

# 別府温泉二湧出口の降雨短期効果\*

理 學 士 瀨 野 錦 藏  
理 學 士 山 下 馨

## 1. 緒 言

別府温泉の湧出量や泉温に對する潮汐及氣壓の影響に就いては既に本誌前號<sup>(1)</sup>に於て多數湧出口の觀測に基き研究を遂げ、又長期の季節的變化と其の諸原因<sup>(2)</sup>に就いては週一回觀測の十ヶ年連續記録によつて研究されたが、前者の毎時觀測は潮汐影響を主目的としたため時日が短かく、後者の週一回觀測はその間隔長きに過ぎ、爲に一週間に内の變化狀況を知るに適しない。依つて降雨の短期効果を見るために茲にその中間的觀測として二湧出口に

つき一日一回定期觀測を一年三ヶ月に亘りて試み、その結果に就いて考察し報告する。觀測を行つた二湧出口の性状を温泉臺帳より抄録したものが第1表である。何れも海岸より遠く、潮汐の影響を出來得る限り避け、降雨の影響の大きいところを採用したのである。

第 1 表	松山與兵衛氏	松本勝太郎氏
	温 泉 No. 689	温 泉 No. 686 / 1
深 さ	27.3m	138m
口 徑	竹 4.3cm	竹 3.9cm
海岸よりの距離	720m	750m
湧出口口位	海拔 11.5m	12.1m
最近浚深	大 8.5	昭 3.5

## 2. 潮汐及氣壓の影響度

海岸より遠くとも多少は潮汐及氣壓の影響もあるには違ひないから、先づその程度を知る爲に12時間毎時觀測を四回行ひ、之を第2表及び第1圖の點にて示し、第3表に同期間の潮汐記録を添へる。之より求めたる潮汐係數  $h, c$ ; 氣壓係數  $\rho, \epsilon$  としては

$$h = \frac{\partial q}{\partial H}, \quad c = \frac{1}{a} h; \quad \rho = -\frac{\partial q}{\partial P}, \quad \epsilon = \frac{1}{a} \rho. \quad (1)$$

\* 本論文は著者の一人瀨野が昭和十年東京にて數學物理學會席上「洪水的湧出量の變化」と題して述べたものを新觀測によつて書きかへたものである。

(1) 野滿, 瀨野, 中目: 別府温泉と潮汐及氣壓効果; 本誌第2巻第1號1頁。

(2) 野滿, 池田, 瀨野: 別府温泉湧養源としての雨量; 本誌本號 97頁。

別府温泉二湧出口の降雨短期效果

第2表 二温泉毎時観測結果

松山與兵衛氏所有温泉 (No. 689)

時分	泉温	湧出量	時分	泉温	湧出量	時分	泉温	湧出量	時分	泉温	湧出量
1935 XII 13			1935 XII 27			1936 I 16			1936 I 23		
<small>h m</small>	<small>°C</small>	<small>L/M</small>	<small>h m</small>	<small>°C</small>	<small>L/M</small>	<small>h m</small>	<small>°C</small>	<small>L/M</small>	<small>h m</small>	<small>°C</small>	<small>L/M</small>
9.08	41.4	13.41	9.15	41.3	11.42	8.53	41.4	10.86	8.55	41.1	10.85
10.05	41.3	11.47	10.05	41.3	11.58	9.57	41.4	10.65	9.54	41.2	10.62
11.05	41.3	11.65	11.06	41.4	11.60	11.01	41.3	11.20	10.55	41.3	10.50
12.04	41.4	11.77	12.03	41.4	11.70	11.54	41.3	11.18	11.55	41.3	10.92
13.01	41.3	11.71	13.18	41.4	11.61	12.57	41.3	11.17	13.02	41.3	11.03
14.07	41.5	11.41	14.05	41.3	11.74	13.58	41.4	11.19	13.55	41.3	10.73
15.07	41.5	11.36	15.12	41.3	11.41	14.58	41.3	11.12	14.56	41.3	10.88
16.07	41.4	11.50	16.13	41.3	11.52	15.56	41.1	10.82	15.55	41.3	10.93
17.08	41.5	11.45	17.05	41.4	11.52	16.54	41.1	10.81	16.55	41.3	10.96
18.08	41.3	10.58	18.20	41.7	11.38	17.55	41.3	11.04	17.54	41.3	10.74
19.06	41.3	11.61	19.20	41.3	11.67	18.57	41.3	10.90	18.53	41.3	11.09
20.05	41.3	11.57	20.16	41.3	11.65	19.58	41.3	10.81	20.00	41.3	10.80
21.04	41.3	11.19	21.08	41.3	11.88	20.54	41.3	10.91	20.57	41.3	10.48

松本勝太郎氏別荘温泉 (No. 686/1)

時分	泉温	湧出量	時分	泉温	湧出量	時分	泉温	湧出量	時分	泉温	湧出量
1935 XII 13			1935 XII 27			1936 I 16			1936 I 23		
<small>h m</small>	<small>°C</small>	<small>L/M</small>	<small>h m</small>	<small>°C</small>	<small>L/M</small>	<small>h m</small>	<small>°C</small>	<small>L/M</small>	<small>h m</small>	<small>°C</small>	<small>L/M</small>
8.56	54.6	8.33	9.06	54.3	7.54	9.01	54.3	6.02	9.06	54.1	5.73
9.56	54.6	7.33	9.55	54.5	7.83	10.05	54.5	6.03	10.02	54.3	5.82
10.57	54.7	7.60	10.57	54.6	7.34	11.08	54.5	6.79	11.03	54.3	5.79
11.55	54.6	7.65	11.55	54.6	7.90	12.02	54.5	6.11	12.02	54.3	5.67
12.54	54.7	7.59	13.00	54.6	7.98	13.05	54.5	6.58	13.02	54.3	6.02
13.55	54.7	7.45	13.56	54.5	7.51	14.04	54.4	6.63	14.04	54.3	6.04
14.56	54.7	7.01	15.00	54.7	7.14	15.07	54.5	6.21	15.04	54.4	6.16
15.55	54.8	7.56	15.57	54.7	7.32	16.05	54.5	6.26	16.04	54.4	6.25
16.52	54.7	7.68	16.55	54.7	7.68	17.02	54.5	6.27	17.05	54.3	5.97
17.53	54.8	7.34	18.00	54.7	6.56	18.05	54.4	6.09	18.03	54.3	6.02
18.57	54.7	8.04	19.09	54.7	7.10	19.05	54.5	5.94	19.01	54.3	5.80
19.55	54.5	8.39	20.05	54.5	8.20	20.07	54.5	6.16	20.07	54.3	5.77
20.54	54.5	7.73	20.58	54.5	8.59	21.02	54.3	6.11	21.04	54.3	5.72

別府温泉二湧出口の降雨短期効果

第3表 同期間の潮汐記録

時	潮位	時	潮位	時	潮位	時	潮位
1925 XII 13		1925 XII 27		1926 I 16		1926 I 23	
h	cm	h	cm	h	cm	h	cm
9	262	9	312	9	206	9	290
10	292	10	314	10	232	10	290
11	292	11	312	11	236	11	252
12	288	12	288	12	274	12	216
13	278	13	250	13	274	13	186
14	226	14	214	14	262	14	178
15	200	15	196	15	240	15	184
16	188	16	200	16	210	16	200
17	192	17	208	17	184	17	226
18	202	18	240	18	162	18	248
19	232	19	264	19	160	19	263
20	250	20	292	20	158	20	270
21	276	21	296	21	172	21	232

第4表 気圧及潮汐係数

月日	温泉 No. 689				温泉 No. 686/1			
	気圧係数		潮汐係数		気圧係数		潮汐係数	
	$p$	$c$	$h$	$\lambda$	$p$	$c$	$h$	$\lambda$
(A) 1925 Dec. 13th	Hg/mm付 0.06	min <sup>-1</sup> 3.1	0.005	min <sup>-1</sup> 0.34	Hg/mm付 0.50	min <sup>-1</sup> 30.7	0.05	min <sup>-1</sup> 4.2
(B) Dec. 27th	0.10	5.1	0.003	0.21	0.10	6.2	0.008	0.67
(C) 1926 Jan. 16th	0.10	5.1	0.004	0.28	0.15	9.2	0.006	0.50
(D) Jan. 23rd	0.30	15.3	0.001	0.07	0.65	40.0	0.005	0.42

