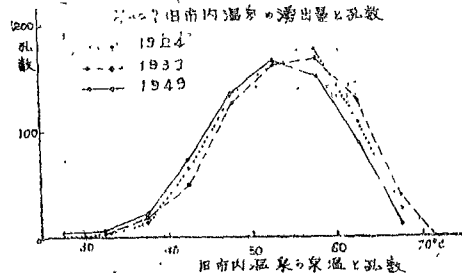
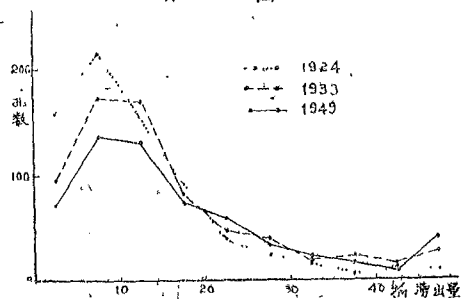
量の分布に就て三回の場合を比較すると如何に變遷してきたかどうかがへる。

25年間を通じて共通な事實は泉孔の最も多い流川通り附近の田の湯温泉脈を境として北海門寺附近までが高温で湧出量多く之より南に行くに従つて泉温低く湧出量も減少して居る。又海門寺附近を越へて北に進むと湧出量が多いが泉温は低くなつて居る。

三回の調査に於ける泉温の分布を比較すると著しい特長が現はれてゐる。即ち、55°C等温線のかこむ面積は年と共に擴がり、次第に海門寺温泉脈を明瞭に見られるやうになつてきたのである。この事實は平均泉温の低下その他から推定される地下温泉源の弱化和一見矛盾してゐるやうにみえる。この原因は穿ぬ深度の増加によるが、この附近一帯に湧出量が増加して深部の高温水を誘出せしめたものではないかと考へる。別報告の影響圏の調査にかやうな類似の現象が見られる。又兩温泉脈も深部では一泉源らしいことの暗示を受ける。

湧出量は泉孔の年令に依り多少の減衰あり湧出口水質に依つても左右せられる上に、海岸附近は朝汐の影響が有る爲に其の地域的變化を調べる事は困難であるが、今市街を100米平方に區劃して其の内にある全湧出口の總湧出量及平均湧出量を求めると大体其の趨勢がわかる。第五、六、七、十圖はこの様にして描いたものである。三圖共泉脈上で湧出量が多く泉脈を遠ざかるに従つて少なくなつて居り、中でも田の湯温泉脈は多量の湧出量を持つ自然湧出もあり非常に多く旧市内温泉の大部分の湯はこの上にあるといつてよい。

第十一圖



第十二圖

海門寺附近は後れて開發せられた爲に年を経る程泉温も湧出量も増大して居る。濱脇温泉脈は次第に孔數の減少、泉温の低下、湧出量の減少を示してきた。各泉孔の泉温及湧出量を泉温は50°C湧出量は5L/Mの差毎に孔數を計統すると第四表及第五表の如く成り。之をグラフにすると第十一、十二圖の如く成る兩圖から知られることは長年を経た後も湧出量や泉温が殆んど同じ状態にあるといふことであるが、詳細にみると變動が見られる。泉温に就て見ると大正13年に比して昭和8年

別府温泉の總調査の結果に就いて

は高温度泉孔數が
増加して居るが
昭和24年に於ては
前二回に比して低
温度泉孔數は増加
し高温度泉孔數は
減少して居る。
全孔數の平均泉温
は大正13年53.°38
昭和8年54.°06
と上昇し昭和24

第四表 旧別府市内温泉温泉統計

年次	大正十三年 1924年	昭和八年 1933年	昭和二十四年 1949年
<30°	1		4
<35	4	3	6
<40	14	18	19
<45	65	70	72
<50	134	126	131
<55	160	162	164
<60	177	169	151
<65	108	129	86
<70	24	37	11
70<	0	1	0
孔數	687	605	644
平均	53.38	54.06	52.11

第五表 旧別府市内温泉湧出量統計

年次	大正十三年 1924年	昭和八年 1933年	昭和二十四年 1949年
<5 L/M	158	96	72
<10	216	173	136
<15	155	170	130
<20	62	82	75
<25	40	46	59
<30	25	41	35
<35	13	21	23
<40	7	24	17
<45	14	16	9
45<	13	28	40
孔數	733	697	596
平均	13.72	17.20	19.38

年53.°11Cと成り昭和8年に比して1.95°Cの減少を示して居る。この事は旧別府市内温泉の温泉熱源勢力を考へる上に重要な事實である。湧出量に就ては後に成るに従つて湧出量の少なるものは減少して大なるものが増加してゐるので結局全体を平均すると大正13年13.72L/M 昭和8年17.26L/M 昭和24年19.38/LM と後に成るに従つて増加して居る。これは活動口が湧出量の少ない地區で減少し多量な地區で増加した結果である。尙泉温の地域的變化を見る爲に昭和8年に比較して見ると地域的には昇温して居る所が有る。即ち、田の湯泉脈、海門寺泉脈、及其他斷片的な昇温をして居るが、大部分の地域では減少して居る之の昇温の理由は既に述べた湧出量に就ても同様な變化を調べたのであるが、全般的に増加を示し特に山の手方面及海門寺附近で多量の増加を示して居る。

濱脇泉脈は過去には自然湧出を持つ優勢な泉脈であつたが、現在では自然湧出なく水頭低下し衰微の傾向にある。

旧市内の温泉の三回の調査結果最高泉温、最大湧出量、最高深度及湧出量の總計を揚げると第六表の如く成る。この内、推定總湧出とは測定不能湧出口の湧出量を測定湧出口の平均湧出量で湧出して居るものと見做して計算した總湧出量である。

別府温泉の總調査の結果に就いて

第六表 旧別府市内温泉概況

年次	最高泉温	最湧出大量	最湧出深口	活動口数			總湧出量		
				測定湧出口	測定不能湧出口	計	一分間	一日	一日(推定)
大正十三年 1924	68.0°C	1.7M 851.57	165m	717	109	826	10.06 m ³	14.49 × 10 ³ m ³	16.32 × 10 ³ m ³
昭和八年 1933	71.0°C	847.62	274m	697	59	756	12.03 m ³	17.32 × 10 ³ m ³	18.79 × 10 ³ m ³
昭和二十四年 1949	69.0°C	812.82	306m	606	68	674	11.74 m ³	16.91 × 10 ³ m ³	18.80 × 10 ³ m ³

上表の如く昭和8年に於ては大正13年に比して最高泉温、平均泉温共に上昇し湧出量は約二割の増加を示し泉源勢力の優勢を示して居たのであるが16年を経過した今日に於ては平均泉温は約2°C減少し湧出量に於ては昭和8年と變りなく湧出して居るのである。湧出量は雨量の大小に依つて増減するので有るから其の測定期間及び數ヶ月前の雨量を調べなければならない。第七表には二回の調査季節に於ける降水量を示す。

この表に明らかな如く
今回の調査時及其の前月
は前二回に比して異常な
る降雨をみてゐるもし昭
和8年の時と同じ泉源勢
力を持續して居るならば
今回の總湧出量が更に大

第七表 調査時に於ける雨量

大正十三年	4月	5月	6月	7月	8月	9月	調査期間
降水量	192.2	268.2	132.5	256.1	236.1	291.4	8月及9月
昭和八年	3月	4月	5月	6月	7月	8月	調査期間
降水量	105.5	216.1	126.9	183.8	173.4	166.7	7月及8月
昭和二十四年	3月	4月	5月	6月	7月	8月	調査期間
降水量	132.6	109.0	179.0	560.8	365.3	236.6	7月及8月

であらうことが予期され、又泉温は湧出量の増大に伴ひ増温するので平均泉温の昇温を示すはづである而し泉孔の穿堀經過数は前述の如く昭和8年に比して古いものが多いのであるから之に依る湧出量の減少が考へられる。今回の湧出口平均年令は昭和8年に比して4年程古いことになるが、雨量の影響による程のものではない。湧出口数は昭和8年より82口減じてゐるから平均湧出量は増大しその結果泉温の昇温が期待される筈である。が結果は逆に低下して居るのである。以上の事からして全般的に考へると昭和8年に比して幾分衰微の傾向に有ると考へるのが至當ではなからうか。

ではこの變化原因は何に依るかを考へるには先づ其の温泉の涵養源の變化原因を考へなければならぬ。其の原因の内て永年の變化に關係あるものは

- (1) 處女水量の變化

別府温泉の總調査の結果に就いて

- (2) 温泉水路の變化(泉脈の變遷)
- (3) 浸透水の變化(雨量)
- (4) 温泉熱源の變化(後火山作用の變化)

等が考へられる。

旧別府市内の温泉水は處女水と浸透水の混合である事は野滿博士池田瀨野兩理學士の長年(1)に亘る觀測資料によつて調査研究の結果明らかにされた。其の結論によれば處女水量は全体の55%の多量で而も數年間では餘り變化が認められない他は浸透水で雨後三年の長きに亘つて作用するから降水量を測定して行けば温泉水路に變化なき限り大体の予測は可能な由である而し處女水に就ては長年間少しの變化も無きやは疑問で其の後の有力なる觀測資料を得て解明される問題である。

温泉水路に就ては地震や火山爆發其の他突發的事件によつて間々異變を見るも今回及過古二回の調査結果を比較して變化が起つたは考へられない。最後に温泉熱源の變化であるがこの變化が有れば之れから生じて來る處女水にも變化を起す事が期待せられるので處女水の問題が解決すれば自ら解明せられる考へる。故に其の原因を正確に解明する事は長期間の間斷なき觀測研究の結果によつて解折出來るであらう。その結果により正確完全なる對策を講じなければならぬ。

第 2 節 龜川温泉に就いて

1. 概観

旧別府市温泉群に次いで穿孔數多く且つ密集して居る地區が別府市北部龜川温泉である。温泉湧出地域は大字龜川、野田、内竈でこの内に別府温泉の最北端^{ねぐみ}温泉水及最西北端の湯山が含まれて居る。この地帯は後火山作用の盛んな所で照波園の沸騰泉、血の池地獄、間歇泉の龍卷地獄湯山フイガ城等強盛なものあり、噴氣又は高熱水を噴出し自然湧出は鑿井泉よりも高温で而も多量に湧出し其の總量は龜川温泉全体の半に達する。この地區に對する一齊調査は昭和17年2、3月に行はれ其の結果は輕部理學士に依つて報告されて居る其の後(2)(3)後藤理學士は化學成分の分布から温泉水系の研究を行ひ其の結果龜川温泉水は三つの異なる

