

# 河水位の日變化に就いて

[阿蘇'黒川の研究第2報].

理學博士 野 滿 隆 治

## I. 緒 言

河水位の日變化に就いて從來報告せられて居るのは、多く積雪又は氷河の融解作用に基づくものである。例へばブリュックナー<sup>1)</sup>は既に1894年ローヌ河で之を示し其の原因を氷河の融水増減に歸し、グラヴェリウス<sup>2)</sup>も1909年3月15日より20日に亙るオーデル河の日變化を其の著書に載せて、同じく雪汁の増減に其の原因を求めて居る。我國でも勝谷稔氏<sup>3)</sup>は千代川上流地の雪汁量日變化を自記せしめ附近溪水位と比較するに、溪水位は位相が約2時間ほど遅れて略々雪汁量變化に比例し、又千代川下流水位も約10時間遅れて其の變化に隨伴し従つて又上流地の氣温に比例することを示した。吉田重助氏<sup>4)</sup>も旭川につき春季無降日に起る水量日變化を雪解の影響に歸し、武田繁後氏<sup>5)</sup>も根尾川につき昭和9年春季無降日29日間の平均日變化を調べて雪汁の影響を如實に示した。

蓋し、上流に積雪や氷河のある地方の川にあつては、晩冬或は早春の晝間には其の氷雪の融解が多く従つて河水位増高の原因となり、夜間は融解水減じて河水位低下の因となることは當然である。但し水位高低の時刻は、氣温の高低時刻よりも遙かに遙れることは言ふまでもない。

其の他、定時開閉する可動堰や閘門などによつて其の下流に水位日變化を見る川もあるが、然しかゝる人爲的原因もなく雪汁の關係もない普通の河川では、從來殆んど水位日化の報告無く、僅に南カリフォルニアで最近トロクセル<sup>6)</sup>(H. C. Troxell)が之を確認したの

1). Gravelius: Flusskunde, S. 143.

2). 同上.

3). 勝谷稔: 雪汁と其行方に就て, 森林治水氣象彙報, 9(昭和2年), 36.

4). 吉田重助: 仁別に於ける旭川流量測定成績, 同上, 14(昭和9年), 91.

5). 武田繁後: 流量曲線式の決定と流出量及雪汁量の日週變化に就て, 同上16(昭和12年), 61.

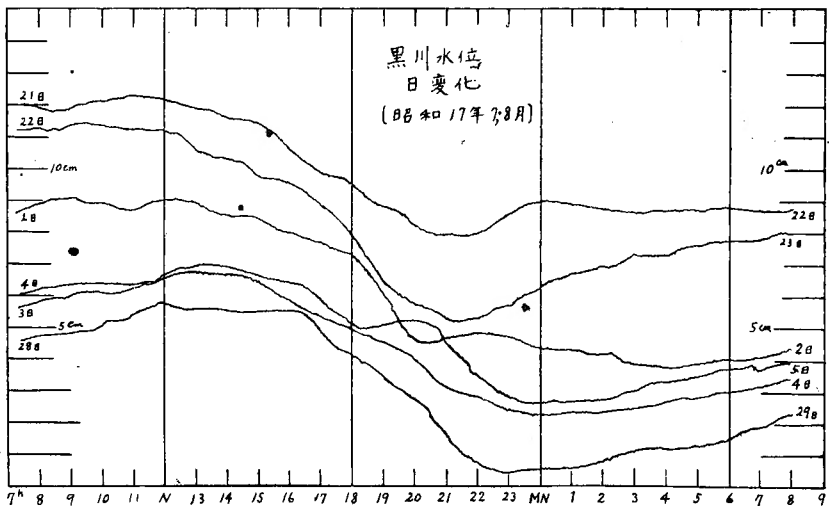
6). H. C. Troxell: The diurnal fluctuation in the ground-water and flow of the Santa Ana river and its meaning. Trans. Am. Geoph. Union (1936), 496.

があるにすぎない。日本では私の寡聞未だ其の報文に接しない。

ところが、筆者は洪水豫報研究の目的を以て自記水位計を阿蘇黒川の的石及び内ノ牧附近二箇所に設置し、其の河水位を自然大のまゝ縮小することなしに記録せしめたところ、意外にも年中明瞭な日變化を示すのであつた。而も其の振幅は季節によつて違ひ、夏に大に晩冬及び晩秋に小なるのみならず、位相は夏と冬とで反對になる等の興味ある事實を發見した。それで次に是等の真相を報告し、併せて其の原因を討究したいと思ふのである。

