

1. はじめに

積雪は、山岳地帯や北方の地方では、量的に降水量として大きいし、それ自体が天然ダムの働きをしていて、資源的には有利であるが、積雪量の推定やそれからの流出量の推定は非常に難しい。積雪量の推定には、いくつかの地点の雪の状態を調査し、それに基づいて、流域の積雪量や積雪水量を推定する試みであるが、多くの場合、積雪調査地点への到達は重労働であるし、積雪の状態が場所により非常に異なり、雪の密度も地点毎にまちまちで、全体の水量を推定することは、最近でこそ航空写真による試みもなされているとはええ、至難の業である。ましてや、融雪の問題となると、要因(日射量・温度・湿度・地熱・風などの気象的要因、地形・流域の位置・方向などの地理的要因など)の多様性のために、一般的には、ハイドログラフの推定は、積雪量の推定以上に困難である。しかしながら、長期間の融雪量の推定は、気象的な融雪の原因を考慮しなくてもよく、積雪量の推定と同じ意味を持つので、ハイドログラフの推定よりは容易であろう。また、後に見るような雪計が年流出量に大きなウェイトを占める流域では、積雪による水の貯存量を知ることは、必要なことであろう。

2. 方法と目的

米国加州の American River では、四月一日の時点を目安として、積雪調査資料と降水量及び過去の流出量に基づき、式軸図法による四月から七月の四ヶ月間の流出量の長期融雪予報が行われている。

もとより、融雪流出量は、各要因と線型関係にはなく、非線型関係をも表現し得る式軸図法は有効な方法であると思われるが、式軸図の作成は面倒で、作成者による差がでてくる。また、非線型性がそれほど強くない場合は、線型図帰帰型でもよい場合が多い。

American River の方法は、示数を計算するための係数の決定や結果の利用などその詳細は明らかでないが、上記の方法を参考にして、4節で述べるような方法で、変数(示数)を計算して、線型図帰式により、長期間の流出量の推算を行おうとするものである。

3. 対象流域について

対象とした流域は農林省により管轄されている宝川森林水試験地である。宝川は利根川水系藤原ダム上流の右支川で試験流域の面積は1905.66haである。流域界は上越国境の本州の脊梁山脈からなり、急峻な山岳地帯で高度は最高尾1945m(朝日岳)、最低部は約800m、平均高度1391m、平均傾斜 $24^{\circ}05'$ 、平均方位 $S72^{\circ}30'E$ のほぼ長方形の流域である。(図-1)

図-2に、初試験基地の降水量と対象とした宝川本流の流出量及びそれに隣接する初試流域の流出量が描いてあるが、冬期降水量が大きく、梅雨・台風の影響を受けていないことがわかる。山岳部であるため、冬期の降雪が大きく、従って、雪計が大きいのが特徴である。融雪の影響が大きと思われる四月~七月の四ヶ月間の流出量と全年の流出量の比較が表-1に示されているが、前者は

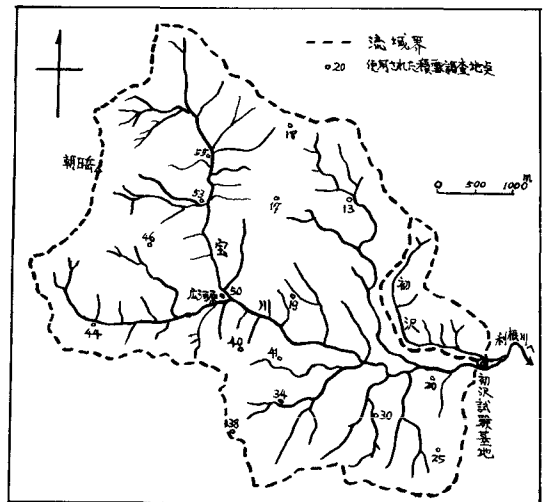


図-1. 流域概要図

後者の約75%にも達し、基地降水量に匹敵する同様な値と比較すると2倍以上になっている。雪以外の影響をも受けている利根川下流部の布川地災(流域面積12,485km²)の流量について、同様な値を計算すると、実川における雪の影響は明白である。また、基地年降水量と本流年流出量を比べると、流出量の方が遙かに多くなっているが、これは、基地降水量が本流の降水量を正しく表わしていないことを示している。しかし、有雪期以外では、基地降水量の方が流出量より大きい月もあるので、冬期降水量の把握が充分でないことがわかる。この原因としては、降水量への高度の影響と共に、冬期の裏日本の降雪が背梁山脈を越えて大きく影響しているものと考えられる。