(1) 野滿、池田、瀨野 別府温泉湧源としての雨量 地球物理 2卷2號

(2) 輕部 別府市龜川温泉に就て 地球物理 7卷2號

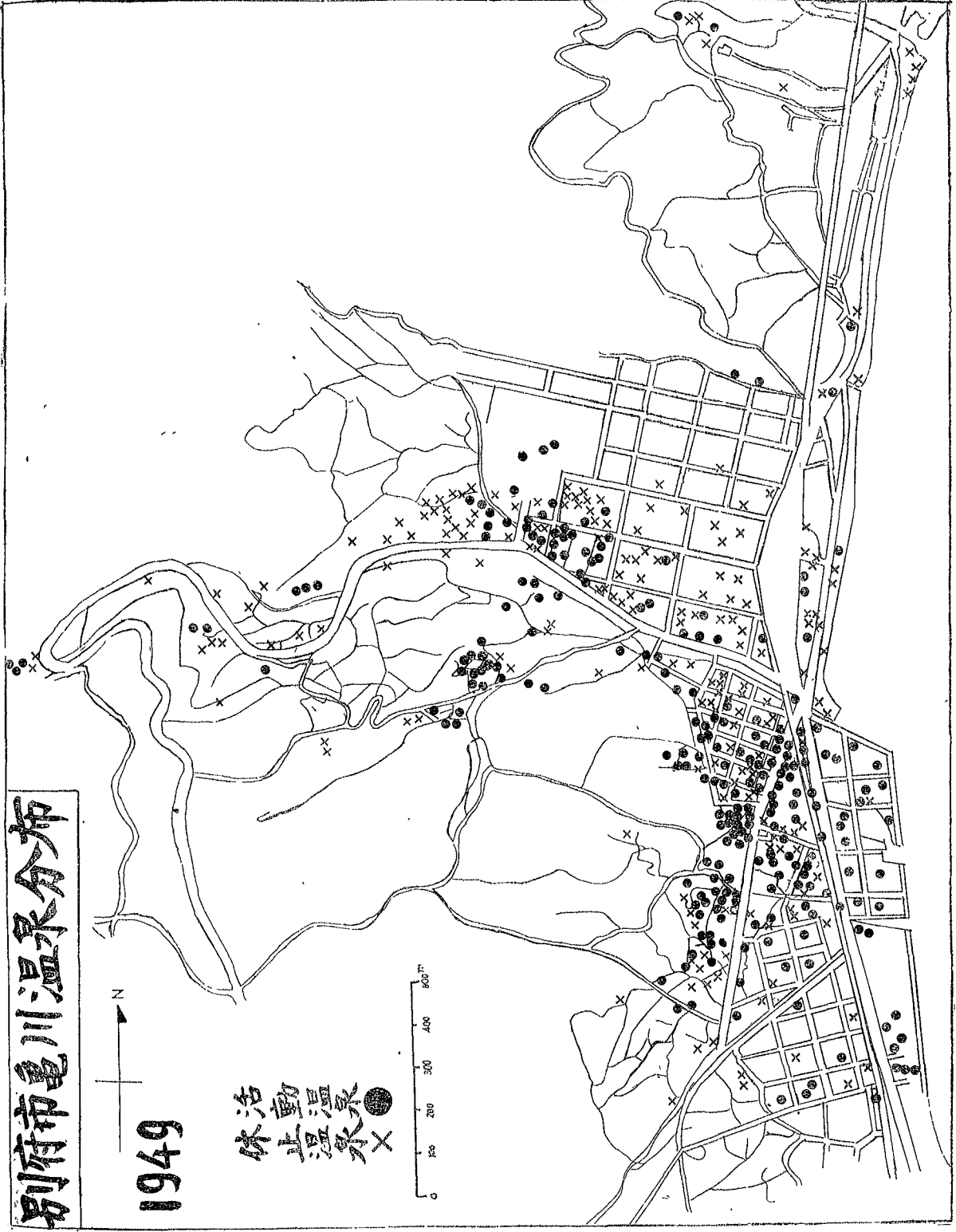
(3) 後藤 別府市龜川温泉に於ける Cl , SO_4 , HCO_3 分布に就て 地球物理 7卷2號

別府市亀川温泉分布

1949



活動温泉 ●
休止温泉 ×



別府温泉の總調査の結果に就いて

る水系の混合である事を明らかにした。尙野滿博士、(1)後藤理學士は野田部落の若干の温泉は湧出水頭と湧出量との關係より裂隙噴出なる事を判別した。

今度の一齊調査は第二回目であつて旧別府市内温泉の調査終了後引續いて行つた。調査方法は旧市内に於けると同様である。

第一圖は其の分布圖で、第一表にかかげた通り活動口數は228口から247口と成り19口の

第一表

年次	台長面 口數	活口 動數
昭和17年 1942	498	228
昭和24年 1949	456	247

増加を示して居る。この増加の一部は大字亀川の山の手に在る湧出口が冬の乾燥季には湧出せぬ季節に前回の調査が行はれ、夏期雨量増大に伴つて湧出する季節に今回の調査が行はれたことによると思はれる。密集度は大字亀川が最も大きく最大で100

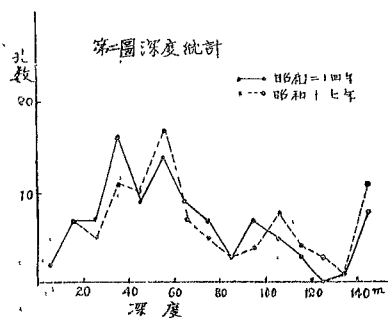
米平方内に16口位である。

2. 穿堀深度

穿堀深度は正確は期し難いが大体に於て二回の調査共に同じ傾向を持つて居る。旧別府市内温泉は後年に成る程深度が増大して居るが亀川に於ては其の傾向は無い。第二表及第二圖は二回の調査に於ける深度統計である。

第二表 亀川温泉深度統計

年次	昭和17年 1942	昭和24年 1949
<10 m	0	2
<20	7	7
<30	5	7
<40	11	16
<50	10	9
<60	17	14
<70	7	9
<80	5	7
<90	3	3
<100	4	7
<110	8	5
<120	4	3
<130	3	0
<140	1	1
140<	11	8
總計	96	93
平均深度	77.5	



第二圖で見られる如く二回とも同様深度で三つの極大があるが之は地域的な差異を示すもので温泉水系を示すものと解される。大体に於て大字亀川の山手に於て深度浅く海岸及南部地區に於て深度が深く成つて居る。

照波園附近が最も深く大体深度160米附近に於て沸騰泉を得て居る。

3. 穿堀温泉の年令

穿堀又は浸灌から年數即ち泉孔年令は10年以上のものが相當多く其の平均年數は二回とも12半位で旧別府市内温泉

(1)野滿, 後藤 温泉湧出量と水頭との相關其の二裂隙泉 地球物理3卷1號

別府温泉の總調査の結果に就いて

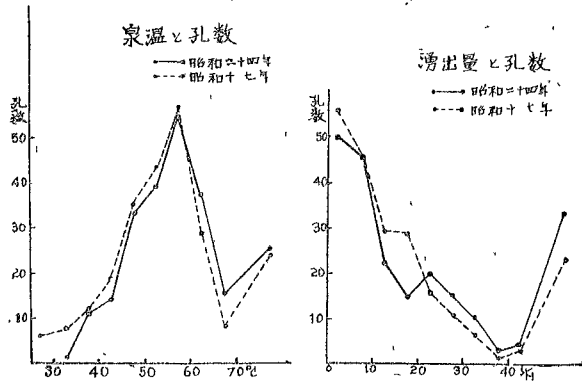
と大差が無い。各年の新穿堀又は浸漬数は旧別府市内の温泉数の約1/4位で活動口数の比に比較して少ない。之は亀川温泉が旧別府市内に此して優勢である事を物語るものと思ふ。

4. 湧出温度、湧出量

前後二回の調査に依り、泉温は西部芝石、血の池、野田及東南部埋立、照波園附近が高く北部に行くに従つて漸次下降する。泉温の最高は西部及南部の 100°C旧別府市内の最高温 69.08°Cに此して遙に高温である。

尙等温線は舌状に伸び出して泉脈の方向を暗示して居る。湧出量は血の池地獄の自然湧出が最大で 2118L/M であつて別府温泉中第二位にある。西部方面及南部、南東部に湧出量が大きき泉温分布とよく似て居る

第四圖 泉温、湧出量と孔数



る即ち高温域が多湧出量域である。湧出量分布も泉温と同じく等値線が舌状に伸びて泉脈の存在を暗示して居る泉温、湧出量を分類して見る第三、四表及第四圖の如く成るその性状の同一性は旧別府市の場合と同じである。詳しくは、

泉温に就いては低温孔数減少し高温孔数が増加して居る、昭和17年全平均は泉温54.18°C 今回は57.03°Cと3.037°Cの増加を示した、

湧出量も又泉温と同様に少量のもの減少し多量のものが増加して昭和17年平均 286L/M 今回は38,24L/Mと成り464L/Mの増加を示した。

尙二回の調査に依る亀川温

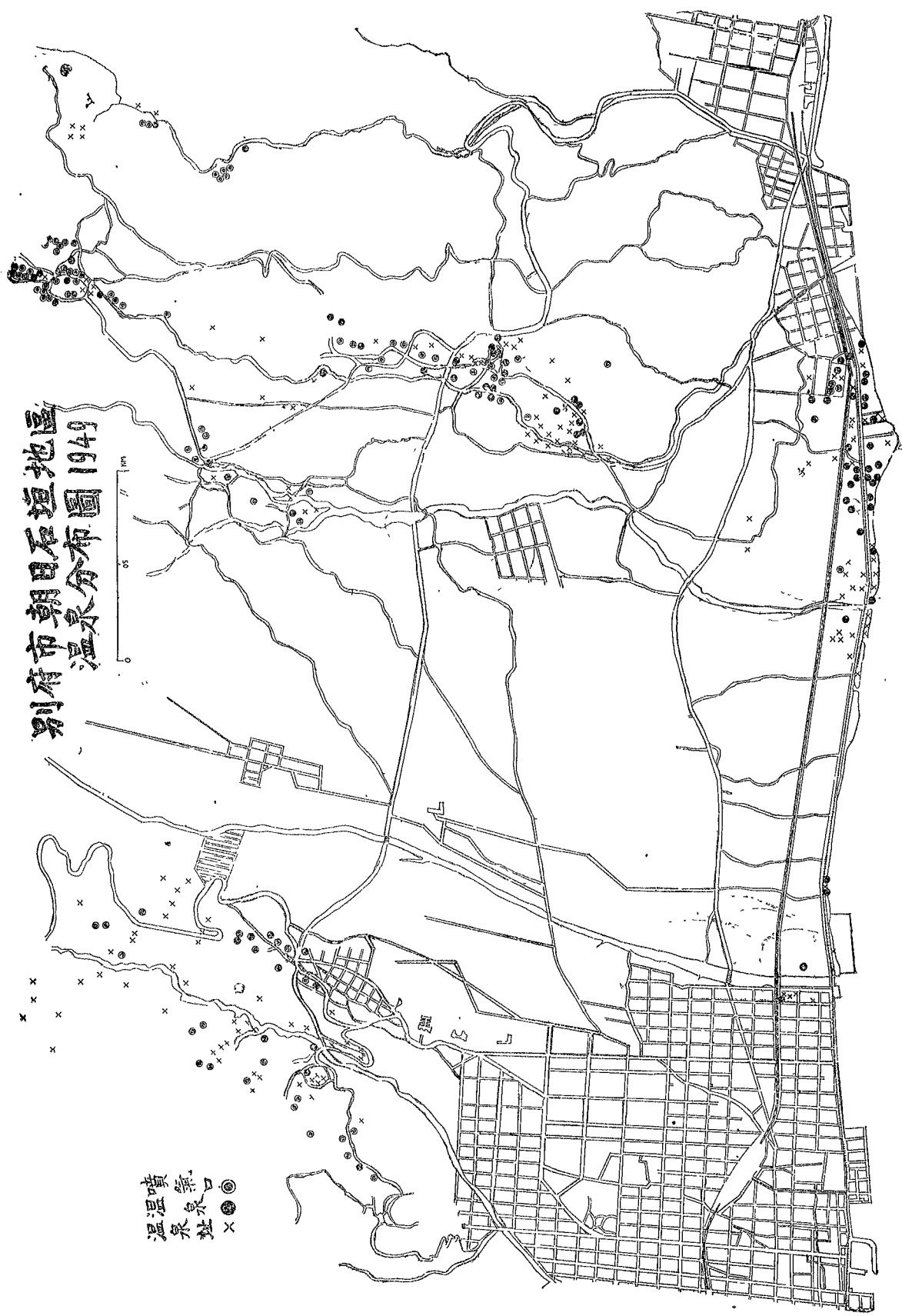
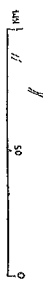
第三表 龜川温泉泉温統計

