

# 降雨量と氣温に依る年流出量の決定

## Die Bestimmung des Jahresabflusses aus dem Niederschlag and der Temperatur.

Von Dr. W. Wunat, Fneiburg i. B.  
Wasserkr u-wirtsch. 15. Juli. 1938.

＊ 福 山 眞 三 郎

### 要 旨

流出量の決定は理水諸計畫に重要な問題であるが仲々困難なものである、此處に長年の記録の平均年雨量と年平均氣温から年流出量の査定の方法を譯してみた。

之が滿洲國に於て何の程度迄利用し得るかは今後の研究に待つとして滿洲の平均氣温が $-2^{\circ} \sim 10^{\circ}$ にあり年雨量も300~1,300m.m.程度にあるをみれば幾らか當てはまりはせぬかと思ふ何等かの参考になれば幸ひである。

水力調査に於ては使用し得る水量の決定が重要問題である。吾々はこれを直接測定する事が出来るが、水位の變動に對しては數年間の觀測表を用ひる、だがその表は今日非常に少ない、それに反して氣象觀測網が非常によく發達して居る處では、年雨量と觀測區域内の二、三の地點の平均温度との間に多くの問題がある。

先づ年流出量の推定のために此れ等の「データー」を如何に應用するかを説明せねばならぬ。

流出は降雨から蒸發を差引いて出て来るそして蒸發量は温度と共に上る、此等の三つ又は四つの大さの間には相互關係が存在する事は明かである、此の關係は統計等の方法に依つて圖や表を作つて十分明かにされる、此の様な利用法に對する最初の原理はH. Keller (1)に依つて示された此れは大陸の河は年平均温度 $24^{\circ}$ 、 $9.7^{\circ}$ 、 $1.6^{\circ}$ を持つ三つの組に分ける事が出来且各々の年蒸發量が110cm、55cm、18cmに當る事を示して居る。私は以前に(2)、此の研究を進め、蒸發が温度と共に斷へず上昇する事を證明し得る事を示した、それに依ると、蒸發は低温度に於ては徐々に、それに反し高温度に於ては急速に上昇する、その理由は水蒸氣の飽和壓は低温に於ては明瞭で無いが、高温度に於ては常に急速に發生する、此の蒸發の抑壓に對しては亦確實なる物理學、證明が與へられる、此處では大陸中の年温度の $-5^{\circ}$ と $10^{\circ}$ の間のみを取る、即アルプス地方を含む中部ヨーロッパの範圍である。 $-5^{\circ}$ は前年度の雪を戴ける地方であり、零度等温線は北アルプスの約2000m附近にあり、平均温度 $5^{\circ}$ はアルプスの1000m附近と、ドイツの中間山彙中、唯一つの100mの深さの所にある年氣温 $10^{\circ}$ は南西部の氣候的に最も恵まれた地方(ライレ河上流地方の平野)にある、中央ヨーロッパに於ける年雨量は500mmと2,500mmの間にある、個々の場所(Kolmer, Main, er Beckea)

では500mm以下にもなるし、それに反しLütschの調査に依ると高山地方では年3,000m.mから4,000m.mに近づく様である、然し流域(此處ではそれに就て取扱はぬ)に對しては此等の極値は問題にならない、Spielman(7)は降雨量と流出量と高度の間の關係を與へた、此の關係は瑞西2個々の流域に就て別々に述べて居る、私の研究は高度にも左右されるが、同時に全流域に對し普遍的な要素を示す氣温の影響を問題にして居る、上述の限界内で次の表に年降雨量 N (cm)、流出量 A (cm) と氣温 (c°) に依り同種の値を示した、その際に當然大雨量は一般に流域の高度、即低い平均氣温に結びつけられる。

