



Title	2. 然別湖流域の水文学的調査 最終報告 : (長期気象予報を加味した湖水位復元予想)
Author(s)	孫野, 長治; MAGONO, Choji; 織笠, 桂太郎 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 7, 17-29
Issue Date	1960-03-07
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.7.17
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13818
Type	departmental bulletin paper
File Information	7_p17-29.pdf



2. 然別湖流域の水文学的調査 最終報告

(長期気象予報を加味した湖水位復元予想)

孫野長治・織笠桂太郎

(北海道大学理学部地球物理学教室)

一 昭和 34 年 10 月受理

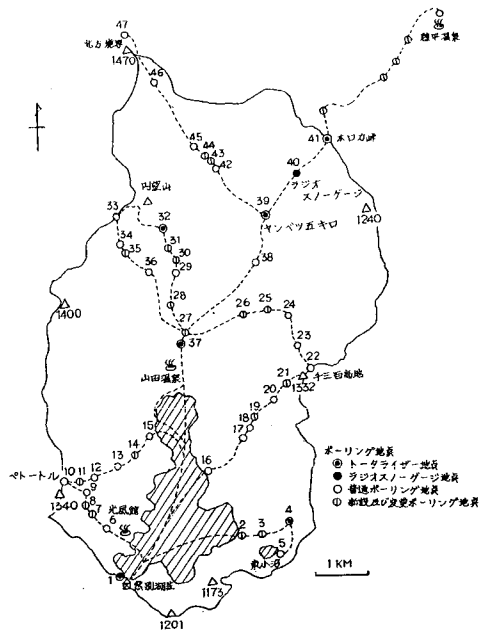
I. 序 言

本調査の実際的な目的は然別湖流域の3月末の総積雪水量を基礎にして、以後観光シーズンまでの融雪の流出による然別湖の水位の上昇量を予報するにあつた。調査を続けるうちに、積雪水量調査後に降る雪や雨（以後まとめて降水と称す）の年による変動量も無視できないので、流域内の降雨の特性をも調べるため年間を通じての降水量の測定も行つた。

1954 年以來の結果は速報 29 回、年間報告等 5 論文^{1)~5)}に報告されたが、ここにこれまでの要約と、これまで触れ得なかつた点、特に気象台の長期予報を加味して試みた水位上昇予報の結果を報告したい。

II. 積雪水量及び降水量の絶対量

総積雪水量の測定は予報の基礎になるので毎年最も力をそそいで行なつた。測定は、スノーサンプラーのボーリング法により、最も多い時は第 1 図 (1958 年) の如く測点が 47 点に及び 1 点が 10 本程度のボーリング測定の前平均値であるから、測点密度は充分と考えられる。

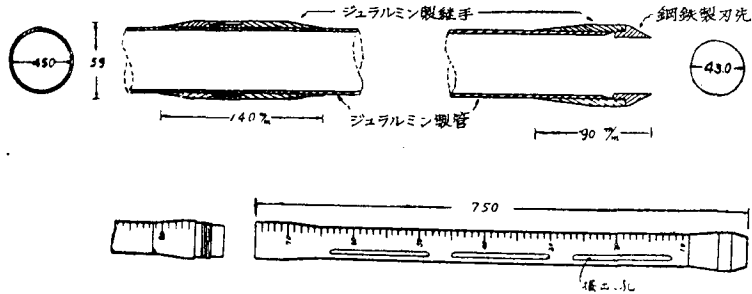


第 1 図 1958 年の積雪調査コース、ボーリング地点、ラヂオスノーゲージ地点 (●印)

- 1) 東 晃, 樋口敬二, 板垣和彦; 然別湖流域の積雪水量調査, 北大地球物理学研究報告, 4 (1956) 65.
- 2) 東 晃, 小元敬男; 然別湖流域の夏の降雨特性, 北大地球物理学研究報告, 4 (1956) 81.
- 3) 孫野長治, 織笠桂太郎; 然別湖流域の水文学的研究, 北大地球物理学研究報告, 5 (1957) 45.
- 4) 孫野長治, 織笠桂太郎; 然別湖流域の降水の特性, 北大地球物理学研究報告, 5 (1957) 67.
- 5) 織笠桂太郎, 孫野長治, 菊地勝弘, 高橋劭, 中村勉; 続然別湖流域の水文学的研究, 北大地球物理学研究報告, 7 (1959) 1.