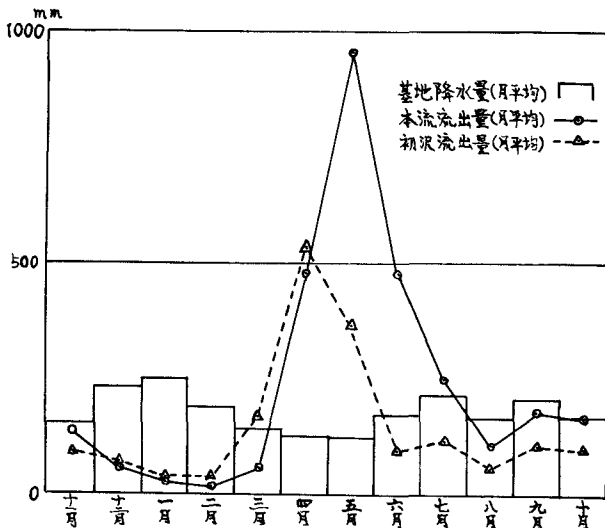


図-2 月平均流出量と月平均降水量

以上よりわかるように、基地降水量だけからでは、本流の水収支は把握できないことは明らかである。それ故

に、積雪調査資料が必要であり、本論で利用された調査地災は、図-1に示された16地災である。

4. 示数(変数)の決め方

前節で述べた宝川流域での四月から七月までの四ヶ月間の流出量を推定するために表-2の如き5個の示数(変数)をとる。積雪示数の計算に必要な降水量を除いて、必要な資料は月降水量、月流出量及び積雪資料である。原則として、示数は四月一日の時災での値を標準にする。

(1) 積雪示数(X₁)

積雪調査により、各調査地災での水当量を決定し、調査日と流出量を推定する日(毎月一

水 年	本 流 流 出 量			基 地 降 水 量			布 川 流 量		
	4月~7月 流出量 (mm) A	11月~10月 流出量 (mm) B	(%) A/B	4月~7月 降水量 (mm) A	11月~10月 降水量 (mm) B	(%) A/B	4月~7月 流量 (m ³ /s・day) A	11月~10月 流量 (m ³ /s・day) B	(%) A/B
1939	2503	3047	82	461	1990	23	21385	79149	27
1940	2626	3162	83	508	2109	24	13034	56817	23
41	1926	2672	72	734	1963	37	51130	100885	51
42	1741	2571	68	626	1932	32	14107	59810	24
43	2306	2947	78	340	2080	16	22219	90504	25
44	2766	3301	84	696	2047	34	14056	52666	27
1945	3152	4116	77	697	2846	24	36849	104092	35
46	2153	2873	75	541	2008	27	16113	70064	23
47	2575	3305	78	661	2303	29	29002	53117	55
48	1807	2615	69	779	2114	37	36128	111561	32
49	1920	2844	68	644	2156	30	26965	94482	29
1950	2246	3167	71	836	2329	36			
51	1706	2280	75	521	1764	30			
52	2280	3041	75	728	2258	32	31871	69846	46
53	2025	2904	70	763	2113	36	34867	87025	40
54	1751	2409	73	736	2018	36	33462	74749	45
1955	1828	2597	70	546	2185	25	20282	75597	27
56	2073	2661	78	688	2065	33	31540	77037	41
57	2190	2835	77	579	1936	30	26815	88989	30
58	1157	2265	51	552	2204	25			
平均	2137	2880	74	632	2121	30	27049	79199	34

表-1 融雪水量の割合

日)とか同一日とは限らないので、調査日と推定する日の間に、もし降水があれば、水当量に加算し、調査された水当量を修正する。その値の各地災での四月一日における平均水当量に対する%でその地災の積雪示数とし、全地災の積雪示数平均値をその時災での積雪示数とする。(図-3) 本論では、基地降水量により各地災での水当

指示數	地產稅率	⑤ + ⑦	⑥ X ②	降水量	測定值	水熱量	調查日	平均水產量	修正日	降水量	積雪地	積雪量
④		⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①			

