

# 熊本縣日奈久温泉について

川 端 博

(京都学藝大学理学科教室)

(30年1月10日受理)

## § 1. 概 観

日奈久温泉については熊本縣衛生研究所による多くの分析資料、又熊本縣立科学教育研究所の研究<sup>(1)</sup>がある。筆者はこれらの資料及び筆者自身の蒐集及び調査した資料によつて若干の考察を試みたい。

昭和27年7月25日調査現在に於て日奈久温泉で活動している湧出口は34口ありその中12口は自噴泉である。多くはポンプ揚水によつている。自噴泉の中でもあるものは朝夕に於て自噴が停止する。之は明かに隣接温泉の影響である。温泉の堀さく深度は30~90米位の間で50米程度の深度のものを多数とする。(表1参照)

こゝに示した資料中昭和11~16年、同26年10月の各資料は熊本縣衛生研究所の調査資料<sup>(2)</sup>によるものである。大部分は海岸より100米以上離れているがこの地域は総て埋立地であるという。

表 1

番号	温泉名	深度(m)	泉温(°C)	湧出量 l/min	Cl' (gr/l)	HCO <sub>3</sub> ' (gr/l)	番号	温泉名	深度(m)	泉温(°C)	湧出量 l/min	Cl' (gr/l)	HCO <sub>3</sub> ' (gr/l)
1	日奈久屋	50	37.5	23.8	0.256	0.193	16ノ2	柳屋支店	61.5		9.35 自		
2	福住 旅館	56	41.1	29.9	0.160	0.212	17	松野屋別館	43	45.6	66.7	0.065	0.161
3	西 湯	56	45.5	68.4	0.265	0.219	18	柳 泉 莊	28	41	62.79	0.071	0.241
4	松 の 湯	52	48.2	58	0.296	0.225	19	松野屋本館	50	47.4	70.25	0.105	0.253
5	鏡 屋	56	46.5	30.6	0.496	0.167	20	新湯 旅館	50	48.6	40.8	0.158	
6	武 志 屋	61.5		30			21ノ1	墨田屋	41	47.5	16.2	0.225	0.233
7ノ1	泉屋本店	61.5	46.5	22	0.294	0.218	21ノ2	墨田屋	41		8.35 自	0.203	0.227
7ノ2	泉屋本店	61.5		4.6 自			22	熊 本 屋	37	46.5	5.74 自	0.167	0.233
8ノ1	泉屋支店	69	44.5	36.4	0.239	0.146	23ノ1	角 塩 屋	41	48.7	52	0.337	0.160
8ノ2	泉屋支店	61.5	34.8	28.4	0.976	0.227	23ノ2	角 塩 屋	41	47	13.02 自	0.206	0.146
9	長 州 屋	56	49.1	84.0	0.315	0.242	24ノ1	八 代 屋	46.5	45.5	19.92	0.241	0.210
10	金 波 楼	93	45.7	55.0	0.522	0.160	24ノ2	八 代 屋	46.5		3.01 自	0.220	0.152
11	山 海 莊		46	9.25	0.367	0.220	25	新 屋	56	46.5	27.7	0.215	0.213
12ノ1	御前湯	56	49	50.4	0.184	0.250	26	梅 屋	59.5	43	46.0	0.203	0.136
12ノ2	御前湯		47.5	62.3	0.041	0.257	27	ひ ら 屋	44.5	45	55.5 11.2 自	0.182	0.222
12ノ3	御前湯			77.85 32.4 自			28	大 塚 病院	56	38.5	5.45 自	0.051	0.225
13ノ1	御次湯	56	49	25.52	0.239	0.239	29	村 津 宅		36.8	7.8 自	0.088	0.239
13ノ2	御次湯		47.5	32.20	0.183	0.248	30ノ1	洗 濯 湯	46.5	35	5.20 自	0.058	0.223
13ノ3	御次湯			26.55			30ノ2	洗 濯 湯	46.5	35.5	9.51 自	0.079	0.235
14	大 正 館	46.5	47.4	78.8	0.348	0.204		谷 水				0.085	0.0615
15	島 屋	85.5	45.1	28.5	0.266	0.208		魚 市 場				12.77	0.255
16ノ1	柳屋支店	69	43	52.16	0.216	0.130							