II, 1 スノーサンプラーの精度

使用したサンプラーは第2図に示す如く採雪面が直径43mmの丸刃型である。大沼⁶⁾によれば押込抵抗が最も小さい型である。ただ径がやや小さいので採雪率は積雪深にもよるが本流域のように1~2mでは90%程度と考えられる。したがってこれまでに吾々の出した値の約110%が流域の積雪水量と考えられる。しかしこの種の補正は通常施さないことになっており、他と比較のためもあるので特に絶対値が問題にならない限り採雪率は考慮しないことにする。



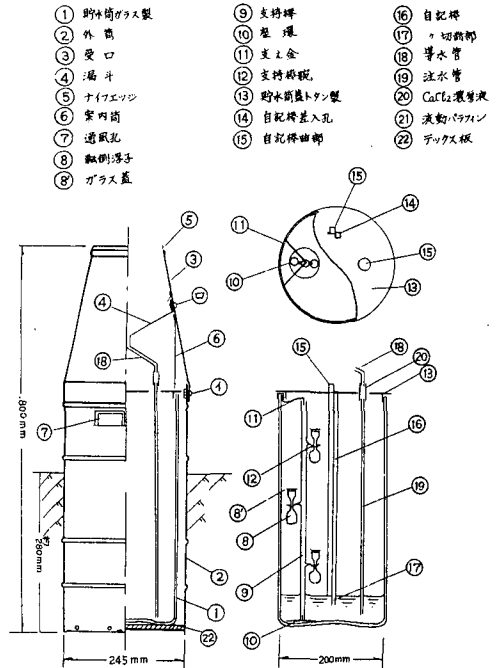
第2図 スノーサンプラー

II, 2 森林補正係数

森林内の積雪水量はボーリング箇所による偏差が大きいため従来は樹木のない開地の測定値を基礎にして補正係数をかけて推定することになっている。しかしこの流域の如く森林面積が全体の90%前後を占める場合は補正係数の選び方次第で総積雪水量が決ってしまう。そこで1956年⁷⁾からは特に森林内の積雪水量を開地と同程度の精度で観測した。更に湖岸附近の密林中でも開地との精密比較測定を特に行つた結果、密林地帯の積雪水量は附近の開地の50~60%に過ぎず、流域全体としては開地の70%が実際の平均積雪水量であることがわかつた。この値は菅谷⁷⁾の評価を基礎にした85%より相当に小さい。

II, 3 降雨量

第3図に示すような菅谷式積算自記雨量計⁸⁾



第3図 積算自記雨量計

- 6) 大沼匡之； サンプラーの押込抵抗，雪水，21 (1959) 1.
- 7) 菅谷重二； 積雪量の定量的調査について，大雪山積雪水量及び流量調査，安本資源委員 (1948) 1.
- 8) 菅谷重二； 山地雨量研究用自記雨量計の製作とその使用，水害の総合的研究 II，農業物理研究所 (1949) 1.

を6~7個設置して大体2カ月おきに年6回の巡視を行い、期間別の降水量を求めた結果、積雪水量は降雨量の大体2カ月分にしか相当しないので降雨量の年による変動が水位予報に重要なことがわかった^{2),3)}。

また密林内の降雨量(地面への到達量)を開地と比較すると18%が樹冠に遮られていることがわかり^{4),5)}、流域全体としては約10%の補正が降雨の場合にも必要と想像された。しかし開地における雨量計の雨滴の捕捉率が風のある場合は90%と考えられているから差引降雨の場合の補正は本流域に限り必要なしと思われる。

曩の期間のためにトータライザーを6~7個設置してその降雪に対する捕捉率を調べたところ場所によつて40~110%も変動していることがわかった³⁾。しかし年による変動は比較的少ないので場所毎の捕捉率を知つておれば使えるように思われる。しかし主風向が特に変つた年³⁾ではやはり捕捉率も変動するので融雪期の降雪にのみ補助的に使用し、捕捉率も平均をとつて70%とした。この値は通常よく使われる値である。

III. 流出率, 地熱の影響及び代表測点の選定

III, 1 流出率

初年度には4~7月の実際の流出量は予報の半ばにも満たなかつた。これは3月末の総積雪水量を過大見積した故もあるが、7月末までの流出率が47%と稀にみる少ない値であることに気付かなかつたのが主な原因である。流出率の小さいのは流域に漏水が多いためとも考えられるので、年間を通しての流出率を測つたところ大体80%³⁾となり、これは通常の値であつて漏水が多いわけではないことがわかつた。考えられることは、この流域は滲透水による貯溜分の多いことが原因であつて、一年を通じての流出³⁾を調べてみると融雪水は夏までかかつて少しづつ流出し、また秋の降雨は冬期間中も涵れることなく流れていることから想像される。