t ↓	N→																					
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
-5°											123	133	143	153	163	173	183	193	203	213	223	233
-4°										110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230
-3°									98	108	118	128	138	148	158	168	178	188	198	208	218	228
-2°								86	96	106	116	126	136	146	156	166	176	186	196	206	216	226
-1°							74	84	94	104	114	124	134	144	154	164	174	184	194	204	214	224
0°						63	73	83	93	102	112	122	132	142	152	162	172	182	192	202	212	222
1°					51	61	71	81	91	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
2°				40	49	59	69	79	89	98	108	118	128	138	148	158	168	178	188	198	208	218
3°			29	38	47	56	66	76	86	95	105	115	125	135	145	155	165	175	185	195	205	215
4°		19	27	35	44	53	63	73	83	92	102	112	122	132	142	152	162	172	182	192	202	212
5°	12	18	25	33	41	50	60	70	80	89	99	109	119	129	139	149	159	169	179	189	199	209
6°	11	16	23	31	39	47	57	67	77	86	96	106	116	126	136	146	156	166	176	186	196	
7°	10	15	21	28	36	44	54	64	74	83	93	103	113	123	133	143	153	163	173	183		
8°	9	13	19	26	33	41	51	60	70	79	89	99	109	119	129	139	149	159	169			
9°	8	12	18	24	31	38	47	56	66	75	85	95	105	115	125	135	145	155				
10°	6	10	16	22	28	35	43	52	62	71	81	91	101	111	121	131	141					

此の表から一定の降雨量と一定の氣温に對する流出量を直ちに讀み取る事が出来る、尙任意の場合にも僅か挿入する事に依つて求められる。

然し流出量査定の爲に此の表から得た量はその正確さに就て詳細に研究するを要す、降雨から流出への移行の際一般的に氣温の影響が最も重大なものと考へられる、然し局部には別の種類の影響が重要な役割を演ずる。

先づ流域中の種々の滲透性がその一つである、此の表では滲透性は假定されて居る、その滲透性は流域に就て分類する事に依り判明し、且それに依つて例へばアルプスの礫硝不毛の岩山に見る様な大きな滲透性よりも僅かの滲透性に迄すつとその平均を近づける、前者に於ては流出量は實際には表で與へられるよりも多い、何故なら急速なる滲透に依つて蒸發から防かれる、中部ヨーロッパ

## Schwaben Flank

に於てその様な流域は例へば(シュワーベン)と(フランク)州の Jura 山脈更へ北部の Kalkalpen である、更に主要な風(此處では南西から西風だが)に對する流域の地形が流出量に對して重要である、風が山脈に向つて居る側(風上の側)では平均以上の流出量が培養され、遠きか側(風下の側)では平均以下である、後者を、風下の風に乾いた性質を與へ、風道で水蒸氣量を餘計に奪ひ去る一種の熱風に依つて説明する事が出来る。

更に一年中の雨の分布が流出量に取つて重要である、冬季降雨のある地方、例へば地中海沿岸では大陸内部の夏季に降雨の多い地方よりも同じ年雨量に對して多量の流出がある、上記の影響の外に尙澤山のものがある、それ等の中、傾斜、植物被覆の種類及び廣がり、最上部の地層の性質を擧げ得る、尙又現有水面の大きさ、位置が考へられる。

氣象的要素として氣温の外に氣壓、曇天、及び溫度割合が蒸發と共に流出量に影響する、斯くの如く殆んど無限のものが作用する、その中から明白な日常に大きな影響を持つ氣温のみを取出して居る、其の他の要素が同時に如何に強く影響するかは個々に觀察する事に依つて認め得よう。