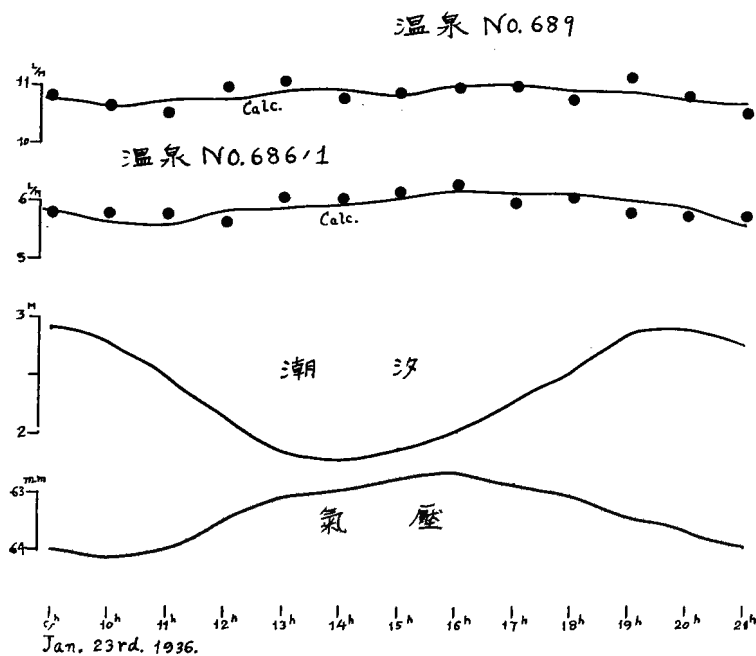
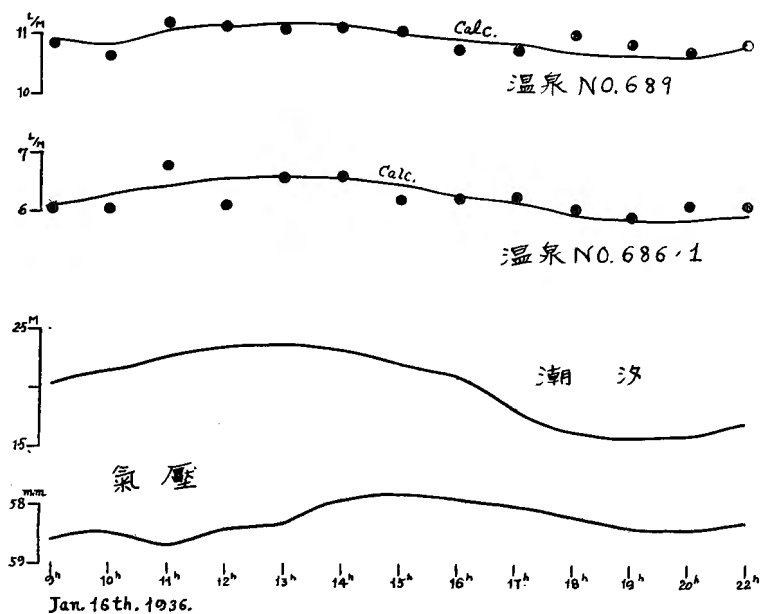
とする。但し $q$ は湧出量、 $P$ は気圧、 $H$ は潮位、 $a$ は湧出口切断面積である。四回の観測より求めた各係数を第4表に掲げる。これ等の値より $q_0$ を平均値として

$$q = q_0 + h\Delta H - p\Delta P \quad (2)$$

にて湧出量を算出して第1圖中實線にて示す。 $p$ 、 $h$ の値は同一湧出口に於ても可なり違つた値を得てゐる。且、(2)式による曲線と観測値とは大體の形勢は似てゐるが可なり飛び離れたのものもある。計算によつて極大となるべきところが観測値は極小となるべきところ

別府温泉二湧出口の降雨短期効果

第1圖 二湧出口の毎時観測 (其一)

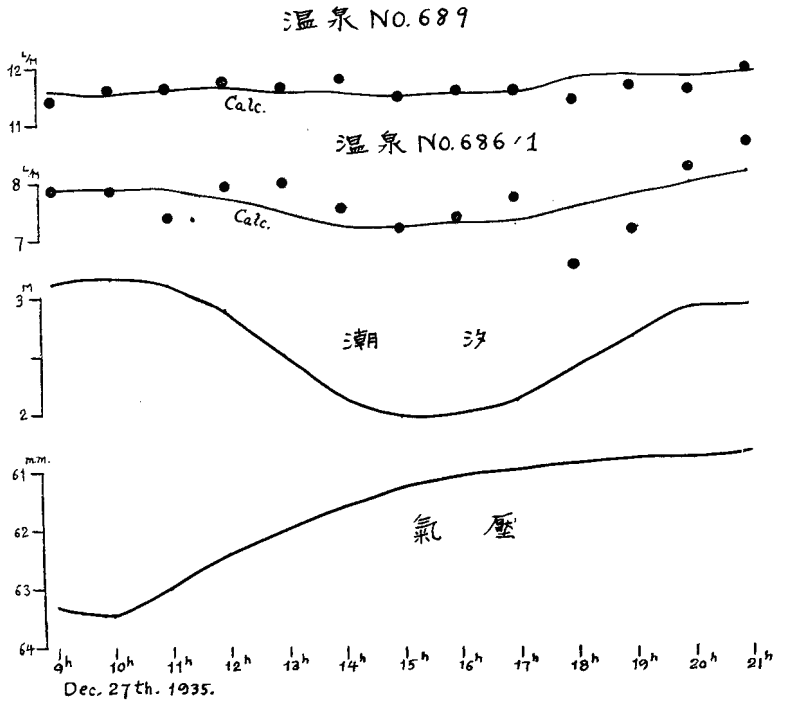
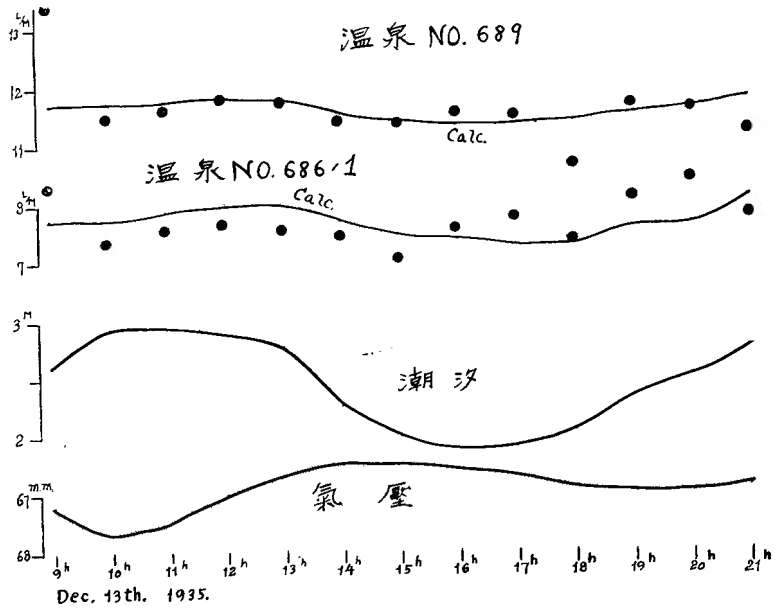


の観測値より小さいところもある。是等は潮汐及び氣壓の影響や地層状況變動や観測の精密度の誤差が加はつて其等の分離が困難な爲であらう。第2圖に示す一日一回定時観測(全期に涉つて同時刻ではあり得なかつたが)に就いて降雨影響の少いと思われる昭和9年11月より同10年3月頃までに於て見るも定時観測による潮汐影響の明かでない事も上述の観測と對應する。かかる状態であるから今暫く潮汐及び氣壓の影響を考へずに湧

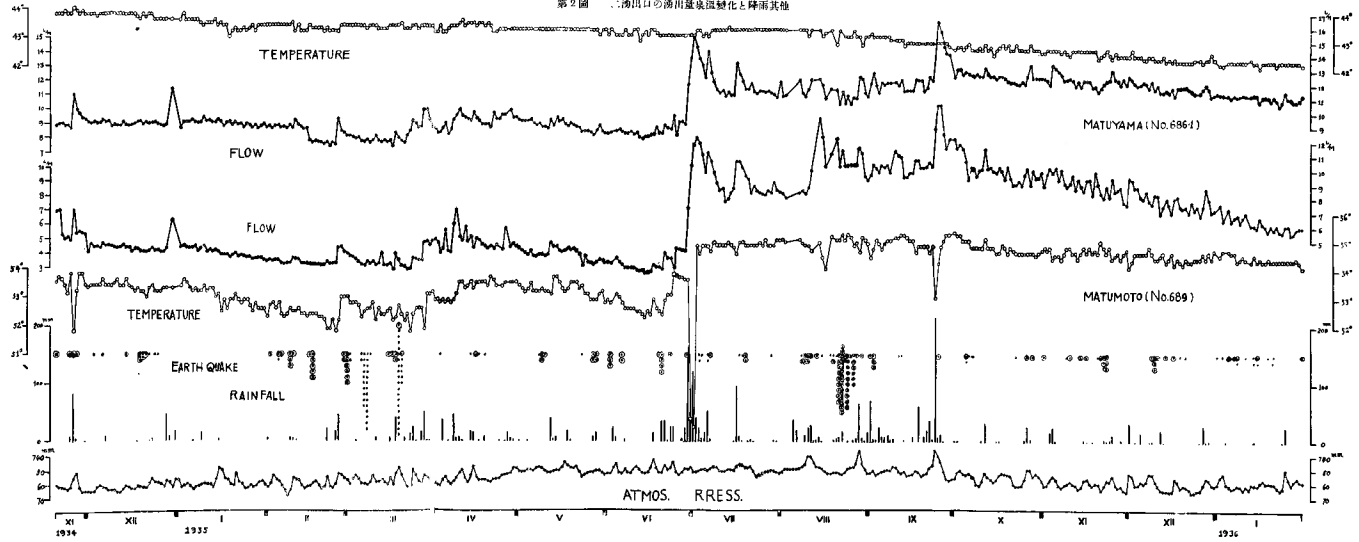
別府温泉二湧出口の降雨短期効果

第1圖 二湧出口の毎時観測 (其二)