## II. 黒川水位日變化の實相

著者が洪水豫報研究のために黒川を選んだのは、其が阿蘇カルデラ内を縦走して、流域は整然たる橢圓狀の外輪山に圍まれ輪廓極めて明瞭なること、其の地質は殆んど一樣なる火山灰で蔽はれ滲透や蒸發が各部均一に近いこと、流域面積が實驗室内のモデル等に比しては比較にならぬ大きさではあるが實際河川としては狭小で、降下した雨の流出や地下水流出が各區域より餘り時間を要せず而も相互の集流時間に大差なく爲に現象を單純ならしめ、言はゞ自然の河川モデルとして格好なること等の爲である。斯様な川であつたればこそ、以下述ぶる様に水位日變化も規則正しく顯著に發見して、各區の影響が種々の位相差を以て重合隠蔽し合ふことが無かつたのではあるまいかと思惟する次第である。又水位計を普通行はれて居る様に縮小することなしに自然大のまゝの水位を記録せしめたことが、



第1圖 黒川水位日變化記録の數例

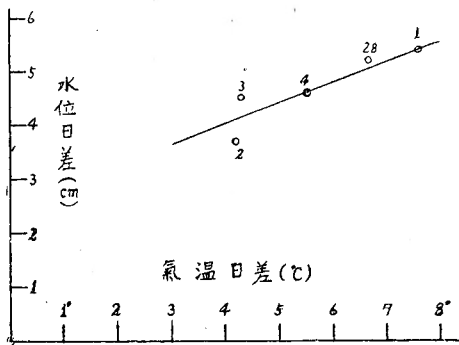
此の現象を明瞭ならしめた機縁となつたのは勿論である。水位計は教室の工場で製作したのであるが、口繪寫眞に見らるゝ通り、横型の記録圓筒を無限廻轉式にして、如何なる大洪水でも自然大のまゝ記録し得る様にした。

かくして取つた水位日變化は、盛夏の連続無降雨日に最も顯著に規則正しく現はれるが、降雨後の急減水中でも晴天であれば、減水曲線中に日變化の織込まれた狀況が一目瞭然たるものも少くない。

第1表 昭和17年夏數日の水位日變化振幅と氣温

| 月 日          | VII 月<br>28 | VIII 月<br>1 | 2   | 3   | 4    |
|--------------|-------------|-------------|-----|-----|------|
| 水位較差<br>(cm) | 5.2         | 5.4         | 3.7 | 4.5 | 4.6  |
| 氣温較差<br>(°C) | 6.7         | 7.65        | 4.2 | 4.3 | 5.55 |

第1圖に其の若干例を示す。其の内の5例は幸ひ筆者が他の問題研究の爲め出張中に遭遇したものである。當日の氣温狀況は第1表中に示す通りで、其の暑熱の程度は自ら體驗した盛夏の快晴數日であつた。そこで筆者は當時即座に各日の氣温と水位の較差を縦横軸としグラフに描いて見たところ、第2圖の様になつた。両者は殆んど比例して増減し直線的相關を有することが判かる。



第2圖 水位變化と氣温

的相關を有することが判かる。

水位日變化が氣温に最大の關係あるらしきことは、水位計設置後すぐに氣付いた事ではあるが當初は、黒川流域が黒い火山灰で蔽はれ且つ地下水表面が極めて淺くて地表下幾干もなく、所々濕田となつて居る所も少くない状態であるから、氣温の昇降に伴つて地下水温も昇降し、爲に水の粘性を増減して、高温の時

は流動し易くなつて地下水涵養を増加し、河水位をも上昇せしむるのではないかと想像した。然るに水位計設置後滿二年も経過して資料が豊富に累積した今日、其等を整理検討して見ると當初の豫想を變更せねばならぬ事實が現はれて來た。

即ち、全年に互り日變化の明瞭な日の全部を選んで、各月毎に日變化の平均を算出して見れば第2表の様になる。第3圖はそれを圖示したものである。データの詳細は卷末資料

欄に載せてある。参照を乞ふ。

第2表 昭和15~16年各月平均の日變化(各月とも0時の水位を基準面とし cm 單位)