年次	昭和十七年	昭和二十四年
温度		
<30°C	6	0
<35	8	1
<40	12	11
<45	19	14
<50	35	33
<55	43	39
<60	56	54
<65	29	37
<70	8	15
70<	24	25
總計	240	229
平均泉温	54.18°C	57.03°C

第四表 龜川温泉湧出量統計

年次	昭和十七年	昭和二十四年
湧出量		
<5L/M	56	50
<10	46	46
<15	29	22
<20	29	15
<25	16	20
<30	11	15
<35	6	10
<40	1	3
<45	3	4
45>	23	33
總計	220	218
平均湧出量	28.6	38.24

別府市朝日石垣地區
溫泉分布圖 1949



溫泉 ●
泉址 ⊗
噴氣口 ×

別府温泉の總調査の結果に就いて

泉の概況を表示すると第五表の如くである。

第五表 龜州温泉概況

年次	最泉 高温	最湧出 大量	最湧出 深口	活 動 口 數			總 湧 出 量		
				測定數	測 定 不 能 數	計	一分間	一日	一日(推定)
昭和十七年 1942	100.°C	1.7M	262m	220	8	228	6.52m ³	9.39 × 10 ³ m ³	9.72 × 10 ³ m ³
昭和二十四年 1949	100.°C	2.118	262m	218	29	247	7.27m ³	10.45 × 10 ³ m ³	11.83 × 10 ³ m ³

推定總湧出量は旧別府市温泉と同様な計算に依つて出したもので、今回の調査に於ては前述の如く平均泉温は3.°37C増加し總湧出量も二割以上の増加を示してゐるのは兩調査期の季節的相違によるものであることは既に述べた。次に兩調査期の雨量を表示する。

雨量は今回の調査では例

第六表 調査時に於ける雨量

年にない多量で温泉勢力が減少しない限り増大することとは當然であつて之に伴つた泉温の上昇も亦當然であ

昭和十七年	0月	11月	12月	1月	2月	3月	調査期間
降水量	398.1	84.2	83.9	16.0	137.9	113.9	2月及3月
昭和二十四年	3月	4月	5月	6月	7月	8月	調査期間
降水量	132.6	109.0	179.0	560.8	365.3	236.6	7月及8月

る。以上の観点からして泉源勢力は少しの減衰の徴は無く優勢で有ると判断される。

第三節 朝日、石垣兩地區温泉に就て

朝日石垣地區は別府市の中央及西部で廣範圍に散在して居るが第一圖の分布圖で見られる如く北部方面と南部方面の二つの地區に分たれ共の中間には存在しない事は注目すべき事である。之の二地區は何れも別府温泉中で、後火山作用の最も旺盛な地區で自然噴氣鑿井による噴氣又は海地獄の如き高温多量の自然湧出ありて別府温泉地帯に於ける所謂「地獄地帯」である。通俗に地獄といふのは高温多湧出量の自然湧出温泉を指すが、人工穿堀によつて同様の強勢な温泉を得たときも之を地獄と稱してゐる。

第一圖の分布圖で噴氣孔は二重丸で熱水を湧出する普通の温泉は黒丸休止口は×で示して有る。一見して分る如く上人ヶ鼻附近を除いては大部分が噴氣で其の密集地域は北部に上人ヶ鼻、鉄輪、明薬、南部に觀海寺、八幡、堀田等有る。之等の分布状態は旧別府市内及龜州の温泉の如く一地區に廣範圍に互らす大体直線的な分布をして居る事からして一つの地質構造線上の亀裂より噴出して居ると推断される。(1)

(1) 鈴木 別府附近の地史と温泉賦 地球物理1巻1號

別府温泉の總調査の結果に就いて

質構造線の存在が示されて居る實際斷層線が表面に明瞭に表はれて居る所も有つて、この様な所では所々に自然噴氣自然湧出或は温泉餘土が見受けられる。

この地區に對する調査は昭和19年に行ひたるも高熱蒸氣自然噴氣等危險を伴ひ調査は困難な上、戦時中は人員も不足であつたため完全な調査は望まれず其の結果は今迄全表されてない。今度の調査も上述の如き問題を伴ひ旧別府市内及龜川の様な普通の温泉に對する如き調査は望めず又従つて此較は前二者程量的には出來にくいが大體の概況は掴む事が出來たと思ふ。

第一表

台帳面口數	活動口數	
348	普通泉温	噴氣孔
	65	84

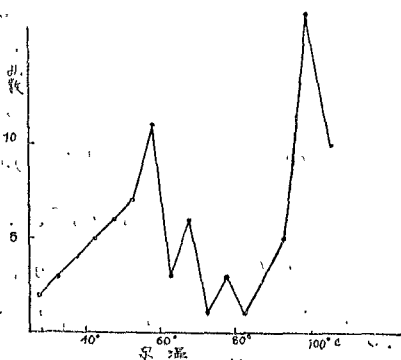
活動口數は149口で、この内噴氣口數は84口で大部分が噴氣を形成してゐる。(第一表参照)

深度は上人ヶ鼻が深く大體180m—280mの間である。噴氣の深度は大部分が100m—150m位であり、其の他横井戸等自然湧出が16口ある。

泉温に就て普通の温泉に就ては測定は割合に簡単に測定出来るが噴氣は施設の構造上又は自然噴氣で近づき得ない様なもの等で測定の出來ない事情のものも有つた。泉温は上人ヶ鼻附近海岸では南部に進むに従つて温度は低下して居る。其の他の噴氣孔を有する地區

の普通温泉は一般に温度が高い。噴氣の温度は一般に大なる相違は無く95°C~110°Cまでの間のものが多數であつて最高は141.5°Cを示してゐる。第二表及第二圖は其の統計及びグラフであるが、上事の述が現はれて居る。湧出量に就ては別府温泉最大の湧出量を持つ自然湧出の海地獄を始め強大な湧出量を持つもの有り、其の他噴氣の熱源を利用して冷水を加熱して温泉として市内の温泉の無い地區に引湯し浴用に使用

第二圖 泉温統計



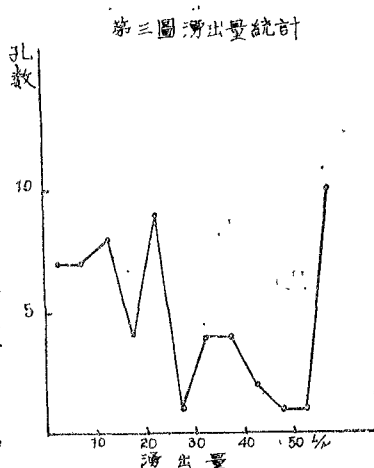
されて居るものも有り、其の引湯距離は四軒にも達するものがある。湧出量統計及概況を表示すると第三表及第四表の如く成る。尚湧出量統計を圖示すると第三圖の如く成る。

第二表 泉温統計

温度區分	口數
<30°C	2
<35	3
<40	4
<45	5
<50	6
<55	7
<60	11
<65	3
<70	6
<75	1
<80	3
<85	1
<90	3
<95	5
<100	17
100<	10
計	87
平均温度	77.7°C

別府温泉の總調査の結果に就いて

噴氣による加熱温泉の量は加熱装置の構造や途中の漏水又は其の時の冷水の注水状態に依り測定の出來ないものや測定の不正確なもの等あつたが入した誤差は無いものと思われる。普通温泉と加熱温泉の量を加へた總量は略々旧市内温泉の總量に匹敵するもので其の活動口數の割合に此して如何に優勢



第三表 湧出量統計

湧出量区分 L/M	口數
<5	7
<10	7
<15	8
<20	4
<25	9
<30	1
<35	4
<40	4
<45	2
<50	1
<55	
55<	10
計	58
平均	41.1L/M

なものであるかが分る。尙噴氣一本の平均勢力は普通温泉の平均勢力の約15倍に相當して居るので全噴氣の勢力は旧別府市内温泉勢力を遙かに凌ぐ強大なものである。

第四表 朝日石垣地區温泉概況

最高泉温 (噴氣を含む)	最大湧出量	最深湧出口	普通温泉			噴氣に依り加熱された湯量		
			活動口數	平均泉温	一日推定總湧出量 m ³	噴氣口數	平均温度	一日推定總湯量 m ³
141.5°C	2382L/M	288m	65	60.1°C	6.58 × 10 ³	33	75°C	0.9 × 10 ³

以上 別府温泉を三地區に分けて其の概況を述べたが全部を纏めて別府温泉の概況を示して本表の如く成る

合帳面 口數	活動湧出口數			最高泉温 (噴氣を含めて)	平均泉温	最大湧出量 L/M	平均湧出量	最大深度	一日推定總湧出量 (加熱温泉量を含む) m ³
	普通温泉	噴氣孔	計						
2062	977	93	1070	141.5°C	55.0°C	2382	25.3L/M	306m	47 × 10 ³ m ³ 25万8千石

加熱温泉量とは噴氣により加熱して使用する湯量である。

第4節 結 論

以上述べて來た如く今回の一齊調査の結果過去に於ける種々な研究結果と比較研究が出來て其の關係から變遷状態を述べたのであるが其の要点を摘記すれば下の如く成る。

1. 舊別府市内温泉に就て

- (イ) 別府温泉地帯に於て最も穿孔數多く且つ最も密集せる地帯である。
- (ロ) 活動湧出口數は減少しつつある。淡路泉脈で特に多く昭和8年に比較して約半に減少

別府温泉の總調査の結果に就いて

して居るが、反面田の湯泉脈海門寺泉脈では増加して居る地域もある。

- (イ) 泉孔深度の地理的分布は田の湯泉脈で最も浅く、これを遠ざかるに従つて増大し、ケ濱附近が最深である。泉孔深度は一様に深まりつゝある。
- (ロ) 泉温は昭和8年に比して田の湯泉脈、海門寺泉脈で増加共、他断片的な増加は有るも全体平均に於て約 2°C の減少を示して居る事は特に注目すべき事である。
- (ハ) 總湧出量は昭和8年に比して増減無きも雨量効果活動湧出口の減少、泉孔年令の古い事等を考慮して極限量に達して居るか、或は幾分減少の傾向にある。
- (ニ) 温泉湧出水位又は静止水位の變化は湧出量變化と密接な關係があるが今回の調査は日數費用の点で測定出来なかつた。而し重要な要素であるから後日ぜひ測定研究しなければならぬ問題である。
- (ホ) 温泉の化學的成份の測定も泉源趣移の状態を判斷する有力な資料に成るからこの方面の研究も續行する必要がある。
- (ヘ) 以上の事から旧別府市温泉の泉源勢力は地域別泉脈別から考へると幾分餘裕ある地域もあるが、全般的に見て最早や極限量か或は減衰の状態にあるものと判斷せられ之が原因として(1)處女水量の變化(2)温泉水路の變化(3)浸透水の變化(4)温泉熱源の變化等が考へられその内(2)(3)は今までの研究結果解明せられて居るも續いて研究検討すると共に(1)及(4)の變化に就て有力なる観測資料を得て解明出来ると思ふ。今後共必要な調査研究を續行すると共に不必要な採湯を制限し研究結果から泉源保護に萬全を期さなければ成らない。

2. 亀川温泉に就て

- (イ) 亀川温泉は別府温泉地帯の北部に在りて旧別府市内温泉に次ぐ密集度と多數の孔數を持つ地域でその泉源勢力は優勢であつて別府温泉第二位の湧出量を持つ血の池地獄あり高温水を多量に湧出し後火山作用の旺盛な事を物語つて居る。
- (ロ) 活動口數は昭和17年に比して19口の増加を示して居るが之は調査季節の相異に依るのが大部分である。
- (ハ) 昭和17年と比較して泉温は約 3°C 強湧出量は約二割の増加を示し泉源勢力の減衰傾向は全然見られない。
- (ニ) 以上より亀川温泉は現在に於て優勢ではあるが將來共この状態を持續する様必要なる研究と對策を實施する必要がある。