自 : 自 噴 泉

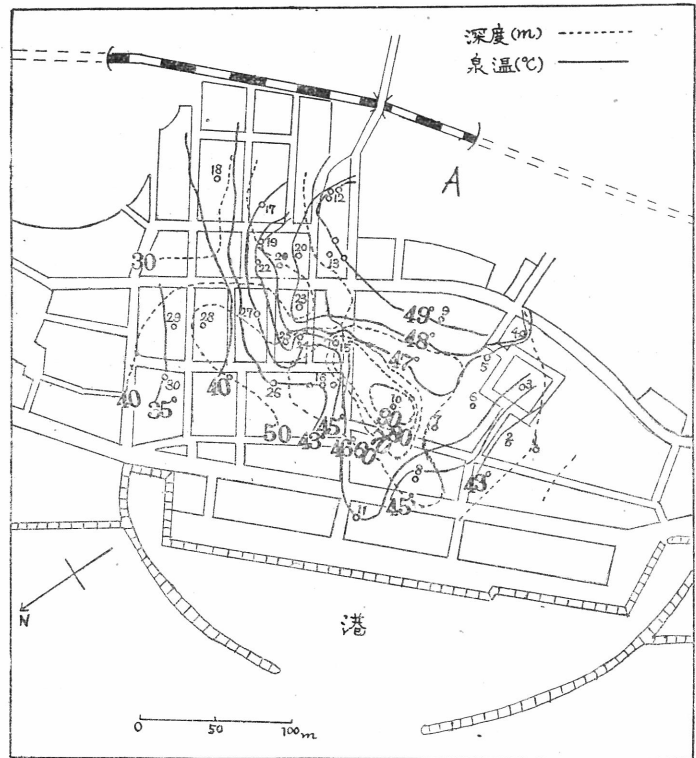
## § 2 泉 温

調査時には湧出温度は35°Cより49°Cまで45°C位のが最も多数である。(表1参照) 湧出温度を比較する場合に湧出量乃至揚水量を考慮しなければならない。それは高温泉水が低温地層を通過して上昇するときは、冷却されるからである。然し資料について見ると、一般に揚水量が多く別府温泉の場合などを参考にして考えると揚水量

20立/分 以上のものは冷却度は無視してもよいが No.2、No.7、No.11は地下泉温はもつと高く考えるべきであろう。No. 2、は不幸にして温度の測定がない。推定泉温は可なり高くなり推定に止つて比較し難い。又揚水の際はパイプ中の圧力降下により周辺又は下層の低温水を誘入する虞れがある。これらの懸念はあるが実際の湧出温度は比較的特異性を示さぬから、多小の誤差は免れ難いとしても、この温度を以つて地下泉温とみなしていくことにする。

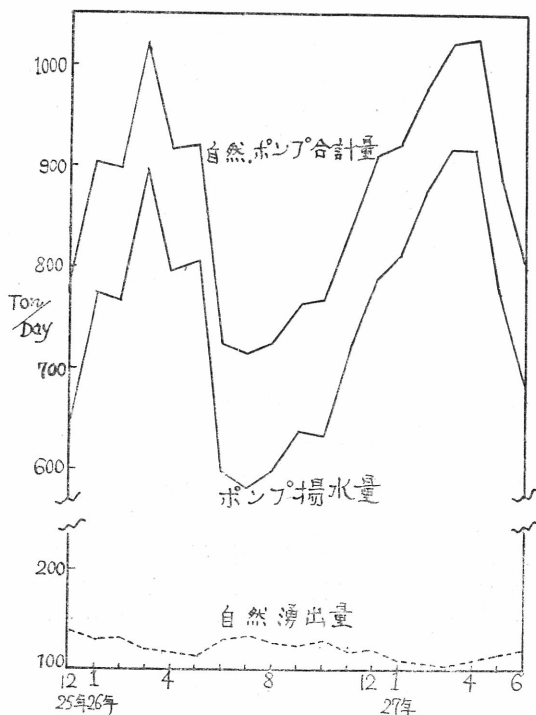
調査によると、A地点(図1参照)あたりを中心として等温線が引かれ外部にいくにつれて泉温が降下している。中心A附近には温泉はなく井戸水は通常より水温が高い。昭和11~16年、同26年10月及び今回の調査時の泉温の分布状態を比較するとその状況は本質的には変化していないが泉温は幾分上昇しているのではないかと見られる。その変化といつても大多数は1°C内外であり2°Cを越えるものは殆んどない。留点寒暖計による測定誤差もあるが全体としての上昇には意味があるろう。

図1 深度、温泉分布図



§ 3. 湧 出 量

グラフ 1



自噴温泉であれば問題は少ないが当温泉の如く殆んどがポンプ揚水ということになると測定した温泉の湧出量というものの意味が非常に複雑になつてくる。温泉の湧出量は他の多くの温泉地では雨量の効果を受けて夏季に多く冬季に少ないものであるが今の場合にはかゝる自然の状態を知る資料がなく、もしあつたとしても次に述べるポンプ揚水による人工的效果が著るしく現われるであろう。ポンプ揚水の場合、ポンプの使用時間が判り難いし、又判つたとしても季節によりポンプの使用能率が相当の変動を示すと(例えば温泉の水位、水温の季節的変動)思われるので一率に推算するのは難しい。然し電力の月間使用量とその実効率等を勘考すれば、その月の1日平均モーター使用時数を算出し、その数値に今回調査によるポンプそれぞれの揚水能力を掛けることにより月間の略1日平均湧出量が推定出来る。この場合ポンプの揚水量はモーターの性能、効率等に非常に関係するが、大体の年変化傾向を見るには差支えないと思われる。自然湧出泉にポンプ兼用の場合にはポンプの使用時以外は自然湧出があるものとし、純粋な自然湧出の場合は1日中その湧出量を維持しているものとみなした。