| 時  | 月 | I     | II    | III   | III   | V     | VI    | VII   | VIII  | IX    | X     | XI    | XII   | 全年    |
|----|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0  |   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 1  |   | -0.16 | -0.11 | -0.16 | -0.12 | -0.14 | -0.17 | -0.10 | 0.07  | 0.09  | 0.15  | 0.01  | -0.10 | -0.05 |
| 2  |   | -0.21 | -0.19 | -0.19 | -0.20 | -0.33 | -0.25 | 0.23  | 0.47  | 0.28  | 0.18  | 0.01  | -0.24 | -0.04 |
| 3  |   | -0.35 | -0.24 | -0.23 | 0.01  | -0.29 | -0.18 | 0.45  | 0.57  | 0.38  | 0.26  | 0.02  | -0.23 | 0.01  |
| 4  |   | -0.46 | -0.29 | -0.20 | 0.29  | -0.01 | -0.03 | 1.02  | 0.80  | 0.62  | 0.41  | 0.12  | -0.22 | 0.17  |
| 5  |   | -0.57 | -0.40 | -0.19 | 0.60  | 0.17  | 0.18  | 1.55  | 1.00  | 0.63  | 0.45  | 0.12  | -0.20 | 0.28  |
| 6  |   | -0.62 | -0.59 | -0.14 | 0.85  | 0.43  | 0.38  | 1.87  | 1.42  | 0.81  | 0.47  | 0.24  | -0.20 | 0.41  |
| 7  |   | -0.70 | -0.61 | -0.04 | 1.09  | 0.06  | 0.60  | 2.22  | 1.76  | 0.98  | 0.48  | 0.26  | -0.20 | 0.54  |
| 8  |   | -0.63 | -0.99 | 0.07  | 1.09  | 1.19  | 1.32  | 2.98  | 2.00  | 1.18  | 0.74  | 0.35  | -0.14 | 0.76  |
| 9  |   | -0.60 | -1.13 | 0.19  | 1.36  | 1.41  | 1.52  | 3.25  | 2.06  | 1.31  | 0.84  | 0.45  | -0.05 | 0.88  |
| 10 |   | -0.64 | -1.59 | 0.20  | 1.62  | 1.69  | 1.70  | 3.38  | 2.04  | 1.14  | 0.77  | 0.54  | 0.07  | 0.91  |
| 11 |   | -0.77 | -1.67 | 0.27  | 1.71  | 1.87  | 1.80  | 3.33  | 1.97  | 0.93  | 0.73  | 0.44  | 0.11  | 0.89  |
| 12 |   | -0.97 | -1.67 | 0.33  | 1.84  | 1.90  | 1.89  | 3.07  | 1.97  | 0.76  | 0.51  | 0.42  | 0.12  | 0.85  |
| 13 |   | -1.15 | -1.81 | 0.37  | 1.90  | 1.91  | 1.87  | 2.02  | 1.92  | 0.30  | 0.29  | 0.42  | 0.13  | 0.73  |
| 14 |   | -1.19 | -1.91 | 0.36  | 2.01  | 1.81  | 1.80  | 2.42  | 1.36  | 0.01  | 0.22  | 0.33  | 0.18  | 0.62  |
| 15 |   | -1.15 | -1.83 | 0.47  | 2.04  | 1.74  | 1.72  | 1.97  | 0.90  | -0.40 | 0.21  | 0.25  | 0.21  | 0.51  |
| 16 |   | -0.97 | -1.47 | 0.56  | 1.98  | 1.77  | 1.50  | 1.50  | 0.54  | -0.56 | 0.08  | 0.25  | 0.32  | 0.46  |
| 17 |   | -0.76 | -1.30 | 0.59  | 1.84  | 1.54  | 1.32  | 1.18  | 0.30  | -0.77 | -0.05 | 0.25  | 0.33  | 0.37  |
| 18 |   | -0.46 | -0.89 | 0.57  | 1.71  | 1.29  | 1.12  | 1.02  | -0.02 | -0.85 | -0.16 | 0.20  | 0.41  | 0.33  |
| 19 |   | -0.36 | -0.43 | 0.51  | 1.39  | 1.13  | 0.98  | 0.83  | -0.50 | -0.88 | -0.19 | 0.09  | 0.46  | 0.15  |
| 20 |   | -0.08 | -0.11 | 0.40  | 0.91  | 0.70  | 0.85  | 0.62  | -0.57 | -0.83 | -0.20 | 0.02  | 0.44  | 0.18  |
| 21 |   | 0.02  | -0.04 | 0.34  | 0.49  | 0.53  | 0.60  | 0.35  | -0.67 | -0.92 | -0.22 | -0.02 | 0.35  | 0.08  |
| 22 |   | 0.08  | -0.03 | 0.16  | 0.30  | 0.27  | 0.27  | 0.01  | -0.69 | -0.64 | -0.19 | -0.02 | 0.18  | -0.03 |
| 23 |   | 0.06  | -0.07 | 0.04  | 0.08  | 0.14  | 0.20  | 0     | -0.44 | -0.37 | -0.06 | -0.02 | 0.03  | -0.04 |
| 24 |   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

