

# 別府旧市内温泉井の水位変化について (I)

山下 幸三郎

(京都大学理学部地球物理学研究所)

(昭和36年9月12日受理)

## 1. 緒 言

別府旧市内温泉群についてその湧出量、泉温の気象要素、並に海洋潮汐との関係については既に長年、且つ多数の温泉の観測資料から多くの研究がなされている。

それによれば降雨の影響は1日以内に現われ、山の手が大きく海岸の方向に行くにしたがつて小さくなる。これに反し潮汐の影響による湧出量の変化は海岸よりの距離の指数関数的減少を示した。

筆者は更に詳細なこれ等の関係を調べる目的で、湧出量より精度の高い温泉水位を自記水位計によつて、長期に亘る観測を行なつた。

この観測井は特に気象要素との関係を調べる目的で、潮汐影響の少なく降雨影響の顕著な山の手温泉井を選んだが、なお潮汐の影響があり、その変化は最大約3cmである。その所在地、深度、口径等は第1表の如くである。

観測井の構造は地下2m迄は直径61cmのコンクリート製井戸側を設置し必要時ポンプ揚水する。夏期は殆んど使用しないが、冬期は一日数回揚水する時があり、この場合その効果が後に残り完全な記録は取れない。

## 2. 降雨効果について

記録を見ると降雨による水位変化以外に潮汐、気圧による変化があり、降雨の影響のみを求めるには他の影響を除去しなければならない。

潮汐影響については、潮汐記録と対比して除去することが出来る。記録から求めた潮泳係数  $\left(\frac{\partial h}{\partial H}\right)$  は0.018、最大変化は約3cmである。

降雨は大なる気圧変動を伴う場合が多いから、気圧影響のみを知るには降雨のない時の大なる気圧変化に対する水位変化を調べるのが最も容易である。記録について調べた結果、冬期には明瞭に認められるが、夏期高水位時には明瞭でない。夏期において気圧影響が全くないとは思われないが、降雨は主として夏期であるから一応気圧影響を無視して解析を行なつた。

水位記録から上記潮汐影響を除去し、一連の降雨による水位上昇量とその降雨の総量を求めて図にすると、第1図の如く、雨量とそれによる水位上昇量との間にはほぼ一次関係が成立する。

10mm以下の雨量の場合は次に述べる自然減衰や、無効雨量も考えられ、全く上昇しないか或は決定し難い場合もある。

第 1 表

温 泉 番 号	686 の 1
所 在 地	流川通り八丁目
深 度	1 3 8 m
埋設管種、口 径	鉄 管 38mm
海岸からの距離	7 5 0 m
地 高 (海拔)	1 2.5 m
平 均 水 位	地 下 30cm
泉 温	5 1.1°C

第1図から雨量と水位の関係は次式で表わされる。

$$\Delta h = \beta \Delta R \dots\dots(1)$$

ここに  $\Delta h$  は降雨による水位上昇量、 $\Delta R$  は雨量、 $\beta$  は、降雨の効果係数

水位及び雨量の単位を cm に取れば降雨効果係数  $\beta = 1$  になる。

次に降雨と水位について、時間を単位にして比較すると、ある程度強い雨があると、その雨の降つた時間より水位は上昇を始め、雨後2時間前後で最高水位になり、その後降雨がなければ漸次降下する。

特に第3図の如き雷雨による短時間の強い雨の場合、その影響状況が明確に見られる。

降雨により水位が上昇した後、降雨がなければ水位は漸次降下する。この減衰は第2図の如く、ほぼ指数函数的と見做され、次式で表わされる。

$$h = h_L + (h_0 + \Delta h)e^{-\alpha t} \dots\dots(2)$$

ここに  $h$  は水位、 $h_L$  は降雨影響が全くなくなつた時の水位、 $h_0$  は  $h_L$  を基準点として測つた水位、 $\Delta h$  は降雨による増加水位、 $\alpha$  は減衰指数、 $t$  は時間。

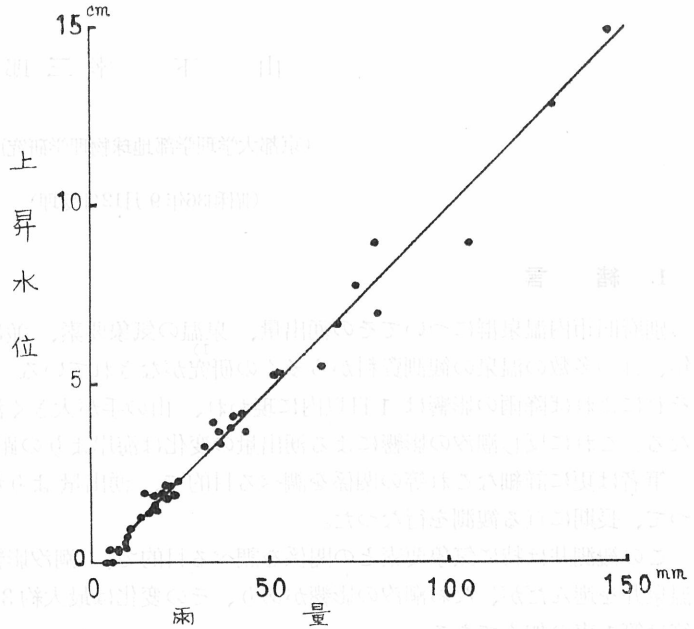
記録によれば時間を単位とした  $\alpha$  の値は非常に小さく、算出が困難であるから、日を単位にして算出し、その値から時間単位の  $\alpha$  を求めると近似的に第2表の値が得られた。