本州の流域でも融雪期に融雪水の貯溜が最大になることが報告³⁾されている。

III, 2 地熱による融雪

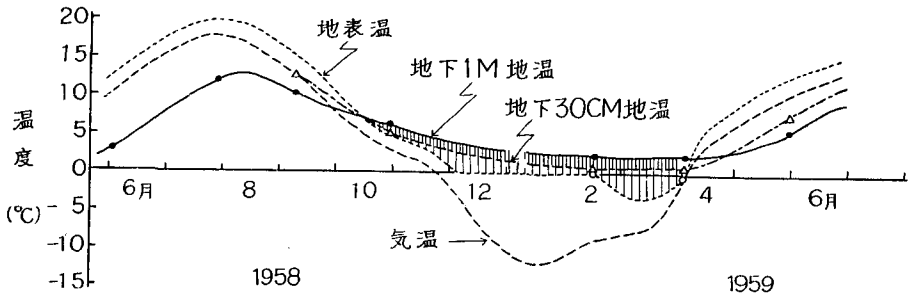
冬期間中も流域の主流をなすヤンベツ川が涵れることなく毎秒1トン前後の水が流れていることは、地熱による融雪水とも予想されたので、後半の3カ年に地温の年変化を測り(第4図参照)、冬期間中に地下1mから地表に流れる熱量を測定した結果⁵⁾、その熱量が全部融雪に使われたとしても冬期間の流出量の3割位しか説明できず、殆んどが地下の滲透水によるものと考えられるに至つた。

III, 3 積雪水量及び降水量に関する測点の代表性

将来は積雪水量及び降水量の測点の数を減らして全体を推定する必要がある。原則的には流域の中心附近で面積平均高度附近の高度の平地がよい訳であるが、観測に便利な候補地点を

2), 3), 5) 前出

9) 大沼匠之; 山地積雪に関する研究, 第1集, 農業総合研究所, 雪の研究第4号(1956) 40.



第4図 地温(地下1m, 30cm及び地表)の年変化(1958-1959)

陰影を施した部分の面積が地下1m及び地下30cmから地表に流れた熱量に比例する。土の熱伝導度は現地で実測の結果 $13 \times 10^{-3} \text{ cal/cm}$ であった。

えらんで、その場所の測定値と流域全体の平均値を比較した結果⁵⁾、スノーゲージ地点(第1図参照)は積雪水量に関しては非常に代表性が優れており、過去4年間の開地平均積雪水量との最大偏差は $\pm 3\%$ に過ぎない。また然別湖荘前のトーマベツ川堰堤側の台地は $\pm 10\%$ の最大偏差で一致することがわかつた。後者の一致度はあまりよくないが観測には便利である。

然別湖荘前の雨量計位置は吹きさらしのため積雪の測定には適しないが、降雨量に関しては第1表に示す如く流域平均の90%にあたり標準偏差は $\pm 15\%$ になる。以後欠測部を北電然別湖荘測定値で補正する場合に前述の割合を使つてゆく。

第1表 降雨量に関する北電(然別湖荘)測定値の代表性

期 間	北電測定値	湖荘前積算 自記雨量計	流域平均 降水量	b/a	c/a
	a (mm)	b (mm)	c (mm)	(%)	(%)
1956年 月 日 ~ 月 日	5.22 ~ 7.27	446	411	113	104
	7.28 ~ 9. 9	118	134	93	106
	9.10 ~ 11.13	462	491	122	126
1957年 月 日 ~ 月 日	4. 1 ~ 5.29	192	237	116	143
	5.30 ~ 7.28	245	227	110	103
	7.29 ~ 9.24	474	488	91	94
1958年 月 日 ~ 月 日	9.25 ~ 11.12	310	366	97	113
	4. 1 ~ 5.22	113	130	105	120
	5.23 ~ 7.28	196	256	81	106
	7.29 ~ 9. 6	392	364	97	90
	9. 7 ~ 10.30	252	316	88	110
					101 \pm 12

平均及び
標準偏差

IV. 湖面水位の復元に関する予報

IV, 1 過去の予報と成果

最後に本研究の実用上の目的である湖水面の上昇予報の実績を調べてみよう。最初の2年

は7月末日までの水位上昇を積雪水量を基礎にして予報した。しかし4月以後の降雨量の年偏差の方が遙に大きいので降雨量の予報ができない限り精確な予報は原理上無理なので後半は5月末日の水位予報にきりかえた。それにしても予報の実績は芳しいものではなかつた。第2表は過去8回の予報と実際の水位上昇を比較したもので、表の各欄について説明する。