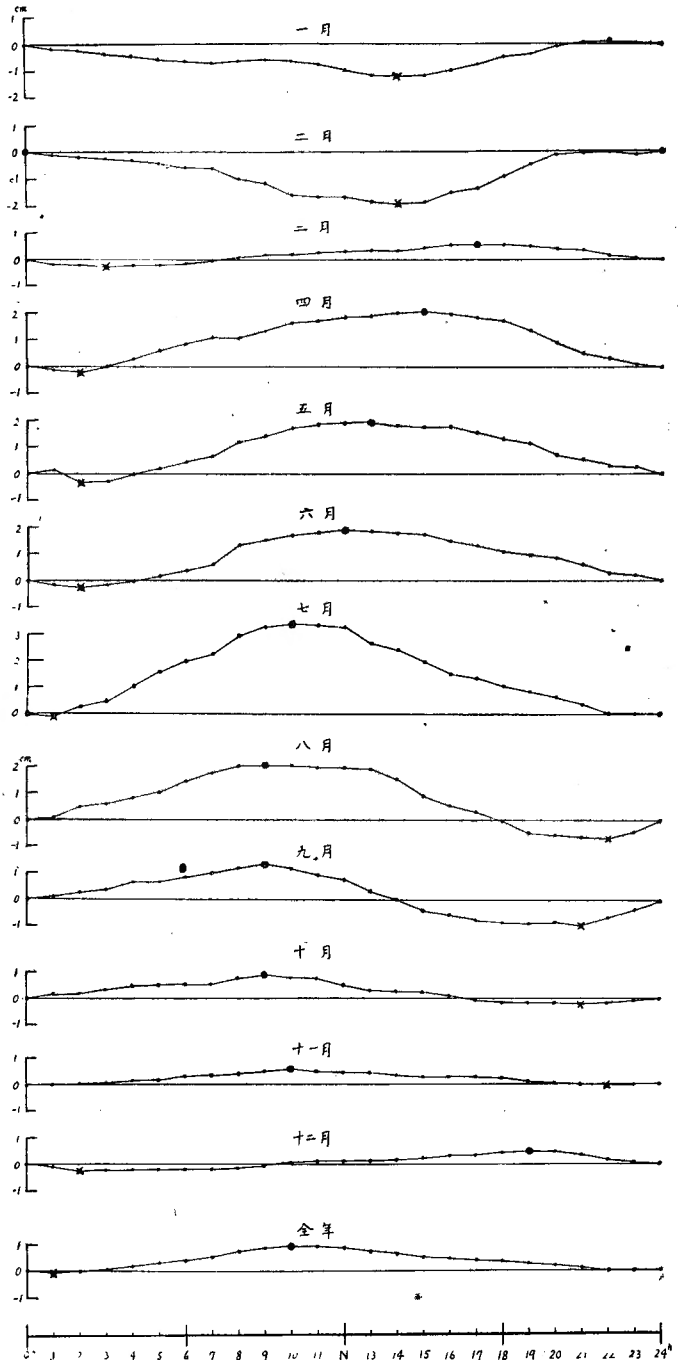
一日一日の日變化には多少の不規則もあり又半日變化も加はつて居る様に思はれる日もあるが、各月の平均日變化は第3圖の如く眞とに規則正しく、其の間に次の諸點が特に目を惹く。

(i) 日變化の振幅は盛夏に最大で(7月は平均3.3cm, 8月は2.7cm), 嚴冬之に亞ぎ(2月

は2.0cm), 暖寒兩期の轉換期即ち早春(3月は0.8cm)と晩秋(11月は0.5cm)とに最小である。第4圖(A)に振幅と季節との關係を示して置いた。

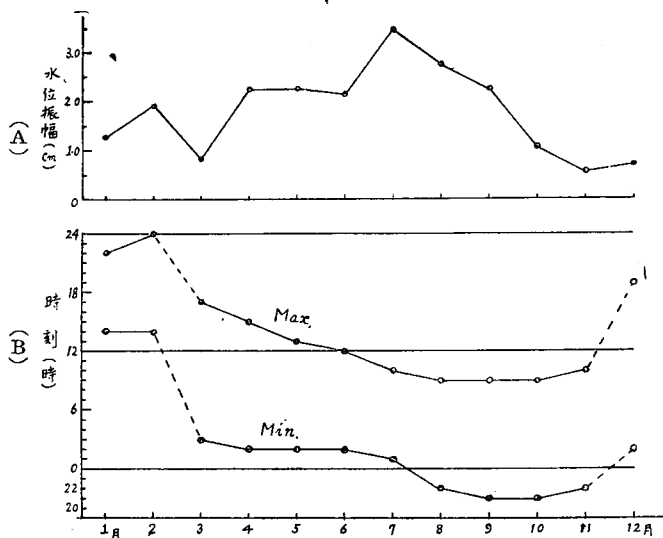
(ii) 夏期には水位の最高が午前9~10時内外に現はれ最低は22時乃至24時にある。之に反して冬期は水位最高が夜中の22時前後, 最低が晝間の14時頃に現はれ, 盛夏と位相が逆になる。

(iii) 暖期型と寒期型の轉換期は振幅最小であるが, 之を境に暖期は暖期だけ, 冬期は冬期だけで位相が月と共に多少づゝずれて行く。特に暖期に於ける位相のずれが規則正しい。即ち四月より八月までは漸次最高水位の時刻が早くなり, それから復た九月より十二月まで漸次遅くなる。其の狀況を第4圖(B)に示す。



第3圖 黒川水位日變化の各月平均

是等の諸性質より考察するに, 黒川水位の日變化が気温に最も密接な關係を有すること



第4圖 水位日變化の振幅及び最高最低の出現時刻と季節

だけは想像されるが、其の氣温が影響する仕方は暖期と寒期とで全く別種であることも亦想像に難くない。次に夫等の點を攻究しよう。

### III. 黒川水位日變化の原因

#### (1) 暖期型日變化の原因

先づ以て氣温が河水位日變化に最も密接な關係を有

することは第2圖でも明かであるが、更に此の點を明かにするため、阿蘇火山研究所觀測結果より此の年の各月平均氣温を取れば第3表の如くなり、それと水位日變化の振幅との對照圖を描いて第5圖を得る。