上述の如く降雨と水位の間には次の関係がある。

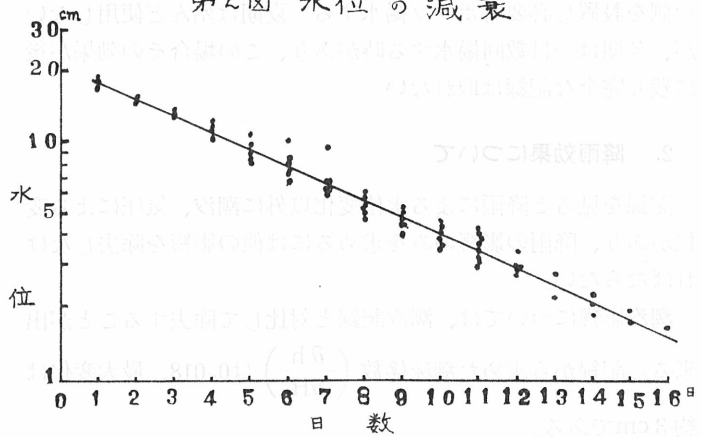
- (1) 雨量とそれによる水位上昇量との間には一次関係が成立する。
- (2) 或る時間の降雨はその時間及びその後2時間に亘つて水位に影響をおよぼす。
- (3) 降雨によつて上昇した水位はその後降雨が無ければ指数函数的に減衰する。

一連の降雨について時間雨量の積算曲線 ( $\Sigma R$ ) と水位変化を比較して見ると、第4・5図の如く水位変化は略2時間遅れて  $\Sigma R$  の曲線と同じような変化を示すから、降雨の水位に及ぼす影響の各時間における割合はほぼ一定であると仮定すれば、水位と降雨の間には次の関係式が成立する。

第1図 水位上昇量と雨量との関係



第2図 水位の減衰



第 2 表

単 位	減 衰 指 数
日	0. 1 7
時 間	0. 0 0 7

$$\frac{dh}{dt} = -\alpha h + \beta_0 R_0 + \beta_1 R_1 + \beta_2 R_2 + \dots \dots \dots (3)$$

ここに $R_0, R_1, R_2, \dots$ 、その時間、その前時間、その前前時間、……の雨量であり、 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots$ 、は各時間の降雨のその時間におよぼす効果係数である。

(3)は水位の時間的な変化は前水位から指数函数的な減衰量だけ減少し、降雨のその時間におよぼす影響量だけ上昇することを示す。

(3)を積分して

$$h_t = h_L + h_0 e^{-\alpha t} + \int (\beta_0 R_0 + \beta_1 R_1 + \beta_2 R_2 + \dots) e^{-\alpha(t-t')} dt' \dots \dots (4)$$

実際計算のため時間を単位に取れば(4)は

$$h_t = h_L + h_0 e^{-\alpha t} + \sum_{t'} (\beta_0 R_0 + \beta_1 R_1 + \beta_2 R_2 + \dots) e^{-\alpha(t-t')} \dots \dots (4')$$

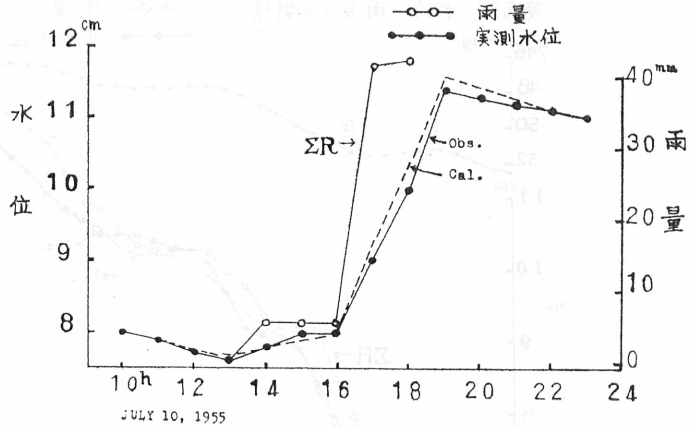
ここに  $t'$  は基準時間より各降雨時間までの時間数。

記録により一連の降雨について(4')を用い、最小二乗法により $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ を求めると第3表の如く、各時間の降雨効果係数はほぼ同じ値になる。