この場合には相当の誤差が含まれるが、ポンプの揚水量に対して自然湧出量は約10~20%程度と見られるので大勢の変化には影響の少ないものと思われる。

さて湧出量の計算は九州電力株式会社日奈久支店の好意により得た昭25年12月より同27年6月に至る電力使用量により月間の1日平均湧出量を出したのである。それを次表及びグラフ1に示す。極大揚水量は昭和26年3月, 同27年3, 4月で極小は昭和26年6, 7, 8月である。一般の傾向としては冬期より春期にかけて使用量が多く夏期は少ない。これは季節的に変動する浴客数に併行するものと見られるのではなからうか。

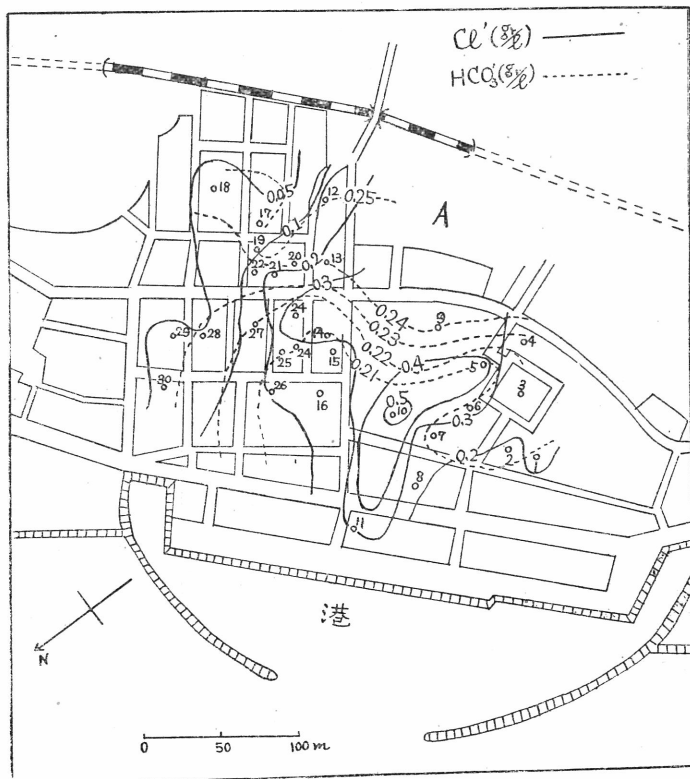
表 2 月間に於ける1日平均揚水量

年 月	25年												27年						平均	
	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月		6月
ポンプ揚水量	646	776	768	900	799	817	599	583	604	642	640	720	790	811	872	920	919	774	683	750
自然湧出量	137	129	131	122	116	115	128	132	126	123	128	119	121	110	107	103	110	116	118	121
合 計	783	905	899	1022	915	922	727	715	730	765	768	839	911	921	979	1023	1029	890	801	871

§ 4 塩 素 (Cl) 含 有 量

塩素含有量の分布図をつくつてみるに、塩素含有量は調査時(昭和27年7月25日~27日)に於ては、0.9gr/lより0.05gr/l程度の地域的変化が認められ、No.10を中心とする地域が塩素含有量が多く、次に述べるラドンや重炭酸イオンの分布に比して泉温の分布と甚だ類似している。又後述のラドン含有量の最高値近傍にも塩素含有量分布にやゝ特異性が見られる。(図2, 3参照) 次にこの濃度の時間的変化は如何なる状態であるかをみると昭和11~16年同26年10月の縣衛生研究所及び今回の分析の三回の結果を比較して見るに全般的に含有量が相当減じているように見受けられる。地域的にある特別の温泉が多量に塩素含有量を減じたというようなことはない。最も濃度の高い温泉に於て、0.7gr/lが0.6gr/lとなり低いものでは0.15gr/lが0.05gr/l程度になつている。塩素含有量の減少と泉温の上昇とは、温泉源が現在湧出している温泉水より塩素含有量が少ない事を推定せしめる。昭和26年10月と同27年7月の含有量について比較してみるに濃度の薄くなつたもの25口中28口、濃くなつたもの2口が数えられる。