図-3 積雪示数の計算

(2) 降水示数 (X_2 及び X_3) 十一月から三月までの降水に関するものが X_2 , 四月から六月までの降水に関するものが X_3 である。各月の降水量に「重み」をつけて加算し、平均値に対する % で示す。(図-4) 「重み」については、無雪期の流出率を考慮して、四月を1.0として、適当にふり当てた。

[illegible]

図-4 降水示数の計算

(3) 流出示数 (X_3) 十一月から三月までの流出量を小数以下を切り捨てて使う。(関-5)

期 間	2月1日	3月1日	4月1日
11月~1月流出量			
2月流出量	16		
3月流出量	45	45	
11月~3月流出量			

图-5 流出示数

(4) 前年度流出示数(X_4) とは抜けて異常な値の出現を防ぐために用いられる示数で、前年度の四月から七月の四ヶ月間の流出量の1/40を用いる。

以上のようにして求められた四月一日の時気下の示数が表-2及び七月一日の時気下の示数が表-3に示されている。使用された資料は「森林理水試験地観測報告」(昭和36年3月 農林省林業試験場)、積雪量調査資料などより整理して使用した。

1)	割別流出量	4月1日	11月~3月	11月~3月	前年割別~7月	4月~6月	割別流出量	4月~6月	割別流出量
----	-------	------	--------	--------	---------	-------	-------	-------	-------

水年	割別流出量 (mm) Y	4月1日 積雪示数 X_1	11月~3月 降水示数 X_2	11月~3月 流出量 (mm) X_3	前年同月~ 流出量 (mm) X_4	4月~6月 降水示数 X_5	算定流出量 (mm) $\hat{Y}$	4月~6月 降水示数 X_5	算定流出量 (mm) $\hat{Y}$
	(7)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(5)	(6)
1939	2503	134	111	179	260	273	2838	253	2770
1940	2626	122	134	227	250	273	2591	230	2445
41	1926	70	83	317	263	273	1742	284	1780
42	1714	81	83	339	193	273	1708	249	1626
43	2306	137	122	170	174	273	2631	161	2250
44	2766	126	108	186	231	273	2616	302	2714
1945	3152	160	157	288	277	273	3282	248	3197
46	2153	98	103	320	315	273	2361	187	2069
47	2575	112	108	288	215	273	2303	339	2527
48	1807		71	247	258	273	(1850)	272	(1846)
49	1920	76	88	459	181	273	1550	367	1869
1950	2246	94	104	473	192	273	1876	396	2293
51	1706	82	92	378	225	273	1807	251	1732
52	2280	106	100	378	171	273	2043	4~6月	2148
53	2025	81	82	268	228	273	1836	300	1927
54	1752	73	85	343	203	273	1603	369	1929
1955	1828		110	240	175	273	(2186)	271	(2178)
56	2073	104	102	298	183	273	2071	306	2183
57	2190	108	81	185	207	273	2248	207	2024
58	1157	86	90	285	219	273	1885	193	1614
平均	2137	103	101	290	221	273	$\frac{2166}{(2151)}$	275	$\frac{2172}{(2156)}$

表-2 四月一日の時刻での示教

表-3 七月一日の示数

5. 計算結果

前節のようにして求められた七月の示数を用いて、
 回帰式を計算すると

$$\hat{Y} = 16.6139X_1 - 0.1013X_2 - 0.3196X_3 + 3.0088X_4 + 3.3959X_5 - 1029.2$$

のようになり、四月一日及び七月一日における結果が
 表-2及び表-3、図-6及び図-7に示されている。表-2、
 表-3の()の数値は X_1 のない回帰式で計算された。