第2表 流出による湖水位上昇予報の変遷

予報発表期日 (年月日)	予報目的期日	使用流出係数 a'	使用森林補正係数	平均積雪水量 A (cm)	予想降水量 B' (cm)	予想水位の上昇 H' (m)	実際の降水量 B (cm)	実際の水位上昇 H (m)
1954. 4. 2	7月31日	1.00	1.00	48.3	40.9	11.1	27	4.4
4. 27	"	0.71	0.85	41	"	7.2	"	"
1955. 3. 31	"	0.47	"	38	"	4.2	44	6.5
1956. 3. 29	5月31日	0.60	0.70	34	23	4.4	16.4	3.4
1957. 4. 15	"	0.63	0.80	34	"	5.9	17.6	3.4
10. 25	"	0.40	0.70	31	"	3.1	"	"
1958. 4. 28	"	"	"	41	"	3.3	13.4	3.4
1959. 4. 30	"	"	"	34	"	2.9	37.3	4.9

備 考

$$\text{流出率} = \frac{\text{4月1日から予報目的日までの湖水への流出量}}{(\text{湖面を除く流域面積}) \times A + (\text{流域面積}) \times B'}$$

流域面積 48.4 km² 湖水面積 3.6 km²

予想降水量: 過去の平均値使用

実際の降水量: 5月下旬の巡視後から5月31日までの降水量は北電測定値に111%を乗じて補正した。

水位上昇の予報式

$$H' = \frac{0.01 a' (44.8 A + 48.4 B')}{3.6} \quad (\text{m}) \quad (1)$$

流出率 (a') 最初¹⁾は予報流出係数を100%としたが逐年改変されて最近³⁾は40%として来た。この40%は普通よりも小さな値であることは前にもふれたが、実はこの値自体も毎年変動する。

森林補正係数 林内の積雪水量は開地より少なくて最初¹⁾は85%と見積られたが70%³⁾の方が実際に近い。

平均積雪水量 (A) 表の平均積雪水量は森林補正を行なつた値である。最初の2年の積雪水量の多いのは森林補正のしかたによるもので、補正係数を70%に統一すれば夫々40cm, 31cmとなる筈のものである。

予想降水量 (B') 最初の年の40.9cm, 後の4年の23cmは過去の平均値(7月末まで及び5月末まで)を利用したに過ぎない。

1), 3) 前出

水位上昇の計算式

$$H' = 0.01 a' (44.8 A + 48.4 B') / 3.6 \quad (\text{m}) \quad (1)$$

A は平均積雪水量 (cm), B' は予想降水量 (cm), a' が使用流出率で, 湖水面積は 3.6 km^2 , 湖水外の流域面積が 44.8 km^2 である。積雪水量は流出するまでは湖水位の上昇に寄与しないから総積雪水量には湖水の分は加わっていないが, 4 月以降の総降水量には湖水に降った分も加えてある。(1) 式を用いて予報したとすれば第 2 表の第 7 欄の如くになった。これと実際の水位上昇 (第 9 欄) と比較すれば, 適中したと云えるのは 1957 年 10 月発表のものと, 1958 年発表の 2 回に過ぎない。しかも前者は結果が判明してから作った一般式から計算したものであるから予報とは云えない。結局事実上の適中は 1 回に過ぎない。

予報の外れた理由を調べてみよう。1954 年は前にも述べたように初年度であり, 総積雪水量や流出率に予期しないことがあつたが, 例年になく小雨だつたことも原因の一つであろう。1955 年は前年の失敗に鑑み少なめに予報したところ降雨量の方が前年の 2 倍近くもあつて水位上昇で 2 m もの過小評価を行なつてしまつた。1956, 1957 年はまた逆方向の失敗であつた。1958 年はよく適中したが最後の年はまた 2 m もの過小評価を行なつた。その原因は 4 月の降水量が前年の 3 倍もあつたからである。

以上の結果を省ると, 総積雪水量の測定には今後大きな誤差はないと信ぜられるが, 気温に基づく流出率の年偏差, 特に融雪期の降水量の年偏差を無視したことが主な原因であることに気付く。何等かの方法で降水量と気温の予想を伴わなければ予報精度は少しも向上しない。

IV, 2 気温と流出率

積雪水量の調査後に降水がなければ, 融雪の流出量は日射・凝結・風速が見掛上影響しないで積算温度に比例するとされている^{10), 11)}。しかし本流域の如く降水量の年偏差が積雪水量の偏差より大きい場合には, 気温と流出量との間に系統的な関係が認められないし, 降水量だけの流出率が不明なので降水量の影響を除いて融雪のみの流出を調べるのが不可能である。例えば第 3 表に見られるように, 融雪の始まる 4 月から終了する 5 月までの平均気温とその年の流出量の関係に着目すれば, 1954, 1958 年を除けば平均気温に相当の年偏差があるにもかかわらず流出量 (水位上昇量) は殆んど一定である。当然これは積雪水量及び降水量の年偏差により相殺されたためである。しかし流出率で調べれば第 3 表にみられるように 4 月, 5 月の平均気温の高かつた 1956, '57, '59 年の流出率が 50% を超え, 低かつた 1954, 1958 年は流出率が 50% 以下で小さい。気温と流出率の関係をもつとよく調べるためには気温や以後の降水量に無関係な基礎量を差引いて論じた方がよい。そこで融雪開始前の 3 月の月流出量 (第 3 表) を以て基底

10) 東北電力株式会社, 仙台管区气象台; 只見川水系水文気象調査報告, 第 4 年度 (1959) 17.