別府温泉の總調査の結果に就いて

3. 朝日石垣地區温泉に就て

- (イ) 朝日石垣地區温泉は別府温泉地帯の中央及西部で普通温泉あり噴氣ありて後火山作用の最も旺盛な地區である。
- (ロ) 其の活動口數は三地區で最も少ないが熱源勢力は最も強大である。
- (ハ) 總湧出量は舊別府市内温泉と略々同量であるが平均泉温は約 15°C も高く其の上放任してある噴氣や又は温泉或は工業的に利用して居て觀測出來ないもの等で計算に入つて無いものが有るのでそれ等を入れるとその勢力は遙に強大なるものである。
- (ニ) 泉温は三地區の内でも最も高く最高 141.5°C (噴氣) で平均泉温は 67.07°C である。
- (ホ) 此の地區に對する調査研究は今だ多くなくその詳細なる論述は出來ないが將來はこの方面の研究調査を強化しなければならぬ。

4. 別府温泉全体に就て

以上は各地區的な結論であるが別府温泉全体に就いて述べると下の如く成る。

- (イ) 別府温泉の台帳開口數は2032口の多數であるも其の内現實に活動して居る口數は約半數の1070である。
- (ロ) 最高泉温は噴氣孔を入れると 141.5°C で全平均は 65.9°C に成る。
- (ハ) 最大湧出量は海地獄の382L/Mで次は血の池地獄の3118L/Mであつて全平均は25.3L/Mである。又其の一日推定總湧出量(噴氣により加熱使用する湯量を含む)は4万7千噸の膨大なる量に達する。尙温泉として放出する熱勢力はこの外自然噴氣や觀測の出來ないもの等有りて一層膨大なる量に達するであらう。
- (ニ) 別府温泉を地域的に見ると旧別府市内温泉は前述の如く其の使用量は全般的に見て極量に達して居ると考へられ且つ最も密集せる地帯であるから、今後の保護施設には萬全を期して其の状態を見守つて行かなければならぬ。龜川温泉は現在では少しの衰微傾向は見られないも今後の状態を調査研究しこの勢力を持続して行く様最善の努力が必要である。朝日石垣地區温泉は噴氣が多く現在までの調査研究が多く無い爲に決定的な事は云へないが今回の調査を一つの土台として今後の調査を續行し其の熱源保護施策を考へなければ成らぬ。尙噴氣地帯と舊別府市及龜川温泉の關聯性については泉脈の關係から考へて西南部地帯の噴氣孔と旧別府市内温泉、北西部地帯の噴氣孔と龜川温泉とは相當關聯性が有ると考へられるも現在噴氣機構も不明であるから先づ噴氣の性質を研究すると共に兩方の觀測

別府温泉の總調査の結果に就いて

を密に行ひ其の定量的な關係を見出さなくては成らぬ。尙現在噴氣に就て噴氣壓の變化を連續自記させて居るも未だ整理を終へて居ない。

將來は重要なる地点には試験井を掘鑿し其の觀測を強化する事がぜひ必要である。

(6) 物理的な調査研究と同時に化學的な調査も温泉研究には主要なる事である。既に得られた多くの資料と相待つて將來は此の方面の研究を行ひ物理的な研究と併行して調査研究の萬全を期す事が望ましい。

終りにこの調査は大分縣温泉研究會の費用によつてなされ且炎熱の中をもものともせず終始熱心に觀測調査に従事せられた川端吉川の兩理學士及學生諸氏に依つて完遂された。

The Statistics about Flow, Temperature etc of
Beppu Hot Springs Kōsūrō Yamashita

In summer 1949, The Beppu Gyophysical Laboratory of Kyoto University, examined flow, temperature, depths of boring, sites, etc. of all hot springs in Beppu. Some statistics are obtained. The most attractive fact is that; in old city of Beppu, total flow almost equals to that of 1933, but the mean temperature lowered about 2°C from that of 1933.

別府温泉の潮位による湧出量 泉温の變化に就いて

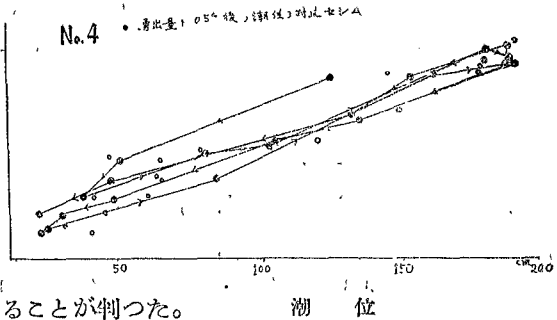
川 端 博

[A] 湧出量と潮位との相關

別府温泉の湧出量が別府灣潮位と一次的關係で變化することは既に詳細に研究されたところである。⁽¹⁾ 又米田桂三理學士はその著「統計數理」に於て湧出量と潮位との相關係數として $r = 0.99$ を算出された。⁽²⁾ 然るにその圖を見ると明かに組織的に一次的相關より外れてゐるのである。(第2圖)故に他の温泉についても兩者の關係は必ずしも一次的ではないかも知れぬと考へ、すべての資料につき再検討を試みた。湧出量—潮位のグラフを作るとほゞ三つの型が見られる。

(I) 明らかに一次的關係をもつもの No.4, No.235, No.365 兩者の對應に於て No.4 は湧出量を 0.5 出時おくらせて潮位に對應せしめる

第1圖 湧出量—潮位圖



と点の分散度が減じる。(第1圖)

これで兩者間に位相差のあるものもあることが判つた。

(II) 兩者の關係曲線が潮位軸に凹であるもの, No.211, No.319, No.427, No.1165

これらは曲線が常に潮位軸に凹であることから觀測の誤差ではない。

(III) No.220, No.199 の如く湧出量の小なる方では潮位軸に凹, 大なる方では凸の傾向がみえる。(第2圖)

以上により湧出量 Q_t 潮位 H の相關は必ずしも一次的關係ではないので一般に

$$H - H_0 = (Q - Q_0)^n$$

とおいて對數グラフより n の値を決定すると表の如くなる。湧出量の變化量が大きいほど n の値は大きい傾向が見える

湧出口番号	海岸より距離	湧出量變化量 L/M	n	深さ
No.4	42m	13~21	1.00	104m
No.199	24	1~16	1.19	93
No.211(N)	30	5~14	1.41	66
No.220	24	14~23	1.29	119
No.235	84	11~19	1.00	73
No.319	30	14~10	1.13	58
No.365	240	3~7	0.79	54
No.427	18	8~18	1.00	91
No.1165	18	4~23	1.47	62

別府温泉を模型化して被壓地下水よりの湧出

別府温泉の潮位による湧出量泉温の變化に就いて

と見、Darcy の法則に従ふとすれば湧出量は略々水壓差に比例し温泉水壓は潮位に比例するとみられるから湧出量の變化は潮位の變化と比例する筈であるが、今の場合は既にDarcy の法則の適用出来ない廣い範圍に及んでゐると見られる。曲線が潮位軸に凹であるのは、Piefke が得てゐる砂層中の流速—壓力グラフの曲線が壓力軸の方に傾いてゐると一致してゐる。(3) 一次的關係を保たないのは今の場合湧出導管近くで流速が大になることによるのではないかと考へられる。

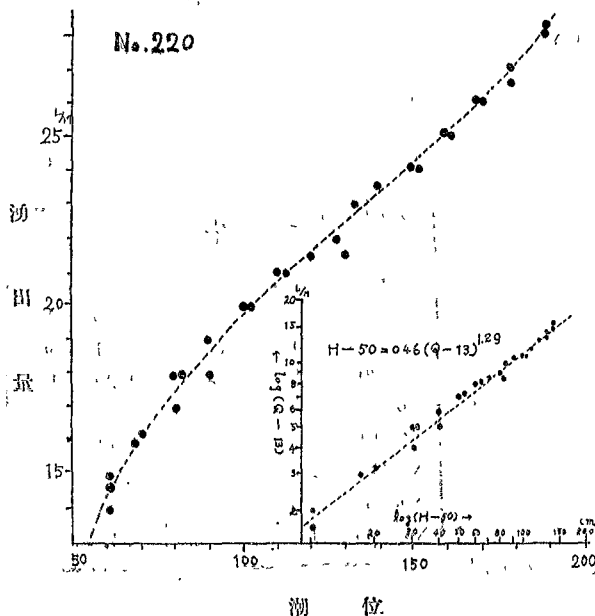
もし數層から温泉水が供給されてゐるならば、潮汐による各層の水壓の増加が異るとき砂層の見掛けの平均透水率が變化するから一次的關係の成立しない原因になる。それならば曲線のむきは色々になるであらうが、今の場合すべてが同じ傾向をもつてゐるからこれは主たる原因ではなからう。

次に湧出導管の口径は大體 4.2cm であるが深度は深いものは百米以上もあつてこの間の抵抗も可なりある。導管中の流速と壓力勾配 Δp は二次的關係で $\Delta p \propto v^2$ で曲線の傾きは上の場合に一致してゐる。然し μ と深さには余り關係がないからこれも主たる原因ではなからう。

[B] 湧出量と温泉との相關

湧出量の變化に伴ひ、導管上昇中の温泉水の冷却度が變化する。これが湧出温度變化の原因であることについては實測もなされてゐる。(4) 従つて冷却度は湧出量に逆比例する。又

第2圖 湧出量—潮位圖(米山理學士「統計教理」より) 一温泉の一月間觀測記錄の調和分



析によれば温泉は湧出量に對し位相の遅れを示した。(1)

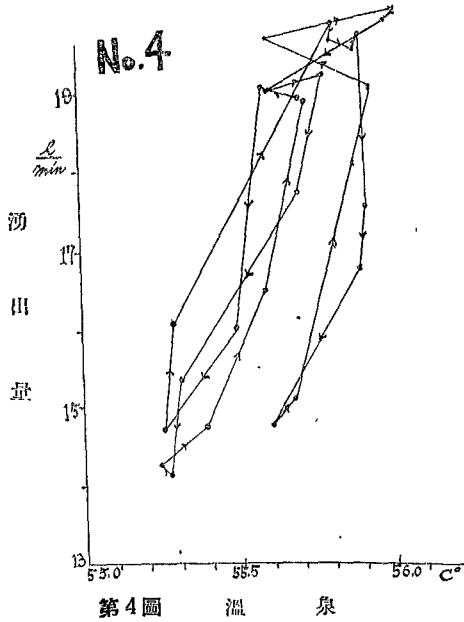
今、前述の圖式法によつた兩者の相關を考へてみる。グラフから分類すると次の三つの型になる。

(I) 大體に一次的相關を示すもの；No.4, No.365, No.437, No.801 (第3圖)

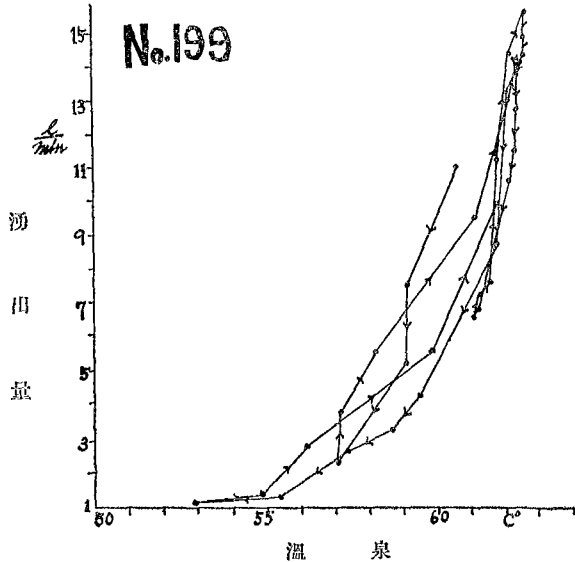
(II) 兩者の相關曲線が泉温軸に凸をなすもの；No.193, No.211(N), No.220, No.319, No.1165 (第4圖)