出量及び泉温の  
變化を考察して  
大過あるまい。  
従つてこの程度  
の誤差は認容し  
なければならぬ  
事は勿論であ  
る。



第2圖 三浦山口の湧出量と温度変化と降雨其他

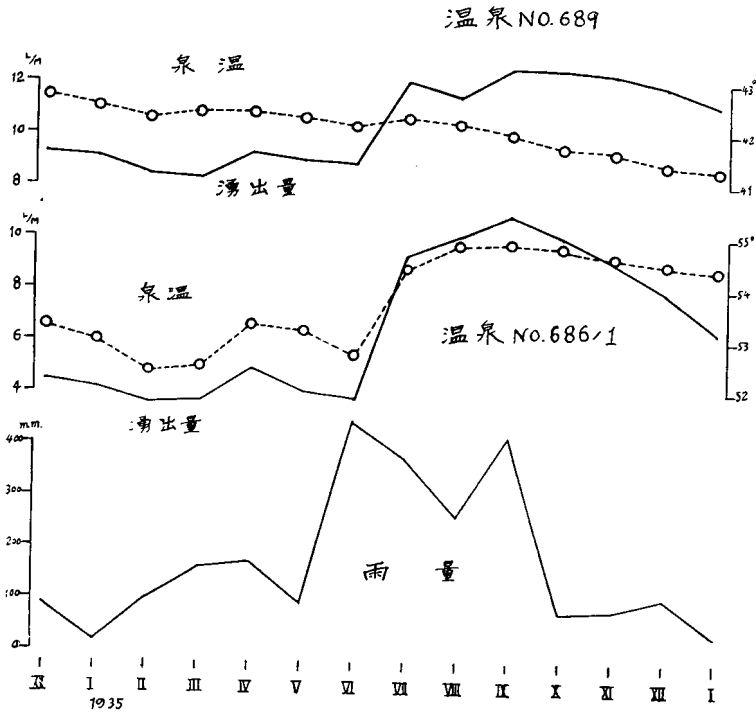


### 3. 湧出量変化

一年三ヶ月に渉る一日一回観測による温泉686ノ1, 温泉689二湧出口の記録を第5表に掲げ之をグラフにして第2,3圖とする。

第2圖に於て最も著しい変化は降雨による湧出量の増加である。即ち降雨によつて直ち

第3圖 二湧出口の湧出量泉温變化と降雨 (月平均)



に次の日には湧出量が急増し、それより漸次減衰する事である。これは一見気壓降下による急増と考へられもするが、昭和10年6月末より7月にかけての湧出量増加はその時気壓に少しも變化を伴はなかつた事と對照すれば全く降雨による増加と見てよい。他の場合には氣壓降下の伴つたものもあるが、湧出量増加と降雨量との關係が次に述ぶる如く上の場合と同じであるからこの湧出量増加は主として降雨によるものと見るのが適當であらう。第6表は降雨毎の湧出量及温泉變化量を抜き出したものである。

別府温泉二湧出口の降雨短期効果

第5表 二温泉毎日一回連続観測結果

No. 689 松山興兵衛氏所有温泉 (1)

日	(1984) 11月			12月			(1985) 1月			2月			3月		
	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量
1				12.54	42.3	9.06		缺	缺	12.35	42.4	8.70	12.28	42.4	8.16
2				14.16	42.3	9.02	12.44	42.6	8.74	12.38	42.4	8.77	12.15	42.4	8.16
3				14.21	42.3	9.06	12.48	42.3	9.16	11.17	42.4	8.74	11.23	42.4	8.10
4				14.26	42.7	9.01	12.29	42.6	9.12	9.48	42.4	8.52	11.19	42.4	7.96
5				12.53	42.3	9.03	12.54	42.6	9.11	10.57	42.4	8.57	11.26	42.4	7.95
6				14.00	42.3	9.25	12.32	42.3	9.28	12.39	42.4	8.77	12.35	42.4	7.79
7				12.52	42.3	9.11	12.17	42.6	9.10	12.53	42.4	8.90	12.36	42.4	7.78
8				14.04	42.3	9.17	12.16	42.3	9.11	12.26	42.4	8.72	11.17	42.3	7.58
9				14.02	42.3	8.31	12.23	42.5	9.10	14.18	42.4	8.56	12.37	42.4	7.72
10				14.02	42.3	9.13	12.15	42.4	9.48	11.26	42.5	8.71	11.08	42.4	7.38
11				14.03	42.3	8.89	14.21	42.5	9.23	14.15	42.2	9.27	14.32	42.4	8.17
12				14.32	42.3	9.02	12.12	42.3	9.23	14.04	42.4	8.96	12.33	42.3	7.32
13				12.58	42.3	9.21	12.16	42.3	9.13	11.14	42.2	8.78	12.41	42.3	7.72
14				12.47	42.3	8.92	14.10	42.6	9.08	16.57	42.2	8.62	14.39	42.3	7.82
15				11.46	42.3	8.36	14.08	42.4	9.30	10.52	42.2	8.66	14.35	42.3	7.75
16				10.01	42.3	8.94	12.42	42.5	9.19	11.56	42.4	7.95	14.27	42.4	7.85
17				14.20	42.8	8.99	14.55	42.4	8.76	11.14	42.3	7.72	11.32	42.4	7.48
18				14.04	42.7	9.12	11.06	42.4	9.06	11.17	42.3	7.90	16.07	42.4	8.25
19				14.42	42.6	9.12	10.52	42.0	9.10	11.15	42.3	7.72	14.32	42.4	8.04
20	14.36	42.3	8.38	12.56	42.8	8.91	10.08	42.4	8.94	9.31	42.3	7.72	12.34	42.5	7.38
21	13.55	42.3	8.94	12.54	42.7	9.11	10.32	42.3	9.06	10.09	42.2	7.61	14.40	42.3	7.78
22	12.37	42.3	9.04	14.47	42.3	9.01	10.48	42.4	8.99	14.12	42.3	7.77	12.35	42.3	8.27
23	14.14	42.9	8.73	10.53	42.3	9.12	10.27	42.4	8.96	8.56	42.2	7.53	15.00	42.3	8.52
24	13.22	42.3	8.36	12.50	42.6	9.11	10.33	42.5	8.75	10.57	42.2	7.72	16.02	42.4	9.20
25	14.06	42.3	8.62	11.41	42.6	9.00	11.20	42.4	9.06	9.30	42.2	7.60	15.22	42.4	9.03
26	14.10	42.0	10.96	14.24	42.6	8.90	10.44	42.5	8.79	11.57	42.2	9.33	12.49	42.3	8.76
27	12.28	42.9	9.38	12.53	42.6	8.79	11.18	42.6	8.67	14.48	42.4	8.48	14.43	42.4	8.35
28	12.55	42.3	9.66	12.32	42.6	8.90	11.29	42.2	8.90	11.08	42.4	8.33	15.12	42.4	9.99
29	12.39	42.9	9.36	缺	缺	11.14	42.4	8.68					11.23	42.4	9.99
30	12.56	42.3	9.29	12.32	42.6	12.41	11.04	42.4	8.32				9.44	42.4	9.36
31				缺	缺	12.43	42.4	8.90					11.04	42.4	8.33
平均		42.85	9.293		42.73	9.254		42.51	9.062		42.31	8.400		42.37	8.284



別府温泉二湧出口の降雨短期效果

松山與兵衛氏所有温泉 (2)