11) 北海道電力株式会社, 札幌管区气象台; 積雪基礎調査融雪の研究, (1959) 56.

第3表 融雪期(4月1日~5月31日)の平均気温と流出率

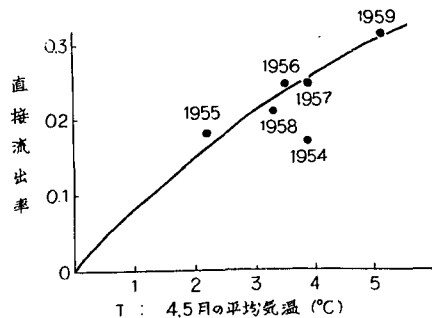
年 月 (年 月)	月平均気温 (°C) (°C)	総積雪水量 (10 ⁶ m ³)	総降水量 (10 ⁶ m ³)	月流出量 (10 ⁶ m ³)	流出率: α (%)	
1954, 3				2.0		
4	+1.85	15.1	4.9 > 8.9	2.5 > 8.2	34	
5	+5.81			4.0 > 8.9		5.7 > 8.2
1955, 3						3.4
4	+0.21	15.0	3.6 > 15.2	3.4 > 12.3	41	
5	+4.19			11.6 > 15.2		8.9 > 12.3
1956, 3						3.3
4	-0.80	15.0	4.5 > 7.9	3.5 > 12.2	53	
5	+7.86			3.4 > 7.9		8.7 > 12.2
1957, 3						3.3
4	+0.68	14.0	2.2 > 8.5	3.3 > 12.1	54	
5	+7.19			6.3 > 8.5		8.8 > 12.1
1958, 3						3.4
4	+0.38	19.0	3.3 > 6.5	3.8 > 12.1	48	
5	+6.29			3.2 > 6.5		8.3 > 12.1
1959, 3						3.6
4	+2.40	15.6	12.0 > 18.0	7.8 > 17.7	53	
5	+7.80			6.0 > 18.0		9.9 > 17.7

備考 平均気温は然別湖の日最高気温と日最低気温の平均の月平均。

1954, 1955 両年の総積雪水量は森林補正係数を 0.70 として計算しなおしてある。

$$\text{流出率: } \alpha = \frac{\text{4月, 5月流出量}}{\text{総積雪水量} + \text{総降水量}}$$

流量とみなし、この分を4月、5月の月流量から差引いた流量と、4、5月の平均気温との関係を直接流出率*で表したのが第5図である。図で、平均気温が0°Cならば融雪が生じないし降雨も殆んど流出するまいから、その場合は座標の原点も共通な観測値と考えることができる。すると1954年以外は大体一つの曲線に乗り、気温が高いほど直接流出率が大きいという最も妥当な関係が得られた。1954年の過小な直接流出率は気象学的には説明できない。第3表からわかるようにこの年は平



$$\text{直接流出率} = \frac{\text{流出量} - \text{基流}}{\text{積雪水量} + \text{降水量}}$$

第5図 4, 5月の平均気温と直接流出率

* 真実の意味の直接流出率ではない。

均気温も総積雪水量も降水量も大体6カ年の平均値に近いにもかかわらず流出量が例年の2/3に過ぎず従って流出率は34% (5月末日) と少ない。この年が異常であることは、1955年以降の3月の流出量が $3.3\sim 3.6\times 10^6\text{ m}^3$ 内にあるにもかかわらず1954年は $2.0\times 10^6\text{ m}^3$ と極端に小さい。すなわち流出率の小さい原因は融雪期以前から存在していた訳である。考えられることは1954年は然別湖ダムの貯溜の初年度であるために、従来は湖水でなかつた地域にまで水が蓄えられたので一時的に滲透水が多かつたのではなからうか。そうだとすればこれは気象学的に予報できる性質ではないので1954年は今後の予報の議論では除外することにする。

既に述べたように基底流量を除いた融雪期の流出量の方が気温と密接な関係をもっているが、実際上の便宜のため予報は基底流も含めた流出率で行うことにする。何れにしてもより精確な予報法を得るには気温の予想も必要なことがわかつた。

V. 気温と降水の長期予報

4, 5月の気温が融雪の流出に重大な影響があり、また降水量の方が気温以上の影響を与えることがわかつたが、両者を予報するには札幌管区気象台の春先の長期気象予報に頼るほか手段がない。管区気象台では3月下旬と4月下旬に夫々4月及び5月の気温及び降水の全道的な予報を発表しているが、これが十勝平野北部の然別湖流域にどの程度適用できるであろうか。次に予報文の一例を示す。