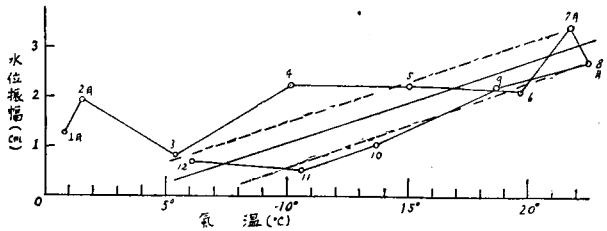
第3表 昭和15年6月~16年5月各月の阿蘇氣温と黒川水位日變化振幅

| 月        | I    | II   | III  | III   | V     | IV    | VII   | VIII  | IX    | X     | XI    | XII  |
|----------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 氣温 (°C)  | 0.82 | 1.51 | 5.40 | 10.10 | 15.22 | 19.67 | 21.74 | 22.46 | 18.61 | 13.64 | 10.60 | 6.03 |
| 水位振幅(cm) | 1.27 | 1.91 | 0.82 | 2.24  | 2.24  | 2.14  | 3.48  | 2.75  | 2.23  | 1.06  | 0.56  | 0.70 |

之を見れば、水位日變化振幅が大體に於て氣温と直線關係にあること明かで、兩者の間に密接な因果關係が窺はれる。而して氣温上昇期の三月より七月までが下降期の八月より十二月迄よりは同一温度なら振幅が割合に多くなつて居ることと、及び四月が異常に振幅大で六月が異常に小さいことは、後の議論の爲めに特に注意して置く。尙ほ、水位の極大極小時刻は氣温のそれと同じでもなく又後でもなく、常に數時間前である。例へば盛夏の最高水位は午前9~10前後にあることを併せ考へると、氣温の水位に及ぼす影響は勿論直接的ではなく、何かを仲介としての間接作用なることが明かである。然らば其の仲介者は何であらうか。

量水所設置當初に得た三四枚の水位日變化記録から筆者が初めに豫想した様な、氣温の

上昇が地下水温の上昇となりそれが粘性を減じて流動性を増すが爲に地下水の河水涵養を増大するといふ考へは放棄せねばならない。當初に得た水位日變化記録例へば拙著河



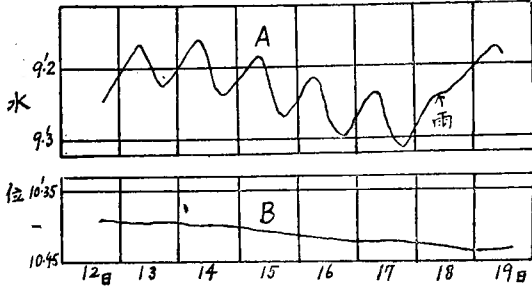
第5圖 各月の黒川水位日變化と気温

川學64頁に轉載したものは朝の10時頃急昇し夜の10時頃急下して居るが、其の間は多少の高低はあつても略ほ同高の水位を維持して居つたから、最高水位は午後遅くにあるものと思ひ、前記の様な豫想をした次第である。然るに其後多數の資料が集まつて本文第3圖の様な結果が得られ、水位日變化が平均的には正弦曲線状になつて最高水位時刻が明瞭に午前10時前後と確定した以上、水温粘性媒介觀は捨てなくてはならない。

そこで新に別な仲介者を探究捕捉する爲に、水位上昇率及び下降率の最大なる時刻を見ると、盛夏には前者は日出前後の気温最低時に近く、後者は午後數時間経つた気温最高時に近いことに氣付く。此のことから、筆者は水位日變化を植物の蒸散乃至地面蒸發による効果だと思惟せざるを得なくなつた。何ぜなら、蒸發蒸散の速度は午後の日照猛烈で気温最高な頃に最盛であらうから、地下水の減率亦最も著しく、延ひては其の河川浸出を減退して河水位の低下率を最急ならしめる。其より時刻が進めば気温も蒸散も漸減し、河水位の低下率も漸次小さくなり遂に水位最低に達する。然るに地下水流量は元來、一兩日位は餘り變らぬ性質のもので、蒸散が減すれば其の地の地下水は漸次恢復し行く筈であつて、而も恢復速度は蒸散損耗の最小なる時即ち日出前頃に最も迅速なるべきことは想像に難くない。かくて其の頃地下水流出最も優勢となり河水位の上昇率が最急となるも當然である。それより太陽登り気温も上昇して蒸散漸く活潑となれば、地下水従つて河水位の上昇率も漸衰し遂に午前9—10時頃最高水位となるであらう。