図2 Cl, HCO<sub>3</sub>'分布



分析用硝酸銀標準液は京都大学化学分析教室にて標準化させてもらったものである。前後の標準液の誤差もないとはいへ、切れぬがその差を誤差に帰すると15%にも及ぶこととなりかなりの大きい誤差はあり得ぬと思われる。故にこの塩素分布の変化は確かであると思う。塩素含有量分布は別府温泉のようではなく、(3)海岸近くの温泉水がむしろ濃度が薄くなつていることである。このことによつて、日奈久温泉に於ける塩素源が海水の混入による塩素含有量の増大ということは考えられない。又潮汐と湧出量、泉温及び化学成分の相関の考察により一層明瞭になることと思われるが今回の調査資料ではその機構を充分推定することが出来なかつた。

以上のことを総合して塩素含有量、泉温の分布を併せ考えると No.2を通るものと No.7を通るものと二つの温泉

の通りが見られる。然し両系の化学成分は殆んど同じで、これらは二つの泉源と考える理由は殆んどないと考えられる。従つて例えばA付近よりの唯一の泉源から二筋に流動してきた如くである。しかもこの泉源A近くには温泉があつたという。

次に海岸の近くであるが塩素含有量が薄いことから海水の混入は認められない。この地域は自噴泉もあるから元來の温泉水圧は高いであろうが、ポンプによる揚水は地下温泉水圧をかなり低下させているから、海水と連絡があるならば長年月の間に塩素含有量の増加が認めらるべきである。事實は塩素含有量は前期より減少している。故に地下水の混入はあつても海水の混入はあり得ない。温泉水と海水は連絡がないのではなからうか。もしならば温泉に及ぼす潮汐の作用の機構も又別個に考ふべきであつて、將來の研究が期待される。

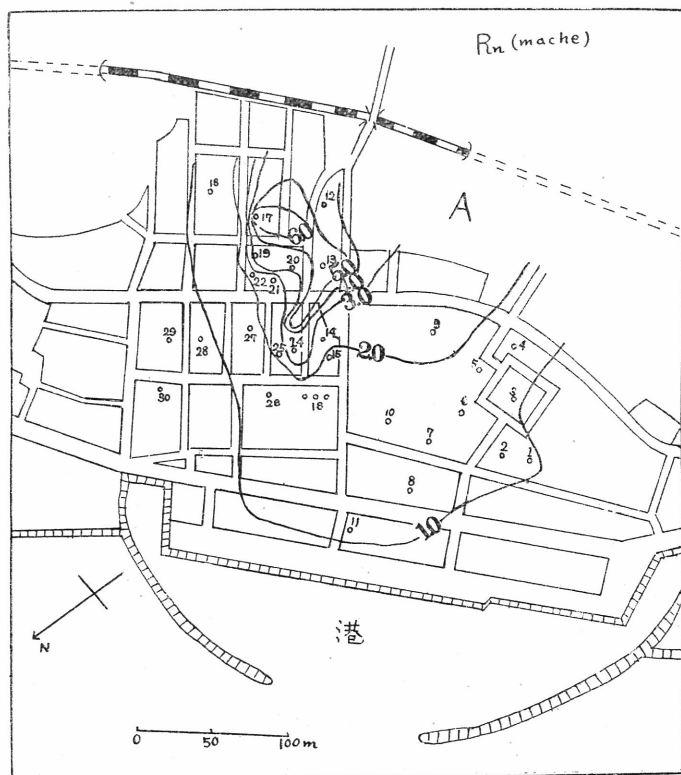
### § 5 重炭酸 ( $\text{HCO}_3$ ) 含有量

重炭酸含有量は本調査時の分布図2より見るに、 $0.13\text{gr/l} \sim 0.25\text{gr/l}$ 程度で少量であるが之は大氣源ではなく火山性源であろう。その分布状態は泉温、塩素イオンのそれらと著しく異つている。地域的には塩素含有量程には変化はない。之を時間的に見ると昭和26年以前は分析個所が少なく確然とはいえないがNo.10, No.6を中心とし $0.39\text{gr/l}$ 程度の濃度より海岸近くの $0.1\text{gr/l}$ に及んでいる。ところが同26年10月縣衛生研究所の分析によると、No.17, No.20を中心とする $0.27\text{gr/l}$ のものとNo.16を中心とする $0.26\text{gr/l}$ の二つの最高濃度の地点が現れている。同27年7月に於てはNo.12, No.19を中心として $0.25\text{gr/l}$ の最高濃度を示す。海岸に近づくにつれて薄くなつていくが、塩素量分布と重炭酸量分布とは必ずしも一致していない。時間的には一年間にかなり薄くなつていく様子である。昭和26年10月と同27年7月の濃度を比較してみるに24口中薄くなつていくもの23口、濃くなつていくもの1口という結果が出てくる。この分布図を塩素含有量の分布図と比較対照して見るに必ずしも一致していないまでも、大略同様の傾向を示しているように見えることは、塩素も重炭酸も同一の温泉源の温泉水中に含まれて居り、後に述べる如く之が上層地下水の混入により海岸及び周辺部にゆくにつれて稀釈されると見るのが妥当の様に思われる。