別府温泉の潮位による湧出量泉温の變化に就いて

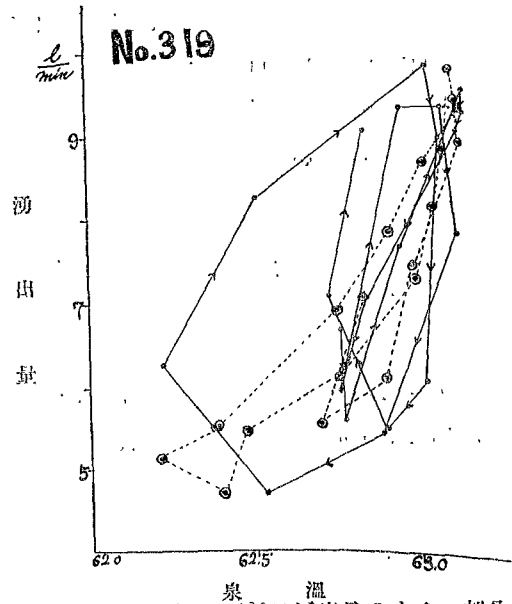
第3圖



第4圖 温泉



第5圖



温泉

この内 No.220は湧出量の小さい部分では泉温軸に凹の傾向がある。

(Ⅲ) 両者に殆んどり相關が見られぬもの; No.311(S), No.551

この内(Ⅲ)は海岸から遠く變化が著しくないものである。(I)は湧出量變化が少いので双曲線關係が明かにされぬもので(Ⅱ)型の内の曲線の一部にあたる。

特に興味あるのは一般に位相差がないこと。No 4 (第3圖)に於て兩者

の相關が二つ或は三つに分れてゐること、No.319 (第5圖)は兩者の位相差が大潮で3時間、小潮で2時間あることである。点線は位相差を考慮に入れて画いたものである。これらの原因は現在では明かでないが、將來の觀測と相待つて明かにしようと思ふ。

この小文は曾つて瀬野博士が見當つけられたものを一層詳細に検討したもので、大分縣温泉研究會の費用によつたものである事を感謝する。

参 考 文 献

- (1) 野滿, 瀬野, 中目「別府温泉と潮汐」地球物理 第2巻第1号1頁
- (2) 米田 栢三「統計数理」133頁
- (3) 例へば Prinz: Hydrologie s. 163
- (4) 瀬野, 西田「別府温泉二三の湧出口導管中に於ける泉温分布と途中冷却率」地球物理第2巻第1号
32頁

The Correlation among Tide, Flow, and Temperature in Beppu Hot Springs

Hiroshi Kawabata

More precise investigations show that; Correlation between Tide and flow is not linear,
and correlaton between flow and Temperature is very complex.

別府温泉の湧出量と泉温との 季節的變化の相關型

石 見 綱

別府温泉の湧出量、泉温の観測が京大別府研究所に於て長期に涉つてなされてゐる。多數湧出口の平均した値の兩者の年變化は並行し、泉温の年變化は湧出量の變化によるものと、気温の影響とに歸するものであると解釋された。(1)

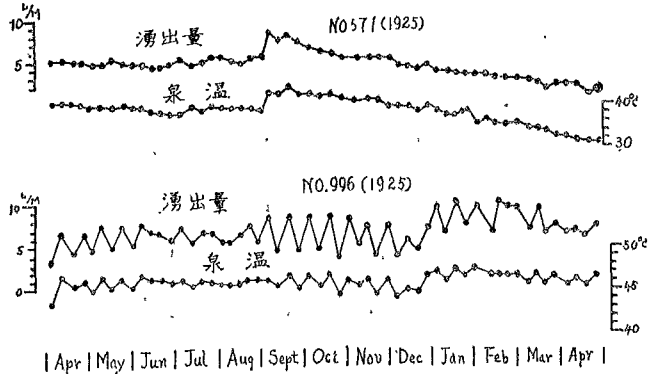
然し温泉各個についてみると必ずしもさう簡單ではない。最も多いものは統計の結果と同じく湧出量、泉温が並行變化するもので第1圖にその例を示す。泉温の變化は湧出量の變化に伴ひ湧出口導管中

温泉水の冷却度が變化して湧出温度の變化を生じるとしてある程度説明することが出來た。(2) 又温泉水導管が表地に沿ひて浅い場合には気温によつてその冷却度が左右されるのであるから湧出口下端では泉温の年變化がないと考へてよい。

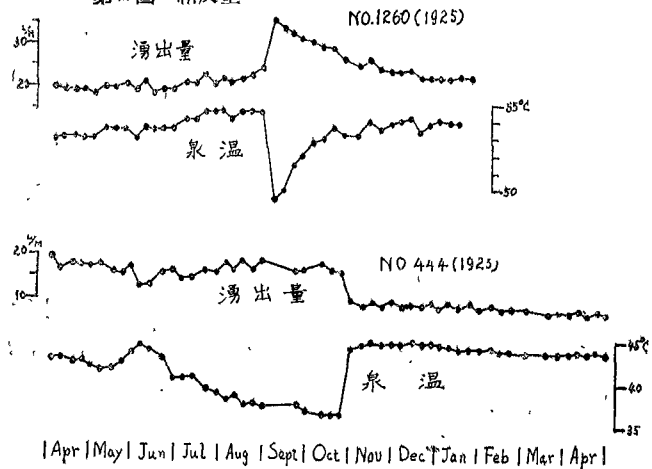
この類型を併行型と名付ける。別府温泉の大部はこの型に屬する。

然るに極く少數ではあるが第2圖に示す如く湧出量、泉温の變化が明らかに相反してゐるものがある。之は誰しも考へられるやうに低温地下水又は雨水の流入で

第1圖 併行型



第2圖 相反型



別府温泉の湧出量との季節的變化の相關に就いて

ある。No.1260は大正14年9月初の大雨によつて低温水系よりの流入と考へられる。この他、圖には示してはないがNo.675, No.557の如きも之に屬する。然しNo.444の如く雨には關係せず、特に當時の記録に地上には別段の異常がなかつたと註が記してある。No.575の變化も雨には關係してゐない。

今、湧出量の増加と泉温の低下は他水系の混合によると見ると、もとの湧出量 q_1 泉温 T_1 の温泉水に第2の水系の水温 T_2 のものが流入量 q_2 と合して出來た泉温 T_3 の湧出量 q_3 との間には次の關係がある。

$$T_2 = \frac{q_3 T_3 - q_1 T_1}{q_3 - q_1}$$

故に混入水系の温度が推定出来る。降雨によつて $q_1 T_1$ も増大するが、それは解らぬからかりに降雨前の値をとつ T_2 を求めると表の如くなる。大雨に原因しないと思はれる場合に於けるNo.444, No.450, 1, No.575等の混合水は最も低温であるが他の場合はすべて大きい。之れ

湧出口 番 號	T_2	氣 温
No.444	25.6°C	23.94C~19.9C
No.450, 1	28.3	26.9~22.8
No.472	39.8 <	26.9~22.8
No.557	52.2 <	26.9~22.8
No.575	25.3	18.7~12.7
No.675	44.9 <	25.2~22.8
No.1260	31.8	26.9~22.7

は大雨による高温水の増加があるにも拘らず之を無視してゐるからである。前²温泉も氣温よりかなり高いから雨水や浅層地下水の流入ではない。

かく考へて來ると、兩者の相反的變化は地下に於ける他水系の混入と考へられる可能性が大きい。元來湧出口導管はそれより大きい穿孔に挿入してあるのであるが、長年月の内にはその間隙は可なり埋まつてしまふであらうがこの間隙に沿ふて上層低温水系が水壓の増加によつて混入することはあり得ると思はれる。又別府では導管に竹管が多く用ひられその継目は銅管で包んであるが、竹管の腐朽に伴ひこの継目がゆるんだり、又竹管の腐朽の甚しい個處が、降雨による他水系の水壓増加によつて破損して混入率が急増すると兩者の相反關係を示すに到るのではなからうか。No.557は九月の雨で泉温が5°C程低下してゐるが、これは前期と異つた水系になつやうに思はれる。之は一時的的の降雨の浸入などではない。

又No.1260の兩者相反關係は9月以後長期間でもとに回復しようとしてゐる。これは單に低温水系が一時的に入つたものでなくこの水系が降雨により優勢になりそれが長期に涉つて漸次混入率が減少したものの如く想像される。

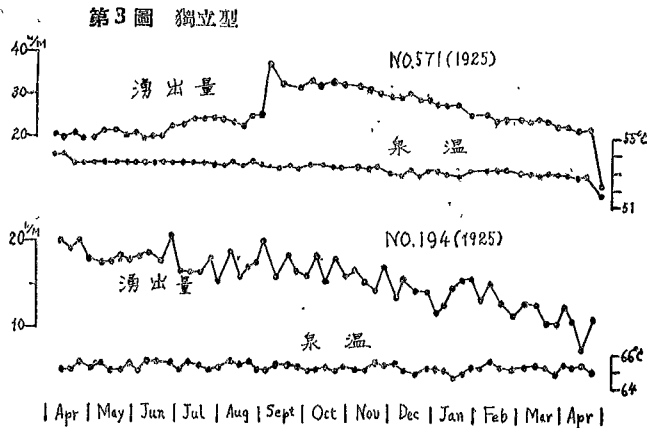
總じて兩者の相反現象では泉温が低下する方が場合が比較的多いことが目につく。

別府温泉の湧出量と泉温との季節的變化の相關に就いて

兩者の相反的變化を示すものを假りに相反型と名つけやう。

以上²例と異り第3圖の如く湧出量の著しい變化にも拘らず、泉温が殆ど之に關係なく變化するものがある。又圖には示さぬが、湧出量が年間畧々不變であるが泉温が自然に降下

するもの(No.48), 上昇するもの(No.771), 等がある。第3圖の No.571 は湧出量の變化は激しいのに泉温は漸次單調に低下してゐる。湧出量の小變動に併行して泉温が變化するものがあるのは導管中の冷却をも考



慮されるが、No.571 の如きは湧出量が比較的大きいから途中冷却度は極めて小さく、又、No.194 は比較的浅いので矢張冷却度が小さいのであらう。秋葉中間等温型の如く(3)地温が可なりの厚さで近い値をもつ場合、その間の水系のどれが優勢になつても泉温にはあまり影響を與へないことが考へられるが、No.194 や No.571 はそんな地域には屬してゐない。No.194 は導管途中浅いところで破損により管外に漏出する量が次第に増加してくると假想すれば説明がつく。

かくの如き湧出量と泉温の間に相關のないものを獨立型と名付けとよく。

以上の如く湧出量、泉温の相關について三つの型を分類したが、これらは特異性について注意したものはこれらは混合して出てゐる。多くのものは全く一つの型に入れることは困難で多少とも型の幾つかを合せもつてゐる。その爲、三つの型のどれにも分類できないものを複合型と名付けておく。

以上を要するに別府温泉を湧出量、泉温の變化の相關から見て四つの型を考へ、その原因として、導管中の冷却、他水系の混入、温泉水の漏出漏入等、が考へられるのである。この研究に瀬野錦藏氏の文部省科學研究費の一部によることを附記して感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) 野満, 池田, 瀬野「別府温泉涌源としての雨量」地球物理 第2巻第2號97頁
- (2) 瀬野, 西田「別府温泉二三の湧出口導管中に於ける温泉分布と途中冷却率」同上 第2巻第3號32頁
別府温泉の湧出量と泉温との季節的變化の相關に就いて
- (3) 野満, 山下「別府市内の地中温度分布と温泉脈」同上 第2巻第3號233頁

The Correlation between seasonal variations of flow and Temperature in
Beppu Hot springs Tsuna Iwami

There are 4 types of correlations between variations of flow and temperature in Beppu Hot springs; parallel type, inverse type, independent type, and complex type. some physical causes can explain them.