日	(1935) 4月			5月			6月			7月			8月		
	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量
	h. m.	°C	L/M	h. m.	°C	L/M	h. m.	°C	L/M	h. m.	°C	L/M	h. m.	°C	L/M
1	16.13	42.2	8.72	16.58	42.3	9.32	7.29	42.1	8.89	7.52	42.1	15.13	7.35	42.2	10.98
2	16.13	42.2	8.43	16.58	42.3	9.22	9.05	42.3	8.42	8.97	42.3	14.35	7.55	42.3	11.08
3	15.51	42.4	8.42	16.19	42.3	9.22		缺	缺	7.41	42.3	13.62		缺	缺
4	11.34	42.2	8.78	14.23	42.3	9.16	8.23	42.1	8.55	7.15	42.1	12.14		缺	缺
5	10.27	42.2	9.08	10.22	42.3	9.33	8.20	42.1	8.58	7.36	42.2	12.27		缺	缺
6	15.45	42.3	8.34	16.57	42.3	9.12	7.36	42.1	8.49	8.98	42.1	14.10		缺	缺
7	16.04	42.4	8.64	16.59	42.3	8.89	7.42	42.3	8.35	8.22	42.3	12.62	7.45	42.3	12.08
8	16.11	42.4	9.32	16.55	42.3	9.05	7.27	42.1	8.10	7.92	42.3	12.07	7.20	42.3	11.22
9	11.06	42.4	9.62	17.00	42.3	8.78	7.32	42.1	8.50	7.35	42.3	11.48	8.31	42.3	10.98
10	16.59	42.5	10.01	17.01	42.3	8.80	7.25	42.3	8.35	7.38	42.3	11.18	8.38	42.1	11.49
11	16.32	42.6	9.59	15.11	42.3	8.72	8.04	42.3	8.40	7.01	42.3	11.27	8.11	42.3	12.09
12	16.08	42.4	9.14	13.58	42.3	9.32	7.25	41.9	8.12	7.97	42.3	10.97		缺	缺
13	14.35	42.5	9.50	16.59	42.3	8.97	7.07	42.1	8.02	7.57	42.4	11.20		缺	缺
14	14.57	42.5	9.32	17.04	42.3	9.58	7.37	42.2	8.22	8.07	42.3	11.09	10.18	42.3	12.20
15	16.56	42.5	9.78	10.24	42.3	9.10	8.22	42.1	8.18	7.09	42.3	11.00	11.33	42.1	11.73
16	15.32	42.4	9.40	10.02	42.3	9.20	8.36	42.3	8.30	7.42	42.3	12.58	11.20	42.2	10.82
17	16.12	42.5	9.22	9.57	42.3	9.00	7.26	42.3	8.27	7.10	42.3	12.45		缺	缺
18	9.43	42.5	8.99	16.55	42.3	8.37	8.21	42.2	8.70	7.25	42.3	12.05	10.18	42.3	11.51
19	10.03	42.4	8.99	10.28	42.3	9.11	8.54	42.1	8.44	7.17	42.3	11.50		缺	缺
20	13.26	42.5	9.00	7.52	42.3	8.98	7.35	42.1	8.44	7.24	42.3	11.52	8.23	41.8	11.49
21	10.03	42.4	8.35	7.40	42.3	8.90	7.57	42.1	8.90	7.19	42.3	11.81	7.14	42.3	10.41
22	10.06	42.2	9.74	8.27	42.3	8.72	7.28	42.1	8.80	7.24	42.3	11.23	12.15	41.9	11.29
23	10.59	42.2	9.39	7.55	42.3	8.54	9.18	42.1	8.71	7.05	42.3	11.15	10.58	42.1	10.49
24	17.40	42.3	9.36	6.47	42.3	8.48	7.53	42.1	9.65	7.36	42.3	11.21	17.19	42.1	11.02
25	16.21	42.3	9.64	14.34	42.3	8.45	8.28	42.1	8.33	7.22	42.3	11.32	17.27	42.1	10.42
26	16.46	42.3	9.63	7.37	42.3	8.43	7.26	42.1	9.18	7.31	42.3	11.25	18.18	42.3	10.90
27		缺	缺	7.59	42.3	8.30	7.45	42.1	9.21	7.29	42.3	11.24	10.06	42.1	10.88
28	9.46	42.3	9.94	7.17	42.3	8.60	8.25	42.1	9.02	8.36	42.3	11.15	16.22	42.1	12.34
29	9.28	42.3	9.52	7.28	42.1	8.90	7.45	42.1	11.80	7.32	42.3	11.08	10.59	41.8	12.20
30	16.36	42.3	9.49	7.16	42.3	8.48	7.23	42.1	12.60	7.36	42.3	10.82	8.55	42.1	11.20
31				16.55	42.3	8.33				7.45	42.3	11.93	8.24	42.1	11.00
平均		42.36	9.256		42.29	8.902		42.14	8.820		42.28	11.968		42.19	11.292

別府温泉二湧出口の降雨短期効果

松山與兵衛氏所有温泉 (3)

日	(1935) 9月			10月			11月			12月			(1936) 1月		
	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量
1	8.17	42.2	11.92	9.56	41.7	12.39	11.18	41.6	12.40	14.55	41.5	12.56		缺	缺
2	8.51	42.1	12.68	11.16	41.8	12.99	11.45	41.7	12.30	11.37	41.7	12.35	13.07	41.2	11.40
3	8.19	42.1	11.86	10.32	41.8	13.02	7.50	41.7	11.95	14.02	41.5	12.07	12.35	41.2	11.29
4	8.10	42.1	11.28	10.54	41.7	12.68	11.40	41.7	12.35	11.21	41.5	11.91		缺	缺
5	7.54	42.1	12.00	14.27	缺	12.30	16.38	41.7	12.15	15.45	41.5	12.01	13.21	41.3	11.27
6	8.23	42.1	11.88	9.56	41.9	12.66	11.35	41.7	12.57	16.14	41.4	12.15	11.57	41.3	11.10
7	8.07	42.1	12.00	16.39	41.7	12.59	16.06	41.6	12.67	16.08	41.4	12.10	11.48	41.3	11.27
8	9.21	42.0	12.00	16.40	41.7	12.69	11.40	41.7	12.33	11.58	41.5	11.73	12.01	41.3	11.22
9		缺	缺	17.27	41.8	12.54	12.19	41.6	12.30	11.36	41.5	12.30	12.01	41.3	11.22
10	11.23	42.0	12.06	16.25	41.7	12.51	12.56	41.5	12.38	17.21	41.4	11.64	10.58	41.3	11.26
11	12.33	42.0	11.31	11.01	41.9	12.11	11.42	41.7	12.30	11.39	41.4	11.90	12.00	41.3	11.34
12	10.16	42.0	12.19	14.15	41.7	12.70	16.25	41.7	11.84	16.29	41.4	11.48		缺	缺
13	8.50	41.8	11.50	10.08	41.8	12.57	11.43	41.7	12.16	14.03	41.5	11.41	16.29	41.4	11.19
14	8.43	41.9	11.46	14.37	41.5	12.53	16.18	41.7	11.95	11.42	41.3	11.58	11.19	41.3	11.26
15	9.06	41.9	11.46	16.08	41.7	12.40	11.38	41.7	12.29	14.31	41.4	11.44	15.27	41.3	11.29
16	7.57	41.9	11.43	13.52	41.8	12.57	11.40	41.7	12.25	11.47	41.3	11.71	15.54	41.1	10.82
17	8.09	41.9	12.20	12.45	41.9	12.51	12.40	41.7	12.25	16.49	41.4	11.22	16.42	41.3	11.13
18	8.01	41.9	12.22	12.35	41.8	12.40	11.17	41.7	11.95	11.45	41.3	11.84	13.53	41.3	11.12
19	7.20	41.9	12.22	17.17	41.9	12.21	15.26	41.7	11.85	16.34	41.3	11.30	15.23	41.3	11.12
20	7.58	41.9	11.42	10.55	41.7	12.10	10.53	41.4	11.52	11.40	41.3	11.82	11.48	41.3	10.93
21	8.07	41.9	11.65	11.44	41.7	12.12	11.08	41.5	11.72	15.07	41.3	11.82	15.39	41.3	11.15
22	9.06	41.9	12.40	16.48	41.9	12.03	10.53	41.6	12.00	14.44	41.3	11.72	16.19	41.2	10.92
23	8.41	41.9	12.21	11.44	41.7	11.94	12.00	41.6	12.22	11.45	41.3	11.61	10.53	41.3	10.50
24		缺	缺	12.42	41.7	12.14	15.51	41.5	12.30	11.44	41.4	11.40	11.45	41.3	10.80
25	16.05	41.9	16.31	11.44	41.7	12.01	12.49	41.4	12.06		缺	缺	12.47	41.3	11.54
26	7.22	41.9	15.53	14.21	41.7	12.58	14.50	41.6	12.37	12.54	41.4	11.52	12.00	41.3	11.10
27	8.06	41.9	14.51	14.01	41.9	13.28	14.16	41.5	12.25	14.03	41.3	11.74	16.17	41.3	11.03
28	8.04	41.9	14.10	11.34	41.7	12.39	15.46	41.5	12.01	14.23	41.4	11.95	16.13	41.3	10.85
29	12.37	41.8	12.00	16.08	41.7	12.40	16.13	41.5	12.38	10.49	41.4	11.70	11.51	41.3	10.79
30		缺	缺	15.49	41.7	12.42	15.19	41.5	12.04	13.25	41.6	11.20	15.41	41.3	10.98
31				11.40	41.6	12.41				11.24	41.4	11.31	11.53	41.2	11.20
平均		41.96	12.484		41.75	12.506		41.62	12.273		41.41	11.789		41.28	11.129