結局只單に之が非常に度々生じようとも(K, Fischer (3)を参照の事)、所謂流出要素の使用に用心せよと注意せねばならぬ、降雨量を正確なる比例に約し、それに依つて區別し、亦同じ高さの地域(同様にその高温に對し)及び同一の氣候状態に於ては殆んど變化しない額をそれから引去ると云ふ様な方法で流出量は求められない、もし斯様に、二つの流域が2:1に比例する降雨量を持つならば流出量も亦此の比であるに違ひないと云ふのは全く間違ひであつて、先の流域に流出量は二倍たり遙かに多くなるだらう、此の表に従へば流出量は降雨量の比に近似して居ない、寧ろ平行的に進行して居る、その際二つの列の差異は一様に氣温に基いてゐる、それに依つて流出量は元來、高地に於て強い雨に依り増加し且低温と濕氣に依つて更に増加する事がわかる、表に追加をしなくて良い流域に就て、その使用法を説明しよう、例として Murg 河の上流(北方 Schwabwald)の Rukstein と Kniebis 附近の水源から Schimmunzach の合流點(支流は含まぬ)迄の181km<sup>2</sup>を取る。降雨量の決定の爲には Ruhstein, Rotmurg-Jügehaus, Kniebis, Fredenst 及び極く近くにある Rippoldsan, Zieselberg, Besenteld, Bühlerhohe, Hereuwies, の雨量觀測所を用ひる、雨の分布と降雨量はそれに依つて當然正確なものと見做される、溫度の決定には長年の觀測記録を持つ Fredenstadt が役立つ、後に必要になる、山地に於ける氣温低下の根據としてはこの流域から少し北にある Baden-Baden が問題になる、12年間の記録から計算した、流出量 A と降雨量 N の値は Trossbach (5) の著述に依ると、A=131cm/Jahr となつて居る、所がそれは尙流域の平均氣温が缺けて居る、此等は地點の不足から只極く稀な場合のみその報告だけで計算出来る、此の場合には結果只一つの地點(Fredenstadt)のみが問題になる。

然し氣温は高度と共に規則的に減ずるから小さな流域に關しては一つ又は二つの觀測所を考へるだけで十分である、Fredenstadt (海拔735m) の數年の平均氣温は6.7°であり、Baden-Baden (海拔213m) は9.3°である、高さの差522mに對し2.6°の溫度降下を示して居る、これは100mに就き

0.5° になる、此の温度の特別の値は一般に見られる、他の流域では 0.6° に上り、亦方々で 0.5° 以下に下る事があるがその差異は  $\frac{1}{10}$  程度に過ぎぬ、流域の平均標高は 100m 等高線を有する 70,000 分の地圖上で定める、その際に求積法は Meinardus (6.3) の方法を利用する、その方法を利用する、その方法は平面測量に依るのと同じ値を與へ且速かに目的を達する、

此れが爲に必要なる等間隔の點から網の目に對しては透明な方眼紙を用ひる、此れを地圖上に置き毎平方厘の角にその高さを記入する、此れに依つて此等の高さの算術平均を簡單に得る、此の際當然地圖上の  $1\text{cm}^2$  は約  $\frac{1}{2}\text{km}^2$  に當る此の方法を知らない人に簡單であると云ふ理由から推薦する。

流域の平均標高は 765m になる、この値は Frenndstätt より 30m 高い、依つて此の位置の平均気温は  $(0.3 \times 0.5^\circ) = 0.15^\circ$  減らさねばならない、上流の Musg 地方が平均気温  $6.55^\circ$  である、この數で表を仔細に研究すると降雨量 173cm、に對し流出量 127cm、である、觀測値は先に言及せる如く  $A=131\text{cm}$  で、此の温度計算では眞實の値と 4cm の差となつて居る。

此の計算で何が得られるか、温度を算出しないで流出量を見積らんとすれば只相似的な流域から流出要素を借りる様な不確實な方法か中部ヨーロッパに對する Keller の流出幹線を使用するより、後者は圖表的に又は公式  $A=0.884N-46$  に依つて此の場合は  $A=107\text{cm}$  を與へるが、此の値は眞實の値と 24cm 違つて居る、勿論 Keller は亦中部ヨーロッパに於ける流出量の最大限界を與へて居る、その限界線は公式  $A=N-35$  に依つて此の場合は 138cm になる、此れも亦觀測値より 7cm 多い、Keller は流出量をその上又は下の限界線に押しつける様な流域の特徴が無い時は気温が重要な役割を演ずる事を知つた、然し高度を利用して個々の流域に應用する迄に進められなかつた、且上の限界線に近づくと言ふ根據は此處では全く明瞭で無い。

吾々は気温の影響を採用して流出量査定に於ける重要な訂正を示した、一般に表の結果は多雨量で低温の流域に對する方が少雨量の氣象的に保護された地形を持つ流域よりも正確である、而も前述の流域は水力を得る爲に特に重要なものである、強い滲透性は益々流出量を増加し望ましい均一性を與へる、今の場合に實際の流出量が査定されたものより尙 4cm 多いと云ふ事は流域の殆んど全部が斑色砂岩に屬する特別な滲透性に歸す事は困難である、更に増加する原因としては屢々流域の特殊な地形が考へられる、上記の marg 地方は Schwalywald の西斜面でも無く、東斜面でも無く、却つて二つの南北に去る山背の間にある。