### § 6 ラドン (Rn) 含有量

昭和26年10月縣衛生研究所によつて測定されたRn含有量の資料を借用してその分布を見るに6macheを最高とし

図3 Rn 分布図



てNo.17及びNo.13の所在する地点が6~5macheの含有量を有し、この地域が日奈久温泉に對しては特別な個所のように思われる。日奈久温泉は一般温泉地と異なり花崗岩地区であり従つてRn含有量の多いのは奇異とするにあたらぬ。但し泉温、塩素含有量分布に比較して特異な状態を示し、重炭酸含有量に關してはこの地域の濃度が最大であるように見える。Rn量は泉温や塩素含有量とは關連が少なく、重炭酸量と關連が大きいと見られる。但しRnと重炭酸イオンの相関は殆んど見られぬが之はラドンが保存性がなく自ら崩壊する放射性物質であることに留意すれば了解出来る。かゝる事實の下に於ては次の如く地下温泉水について考える可能性がある。即ち日奈久温泉の泉源はある程度の塩素イオン、重炭酸イオンをもつ高温水でこれが湧出通路に於てRnを獲得する。Rnは如何なる状態かというところ、Rnと炭酸ガスの共存に於て温泉水に混入する。それは水溶液としてならば塩素イオンの分布を乱さない程度の少量で混入する。かゝるときはこの水溶液はRn量

濃度は可なり高いものである。湧出温泉水のは Rn の濃い方に塩素イオンは淡くなっている。この塩素イオンの変化が地下水の混合によるものならば地下水の混合後に Rn の混入は生じることになる。即ち可なり浅い処で Rn は供給されると見なければならぬ。(Rn の混入が炭酸ガスと共に気体でなされるときは、この時のガスの圧力は可なり強いものであつてかゝることがあり得るかどうかが少々疑はしい。)

このようにして Rn が供給された後如何にして現在の分布をなすか。もともと Rn 源が一つから生じたもので、現在の分布をなしているならば湧出迄の地下通過期間の差によつて Rn 原子崩壊程度に差異を生じたものと解釈出来る。Rn の崩壊常数より計算すると表 3 の如くになり図 3 により等 Rn 線に直角に流動したものとすると温泉伏流の流速が推定出来る。この結果は少く大き過ぎるものもある。

この考え方は  $Cl$  や  $HCO_3$  の含有量が流動によつて薄められてゆくという考えと矛盾するものであるが Rn 量変化によつて推定した流速が実際の大きさに近い点が興味があると思う。

表 3 Rn 量による流速

Rn量 (mache)	6	5	4	3	2	1
時間 (日)	1	1.2	1.6	2.2	3.8	
流速 (m/day)	6	15	16	10	26	

### § 7 穿掘深度と温泉要素との関係

泉温分布を温泉の穿掘深度と比較すると東部及び南部は浅く高温で、No.10 附近は深いために反つて高温保持が強くみえる。これは高温部が流下してきただけで冷却したものではない。下流の深いものが塩素イオン量が大いから浅く上昇するに従つて  $CO_2$  の多い第 2 水系で薄められていると考えれば理解し得る。塩素イオンは海塩源のみではない事は既に述べた。全般的には深いほど塩素イオンが多いということではない。

重碳酸イオンは既に述べた如く、泉温、塩素イオンと関係がないのは深さとの比較でも明らかになる。即ち浅いものほど重碳酸イオンの多い事を知る。これは § 5 で述べたが如く温泉固有のものと浅くて付方されるものと考えて説明し得るわけである。

Rn 量が東部の浅い地域に偏在することも既に述べた事と矛盾しない。

### § 8 自噴温泉の泉温、湧出量の時間変化

昭和 27 年 7 月 26 日～27 日の 2 日間 12 口の自噴温泉に於て湧出量、泉温を測定し、測定した時日の差異により二者が如何なる変化を示すかを見た。その結果は次の表の如くである。