別府温泉二湧出口の降雨短期効果

No. 686ノ1 松本勝太郎氏別荘温泉 (1)

日	(1934) 11月			12月			(1935) 1月			2月			3月		
	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量
	h m	°C	L/M	h m	°C	L/M	h m	°C	L/M	h m	°C	L/M	h m	°C	L/M
1				14.07	52.3	4.07		缺	缺	12.45	52.3	2.56	12.52	52.0	2.98
2				14.31	52.4	4.65	14.04	52.4	4.45	12.51	52.7	2.57	14.00	52.8	2.83
3				14.34	52.4	4.52	12.08	52.6	4.50	11.30	52.8	2.52	11.36	52.8	2.71
4				14.42	52.4	4.55	12.45	52.5	4.43	10.02	52.6	2.55	11.32	52.8	2.64
5				14.07	52.4	4.43	12.20	52.3	4.40	11.10	52.8	2.55	11.38	52.7	2.46
6				14.16	52.6	4.64	14.13	52.2	4.39	12.51	52.4	2.26	16.47	52.3	2.24
7				14.09	52.4	4.55	12.20	52.3	4.46	14.05	52.3	2.29	15.53	52.5	2.18
8				14.18	52.4	4.58	12.33	52.2	4.25	12.49	52.4	2.34	11.20	52.5	2.44
9				14.18	52.4	4.53	12.39	52.2	4.37	14.30	52.6	2.42	14.11	52.6	2.29
10				14.16	52.5	4.45	12.32	52.4	4.51	11.47	52.5	2.57	11.20	52.3	2.46
11				14.18	52.6	4.39	14.35	52.2	4.16	14.29	52.5	2.58	15.04	52.2	2.16
12				14.46	52.4	4.45	12.28	52.3	4.25	14.16	52.6	2.56	14.09	52.6	2.33
13				14.13	52.4	4.59	12.28	52.3	4.20	11.27	52.4	2.26	14.54	52.4	4.06
14				14.04	52.6	4.40	14.23	52.0	4.26	17.10	52.4	2.35	14.52	52.4	2.21
15				12.18	52.4	4.36	14.19	52.1	4.19	11.06	52.3	2.56	14.48	52.5	2.20
16				10.17	52.3	4.12	12.56	52.5	2.91	11.49	52.4	2.31	14.40	52.6	2.26
17				14.36	52.2	4.32	15.13	52.9	2.90	11.26	52.4	2.26	11.45	52.2	2.91
18				14.18	52.3	4.26	11.18	52.6	2.92	11.29	52.4	2.25	16.23	52.3	2.95
19				14.58	52.2	4.19	11.05	52.9	2.77	11.27	52.3	3.16	14.45	52.7	3.61
20	12.49	52.5	6.91	14.10	52.2	4.11	10.27	52.9	2.90	9.42	52.3	2.18	15.09	52.4	2.18
21	14.11	52.7	7.00	14.08	52.0	4.11	10.49	52.1	4.06	11.23	52.2	2.22	14.52	52.2	2.07
22	13.51	52.6	5.28	15.02	52.3	4.17	11.03	52.9	2.81	14.33	51.9	2.49	16.10	52.4	2.97
23	14.25	52.4	5.01	11.03	52.4	4.38	10.45	52.8	2.84	9.13	51.9	2.31	15.15	51.8	2.92
24	12.32	52.1	5.17	14.05	52.2	4.21	10.47	52.9	2.87	11.13	52.2	2.35	16.15	52.4	2.53
25	14.19	52.8	4.75	11.57	52.2	4.25	11.35	52.9	2.70	9.44	51.8	2.36	15.34	52.6	2.63
26	14.36	51.9	6.98	14.38	52.2	4.15	11.00	52.7	2.76	12.14	52.2	4.37	14.02	52.6	2.54
27	12.42	52.2	5.36	14.08	52.3	4.15	11.34	52.5	2.58	15.02	52.0	4.44	14.56	52.6	2.57
28	14.19	52.8	5.48	12.49	52.3	4.37	11.45	52.3	2.64	11.22	52.0	4.15	15.38	51.9	4.85
29	13.54	52.3	5.41		缺	缺	11.28	52.6	2.65				11.41	52.1	4.85
30	14.09	52.4	5.33	14.01	52.3	6.37	11.16	52.6	2.65				9.56	52.1	4.66
31					缺	缺	13.53	52.6	2.56				11.17	52.2	4.84
平均		52.37	5.698		52.34	4.497		52.02	4.077		52.41	2.496		52.55	2.609

別府温泉二湧出口の降雨短期効果

松本勝太郎氏別荘温泉 (2)

日	(1935) 4 月			5 月			6 月			7 月			8 月		
	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量	時・分	泉温	湧出量
	h m	°C	L/M	h m	°C	L/M	h m	°C	L/M	h m	°C	L/M	h m	°C	L/M
1	16.27	52.9	5.04	17.10	52.4	4.48	7.17	52.9	2.45	7.13	52.5	11.63	7.24	55.0	2.24
2	16.30	52.9	4.74	17.10	52.3	4.28	8.35	52.3	2.30	8.21	54.3	12.11	7.44	54.9	7.91
3	16.02	52.3	4.03	16.31	52.2	4.12		缺	缺	7.30	54.5	11.72		缺	缺
4	11.15	52.9	4.52	14.34	52.5	2.97	8.12	52.1	2.78	7.04	54.3	10.90		缺	缺
5	10.44	52.3	5.52	10.34	52.5	4.22	8.07	52.0	2.47	7.23	54.3	9.68		缺	缺
6	16.00	52.9	4.18	17.09	52.2	2.34	7.28	52.3	2.27	8.29	54.3	11.07		缺	缺
7	16.23	52.3	4.03	17.12	52.2	2.34	7.20	52.6	2.11	8.12	54.6	10.32	7.28	55.0	2.23
8	16.29	52.9	6.03	17.07	52.2	2.91	7.12	52.6	2.04	7.31	54.9	9.33	7.10	54.9	2.39
9	11.18	52.1	7.06	17.12	52.3	2.92	7.18	52.3	2.02	7.23	54.3	2.35	2.19	54.3	2.21
10	17.11	52.5	5.15	17.14	52.2	2.36	7.11	52.6	2.01	7.23	54.3	2.42	2.22	54.3	2.72
11	16.43	52.3	4.97	14.19	52.2	2.98	7.49	52.5	2.92	6.50	54.3	2.51	2.00	54.6	2.88
12	16.18	52.3	2.97	12.45	52.1	4.77	7.11	52.5	2.31	7.26	54.3	7.53		缺	缺
13	14.45	52.4	4.30	17.12	52.7	4.55	6.54	52.4	2.79	7.26	54.9	7.32		缺	缺
14	15.07	52.5	5.16	17.17	52.7	4.52	7.23	52.2	2.32	7.54	54.3	2.27	10.10	54.9	12.44
15	17.08	52.3	4.38	10.33	52.5	4.23	2.09	52.5	2.35	7.19	54.7	2.40	11.20	54.4	12.15
16	13.43	52.5	5.07	9.40	52.3	4.20	2.22	52.4	2.39	7.25	54.3	10.41	11.34	54.0	10.09
17	16.22	52.3	4.90	10.10	52.2	4.26	7.10	52.9	2.21	6.59	54.9	10.40		缺	缺
18	9.57	52.3	4.63	17.08	52.3	4.31	2.08	52.3	2.11	7.12	54.9	10.04	10.36	52.1	10.93
19	10.19	52.5	4.32	10.46	52.5	4.22	2.39	52.5	2.04	7.04	54.3	2.13		缺	缺
20	12.40	52.4	4.49	2.08	52.3	4.22	7.21	52.4	2.97	7.12	54.3	2.16	2.39	55.0	12.02
21	10.18	52.7	4.33	2.58	52.5	4.19	7.22	52.9	4.12	7.06	54.3	2.25	7.22	55.0	10.12
22	10.19	52.6	4.56	2.42	52.3	2.96	7.14	52.1	2.71	7.12	54.3	2.72	12.24	55.2	11.22
23	11.12	52.4	4.65	2.07	52.4	2.17	9.07	52.1	2.72	7.16	54.3	2.36	11.09	55.0	10.09
24		缺	缺	7.00	52.1	2.32	7.41	52.3	2.03	7.25	54.3	2.25	17.31	55.2	10.18
25	17.06	52.4	4.30	14.48	52.1	2.44	2.14	52.7	4.43	7.11	54.3	2.13	17.25	55.1	10.23
26	16.31	52.5	5.72	7.50	52.9	2.36	7.23	52.7	4.38	7.19	52.0	2.06	18.38	54.3	10.23
27		缺	缺	2.12	52.9	2.29	7.23	52.7	4.33	7.18	54.3	2.39	11.16	54.9	10.29
28	9.59	52.5	4.52	7.50	52.9	2.47	2.12	52.3	4.31	2.23	54.3	2.28	16.37	54.6	11.51
29	9.40	52.5	4.64	7.24	52.1	2.59	7.29	51.6	7.18	7.20	54.3	2.96	11.15	55.1	11.10
30	16.42	52.5	4.54	7.07	52.2	2.56	7.14	48.3	10.21	7.23	55.0	2.33	2.42	55.0	2.53
31				16.42	52.3	2.32				7.30	55.0	2.31	2.14	54.0	2.18
平均		52.30	4.877		52.26	2.971		52.70	2.725		54.60	2.225		54.88	2.980