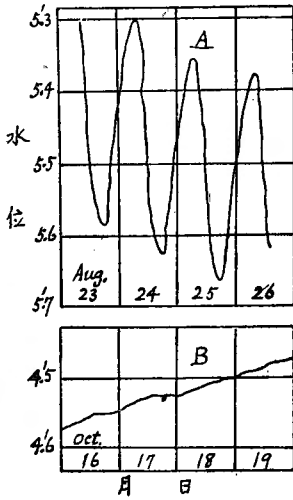
かく考へると、河水位の日變化が気温に密接な關係がありながら、気温よりも位相が進んで居る理由が諒解される。尙ほ此の考へを裏書する事實二三を擧げんに、地下水の日變化が殆んど黒川水位日變化と同じ位相で類似の形式を取るのである。量水所傍の井戸水位も自記させて居るが全く河水位と同變化をする。但し河岸の地下水位が河水位と同様の變化をすることは、必ずしも蒸發による結果とはいへず今の問題にはさしたる支援を與ふる

ものではないから、單に附近地下水位も河水位と同様の變化をして居ることを指摘するに止め、其の數値を掲示することは省略する。ところが米國でホワイト氏が植物の蒸散による



第6圖 White 氏の蒸散による地下水位變化報告

る地下水位日變化を觀測した報文を參考すれば、黒川畔の井水位及び河水位日變化が殆んど全く同位相であつて、兩者が同一現象なることを知るのである。第6圖は同氏報告中より轉載したものである。甲圖は九月 Utah 州の Escalante Valley



乙圖は同地方にある柳(Willow)の密生した處に於ける井水位變化で、Aは盛夏八月枝葉の繁茂して居る頃に顯著な日變化を現出する狀況、Bは同じ井戸で十月柳の葉が全部落ちて蒸散なき場合には殆んど水位日變化を示さぬ(詳しく見れば多少はあり、而も位相が少し遅れる)有様を示したものである。共に植物の蒸散が地下水位を午前最高、夕刻に最低ならしむることを明示して居るが、其の時刻は圖上で精測するに

八月：水位最高=7.45時、最低=18.2時

九月：水位最高=8.28時、最低=19.1時

となつて居る。共に黒川水位の最高最低時刻と略ほ一致し、僅に1~2時間早目に起つて居るにすぎない。而してこの1~2時間なるものは從來の出水現象から判斷して、黒川の水源地からの石的量水所へ流水の到達に要する時間なのである。

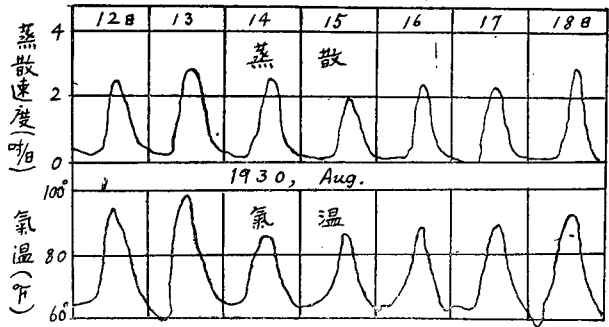
7). W. N. White: Fluctuation of Groundwater Level. Geol. Survey Water-Supply Paper, 659 (1932)



黒川流域では斯様な蒸散觀測はして居らぬが、然し勿論同現象が實在するに違ひないから、吾々の得た黒川水位日變化を蒸散・蒸發作用に歸するのは妥當と思はれる。

然るに蒸發や蒸散は氣温に左右されることを俟たぬ。但し氣温以外の要素にも關係するから、蒸發の年變化は氣温の年變化に大體隨伴するだけで充分には一致せぬけれども、日變化は蒸發特に蒸散と氣温

と殆んど完全に一致する。例へばテラー<sup>8)</sup>氏がタンク實驗で得た結果は第7圖の通りである。かくして結局、筆者は暖期に於ける黒川水位日變化の大部分を以て氣温が蒸發（



第7圖 蒸散の日變化と氣温日變化の酷似(テラー氏による)

蒸散)を仲介として惹起した現象に外ならぬと確信する次第である。又先きに指摘した様に三月~七月が八月~十二月よりも同じ氣温なら水位變化の振幅が幾分大なることは、前者が植物の發育期に屬し後者の植物凋落期よりは蒸散作用が活潑なるに歸因し、特に四月の異常な大振幅は新芽の伸長、新葉の發展に異常の水分を要する爲であり、又六月の異常小振幅は恰度梅雨期で濕分多く蒸發が割合小なる爲と解すればよい。かくて此等の事實も亦蒸散が水位日變化の主原因たることを裏書するものと稱してよい。

次に、最高最低水位の月による移動であるが、春秋には夏期よりは位相が遅れて發現し、且つ最低より最高に達する水位上昇期間が最高より最低に至る水位下降期間よりも長時間を費やし、而も其の傾向が秋に弱く春に著しい理由を考察せねばならぬ。之は畢竟、氣温其のものゝ類似な傾向と、植物の發育期であるか凋落期であるかに因るものと思はれる。

一體、盛夏には日出時刻は早く且つ日が出ると間もなく氣温はぐんぐん上昇して上昇期間は短く、之に反し夕刻の氣温低下は中々涉取らず緩慢で、下降期間が長い。然るに大地の冷え切つた寒期より暖期に移る春の四五月頃は、日出時刻が遅い上に日出後と雖も氣温の上昇緩かたで春霞なども多く、植物の蒸散が最盛となるのはどうしても夏よりは時刻が餘

8). C. A. Taylor: Rainfall-penetration and Consumptive Use of Water. Calif. Div. Water Resources, Bull. 33 (1930).