予報文例

1958年3月30日発表 4月の予報

上旬 気温「半ば前は平年よりやや高いですが半ば過ぎから4~5日やや低い日がつづきましよう。」

降水「始めは少ない方ですが半ば頃全道的にやや多くなり、半ば過ぎは北部と西部で平年並かやや多く、東部は少ないでしょう。なお、北部と西部はこの旬の後半に積雪を見る恐れがあるかも知れません。」

中旬 気温「旬始め一時平年並のことはあつても以後は高くなります。」

降水「降水は一般に少なく雪の降ることはない見込です。」

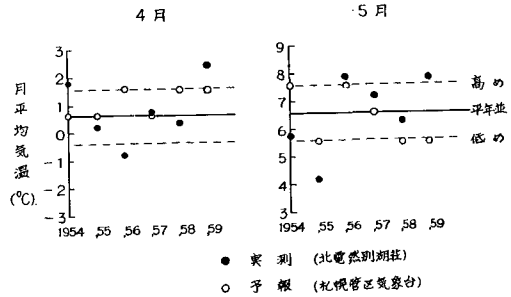
下旬 気温「始めはやや高いですが後下向傾向となり半ば以後は低くなつて来ましよう。」

降水「旬始めは少ないですが、その後やや多目となり山沿では一時雪か霰となるかも知れません。」

4月20日発表の5月予報は省略する。

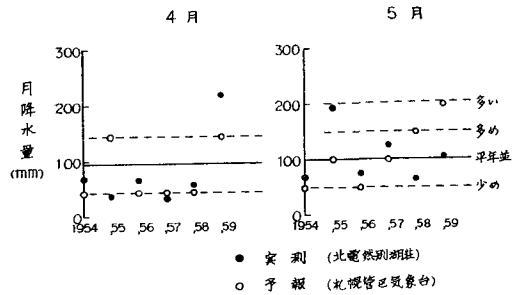
上文を読んで気付かれるように、気温も降水量も絶対量の予報ではなくて旬ごとの時間変化に重きをおき、また例年に比べて「高め」とか「多め」といつた表現である。しかも旬ごとに記述してあるので月全体としては高いのか低いのか判断の難しい場合が多い。しかし予報の全文から受ける感じでは、気温ならば「高め」、「平年並」及び「低め」の3段階に分類し、降水の場合は「多い」、「多め」、「平年並」、「少め」、「少ない」の5段階に分類して適用してみよう。上述の分類は誰がやつても同じくなるという程正確なものではないが、予報自体の精度から考えて、この程度の分類法で充分と思われる。

第6図は過去6年間の気温の予報と実際を見やすく図示したもので、予報の「高め」、「低め」を平均値よりも帯広の標準偏差に相当する 1°C 高、 1°C 低として横の破線で表した。○印が予報値、●印が実際の平均気温を示す。ここで平均気温というのは北電然別湖荘測定の日最高気温の月平均と日最低気温の月平均値とを更に平均したものである。



第6図 4、5月の平均気温の予報(○印)と実際(●印)

第6図で○印と●印が近似していて良く適中したと考えられるのは12回の中で3回、大体あたつたのが4回、少し外れたのが2回、大きく外れて予想と正反対だつたことが3回であるから全体としての適中率は5割そこそこであつて、将来はとも角われわれの予報にはあまり役に立ちそうもない。



第7図 4、5月の降水量予報(○印)と実際(●印)

降水量の場合は第7図に示す如くで図示の要領は第6図同様である。第7図ではよく

あたつたのが12回中の7回、大体あたつたのが1回、外れたのが2回、正反対だつたのが2回で適中率は7割となつて非常によく、降水予報には充分役立つと考えられる。

VI. 気象長期予報を加味した水位上昇予報の試み

長期予報を流出率及び予想降水量に織込むには過去の平均及び標準偏差を考慮して第4

第4表 長期予報の適用要領
流出率 (4月, 5月)

気温予報	高め	やや高め	平年並	やや低め	低め
予想流出率 α'	0.55	0.525	0.50	0.475	0.45

過去の流出率の平均 0.50 標準偏差 ± 0.05

降水量 (4月, 5月)