二月、三月では積雪示数決定のために十分な資料が得
 られなかったため、 X_1 を抜かして、四月の示数を用い
 て次のような回帰式により計算された。

$$\hat{Y} = 15.4316X_4 - 0.6980X_5 + 1.2896X_6 + 1.1395X_7 + 193.1$$

各月における誤差の二乗平均の平方根の平均値に対す
 する相対誤差が図-8に示されている。月が進むにつれ
 て、相対誤差が小さくなっているのは当然であるが、

上の方法では、例えば、五月一日の時点で流出量を推
 定する場合、四月中の流出量は既知なのにもかかわら
 ず、四月から七月の四ヶ月間の流出量を推定するとい
 う実用上、いささか不合理な点がある。一旦、四ヶ月
 流出量を推定して、既知の流出量を差し引いて残りを
 推定値とすることも考えられるが、これだと推定誤差
 が、残りの推定量に全部かかってくるので、精度の点
 で実用にならない。そこで直接、残りの流出量を推定
 すべく、各月毎に回帰式を、既知の流出量の項を新た
 に増して計算を行って、相対誤差を示したのが、図-8
 の'○'で表わしたものである。短期間の推定だとやはり
 精度が落ちることがわかる。なお、計算には、法政大
 学計算センターを利用した。

6. 結論

積雪資料の長期融雪量推定への利用を試みた訳であ
 るが、精度の向上を計るには、各示数を計算するための修正係
 数の検討あるいは、各示数それ自体の検討も必要であろう。今
 回の四ヶ月流出量の推定に関しては、ほとんどの結果が得られ
 たと思えるが、積雪示数の役割は、今少し検討の余地がある。
 また、実用に供されるには、推定誤差範囲も明確にしておかね
 ばならないだろう。

本論をおわるにあたり、宝川森林理水試験地関係の方々、並
 びに、本研究の切掛をつくって下さり、種々の点で御教示頂い
 た竹内俊雄先生に深く感謝の意を表します。

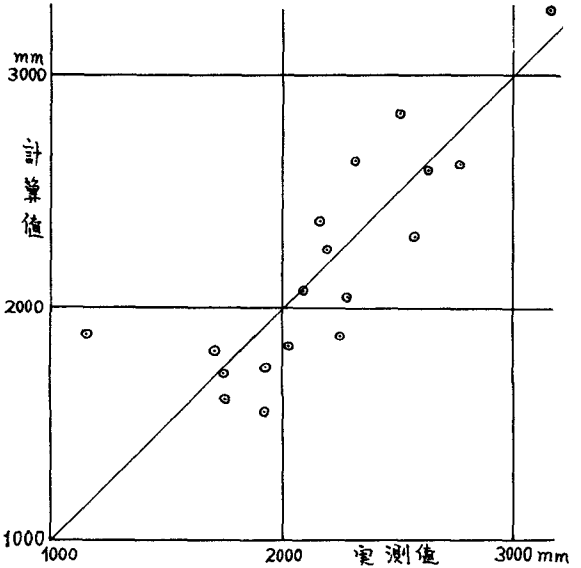


図-6 四月一日の時点での実測値と計算値の比較

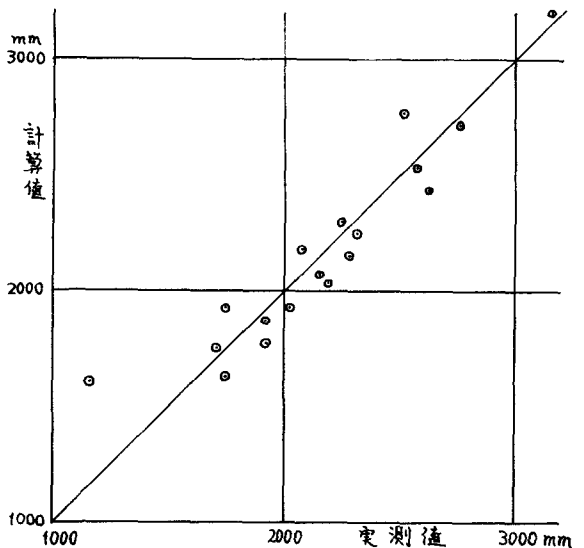


図-7 七月一日の時点での実測値と計算値の比較

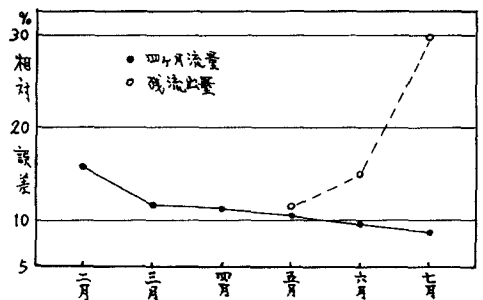


図-8 相対誤差の推移