程遅れる。又日が傾いて夜に入る際の気温の低下は反對に夏より急である。従つて春季の水位日變化は、其の上昇期が遅れる上に長く続き、下降期が短くなるのは當然である。秋季の十、十一月頃に於ける水位日變化が上昇期と下降期と同じ長さになつて居るのは、此の季節が夏を受けて居る上に所謂秋晴で空氣が清澄であるから、日の出と共に気温が高まるのも日没と共に気温が下がるのも其の趨勢に大差なく、且つ植物も凋落期で落葉樹の多くは既に蒸散作用を停止して居るが爲と思はれる。それで上昇期短く下降期の長い盛夏に較ぶれば、秋期の最高最低水位時刻が多少ずれるのは當然である。

(2) 嚴寒期の水位日變化原因 一二月の嚴寒季に於ける河水位日變化は、第3圖の示す通り暖季のそれと位相が反對で、特に寒季より暖季に移る處は三月を境に二月と四月とが著しいコントラストを示し、兩曲線は殆んど鏡面に映る影像の關係に近い。而して三月のそれは全く四月分と二月分とを合成したものに當つて居る。此の事實は寒季に於ける水位日變化の原因が暖季のそれとは全然別物なることを物語る何物でもない。

尤も暖季より寒季に移る處は是程鮮明ではないが、それでも十二月を境に一月と十一月分とは大體反位相にあり、而も十二月分は三月分と殆んど同大同位相の變化をして居るのが目を惹く。只、秋境前の十一月分が春境後の四月分ほどに著しい日變化を示して居ないのは、既述の如く晩秋は落葉樹悉く凋落して蒸散なく之に反し早春四月は新葉發生して蒸散活潑となつた結果に外ならぬ。従つて嚴寒季の日變化原因が前記の暖季に於けるものと別物だといふことは、この變化狀況からも斷言出来る。

然らば其の別な原因とは何であらうか。其の第一原因は雪汁の効果であると筆者は考へる。緒言に述べた雪汁作用の諸例は何れも四月頃に發現して居るが、それは東北地方や山陰地方の如く餘程寒冷地のことであつて、阿蘇は其等に較べると随分緯度が低いから冬季中に現はれて差支ない。事實、阿蘇には冬季屢々雪が降るし、而も雪は平地や山頂では數日中に融けて仕舞ひ、たゞ溪谷だけに相當永く残留する。その溪谷の残雪でも毎日幾らづゝか融けて、再度の雪がない限り十何日も残るといふことはない。結局冬に降つた雪は冬中に融けて其の都度雪汁を流すわけである。従つて嚴寒中に雪汁による河水位の日變化が現はれるのも當然と思惟せられる。本地域の粗鬆なる火山灰溪谷内で緩徐に融ける雪汁は水源區の地下水増量となるから、其の効果は恰度蒸散効果の符號を反對にしたものに相當する。従つて融雪最盛時は水位上昇率最大の時刻に當り、最高水位は夫れよりずつと遅れ

て22時内外になるのであらう。

以上、筆者は暖季と寒季に分つて黒川水位日變化の原因を考究した。此の斷案に達する迄には二年餘の日子を費やし、其の間他の種々なる原因をも想定検討したのであつた。例へば、嚴冬中は晝に水位低く夜に高くなる原因を所謂凝結水に歸してはどうかと考へたこともある。換言すれば大氣中の水蒸氣が夜の寒冷によつて地上に凝結し水分を供給する爲ではないかと想像して見た。然しよく考へて見るに、成る程初冬の朝にはよく霜は降るが然し水量としては夏草の露繁きには及ばぬことに想到すれば、此の考へは受入れられぬ。冬の霜くらゐで一二月に見るほど夜分の河水位増高を來たすならば、夏の露は夫れ以上夜分に河水位を高めて晝間の蒸散効果を打消さなければならない。

次に氣壓の作用をも検討した。日々の日變化記象の中には往々正弦形狀を呈せず高水位と低水位とが二階段狀になつて居るのがあつたり、又月平均でも一月分の如きは確かに半日變化が相當加味されて居るので、氣壓作用が重要な原因の一つではないかと思つたこともあつた。それで第3圖の結果を各月別に餘弦級數に調和分析を行ひ、振幅と位相とを