別府温泉の Cl 量分布の變動について

吉 川 恭 三
輕 部 末 三

§ 1. 緒 言

温泉現象の變遷が著しいときはよく人の目の注意を引くが、その化學成分についても、多くの研究者によつて日變化・年變化・降雨・地震の影響による變化等、屢々報告されてゐる。又、海岸附近の掘抜井戸に於ては、潮汐の影響の外に、長年間ポンプ揚水を行つた結果、海水の侵入を見た如き資料も提供されてゐる(1)。別府温泉はその殆どが穿堀によるものであつて、人工的加工の原因による變遷が著しく又別府の土地の人もよく觀察してゐて、巷間に「塩分が増すと温泉はつぶれる」などと傳へてゐる。濱脇温泉は塩分が濃かつたが現在では著しく衰頽して昔の姿はない。

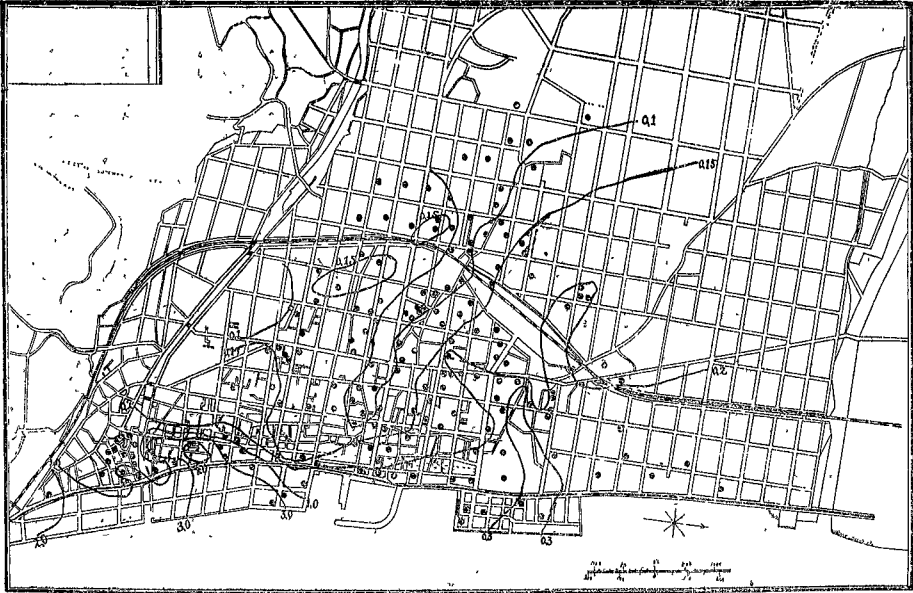
別府温泉の化學成分については、大正15年前后に行はれた山下・木戸・丸田の三氏により、Cl量分布が明かにされたが(2) 其の後の變遷については、何等調査されていない。そこで、20年後の昭和21年7月、再び Cl, HCO_3 の分析を行ひ、その分布狀況の變動を窺ひ、その原因を考察した。

一般に温泉水中の Cl は火山性源・海塩源の二種類があるが、別府市街地、殊にその Cl の多い温泉にては海塩源の Cl なることが先に推定されてゐる(3)。然し同じく海塩源であるにしても、往古、地層に閉込められた所謂化石水なのか、現在海水が浸透しつゝあるかについては、判定するに困難である。もしそれが往古海塩源ならば、長年間温泉水が地層中の流動により稀薄になつてゆく可能性も推測されもし、現海水の浸透ならば、温泉水脈の消長により海水の滲透が左右され、したがつて Cl 成分も亦變動するであらう。筆者は Cl 量の變動を知ることにより別府温泉地域の温泉水中の Cl の山來について明かになし得ると思ふ。

之に對し、 HCO_3 の大部分は海源性ではない。何故ならば海水中の炭酸根が全部重炭酸になつても Cl に對して 0.4% 以下であるが、別府温泉中の HCO_3 の Cl に對する比は小さいものでも 10%、大きいものは 6 倍にも及び、且兩者の分布には全く併行性が認められないからである。故に Cl の分布と HCO_3 の分布を比較すれば更に Cl 分布の變動の意味がよく掴

第1圖 別府温泉Cl量分布圖 1964年測定

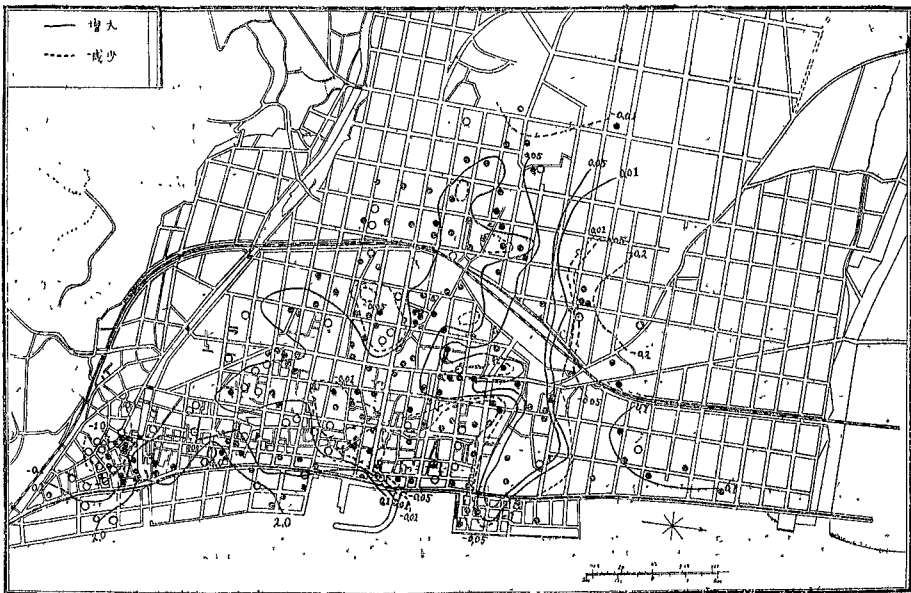
●測定せる温泉 單位g/l



第2圖 別府温泉Cl量變化分布圖 1946年測定値と1926年測定値とその差

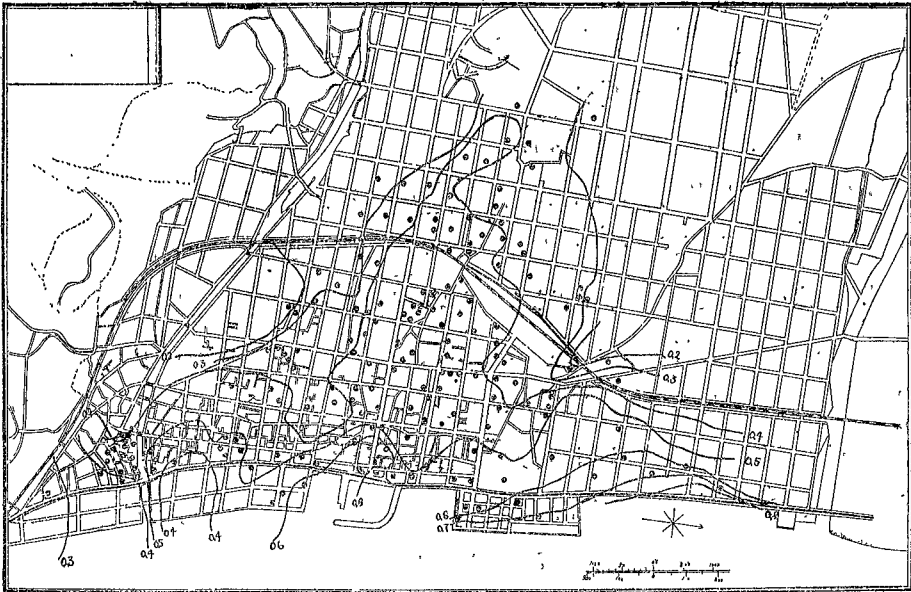
●1946年1926年, とも測定せるもの 單位g/l

○1926年のみ測定せるもの



第3圖 別府温泉HCO₃'量分布圖 1946年測定

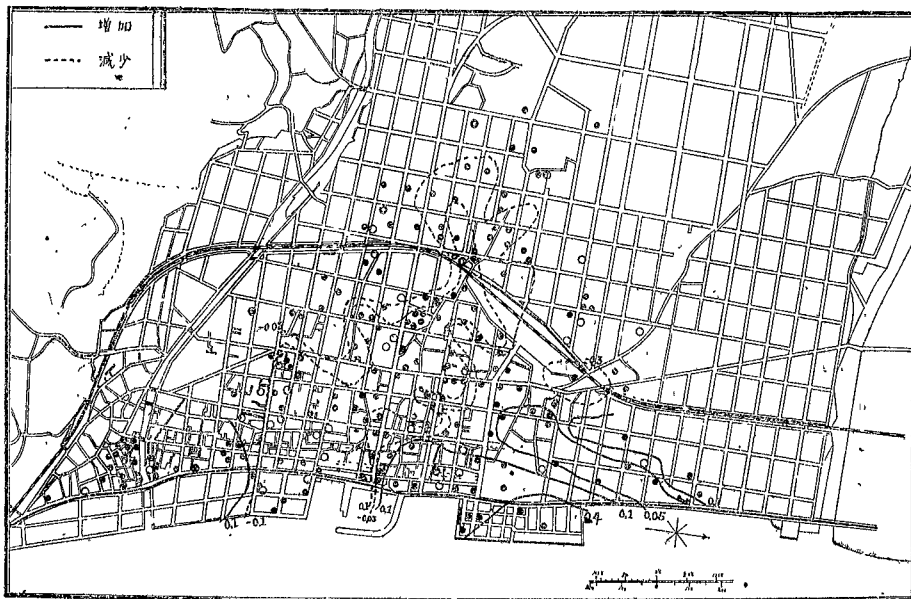
●測定せる温泉



第4圖 別府温泉HCO₃'變化分布圖 1946年測定値と1927年測定値との差

●1946年に測定せるもの

○1927年に測定せるもの



別府温泉のCl量分布の變動について

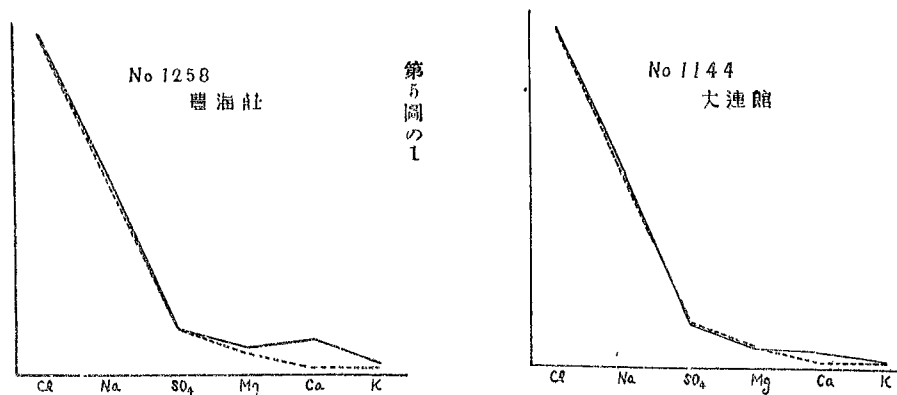
めると思ふ。

かくの如き見地から、試料の採取・分析を行つたのであるが、その分布について、かなりの變動を認め、特に注目すべき地域につき再検討を試みる爲、昭和24年8月化學分析を行ひ次に述べるが如き結果を得た。