表 4

日	時	7月 26日		27日		27日		27日				
		10時～12時	湧出量	泉温	7時40分～8時20分	湧出量	泉温	12時～13時	湧出量	泉温	17時～17時30分	湧出量
No. 23/2		13.02l/min	48.7°C	8.19	48	10.92	48.3	9.01	49			
No. 24/2		3.01	45.7	0		ポンプ中		0				
No. 16/2		9.35	43	0		ポンプ中		0				
No. 22		5.74	46.5	1.68	45.5	3.88	45.7	2.37	44.8			
No. 21/2		8.35	47.5	0		6.85	47	0				
No. 27		11.2	45	0		8.65	44.7	0				
No. 28		5.45	38.5	4.55	37.5	5.45	38.5	3.29	38			
No. 30/1		5.02	35	3.14	34.5	4.08	34.5	3.20	32			
No. 30/2		9.51	35.5	5.93	35	6.8	35.5	6.3	35			
No. 29		7.8	36.8	5.78	36.5	6.97	37.0	6.5	36.2			
No. 13/2		32.4	49	25.52	49	32.20	49.1	26.55	49			
No. 7/2		4.6	46	0		5.25	47	0				

7月26日は湧出量が大きく丁度休電日(午前8時～午後5時の間休電)で隣接温泉のポンプ揚水の影響を受けない湧出量のように見える。一、二の例外を除いて26日10時～12時に測定され湧出量及び泉温は共に27日中に測定されたものより値が大きい。26日の11～12時は満潮に当る。27日7時40分～8時20分の両者の値が少なくなつて見られるが干潮約2時間後となつて見られる。27日12時～13時は丁度満潮時に当り、前値に比して増大しているが26日の値には及ばない。27日17時～17時30分は丁度干潮時で、27日の7時40分～8時20分に測定した値よりは大体大き

い。以上の諸事項より考えるに日奈久温泉の全般にわたる自噴泉の泉温、湧出量の変化は潮汐の干満によるものがあるとしてもその上にポンプ揚水の影響が重っているものと考えられるのである。

先づポンプ揚水の影響のみに着目してみると、26日は休電日でポンプ揚水の影響は全然ないものとして湧出量、泉温が最大値を示していることは説明し得るし、27日の12時~13時の値はこの時間に於けるポンプ使用の少ない事を考えれば理解出来ぬでもない。他の二つの場合はポンプ揚水の最盛時であり湧出量、泉温共に小さい事は判る。ところが潮汐の干満と湧出量及び泉温の関係が0~2時間の間で重なっているの、この2日間の観測では何れか一つのみが影響を及ぼしているのか、それとも二者何れもが影響しているのか、それならばその量的な関係如何といふことを判然とさせることは出来ない。但し結果より見れば何れが影響するにせよポンプ揚水は相当大きな影響を及ぼしている事が判る。これは休電日に自噴泉の潮汐の影響を調査する事によつて判明さるべきで以上の事実のみにては決定する事は出来ない。

§ 9 潮汐と泉温、湧出量、塩素、重炭酸含有量との関係

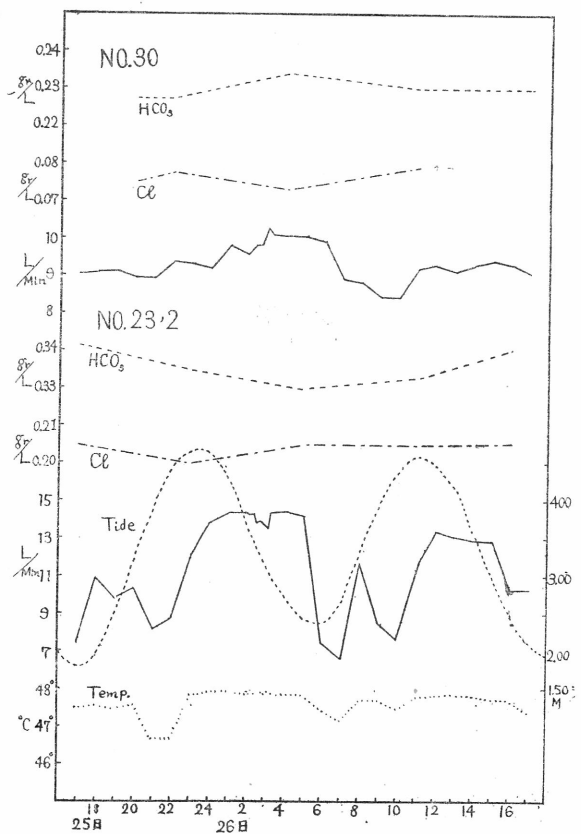
No.23とNo.30に於て昭和27年7月25日午後5時より26日午後5時迄24時間湧出量、泉温及び塩素、重炭酸含有量と潮汐との観測を行つた。

その結果をグラフ2に示す。湧出量と泉温は略正の相関々係を示してこの関係は管中の冷却<sup>(4)</sup>であることことが明かにされているから、湧出量と潮汐との関係を考察することにする。