別府温泉二湧出口の降雨短期効果

松本勝太郎氏別荘温泉 (8)

日	(1955) 9月			10月			11月			12月			(1956) 1月		
	時・分	泉温 °C	湧出量 L/M	時・分	泉温 °C	湧出量 L/M	時・分	泉温 °C	湧出量 L/M	時・分	泉温 °C	湧出量 L/M	時・分	泉温 °C	湧出量 L/M
1	8.04	54.4	9.59	10.07	55.3	12.18	11.09	54.8	8.92	14.46	54.1	9.48	缺	缺	
2	8.40	54.7	10.20	11.31	55.2	11.51	11.22	54.7	9.75	11.28	54.3	9.20	12.57	54.5	7.59
3	8.07	55.0	10.00	10.45	55.2	11.71	8.00	54.8	10.12	12.54	54.6	8.76	12.25	54.7	6.49
4	7.50	54.9	9.77	10.01	55.0	11.49	11.22	54.4	9.90	11.11	54.6	8.76	缺	缺	
5	7.43	54.7	10.53	14.08	55.0	10.52	16.16	54.5	10.16	12.34	54.3	8.10	12.08	54.7	7.25
6	8.11	54.9	10.18	8.41	55.0	9.22	11.26	54.5	9.38	16.08	54.6	8.02	11.40	54.6	6.41
7	7.52	55.0	10.26	16.31	54.8	10.10	15.52	54.4	10.00	16.00	54.6	8.48	11.28	54.3	6.74
8	9.05	55.0	9.77	16.28	54.8	9.53	11.22	54.6	9.05	11.50	54.8	7.94	11.52	54.2	6.92
9	缺	缺	缺	17.18	54.8	10.02	12.04	54.8	8.90	11.27	54.6	7.60	11.52	54.4	6.86
10	11.31	55.1	11.22	16.12	54.9	10.10	12.50	54.9	9.12	17.12	54.4	8.24	10.47	54.5	6.77
11	12.49	55.1	10.90	10.49	55.1	11.50	11.24	54.6	9.32	11.12	54.4	8.22	11.49	54.4	7.04
12	11.27	55.2	10.31	14.06	54.8	10.11	16.18	54.6	8.61	16.21	54.5	6.92	缺	缺	
13	8.36	55.2	9.51	9.59	54.8	10.22	11.27	54.4	9.22	12.54	54.6	7.45	16.21	54.2	6.12
14	8.33	55.1	9.51	14.20	54.8	9.95	16.11	54.6	8.87	11.24	54.2	7.98	11.10	54.5	6.18
15	8.55	55.0	9.70	15.55	54.3	9.32	11.21	54.8	8.54	14.22	54.4	7.51	12.16	54.2	5.98
16	7.17	55.0	9.66	12.45	54.6	10.11	11.22	54.6	9.22	11.39	54.6	7.00	14.02	54.4	6.63
17	7.59	54.6	10.57	12.27	54.9	9.94	12.22	54.8	9.31	16.41	54.2	7.96	16.32	54.3	6.30
18	7.51	54.3	10.57	12.27	54.8	9.40	11.09	54.3	8.22	11.37	54.4	8.07	12.47	54.3	6.07
19	7.03	54.8	10.12	17.09	54.6	10.28	15.04	54.7	9.85	16.25	54.3	7.42	15.17	54.4	5.74
20	7.49	54.8	10.12	10.47	54.8	9.53	10.45	54.6	9.04	11.21	54.2	7.28	11.22	54.3	6.11
21	7.57	54.8	10.16	11.36	54.7	8.98	10.52	55.0	8.21	14.57	54.4	7.46	15.29	54.3	5.84
22	8.56	54.6	10.45	16.41	54.7	9.00	10.45	54.8	8.05	14.25	54.2	7.02	16.27	54.3	6.11
23	8.20	54.8	10.18	11.37	54.3	9.19	11.52	54.3	8.77	11.37	54.3	7.72	11.02	54.3	5.79
24	12.26	52.0	12.31	12.18	54.6	8.91	15.42	54.8	8.10	11.26	54.4	7.22	11.24	54.3	5.69
25	8.46	54.2	14.33	11.37	54.6	9.70	12.19	54.4	9.48	12.25	54.4	7.48	12.20	54.2	6.14
26	7.07	54.8	14.42	14.14	54.6	10.11	14.29	54.5	8.53	12.47	54.4	6.84	11.42	54.3	6.12
27	7.53	55.0	12.46	12.52	54.6	9.08	14.07	54.6	8.71	12.55	54.6	7.51	15.58	54.3	6.52
28	7.50	55.2	11.50	11.37	54.6	9.92	15.39	54.4	8.76	14.14	54.4	8.72	15.58	54.3	5.55
29	12.52	55.2	12.11	16.00	54.5	9.57	16.02	54.6	7.79	10.41	54.6	7.92	11.38	54.4	5.85
30	缺	缺	缺	12.42	54.6	9.48	15.07	54.7	7.60	12.09	54.4	7.08	15.24	54.3	5.95
31				11.32	54.7	9.82				11.16	54.7	7.18	11.35	54.1	5.94
平均		54.84	10.799		54.79	10.034		54.63	9.004		54.45	7.829		54.40	6.307

別府温泉二湧出口の降雨短期効果

第6表 湧出量の降雨による急激増加と雨量

月・日		増加湧出量(Δq)		月・日		増加湧出量(Δq)		月・日		増加湧出量(Δq)	
		温泉 No. 689	温泉 No. 689/1			温泉 No. 689	温泉 No. 689/1			温泉 No. 689	温泉 No. 689/1
月	日	mm	L/M	月	日	mm	L/M	月	日	mm	L/M
11.26		82.2	2.34	4.14		12.1	0.02	9.4		5.8	0
12.7		2.8	0	15		23.2	0.46	17		42.7	0.82
8		6.0	0.06	16		3.3	0	21		15.0	0.23
22		1.1	0	19		12.1	0	22		21.2	0.75
23		2.3	0.11	20		9.8	0.01	23		223.0	41.0
1.9		1.3	0	24		2.6	0	24		128.0	—
10		12.5	0.38	5.1		1.6	0	25		97.0	—
15		2.3	0.22	12		39.0	0.60	10.11		32.8	0.60
2.2		4.0	0.07	14		5.2	0.56	16		2.4	0.17
3		1.3	0	18		18.5	0	26		15.3	0.57
10		9.1	0	27		14.5	0	27		20.9	0.70
11		2.9	0.56	28		5.4	0.30	11.4		40.4	1.40
22		21.3	0.16	6.4		29.4	0.13	5		4.2	0
26		50.4	1.73	8		2.1	0.05	16		3.6	0
3.11		6.7	0.29	17		1.3	0	19		1.1	0
16		4.9	0.29	21		65.3	0.46	23		5.6	0.22
18		40.2	0.87	24		35.7	0.94	25		16.2	0.66
21		3.2	0					29		6.2	0.37
22		1.9	0.54					12.1		28.6	0.52
24		34.2	0.68					2		4.1	0
25		1.7	0					5		10.5	0.10
27		8.3	0.09					10		1.2	0
28		49.9	1.14	7.16		93.8	2.58	12		19.9	0
29		19.6	0	8.10		24.6	0.51	13		1.3	0
4.5		33.5	0.35	11		37.1	0.60	28		7.0	0.21
8		37.0	0.68	22		7.8	0.88	29		23.2	0
9		10.9	0.30	28		43.2	1.46	1.20		10.7	0
10		11.1	0.39	9.2		73.9	0.76	25		16.8	7.4