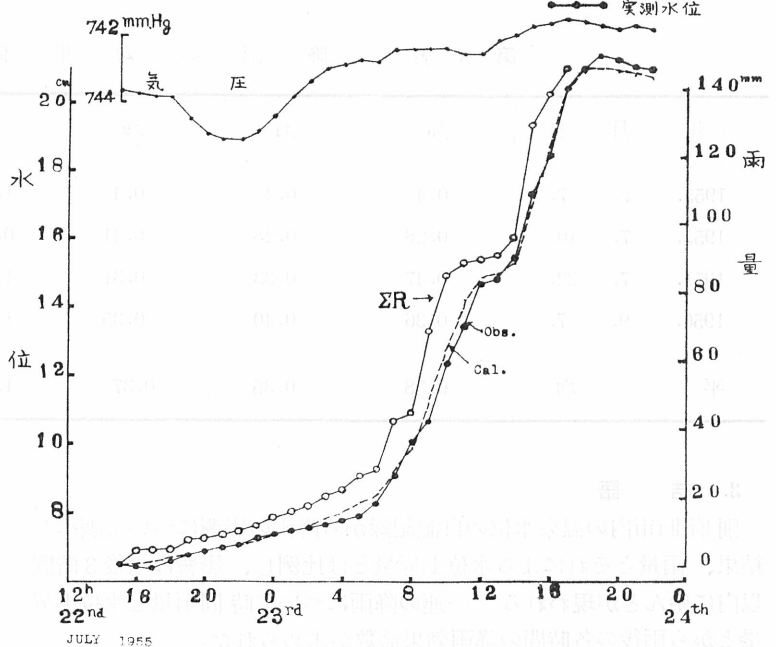
第3表からの降雨の効果係数は1.10となり、(1)よりも幾分大きくなる。

これは(1)の算出において水位の減衰を考慮に入れてないからで、この違いは降雨時間の長短、水位の高低で異なり、又図及び第3表で明らかな如く降雨の強弱や、降り方によつても幾分の違いがあり無効降雨もあると思われる。

第3図 水位と雨量との関係

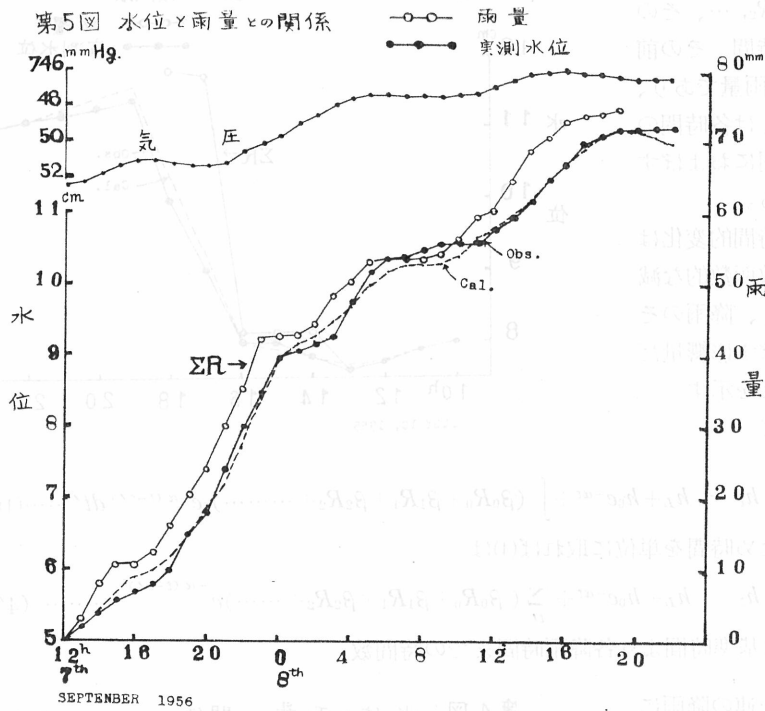


第4図 水位と雨量との関係



2時間以上の遅れがあるか否かについて、3の降雨について略計算を行なった結果、第4表の如く、第3表の $\beta$ と比較して約10%程度で、100mm以上の大雨のときは幾分考慮する必要があるが、

降雨の如何による違いもこの程度であるから降雨の影響は殆んど3時間以内に現われるとみてよいと思う。



第 3 表 降 雨 の 効 果 係 数

年 月 日	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	計	(1)からの効果係数
1955. 7. 7.	0.4	0.4	0.4	1.20	1.09
1955. 7. 10.	0.28	0.28	0.41	0.97	0.93
1955. 7. 22.	0.47	0.33	0.31	1.11	1.03
1956. 9. 7.	0.36	0.40	0.35	1.11	0.96
平 均	0.38	0.35	0.37	1.10	1.00

3. 結 語

別府旧市内の温泉水位の自記記録から降雨の影響について調べた結果、雨量とそれによる水位上昇量とは比例し、影響は雨後3時間以内に殆んどが現われる。一連の降雨について時間雨量と水位上昇量とから雨後の各時間の降雨効果係数が求められた。

終りに御指導を賜った瀬野教授並に観測に協力した岐部典生、温泉所有者の諸氏に感謝の意を表明する。

第 4 表

年 月 日	$\beta_3$
1955. 7. 22	0.038
1955. 7. 7	0.043
1955. 7. 10	0.011