今潮汐のみにより湧出量変化が起るものと考えれば25日の午後5時の干潮に対して約3時間半の遅れ、午後11時の満潮に対しては3~4時間の遅れ、26日の午前6時の干潮に対しては3時間の遅れ、午前11時の満潮に対しては2~3時間の遅れとなり、今仮りに潮汐に対して湧出量の位相を約3時間の遅れと見れば潮汐と相関々係を有するという事が出来る。この点に関してより確実な考察を進めるために熊本県立科学教育研究所の「科学研究第一報日奈久温泉の科学」<sup>(5)</sup>よりその調査結果を借用すると昭和23年2月2日~5日の間に観測された3個所の潮汐と湧出量の関係を表に示すと次の様である。

これらによると某時の潮汐が湧出量の当如何なる時刻に相当するやその判断に苦しむ箇所があり且時刻を対応さすことを強いて行えば表5の如くになり、或時は進み、他の時は遅れ、中には不可能の場合も多くある。以上の事を別府温泉、その他に於て調査された研究結果と比較するに、別府等<sup>(6)</sup>に於ては位相差なきか、又は進んで半時間、遅れて最大限1時間半程度であり、位相の進み、遅れを考えれば二者

図2 グラフ



干満の時刻	3日				4日				5日	
	3時(満)	8時(干)	14時(満)	22時(干)	5時(満)	10時(干)	15時(満)	23時(干)	6時(満)	12時(干)
No. 23/2	0	-2	0	+3	+3	+1	+2	-5	+3	+2
No. 21/2	0	?	0	?	0	+1	+1	-5	+3	+2
No. 24/2	0	0	0	?	0	0	?	-5	+3	?

(±は潮汐に対する進み、遅れを示す。)

の相関々係は整然として成立し、且その一次関係がかなり明瞭に出る。これは伊東温泉、<sup>(7)</sup>浅虫温泉<sup>(8)</sup>に於ても同様で、潮汐と併行して湧出量の変化が規則正しい事を示し、これら温泉伏流は被圧地下水の型になつて居り、水圧

(湧出量)は潮位と左程位相のずれを見ないのが通例である事から今の場合を考えると温泉湧出量に変化を興える他の要因としてポンプ揚水が相当大きく影響するのではないかと考える。

今ポンプ使用の最盛時を調査より朝5時~10時、夜は4時~10時と考えると潮汐よりの推論では説明のつかないことが明らかに説明されるようになってくる。一例をとれば前例の4日の午後3時の満潮時より減少し始める湧出量はポンプ揚水の時間にかゝるからであり、又その直後の干潮時午後11時よりの湧出量の増大はポンプの使用中止によるものと考えられる。上記の如くに考えれば何れの場合も略、説明がつく様に思われる。No.23に於ける昭和27年7月26日の午前8時の特異な湧出量の増大は午前8時よりの休電日の影響であり、No.30に影響のないのは各々のポンプ揚水が必ずしも一致せず距離的にもその効果の消滅に関係ある事と思われる。又その他No.23の昭和23年2月3日の9時半、4日の12時頃、5日の12時頃の湧出量の増大もこれと似た変化を示している。No.21 No.24に於ても以上の事によりその特異な湧出量の増大は説明し得る。又2月2日~3日の満潮時に於ける湧出量の状態及び各類似の現象が見られるが、これは揚水の停止により急速な湧出量の回復によるものと思われるが、揚水停止中に於ける干潮時の湧出量と比較すれば略々同一程度の湧出量を示していることは注意してよい。又自噴温泉の泉温、湧出量変化の§8の項の変化量を見るに略々同一の変化量であること等により考えれば、ポンプ揚水の影響が非常に大きく潮汐の影響はごくその一部といつてもよいように思われる。

No.30の湧出量の変化は角塩屋の如き不規則な変化でなく潮位に対して4~5時間程度の遅れがある如く見えるが極大を合せると7月25日15時頃に湧出量の極大を示すべきであるか事実はその傾向がない。この場合も全温泉のポンプ揚水が現われると解すべきではないかと思われる。

次にNo.23に於て、恐らく他の温泉のポンプ揚水が全部中止していると思われる時刻の26日午前2時より3時にわたり自然湧出口より約7米離れた地点に於てポンプ揚水を行い自噴泉の湧出量及び泉温の変化をみた。ポンプ揚水の直後その影響は現れ、14.3l/minより揚水中止前13.6l/min迄湧出量は減少した。泉温の変化は殆んど見られない。揚水中止後湧出量はもとの14.3l/minに直ちに復した。かくの如く小さいが明らかに揚水の影響が認められる。No.30の方は湧出量が9.6l/minより10.6l/minに増大しているが距離の上から見てNo.23のポンプ揚水による効果とは思われない。

塩素及び重炭酸の含有量は採水の間隔が長かつたものか、潮汐、湧出量とは関係がなくNo.23では夜間減少し晝間午後にかけて増大するように思われる。No.30に於ては塩素含有量は同様であるが、重炭酸含有量は逆になっている。