§ 2. 昭和21年 Cl, HCO₃ 量の分布

Cl 分析については1926年に行はれた温泉について繰返したその資料を後に掲げた。今回同一温泉の發見出來なかつたものについては、その附近のものにより、又たとひ同一の番號の温泉であつても、二十年間もとのまゝのものは殆んどなく浚渫して深度を深めたものが多いから、舊分析225, 新分析175, (この數は全温泉のほぼ四分の一にあたる)であつても、其がすべて對應してゐるとはいへない。

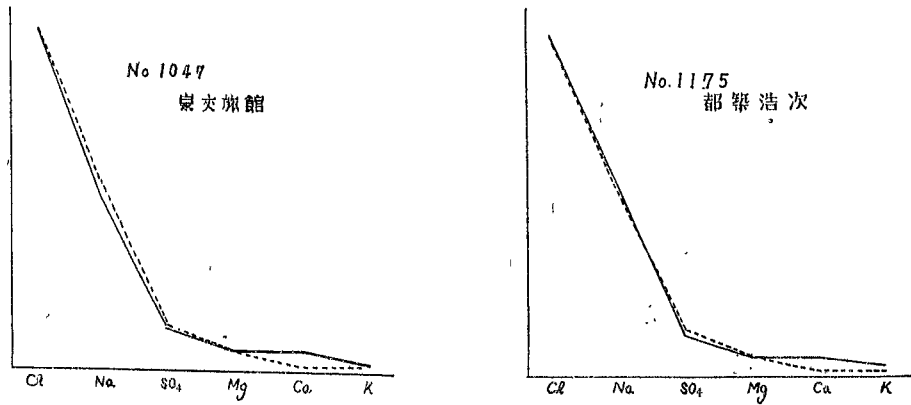
その分布を第1圖に示す。之を旧Cl分布圖と對照するとき、大体に於て兩回とも近い分布を示すが數區域に於て特別の變化がある。この變化は新Cl量から舊Cl量を減じた差の分布圖をつくり、第2圖で示した。それを見ると



1. 濱脇温泉地帯に於てClの激減せる所がある。
2. 中里立地附近に於てClの激増がある。
3. 田の湯温泉脈に於てはやゝ増加。
4. 海門寺温泉脈では少しの増加。
5. 楠温泉、竹瓦温泉に於て少し減少。

HCO₃ の分布を第3圖に示し、1927年の分布との差を第4圖に示す。之は前回と對應せる温泉が僅かであるので充分な比較は出來ないが、田の湯温泉脈にてかなりの減少が見られ、其の他では余り變化がない模様である。そしてCl分布の變動とは對應が殆んどないやうに見える。

第5圖の2



§ 3. 結果への考察

兩回の分布の變化を考へる時、先づ注意しなければならぬのは、この變化が單に温泉成分に見られる日變化・季節變化によるものではないかといふことである。この見地から、筆者は現在最も注目される中埋立地附近に於ける温泉水中のCl成分の日變化・年變化につき調査の必要を感じたが、果せなかつたのは遺憾であつた。然し、先に野滿・瀨野博士により報告された所によれば(4)、此の附近の濱脇の温泉に於けるCl量多いものでも日變化は最大なるもので、1.00g/Lより1.05g/Lに變化する程度にすぎず、又、電氣傳導度の年變化は最大2割である(5)。我々が現在注目する温泉のCl變化は、遙に之に勝り、最大は八幡温泉に於ける0.150g/Lから4.542g/Lの増加であるから、少くとも、この中部埋立地附近に於ける、Cl量の激増は單なる日變化・年變化の結果とは考へられない。又、此等の温泉にては干潮時には全く湧出を停止する關係上、常にポンプ揚水を行つて居り、又、この附近の且ての温泉で、著しく溫度・壓力低下し、遂に閉止の止むなきに至り、其の後、新掘鑿を行つてゐないことやこのCl激増の地區は海岸に近いことをあはせ考へるとき、温泉水壓と海水壓の從來の均衡が破れ地中深部に海水が浸入してきたと考へられるのである。もし之が事實とすれば、この附近の温泉水中のClは現海水より與へられたものであることになり、其の他の化學成分についても、海水の化學成分と類似の傾向がなければならぬ。そこで更に昭和24年8月、この附近の特にCl量の多い温泉4口を選んで、その温泉水中に含れる海水の主要六成分につき化學分析を行つた。

§ 4. 昭和24年の分析結果

昭和24年の分析結果を第2表に示す。Cl量について見れば、第2表に明かな如く、大正

別府温泉のCl量分布の變動について

15年より昭和24年に至る變化の狀況をそのまま持續してゐることが分る。この中 No.1175 は、濱陽温泉地帯にあり、もと Cl 量極大部に屬し海鹽性なることを指摘されてゐたのであるが、その後、徐々に Cl を減じていることが他の埋立地附近の温泉に較べ對照的である。

此の四つの温泉の化學成分を Cl を 100 として百分比で表はしてみると第3表及び 第5圖で見られるやうに海水の場合と全く似て居り、之はこの温泉水の化學組成が海水（点線で示す）と近似してゐることを表はす。故に温泉水中の鹽、殊に含有量の多い Cl, Na, SO₄ 等は主として海水に起源を得てゐることが明かである。

こゝに於て更に注意すべきことは、海水の浸入による温泉水中の Cl の増加には二つの場合がある。第一は温泉水脈の弱化による海水の浸入で、第二は温泉を浚渫せることにより、温泉孔の深度を増した爲、海水成分が増したのではないかといふことである。然るに筆者が昭和24年8月の調査の際に確めた所では、少くとも温 No. 1141, 1174, 1259, では、昭和21年より昭和24年迄は浚渫を行つたことが無いとの話であり、而も此の期間に Cl の大巾な増加を行つてゐることを考へる時、單に第二の原因のみの Cl 増加ではなく、第一の温泉水脈の衰退による海水の滲透を主原因とするものなることが推定される。

故に、この地帯に於ては、過去20年間に、地下温泉脈に異常を來したか、又は、温泉水の供給が十分でなく濫掘又は過揚水の爲に温泉水の壓力が減少し、海水の浸入が行はれたものであらう。其の詳しい機構については、更に種々の面より測定を重ねて後、明かになし得ると予想する。

尙、別府市の他の部分の Cl 量の増加・減少 HCO₃ 分布の變化についても、其の原因は種々考へられるのであるが、これも今後の測定結果をまつて論ずる予定である。

第1表 別府温泉Cl量極大部に於ける温泉水の成分含有量（昭和24年8月）

温泉名	温泉番號	蒸發殘渣	Cl	Na	So ₄	Mg	Ca	K
豊海莊	1258	98.5g/l	1.270	0.7195	0.1760	0.1654	0.1316	0.3820
大連館	1144	6.442	3.177	1.7938	0.4228	0.2078	0.1624	0.0716
泉丈旅館	1047	8.661	4.416	2.120	0.570	0.2712	0.282	0.104
都農浩次	1175	4.212	2.085	1.184	0.2587	0.1278	0.1100	0.066

別府温泉のCl量分布の變動について

第2表 主要四温泉のCl量變化

()内の値は分布圖より内挿法で求めた値

温泉名	豊海荘	大連館	泉丈旅館	都築浩次
測定年月	g/L			
大正15年7月	(0.280)	0.615	0.172	2.835
昭和21年7月	1.194	1.059	3.108	2.465
昭和24年8月	1.270	3.177	4.416	2.085

第3表 海水及び前記四温泉の化學成分の含有量比 (Cl量を100とする)

	Cl	Na	SO ₄	Mg	Ca	K
海水	100	55.3	14.	7.	2.16	2.0
豊海荘	100	56.6	13.9	8.27	10.3	3.1
大連館	100	56.6	13.3	6.32	5.1	2.3
泉丈旅館	100	50.4	12.9	6.14	6.4	2.4
都築浩次	100	56.8	12.4	6.13	6.0	3.3

§ 5. 結 論

1. 昭和21年8月、別府市街の温泉水について化學分析を行ひそのCl分布 HCO₃ 分布を明かにした。
2. 其の分布を大正15年に於ける分布と對照比較し、ある地域ではかなりの變化のあることを知つた。
3. 更に、昭和24年、4箇の湧出孔にて温泉水の化學分析を行ひ、先にCl量激減せる濱脇方面は尙Cl量減少しつつあり、先にCl量激増せる中部埋立地附近は尙、Cl量増加の傾向あることを確めた。
4. そのCl量増加の原因は、現海水の混入によるものなることを推定した。
5. 故に、中部埋立地附近にては、温泉水壓力の大巾な減少が考へられる。
6. 尙、残された部分につき、今後も測定を重ね、充分な検討を行ふ予定である。

終りに當り、本研究に終始御指導を賜つた瀬野博士、及び觀測に協力を拂はれた松田理學士に厚く感謝をさしげる次第である。

尙この研究は一部は瀬野博士の文部省科學研究費により、一部は大分縣温泉調査研究會の費用による。

参 考 文 献

- (1) Roger Bevelle; 「Criteria for Recognition of sea water in Ground-water」 Trans. of the Amer. Geophys. Union 1941.

別府温泉のCl量分布の變動について

- (2) 山下逸二郎, 木戸隆, 丸田頼三; 「別府市内温泉のCl量分布」地球物理 第1卷89頁
- (3) 瀨野錦藏; 「温泉水中の鹽分源としての海鹽」地球物理 第7卷131頁
- (4) T. Nomitu and K. Seno. ; 「The Beppu Hot spring and the Tide, with the Effect of the Atmospheric pressure」. Men of the Col. of science Kyoto Imp. Univ. vol. XXII No.6, 1939.
- (5) 瀨野錦藏「別府附近温泉若干の電気導度年變化に就いて」同上. 第2卷第4號

New Distribution of Cl-ion in Beppu-Hot Spring District

Kyōzō Kikkawa and Suezō Karube

New distributions of Cl- and HCO_3 ions showed some differences from those of twenty years ago. Especially in the part of filled land near the sea, Cl-ion increased very remarkable. Cl, Na, SO_4 , Mg, Ca and K ions of hot spring water in that part resemble to those ions of sea water in the ratio. These suggest the sea water contaminated under the ground, as the pressure of hot spring water decreased.