降水量予報	かなり多め	多め	やや多め	平年並	やや少め	少め	かなり少め
予想降水量 B' (cm)	30.5	28	25.5	23	20.5	18	15.5

過去の降水量の平均 23 cm 標準偏差 ± 5 cm

凡 例 4月 高め $>$ \rightarrow やや高め 4月 少め $>$ \rightarrow やや少め 4月 高め $>$ \rightarrow 平年並
 5月 平年並 5月 平年並 5月 低め $>$ \rightarrow 平年並
 4月 多め $>$ \rightarrow かなり多め 4月 高め $>$ \rightarrow 高め 4月 平年並 $>$ \rightarrow 平年並
 5月 多 5月 高め $>$ \rightarrow 高め 5月 平年並 $>$ \rightarrow 平年並

第5表 北海道地方長期気象予報を加味した5月末日までの水位上昇予想

年	長期気象予報		予 流 出 率 α'	実 流 出 率 α	予 降 水 量 B' (cm)	実 降 水 量 B (cm)	予 想 水 位 上 昇 H' (m)	実 際 の 水 位 上 昇 H (m)
	気 温	降 水 量						
1955	やや低め	やや多め	0.475	0.41	25.5	31.5	3.6	3.5
1956	高 め	少 め	0.55	0.53	18	16.4	3.5	3.4
1957	平 年 並	やや少め	0.50	0.54	20.5	17.6	3.2	3.4
1958	平 年 並	平 年 並	0.50	0.48	23	13.4	4.1	3.4
1959	平 年 並	かなり多め	0.50	0.53	30.5	37.3	4.3	4.9

備 考

実際の水位上昇の計算は次式による。

$$H = \frac{4, 5 \text{ 月の実際の流出量}}{\text{湖 面 積}}$$

式中の実際の流出量は湖面水位の上昇の実測値から計算したもので使用水量は補正してある。

表の如くした。仮にこの表が手許にあつたものとして過去5年の場合について予報して実際と比較したのが第5表である。予報と実際とが隣りの欄に並べてあるが、1958年の降水量を除けば控えながら傾向はよく表しているように思われる。また(1)式を使つて5月末日まで水位上昇 H' を計算してみると1958年以外は大体あたつていとみられる。しかし実際の水位上昇 H を調べてみると1959年以外は殆んど一定であるから単なる歴年の平均値で予報しても1959年以外はよく適中することになるので、何もわざわざ調査を行う必要がないことになる。しかし大切なことは、平年は多少違つても異常渇水や異常豊水の存在を確実に予報することである。この意味からすればわれわれの予報法で1959年の豊水が予報できることになるが、1958年には平年流出を豊水と予報することになるから功罪半ばである。

以上の予想法は不満足なものであるが、これは長期予報は本来控えめなものであり、しかも適中率も充分でないから止むを得ないのかも知れない。しかし1954年以外は融雪も流出も気象学的に現象が進行している筈であるから、1958年の如く例年にない大雪の年でも流出量が例年と変わらないというのは、われわれの融雪機構や流出機構に対する理解に欠くる点があるからではなからうか。

VII. 融雪水の流出機構に関する再検討

前にも述べたが融雪期には融雪水の貯溜される割合が最大に達するが、この流域のように積雪水量が少なくて逆に滲透水の多いところでは、この影響が非常に大きいと思われる。したがつて4月中の融雪水の大部分が冬期間中に流出した地下水分の穴埋めに消費されてしまう。このことは第3表でみられるように4月中に平均気温が正になつて多少の融雪が当然予想され、また多少の降雨があるにもかかわらず4月の月流出量が3月と殆んど変わらないことから推察される。以上のことから3月末日の総積雪水量は4, 5月の流出にはあまり影響せずに、

以後の降雨の方が直接に流出量を支配すると考えられる。勿論、総積雪水量が多ければ年間の流出量に効く筈である。

上述の考えかたが妥当であるとすれば融雪の遅速を支配する平均気温もそれほど響いては来ないことになる。この見地に立つて第3表に示される結果をもう一度ながめてみよう。1954年は論外として、1955年は4、5月の平均気温が低かつたにもかかわらず平年並の流出をみたのは5月に大雨があつたからであり、1958年には調査年間中では飛び抜けて積雪水量が多かつたにもかかわらず流出が少なかつたのは平均気温の低かつたことよりも例年でない寡雨に祟られたものと考えれば諒解される。1959年は平均気温も降水量も調査年間中の最大であるから流出量も最大を示したのは当然のことである。ここで特に強調したいことは1957年は総積雪水量が最小であり1958年は総積雪水量が最大であつたにもかかわらず流出量は殆んど測定誤差内で等しかつたことである。その原因は後者の気温が僅かに低かつたことと降水量が $2.0 \times 10^6 \text{m}^3$ だけ少なかつたことで相殺されたためであるが、気温の方は1955年よりも高かつたのであるから殆んど影響してはいまいと思われる。気温が流出に影響するのは融雪期を通じてであり、その積雪量がこの流域の4、5月の流出量に現実問題として影響しない(しても降水の偏差に比べると問題にならない)とすれば、4、5月の流出を支配するのは4、5月の降水量のみとなるので予報が非常に簡単になる。次にその予報式を組立てて実際と比較してみよう。