以上を総合すれば日奈久温泉は塩分々布から見ても、温泉水と海水は直接関係がなく、たゞポンプ揚水の過多により影響を受ける程度なのではあるまいか。現在のところ海水の侵入は以上の諸考より考えられない。

上の記述に於て湧出量の変化に対する気圧の影響は比較的小さいものであるから多くの他の因子に紛れて明らかでない。降雨の影響は現調査前に降雨は引続きなかつたので考慮されていない。日奈久温泉に於ては自噴泉の湧出量は勿論ポンプ揚水温泉に於ても相互に揚水の影響を受けているものと思われる。

#### § 10 化学成分より考えたる温泉水系<sup>(9)</sup>

日奈久温泉に於ては温泉湧出の地域も狭く泉温、化学成分変化の範囲も小く何れの値も略々中央部A附近を中心として周辺部に行くにつれて値が小さくなつている。又各分布曲線を見ることによつても温泉水系の泉源が一つであり略々放射状に出て居り上層地下水の混入による化学成分の稀釈が考えられる。

昭和26年10月縣衛生研究所と同27年7月の筆者の調査の塩素及び重炭酸含有量の分析を比較して見ると相当薄くなつている様に思われる。この結果を地下水の混入による稀釈と考えて見る。混入する地下水の化学成分を日奈久町民が日常使用する谷水に等しいものと化学成分の含有を殆んど無視し得る水とする。上層地下水の塩素、重炭酸含有量を夫々c, h, 昭和26年10月、同27年7月の塩素、重炭酸含有量を夫々C, H, C', H'として地下水の混入率をμとすれば、

$$C+c\mu = (1+\mu) C' \dots\dots (1)$$

$$H+h\mu = (1+\mu) H' \dots\dots (2)$$

(1)式よりC, c, C'の値は測定によつて判つているから、各値を代入する事によりμを算出し、地下水がこの混合比率で温泉水中に混入されていればh, Hとμとの値を(2)式に代入することにより得られたH'と実測値は一致すべきである。計算の結果谷水の場合によく一致する一群と化学成分を含まぬとした地下水の場合とよく一致する一群がある。



故に上層地下水の水系は温泉湧出地域上に於て二つの水系がある様に思われ両側から来て東辺部及び中央を横切つて地下水が侵入し、温泉を二つの群に分けている様に見える。

### § 11 結 論

以上の論述を要約すると次の如くである。

- (1) 日奈久温泉の推定一日平均揚水量は自然湧出量を含み約 900ton/day (一日約五千石) で後者は全体の約14%にあたる。泉温は平均 45°Cである。
- (2) 温泉源には塩分及び炭酸を含む。Rnは浅い別の供給源より炭酸と共に来る。温泉源は一つとみるのが妥当である。
- (3) 別に上層の冷地下水の混入がある。
- (4) 温泉の湧出量の変化は潮汐の影響は比較的少なく、海底に於て温泉脈と海水の連絡は少なく塩分の増加も生じていない。
- (5) ポンプ揚水が全域にわたり相互に影響し合っているから将来揚水量を増加すると常地下水の混入が増し泉温の低下を来す虞れがある。

この調査、研究は文部省科学研究費により、又日奈久町役場の御援助、京都大学別府火山温泉研究所員山下幸三郎、京都大学地球物理教室大学院学生吉川恭三、湯原浩三の諸氏の協力を得たもので厚く感謝の意を表する次第である。

猶終始御懇切な指導を戴いた京都大学地球物理学教室の瀬野錦藏博士に深盡の謝意を述べる次第である。

### 参 考 文 献

- (1) (2) (5) : 熊本縣衛生研究所温泉分析表 熊本縣立科学教育研究所第一報 日奈久温泉の科学
- (3) : 輕部, 吉川 地球物理第3巻第2~4号, 其他
- (4) : 瀬野, 西田 地球物理第2巻第1号
- (6) : 野満, 瀬野, 中目 全 上
- (7) : 福富 地震12巻
- (8) : 前田 地震3巻
- (9) : 吉川 地球物理第9巻1号

### On the Hinagu Thermal Springs (Kumamoto Pref.)

HIROSHI KAWABATA

The total discharge rate in the Hinagu Thermal Springs is 900 ton/day, and the average temperature is about 45°C.

The spring water contains Cl<sup>-</sup> and HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Rn is supplied with CO<sub>2</sub> from underground shallow sources. It may be concluded that the spring-water is composed of one thermal water and the cold ground water mixing in the upper layers.

The variation of discharge rate is not so seriously effected by the tide as by the pumping draft.

The amount of salinity in the spring water is not increased from 1941 to 1952, rather decreased. Therefore, the vein of spring is hardly connected with the sea.