さてこの降雨による湧出量増加  $\Delta q_a$  は長くとも十日ほどの内に大體降雨前の値に減衰する。この減衰曲線は略

$$q = \Delta q_a e^{-c_1 t} + q_0 \quad (3)$$

に近い(第5圖参照)。それ故(3)式にて表示せらるるものとして減衰指數  $c_1$  の値を求めれば第3表の如く  $\Delta q_a$  の値如何に拘らず大體近い値を持つてゐる。(3)式は要するに

$$\frac{d(\Delta q_a)}{dt} = -c_1 \Delta q_a \quad (4)$$

の積分である。今までの研究によれば別府温泉の湧出量はその水頭差に比例することが實

別府温泉二湧出口の降雨短期効果

證されてゐる。(4) は温泉水壓が平常水壓以上に増加した場合にも全く同様の事が成立することを示すものであらう。

第7表 減衰指数表  $c_1$

温泉 No. 689		温泉 No. 686ノ1	
月 日	$c_1$	月 日	$c_1$
11. 26	0.37 <sup>day<sup>-1</sup></sup>	11. 26	0.50 <sup>day<sup>-1</sup></sup>
2. 26	0.41	3. 18	0.65
7. 6	1.01	4. 9	0.85
7. 16	0.42	7. 6	0.34
9. 25	0.31	7. 17	0.25
10. 11	0.58	9. 26	0.23
平 均*	0.42	10. 11	0.48
		12. 1	0.33
		12. 28	0.28
		平 均	0.37

\*7.5の値を除く

以上の如き降雨による湧出量の急激増加を一日単位以下に就いて論ずるには、更に詳細なる湧出量の微細構造に就き調査を要し降雨時に於ける毎時観測か自記計によつて明かにしなければならぬが、他日の研究に譲つて今は之に觸れない。

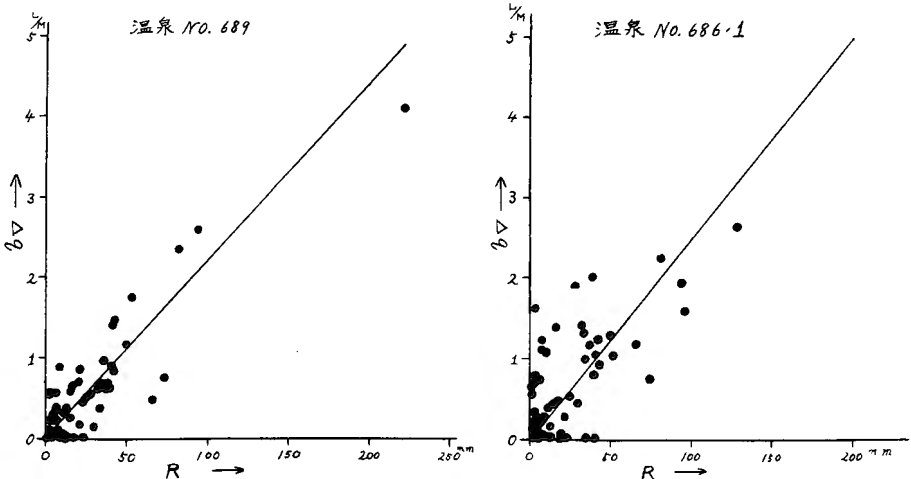
兎も角、降雨量  $R$  と増加湧出量  $\Delta q_u$  の関係は降雨が何時間より湧出量の増加を來たすかといふ事を明かにした後でなければならぬが、今假りに前日の観測時から當日の観測時までの降雨と當時の湧出量増加の關係を見ると第4圖の如くなる。その關係

は先づ第一次近似として一次的關係と見てよいであらう。しかるときは大體次の如くなる。

温泉 No. 689 ;  $\Delta q_u = 0.022R \dots \dots (5)$   $\Delta q$  in L./11,

温泉 No. 686ノ1 ;  $\Delta q_u = 0.025R \dots \dots (6)$   $R$  in mm.

第4圖 降雨量と湧出量の急激増加



別府温泉二湧出口の降雨短期効果

降雨の影響が上の如く急激に来るのに、6月末7月に於ける連続して降雨がある場合に降雨後湧出量が降雨前に比して明かに増加してゐる。試みにこの場合に前の如く急激増加のみの湧出量を

$$\Delta q_a = CR e^{-c_1 t} \quad (7)$$

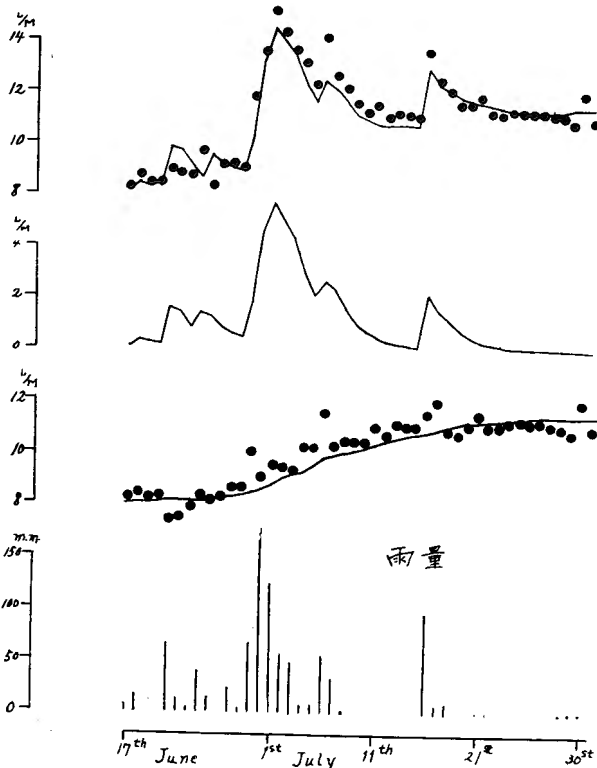
として求めて之を實測湧出量から減じた残餘を第5圖に示す。(7)式の常數  $C$  及  $c_1$  は各湧出口の式(5)(6)及第6表の平均値を採用したのであるが、之によつて見れば降雨の影響は湧出量に急激増加(遅くとも一日以内の)するものと、之に比しては緩慢な増加を來たさしめるものがある事を認めなければならぬ。この緩慢増加とても次第に減少する事は第5圖にても明かに見られるから之を式示するには漸増と漸減の二因子よりなるものと見て

$$\Delta q_g = C_2 R (1 - e^{-c_2 t}) e^{-c t} \quad (8)$$

を以て表示するのが適當であらう。今假りに漸減係數を各湧出口の微小降雨時の全平均を取つて見ると、(8)式の  $C_2, c$  を略し見當付ける事が出来る。各湧出口に求めたものを(8)式

第5圖 降雨影響の二様式 (其一)

温泉 No. 689





別府温泉二湧出口の降雨短期効果

にて示すと次の如くなる。

温泉 No. 689 ;  $\Delta q_g = 0.0065R (1 - e^{-0.071t})e^{-0.013t}$  (9)

温泉 No. 686ノ1 ;  $\Delta q_g = 0.013R (1 - e^{-0.57t})e^{-0.025t}$  (10)

$\Delta q_g$  の単位は  $L/M$ ,  $R$  の単位は mm.,  $t$  の単位は日.

然らば6月末7月の湧出量変化は雨量より計算出来るわけであつて  $q_0$  を始時湧出量とすれば一般に

$$q = q_0 + \sum C_1 R_n e^{-c_1(t-t_n)} + \sum C_2 R_n (1 - e^{-c_2(t-t_n)})e^{-c(t-t_n)} \quad (11)$$

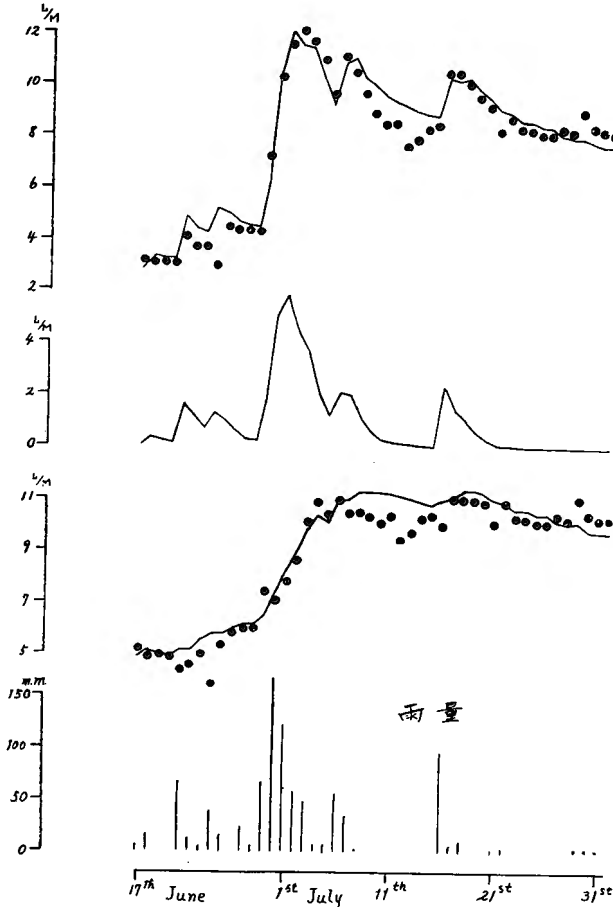
であつて各湧出口について常数の値を入れて書けば

温泉 No. 689  $q = 8.12 + \sum 0.022 R_n e^{-0.42(t-t_n)} + \sum 0.0065 R_n (1 - e^{-0.071(t-t_n)})e^{-0.013(t-t_n)}$  (12)