別府温泉のCl量分布の變動について

第4表 別府市街温泉Cl⁻及HCO₃⁻分析表
Cl⁻, HCO₃⁻の()内の値は分布圖より内挿法にて求めた値も其の使つて求めた差も()内に記入す。

湧出口 番 号	クロー ル g/L		重 炭 酸 根 g/L	
	昭和 21年7月	大正16年 より増分	昭和 21年7月	昭和2年 より増分
1	(0.190)	(0.036)		
2	(0.200)	(0.070)		
3	0.669	0.517	0.608	(0.258)
4	1.742	1.636	0.538	0.182
10	(0.170)	(-0.009)		
13	(0.170)	(0.052)	(0.450)	(-0.042)
14	(0.165)	(0.028)		
17	(0.163)	(0.034)		
19	0.137	0.027	0.320	(-0.070)
21	0.143	-0.016	0.317	(-0.083)
23	0.146	0.052	0.338	-0.219
31	0.118	-0.004	0.341	-0.186
46	0.149	0.027	0.325	-0.193
48	(0.150)	(0.030)	(0.350)	(-0.037)
55	0.142	0.017	0.289	(-0.101)
58	(0.142)	(0.024)	(0.350)	(-0.037)
62	(0.145)	(0.027)	(0.400)	(0.002)
69	(0.125)	(-0.010)	(0.300)	(-0.381)
92	(0.124)	(-0.002)	(0.390)	(-0.370)
100	(0.115)	(-0.057)	(0.390)	(-0.293)
106	0.110	-0.008	0.310	-0.243
110	0.112	-0.006	0.404	(-0.156)
126	0.108	0.002	0.449	-0.170
130	0.089	-0.018	0.388	-0.186
136	0.111	0.007	0.407	-0.117
147	0.098	-0.006	0.462	-0.138
173	0.102	0.001	0.471	-0.097
176	0.099	-0.008	0.485	-0.064
193	0.124	-0.028	0.443	(-0.317)
201	0.160	0.012	0.132	(-0.628)
210	0.129	-0.006	0.511	-0.123
212	0.139	0.026	0.420	-0.109
227	0.098	-0.024	0.463	(-0.137)
233	0.199	-0.007	0.494	-0.253
240	0.147	-0.060	0.589	0.038
243	0.138	-0.071	0.589	0.038
245	0.134	-0.075	0.615	
258	0.193	0.033	0.511	0.012
279	0.106	0.002	0.459	-0.124

湧出口 番 号	クロー ル L/M		重 炭 酸 根 L/M	
	昭和 21年7月	大正16年 より増分	昭和 21年7月	昭和2年 より増分
313	0.166	-0.066	0.539	(0.034)
319	0.228	-0.019	0.578	(0.198)
333	(0.210)	(-0.070)		
340	0.286	0.015		
343	0.239	-0.069	(0.530)	(0.142)
344	(0.170)	(-0.038)	(0.520)	(0.043)
350	0.198	(-0.044)	0.524	0.086
357	0.165	-0.057	0.345	-0.026
363	0.168	-0.022	0.518	0.063
370	0.178	-0.001	0.361	-0.114
374	0.188	0.011	0.369	(-0.106)
377	0.168	0.028	0.461	(-0.039)
381	0.162	-0.021	0.361	-0.089
383	0.229	0.025	0.580	(-0.100)
394	0.216	0.055	0.456	(0.006)
398	0.243	0.040	0.341	(-0.009)
400	0.330	0.076	0.385	(0.035)
405	0.246	-0.058	0.342	(-0.008)
406	0.238	-0.010	0.443	(0.098)
409	0.167	-0.039	0.336	-0.018
412	0.22	-0.043	0.523	(0.153)
418	0.223	-0.058	0.503	0.090
423	(0.240)	(-0.050)	(0.570)	(0.119)
425	0.248	-0.113	0.582	(0.172)
426	(0.245)	(-0.014)		
428	0.215	-0.028	0.957	(0.537)
430	0.283	0.122	0.818	(0.453)
434ノ3	0.338	-0.030	0.818	0.453
434ノ7	0.138	-0.016	0.958	(0.458)
434ノ14	0.252	-0.156	0.614	(0.224)
435	0.211	0.057	0.453	(0.106)
436	(0.375)	(0.163)		
437	0.143	0.031	0.345	(-0.015)
442	0.296	0.130	0.519	(0.069)
444	0.375	0.289	0.625	0.022
451ノ1	(0.180)	(0.050)	(0.850)	(0.053)
451ノ2	(0.234)	(0.104)	(0.750)	(0.133)
460	0.025	-0.248	0.196	(-0.174)
463	0.154	0.016	0.452	(0.182)
468	0.622	-0.234	0.181	-0.242
473	0.182	-0.046	0.321	-0.043
475	(0.202)	(0.023)	(0.390)	(-0.188)

別府温泉のCl量分布の變動について

湧出口 番号	クロールg/L		重炭酸根 g/L	
	昭和 21年7月	大正15年 より増分	昭和 21年7月	昭和2年 より増分
291	0.163	0.016	0.468	-0.049
301	0.141	0.002	0.406	(-0.064)
309	(0.150)	(-0.033)		
477	0.206	0.061	0.434	(-0.146)
494	0.069	0.002	0.457	-0.112
506	0.103	0.000	0.468	-0.122
511	0.105	0.018	0.478	-0.089
513	0.097	0.008	0.450	-0.117
523	0.102	0.015	0.479	-0.010
530	0.098	0.008	0.450	-0.125
532	0.122	-0.064	0.541	(-0.034)
534	0.142	0.032	0.548	-0.028
536	0.175	0.024	0.573	(0.043)
539	0.179	0.045	0.430	-0.196
542	0.177	0.017	0.395	-0.045
544	0.196	0.052	0.383	-0.011
554	0.188	0.056	0.422	-0.110
555	0.150	0.032	0.446	0.164
530	(0.200)	(-0.020)		
561	0.213	0.014	0.338	-0.020
563	(0.220)	(-0.024)		
564	0.191	-0.058	0.303	(-0.047)
571	0.197	0.017	0.318	(-0.052)
578	0.156	0.006	0.399	(-0.051)
580	0.183	0.047	0.402	-0.038
589	(0.185)	(0.046)	(0.310)	(0.209)
595	0.119	-0.040	0.310	(-0.150)
601	0.106	0.026	0.450	(-0.030)
616	0.086	0.000	0.361	(-0.124)
617	0.098	0.018	0.419	(-0.061)
619	0.094	0.004	0.423	-0.057
627	(0.030)	(-0.049)		
629	0.032	-0.072	0.124	(-0.356)
634	0.084	0.019	0.352	(-0.131)
641	0.100	-0.004	0.461	(0.009)
646	0.103	0.006	0.424	(-0.036)
649	0.112	-0.012	0.441	-0.044
652	0.101	0.001	0.448	-0.016
663	0.090	0.004	0.373	(-0.107)
666	0.120	0.020	0.453	(-0.037)
671	0.083	-0.004	0.349	-0.166

湧出口 番号	クロールL/M		重炭酸根L/M	
	昭和 21年7月	大正15年 より増分	昭和 21年7月	昭和2年 より増分
675	0.120	0.020	0.347	-0.059
679	0.126	0.003	0.407	(-0.081)
685	0.120	0.029	0.396	-0.029
688	(0.130)	(0.009)		
692	0.155	0.051	0.443	
705	0.116	0.048	0.438	(-0.052)
713	0.099	0.002	0.469	(-0.111)
718	(0.102)	(-0.002)		
751	0.103	0.013	0.478	-0.132
771	0.102	0.005	0.476	-0.130
775	0.093	-0.007	0.462	-0.079
776	0.103	-0.001	0.463	-0.121
781	(0.113)	(-0.831)		
801	0.157	0.021	0.412	(-0.073)
804	0.136	0.007	0.369	
816	0.106	-0.050	0.471	
820	0.133	0.014	0.397	(-0.153)
823	0.144	0.026	0.469	(-0.056)
826	0.122	0.011	0.402	-0.124
832	(0.097)	(-0.904)		
838	0.105	0.024	0.469	-0.148
844	0.097	(-0.002)		
854	0.121	0.007	0.453	
858	0.144	0.030	0.509	-0.046
861	0.110	-0.009	0.392	
863	0.111	-0.009	0.444	0.054
884	0.099	-0.007	0.256	(-0.094)
886	0.111	-0.004	0.461	0.060
897	0.120	0.015	0.366	
901	(0.120)	(-0.005)		
910	0.164	0.049	0.315	-0.030
932	(0.130)	(0.014)		
934	(0.130)	(-0.002)	(0.520)	(-0.106)
935	0.130	0.006	0.304	(-0.121)
974	0.132	0.065	0.377	(-0.103)
975	(0.130)	(0.063)		
992	(2.500)	(2.364)	(0.520)	(-0.320)
993	0.248	0.110	0.608	(-0.092)
996	0.177	0.032	0.561	(0.131)
1006	(0.070)	(-0.024)		
1022	(0.150)	(-0.047)		

別府温泉のCl量分布の變動について

湧出口 番号	クロールg/L		重炭酸根g/L	
	昭和 21年7月	大正15年 より増分	昭和 21年7月	昭和2年 より増分
1026	(0.170)	(-0.012)		
1031	0.167	-0.009	0.438	0.000
1040	(0.189)	(0.039)		
1043	(0.185)	(0.025)		
1045	(3.140)	(3.004)		
1017	3.108	2.933	0.454	0.000
1055	(0.190)	(0.098)		
1061	(0.200)	(0.145)		
1066	(0.570)	(0.420)		
1082	(0.810)	(0.173)		
1084	0.831	0.039	0.475	
1089	0.676	0.395		
1111	0.814	-0.353	0.323	
1114	(0.810)	(-1.824)		
1115	(0.820)	(-1.797)		
1117	(0.530)	(-0.711)		
1126	(0.500)	(-0.191)		
1133	0.710	-1.312	0.481	(-0.019)
1135	(0.710)	(-4.859)		
1136	0.824	0.207	0.532	(0.182)
1140	(0.825)	(-1.914)		
1141	(0.850)	(0.246)		
1144	1.650	1.035	0.405	0.000
1149	0.824	-1.286	0.424	(-0.126)
1153	0.581	0.121		
1161	2.481	2.211	0.402	
1170	(0.850)	(0.655)		
1171	0.828	0.511	0.389	
1173	(1.090)	(-1.202)		
1174	2.465	-0.370	0.288	
1178	(1.000)	(-5.160)		
1183	1.810	1.607	0.709	
1188	0.102	0.011	0.477	

湧出口 番号	クロールL/M		重炭酸根L/M	
	昭和 21年7月	大正15年 より増分	昭和 21年7月	昭和2年 より増分
1219	0.200	0.020	0.611	(0.021)
1260	0.670	0.067	0.338	
1254	(0.160)	(-0.016)		
1223	0.020	-0.239	0.142	(-0.08)
1269	(1.500)	(-0.97)		
1270	(2.500)	(0.165)		
1272	(2.500)	(2.343)		
1280	0.133	0.112	1.018	0.755
1281	0.198	-0.046	0.384	
1283	0.068	0.025	0.755	(0.255)
1284	0.154	-0.007	0.860	(0.060)
1285	0.236	-0.108	0.466	(0.041)
1286	(0.180)	(-0.400)		
1294	0.150	-0.184	0.362	
970	0.051	-0.046	0.276	
566	0.258	(0.008)	0.357	
825	0.099		0.406	
1180	0.192		0.477	
2.8	0.190		0.526	
市原百角	0.143	(0.023)	0.348	(-0.072)
965	0.056	(-0.024)	0.317	
414	0.193	(0.043)	0.507	(0.147)
永石温泉	0.163	(0.036)	0.352	(0.002)
1180	3.643	(3.438)	0.578	
1258	1.194	(0.914)	0.513	(0.013)
1077	0.572	(-0.088)	0.477	
1088	0.831	(0.231)	0.456	
佐藤子	0.348	(0.098)		
1的温泉	0.238	(0.088)		
濱口菅松	0.236	(0.156)		
1079	0.537	(-0.123)	0.649	
宮川亀雄	3.264		0.532	
1301	0.482	(0.201)	0.286	(-0.194)
1301	0.381	(-0.276)	0.362	(-0.058)
1043	4.542	(4.392)	0.552	(0.152)
垣迫杉太	0.486		0.495	
九州配電	0.129		0.511	
991ノ1	1.482	(1.352)	0.465	(0.085)

本誌の論文の内容は各著者が責任をもつ
ものである

昭和二十五年七月 一日印刷

昭和二十五年七月 五日發行

兼著者
編發

京都大學理學部

地球物理學協會

京都市東山區山科東野井上町二〇

印刷者

青田幸吉