4、5月の流出量の偏差は実際問題としては4、5月の降水の偏差のみに支配されることがわかつた。そこで流出率や平均積雪水量は過去の平均値を使用するだけで充分である。そこで水位上昇量を表わす(1)式で流出率 a' を0.50、平均積雪水量 A を34.5cmとおいて書きかえれば

$$H' = \frac{0.01 \bar{a}(44.8 \bar{A} + 48.4 B')}{3.6} = 2.2 + 0.067 B' \quad (2)$$

となる。また予想降水量 B' を第4表よりもやや重視する意味で次表の如く長期予報に適用することにする。

第6表 降水予報の織込みかた

長期予報	かなり多め	多め	やや多め	平年並	やや少め	少め	かなり少め
予想降水量 B' (cm)	32	29	26	23	20	17	14

この表で実際の降水予報の結果を予報降水量 B' に適用して(2)式を計算すると第7表に示す結果が得られる。

表の計算した予想水位上昇と実際の水位上昇を比較すれば傾向的には実によく一致しており、平年は大過なく1959年のような特別な豊水をも控えめ乍ら予報できることになる。これを単なる平年値を用いた場合の標準誤差0.6mに比べても降水予報を加味した方が標準誤差が0.3mと半分になつて充分予報の価値があるものと云える。

第7表 実用的な水位上昇予想の試み
(5月末日を目標とする)

年	長期降水 予報	予想 降水量 B' (cm)	使 用 率 $\bar{\alpha}'$	使 用 積 雪 量 \bar{A} (cm)	予 想 水 位 上 昇 (m)	実 際 の 水 位 上 昇 (m)	単なる過 去の平均 水位上昇 (m)
1955	やや多め	26	0.50	34.5	3.9	3.5	3.7
1956	少め	17	〃	〃	3.3	3.4	〃
1957	やや少め	20	〃	〃	3.5	3.4	〃
1958	平年並	23	〃	〃	3.7	3.4	〃
1959	かなり多め	32	〃	〃	4.4	4.9	〃
標準誤差					0.3		0.6

備考 実用的な水位上昇予想式

$$H' = \frac{0.01 \bar{\alpha}' (44.8 \bar{A} + 48.4 B')}{3.6} = 2.2 + 0.067 B' \quad (\text{m})$$

B' は 4 月, 5 月の予想合計降水量 (cm)

総積雪水量や平均気温の年偏差を無視したにもかかわらず反つて実際とよく一致するのは不思議に見えるが、総積雪水量が 4, 5 月の流出に影響せず、したがつて流出率を支配する平均気温も効いてこないとすれば考慮しない方がよい訳である。また予報誤差の多い気温を織込めばそのための誤差が附加されるので一切無視した方が反つてよいわけである。

附 記

総積雪水量と平均気温を無視して反つて好結果を得たのは、降水の年偏差の方が大きいということと、融雪期の貯溜分が特別に大きいという然別湖流域の特殊事情によるもので、性質の異なる流域には勿論あてはまらない。

気象台の長期気象予報の適中率を云々したが、長期予報は全道的なスケールで行われ、また旬日単位で表現されているのでスケールが全く違うから予報の可否を論じた訳ではない。ただ然別湖流域にあてはめた場合にどの程度に利用できるかを試みに論じたのである。従来は過去の平均値及び平均値からの偏差のみに着目して折角の気象予報を利用しようとの試みがなさそうなので特に詳細に扱つてみた。大方の批判を待つ次第である。

謝 辞

本研究は 1954 年冬から北海道電力株式会社の委託により北大物理学教室により始められたもので 1955 年秋から地球物理学教室で引継いだ。現地の調査にあつては 36 回、延 100 人近くの人の助力を受け、北電然別湖荘を永く観測基地として使用した。流出量、霽期の降水量や気温の測定値は上述の電力会社給電課から呈示された。調査を終了するにあたり記して深甚の謝意を表わす。

2. Final Report on the Hydrological Investigation in Lake Shikaribetsu Basin

By Choji MAGONO and Keitaro ORIKASA

(Department of Geophysics, Hokkaido University, Sapporo)

The result of the past investigations in Shikaribetsu Basin are summarized.

The forecasting for ascent of the lake level by snow melting was undertaken using both the amount of snow cover in early April and the air temperature and rainfall after April. But the result was unsuccessful because the long period forecasting in the air temperature was not good enough. So, considering the amount of the rainfall only, preliminary forecasting was tried neglecting the fluctuation in the mean air temperature, and fairly sufficient results were obtained.