温泉 No. 686ノ1 ;  $q = 2.80 + \sum 0.025 R_n e^{-0.57(t-t_n)} + \sum 0.013 R_n (1 - e^{-0.57(t-t_n)})e^{-0.025(t-t_n)}$  (13)

第5圖 降雨影響の二様式 (其二)

温泉 No. 686ノ1



となる。但 $n$ は $R_n$ の日より初める。

かくの如く降雨が湧出量に二様に影響する事はいつれの降雨も伴つてゐるのであらう。けれども小雨の時には第2の影響が著しく眼に立たぬのであらう。けれども小雨も連続し

第7表 自然減衰量

月	温泉 No. 689		温泉 No. 686/1	
	減衰量	平均湧出量	減衰量	平均湧出量
	L/M	L/M	L/M	L/M
12	0.19	9.16	0.42	4.29
1	0.66	8.73	0.58	3.79
2	0.12	8.34	—	—
3	0.36	9.08	0.91	4.48
4	0.07	8.87	0.24	3.85
5	—	—	0.77	10.42
6	0.24	12.39	1.03	9.52
9	0.48	12.08	1.17	8.42
10	0.66	11.46	1.52	7.07
平均	0.38	10.01	0.83	6.63

て降るときはその影響が眼立つことは2,3,4月に於ける雨に對して位相が遅れた如く湧出量の緩慢な増加が認められる事で立證される。緩慢増加と自然減衰量とが近い値を持てば位相の遅れる事も認められる。9月下旬の大雨に於てはこの緩慢増加が明かでない。自然減衰の爲に打消けされてゐるのか、或は雨の降り様によるのかも知れぬ。これは今のところでは観測値の不十分なところからは明かにすることが出来ない。

降雨の温泉湧出量に及ぼす影響が上述の如く二様である事はその機構

にも二様ある事を思はしめる。如何なる方法であるかは尙研究する必要があるが、この現象は例へば河川の場合などと酷似してゐる事を附言しておく。

尙この影響状況は降雨影響の大なるところでは一週一回観測に於てもそれらしき事の見えるものがある。上の影響も一ヶ月内にはいつれもその極大を示すから月平均統計に於ては降雨がその月で湧出量に極大を示すといふ結果とも矛盾するものでない。<sup>(3)</sup>

#### 4. 湧出量と泉温との相關

潮汐及び氣壓によつて生ずる泉温の變化は湧出量の變化と常に正の相關を示すが、雨の影響による泉温變化の湧出量變化に對する關係は二種類ある。その多くは正の相關を示すが、負の相關を示すものも少くはない。これは別府温泉年變化のときにも注意した處である。負の相關にも二種類あり、一つは雨水の混入で、他は地下冷却率の増加である。

(3) 野滿, 池田, 瀬野: 別府温泉湧養源としての雨量; 本誌第2卷第2號97頁。

別府温泉二湧出口の降雨短期効果

今上の二湧出口の泉温の变化に就いて注意すると、その变化性状を全く異にしてゐる。即ち、温泉 No. 686ノ1の泉温は殆んど湧出量の变化に並行して上下せるに對し、温泉 No. 689の泉温は殆んど湧出量の变化に關係なく漸次低下し、一年後に約 1.5°C 降下してゐる。寒暖計は 0.2 目盛のもので終始同一のものを使用したから上の泉温降下は確實である。

泉温の年变化が湧出量の变化に依存するものと、気温に影響されるものとある事は既に明かにされたところである。然し短時日の泉温变化は湧出量の变化のみによると見てよい

第8表 泉温冷却率

温泉 No. 686ノ1

月 日	$k \frac{\partial T}{\partial r}$
2.25	} 0.088
2.27	
3.27	} 0.036
3.29	
3.15	} 0.058
4.19	
5.20	} 0.046
6.13	
6.13	} 0.054
7.10	
平均	0.056

と思はれるから、温泉 No. 686ノ1に就いてその冷却率  $k \frac{\partial T}{\partial r}$  を第8表の如く得た。この値の變動は勿論計算の近似方法による誤差も多いが又地下水流動の變動を示すのではあるまいか。これらの平均値は既に得たものと比較すると小さい方に屬する。

更に温泉 No. 686ノ1に就いて見ると、11月26日、6月30日、7月1日、9月24日の大降雨に際して泉温が著しく低下してゐる。之は或は雨が浸入したためではないかと考へられる。今そこで最も大きく見て増加湧出量 ( $q_3 - q_1$ ) だけを他系水量と見て如何なる温度  $T_2$  のものが混入したかを

$$q_1 T_1 + (q_3 - q_1) T_2 = q_3 T_3 \quad (14)$$

によつて求むれば第9表の如くなる。但(14)式に於て  $q_1$ ,

$T_1$  は増加前、 $q_3$ ,  $T_3$  は増加後の湧出量と泉温である。第9表によれば混入増加したものは雨水でない事は想像がつく。三つの値が近い値である事は或は他系の温泉がその水壓の増加によつて湧出口下端乃至中途から混入したかも知れぬ。しかしこれらの泉温低下は湧出量増加のまゝ再び上昇してゐるのは上の考へでは不充分である。この温泉は湧出口より 5m ほど竹管を以て露天地下約 20 cm のところまで引いて観測してゐる。それで雨がふればその爲水平導管

第9表 推定他系水温

温泉 No. 686ノ1

月 日	他系温泉泉温
11.25	} 47.5°C
11.26	
6.28	} 45.3
6.30	
9.23	} 46.0
9.24	

## 別府温泉二湧出口の降雨短期効果

を異常に冷却する爲、かく泉温低下を來たしたのではないかと思はれる。雨が止むか又は小雨になれば泉温が回復するのを見ても肯げると思ふ。

次に温泉 No. 689の泉温は湧出量の變化に全く獨立してゐる事は埋没管中にて冷却の法則に従つてゐないのである。この温泉の深度の浅い事もその一つの理由であるが、尙他に色々な原因が考へられる。別府市の温泉に於ては主として竹管を埋没してあるが、古くなつて湧出量泉温が低減して使用出來難いものを掘出すと、全體が腐朽してほろほろに成つてゐたり、又ある個處のみが腐朽してゐることがある。かかる導管を通つて來る温泉水は外周の水壓との關係で或は外に漏れ出たり、或は外部から他系地下水が混入したりする事があるのに違ひない。そんな事があれば導管中の冷却などは問題でなくなる。かかる事があると湧出量と泉温の並行でない事も理解できる。しかし、温泉 No. 689に於ては湧出量の如何に拘らず泉温の遞下せるのはまだ他に原因がある。そこで温泉の熱源と地下水系とが別個のものであると考へれば、今の場合には熱源系が地下水系に比して減少しつつあると考へれば上の泉温遞下の説明が出来る。

上の考へ方は或は處女水系と循環水系との混合割合の變化とも言ひ得る。或は又温泉水路の變動とも言ひくるめることも出来る。これ等の事は化學成分の年變化、經年變化の研究によつて更に詳論出来るであらう。多くの温泉の電導度測定によつて上述の原因が幾分でもたしかめられる事が出來た。

## 5. 地震の影響

別府市街の温泉繼續觀測と地震との對應に於て、地震によつて別府全體の温泉に激變を與へた事は未だ確められず、亦聞くところもなかつたが、個々の湧出口が地震によつて影響される事は屢聞くところで、その作用は古くなつた埋没導管が地震動の爲破損するにあるらしい。従つて之は地震に限らない譯で、例へば昭和10年9月24日に別府海岸に打ちよせた大波浪による地動の爲、海岸近くの湧出口の被害を受けたものがあつたのもその一例である。

二湧出口の觀測値と地震との對比に於て(第2圖参照)地震と湧出量激增の對應があるが、同時に雨のある場合が多く、之は當然雨の影響が主であらう。ただ一回

温泉 No. 689 昭和10年2月16日 地震(震源地別府)最大振幅 4.9  $\mu$   
に對應があつて湧出量が 0.81 L/M だけ減少してゐる。これは上述の如き原因を考へて

別府温泉二湧出口の降雨短期効果

矛盾はないが、地震の振幅から考へて餘り關係付ける事は無理で、關係があるらしい程度であらう。

終りに絶えず指導を賜る恩師野滿博士に謝意を表し、併せて觀測の便宜を與へられた温泉所有者、松山與兵衛氏及び松本勝太郎氏にその厚意を謝したいと思ふ。