山地に於ける最大雨量は風上側や山背の上には無く、分流する氣流の爲に風の運搬力が弱る山背の彼方の場所にある、斯くして Marg 地方は西の山の斜面の風上の場所から一様にその水源に分配されて居る。

其の他に正確な降雨量と流出量の測定で尙 4cm の差があり、又年々地方で降雨量が 2:1 の關係にあれば流出量はずつと大きな程度に變化する事を知らねばならぬ、尙注意せねばならぬ事は、この述べられた方法は年雨量と年流出量に關して只長年間の觀測表の平均を考へると云ふ事であ

る、それ故に一個年の就ては勿論、より短い期間例へば四季の一つや、1ヶ月に就て、又は洪水量等の單獨の場合に就ては用ひられない、多雨期には積立られ、雨の少い期間にこの貯へから消量される、此れは短い増加期間で此れに続く期間の差引残高に影響する、だから一定時間の降雨量と流出量は直接の關係が少しも無い。勿論此處に氣温が亦重要な働をするか、他の要素との共同作用は複雑で簡単な表の形で現はす事は出来ない。

### 文 献

- (1) Keller, H, Ursprung and Verbleib Des Festlandniederschlags Jahrb, F, D, Gewässer Kunde Norddeutschl, Bes, Mitt, Bd, Z Nr 7, 1914.
- (2) Wundt, W, Das Bild Des Wasserkreislaufs Ost- und Nord-Fr. her Und Nener For- chungen, Mit, D, Reichsarb, D, D', Wasserwirtschaft Nr 44, 1938.
- (3) Fischer, K, Ziele Und Wege Des Untersuchens über Den Wasserhaushalt Des Flurs gebiete, Mitt, D, Reichsarb, D, D', Wasserwirtschaft Nr. 40, 1936.
- (4) Wundt, W, Beziehungen zwischen Den Mittelurten Von Niederschlag, Abfluss, Verdunstung und Lufttemperatur Für Die Landflächen Der Erde D', Wasserwirtschaft 1937 Heft 5 u, 6
- (5) Trossbach, G, Niederschlag Und Abfluss in Württemberg Und Hohenzollern Mit t, D, Reichsarb, D, D', Wasserwirtschaft Nr 36, 1935.
- (6) Meinardus, W, Eine Einfache Methode Zur Berechnung Klimatologischer Mittel werte Von Flächen, Meteorolog, Zeitscha, 1900 S, 241.
- (7) Spillmann, G, Der Uatürliche Wasserbaushalt im Aaregebiet, Wasserkrab' Und Wasserwirtschaft 1935 S, 25.

## ロシア土木工學の研究

南滿工專教授 原 田 千 三 著

定價 ¥ 2.00

### 内 容 目 次

- |   |   |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 凍結土並に永久凍土層内に於ける路盤の凍上と其の改良法</li> <li>2. 永久凍土層概論</li> <li>3. 永久凍土層賦存地域に於ける水源に就て</li> <li>4. アムール鐵道に於て凍結土内に給水管を敷設したる實驗報告</li> <li>5. 凍結土並に永久凍土層の掘鑿法</li> <li>6. 永久凍土層内の基礎建造法</li> <li>7. 永久凍土層内の構造物</li> <li>8. 氷上滲出水に就て</li> <li>9. 防雪林に就て</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>10. 冬期給水網を間斷なく正確に操毀する方法及給水に必要な充分な水量を水源より確保する方法</li> <li>11. 舊東支鐵道に於ける軌條毀損に對する氣温の影響に就て</li> <li>12. 酷寒の鐵道建造物、輪轉材料及作業に及ぼす影響</li> <li>13. ソ聯邦・鐵道橋下部構・設計示方書</li> <li>14. 鐵道の氷上渡河法</li> <li>15. ソ聯邦各鐵道の橋梁設計に用ひたる標準列車荷重</li> </ol> |
|---|---|