第4表 水位日變化の調和分析、附氣壓分析

| 月   | 半 振 幅      |            | 位 相 角    |          |
|-----|------------|------------|----------|----------|
|     | 一 日 項      | 半 日 項      | 一 日 項    | 半 日 項    |
| 1   | 0.49<br>cm | 0.23<br>cm | 359° 42' | 280° 29' |
| 2   | 0.92       | 0.23       | 8 58     | 238 25   |
| 3   | 0.37       | 0.07       | 240 4    | 229 20   |
| 4   | 1.06       | 0.18       | 203 20   | 171 50   |
| 5   | 1.11       | 0.10       | 202 34   | 284 43   |
| 6   | 1.01       | 0.16       | 196 47   | 296 34   |
| 7   | 1.61       | 0.27       | 161 59   | 276 54   |
| 8   | 1.34       | 0.14       | 143 40   | 22 51    |
| 9   | 1.01       | 0.18       | 114 51   | 328 15   |
| 10  | 0.45       | 0.06       | 127 50   | 322 17   |
| 11  | 0.24       | 0.03       | 168 58   | 296 33   |
| 12  | 0.31       | 0.08       | 259 33   | 246 6    |
| 全 年 | 0.45       | 0.09       | 169 56   | 276 34   |
| 氣 壓 | 0.28<br>mm | 0.47<br>mm | 103° 33' | 312° 59' |

求めて見たが、第4表の如く半日項は一日項に比し、一月分の外は1/5~1/10程度の微量である。其れ位の微量は氣温の變化にもあるし測定の誤差や其他の不規則でも調和分析の上には出て来るであらう。然るに他方、氣壓の日變化は阿蘇では半日項が一日項より1.7倍近くもあるから、水位日變化の原因としては到底受入れられぬ。

又風の效果も考へて見た。或月の如きは山谷風の轉換時刻と水位の昇降時とが近い様にも見えたからである。然し一年分の觀測が揃つた後に検討を加へたところ、とても風的作用ではないことが分つた。位相もさうであるが、各月の平均風速値が全く水位日變化の各月相違を説明し得ないのである。

#### IV. 結 論

前述の所論を要約すれば

1) 吾々は阿蘇黒川で一年中規則正しい水位の日變化あることを確認した。

雪解期以外の自然的河水位日變化は從來殆んど報告に接せざる所なので、全く豫想外であつた。

2) 其の水位日變化の振幅は數糎程度であるが、盛夏に最大で七月には平均3.5cm、八月には平均2.8cmである。日によつては5cmを超ゆる事も少くない。本川の平水時は水深僅か七八十糎にすぎないから、五糎の變化は實に6~7%にも及ぶわけである。嚴寒一二月にも頗る顯著で二月には平均振幅2cmほどある。三月と十一月は最も小さく0.6~0.8cmにすぎない。

3) 水位日變化の位相は、暖季の四月より十一月までと冬季の一二月とで正反對になり、暖季は晝間に高水位冬季は夜間に高水位である。三月と十二月とは兩季の轉換期で、振幅が最小な許りでなく位相も兩期の間になる。

4) 轉換の狀況は三月を境とするものが特に顯著で、二月と四月の水位日變化曲線は互に全く鏡の影像の如く殆んど相等しき大ききの變化が正反對の位相を以て相對する。而して兩者の合成が三月の變化に殆んど一致する。

十二月を境とした轉換はそれほど迄にはないが、然し十一月と一月とは略ぼ影像關係を呈し、十二月の變化は大體前後兩月の中間にある。

5) 暖季の水位日變化振幅は大體氣温に比例して増減する。但し氣温上昇期の三月より

七月迄の方が、氣温下降期の八月より十二月迄よりも、多少水位の振幅が大きい。又四月は比較的異常に大きく、六月は異常に小さい。

6) 以上の結果から水位日變化の原因として、暖氣は蒸發特に水源地帯の植物蒸散作用に歸し、冬季は雪解水に歸した。暖季の水位日變化振幅が氣温に比例するのは蒸散が氣温に正比例するからである。又四月より七月までが八月より十一月迄よりも水位變化が幾分大なるのは植物の發育期と凋落期の蒸散差により、又四月の過大は新芽の伸長新葉の發展に特別多量の水分を吸収する爲であり、六月の過小は梅雨時の蒸發抑制によると解した。

7) 暖氣日變化の最高水位は午前9~10時頃で最低水位は20時頃になり、氣温の最低最高時より遅いが、之は氣温最低最高時は蒸散速度の最小最大を意味するまでで、結局水位上昇又は下降速度の最急なるを示すに過ぎないからだと解釋した。而して米國に於ける植物の蒸散による地下水日變化實測例を引用してそれが殆んど黒川水位日變化と同位なることを傍證とした。詳しく言へば兩者の間に1~2時間の位相差はあるが、之は黒川の水源地から量水所に出水の出現する時間に該當することを指摘した。

8) 冬季の日變化原因は雪解水の作用である。水源地に於ける雪汁の發生は暖季の蒸散による水分奪取と恰度反作用になるから、位相が暖季と正反對になつて然るべきである。阿蘇の雪は春に持越すことはなく、冬中に消えるのである。

9) 以上の斷案に達する迄に、凝結水や氣壓、風などの作用も検討したが、水位日變化の原因としては受け取れぬことを説いた。

終りに量水設備及び觀測費は學術振興會第4特別委員會の費用によつた。又觀測は主として竹原久氏之に當り、其の監督には南葉助教授を煩はした。茲に厚く謝意を述べる。