

融雪期における裏磐梯三湖の 出水予報について

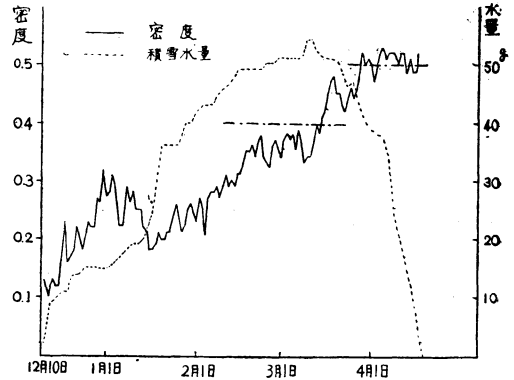
沼田 富雄*

1. はしがき

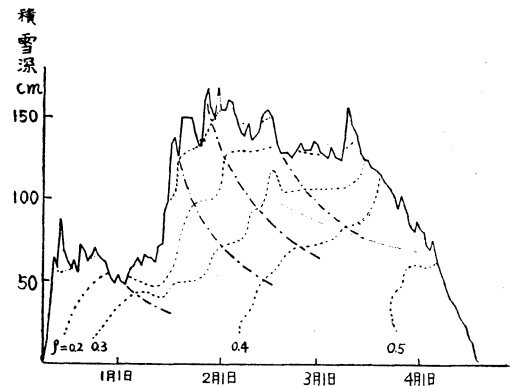
融雪期における出水予報をするためには、先ず融雪流出機構を知らねばならない。本調査では過去における猪苗代観測所の資料（6カ年）に基づきこの問題の解明に努力した。得られた結果は大雑把なものであったが積雪の密度変化に関してある一つの暗示を得た。すなわち第1図および第2図のごとく積雪状態の時間的变化には3つのStageがあり、各積雪層の積雪密度および積雪深の観測結果から明らかにされた。そのStageをかりに Sublimation Stage ; Submelting Stage ; Melting Stage と名付けた。Sublimation Stage とは、たとえ融雪が行われていても積雪中に保水され流出が行われていない状態で平均密度0.4以下に相当し、また Submelting Stage とは平均密度0.4~0.5間の積雪状態で融雪量の一部流出が行われている。Melting Stage は積雪の密度が最大限に達したいわゆる飽和密度の段階で平均密度約0.5~0.55で土壌表面への流出量はほぼ融雪量に等しい場合である。これ等の積雪密度変化を与えるものとしては積雪の荷重や温度等の要素が考えられるが、融雪にもっとも大きな影響を与えるものとしては、すでに各種文献に詳述されているが、一応各要素の Order を調べた結果では気温のみをとりあげた。有効気温（0°C以上の積算気温）と融雪量との関係は第3図に示す。流域各高度における気温は通減率を100mにつき0.6°Cとして基地観測所の気温を基にして推算した。

さて、3つのStageに着目して、これ等のStageを保有する各積雪期間を、Snow Survey による実測値を基にして流域内の各高度についてそれぞれ予想し、Submelting Stage, Melting Stage における融雪と降雨による土壌表面への流出率（積雪層を通して土壌への流出を単に流出量または流出率と呼ぶことにする）、および流出後土壌表面または地下浸透し流下して湖水へ流入する率とその湖水への到達時間の関係を予め調査しておけばこれ等を総合して出水予報が可能であると考えた。

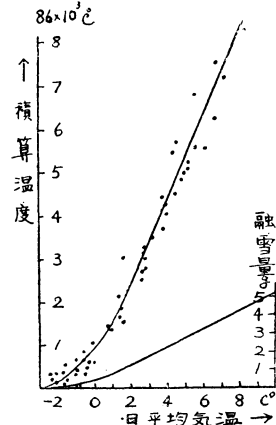
今、本論ではとくに3つのStageの各期間の予想融雪量と降雨量による流出量の計算について報告する。従ってハイドログラフ解析としての融雪量や積雪層を通しての降雨量と湖水流入量との間の Time lag や湖水流入率の問題にはここではふれないことにする。



第1図 密度及積雪水量変化（昭和11年）



第2図 積雪深及積雪層の変化（昭和11年）



第3図 日平均気温と積算温度および融雪量との関係

* 若松測候所 一1955年12月9日受理一

2. Sublimation Stage の予報

この期間は積雪内にまだ保水されている過程であり、かつ流出が行われていない。実験によれば $\bar{\rho} < 0.40$ の状態で表面融雪や降雨および積雪量の荷重などによって密度が変化している状態である。

密度の変化を与える式として、次の指数関数を含む関係式を与えて見た。

$$\rho = \rho_0 + (\rho_\infty - \rho_0)(1 - e^{-\alpha t}) \dots\dots\dots (1)$$

ρ_0 : Snow Survey によって得られた平均密度で

$t = 0$ における積雪の平均密度。

ρ_∞ : $t \rightarrow \infty$ における平均密度で、Sublimation Stage では0.40

ρ : t 日の平均密度

α : 係数 (=0.10)

(1)式は一般式であって、これより ρ の t に関する変化図を作ると第4図のようになる。さらにこの Stage の期間中の気温による融雪量を $Q_T g$ 、降雨量を $P g$ 、そして h を積雪深とすると

$$\rho = \rho_0 + (\rho_\infty - \rho_0)(1 - e^{-\alpha t}) + \frac{Q_T}{h} + \frac{P}{h} \dots\dots\dots (2)$$

を得る。第4図より $\rho \rightarrow 0.40$ に到るまでの $t = n$ 日に、表面融雪または降雨があったか、予想可能な場合には ρ_0 より変化曲線をたどり、第 n 日に相当する密度に Q_T/h あるいは P/h だけの相当密度を加えたものを第 n 日の密度として、あらためて変化曲線をたどることより $\rho = 0.40$ にほぼ達する日を読み取ればよい。ここで h は h_0 の時間の函数として考えられるので、次の関係式を与える。

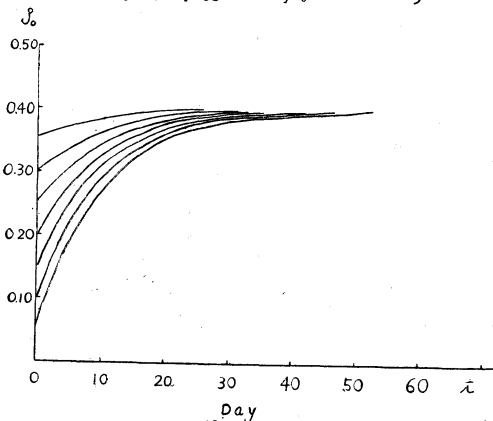
$$h = h_0 e^{-\alpha t} \dots\dots\dots (3)$$

しかし Sublimation Stage においては、 $t \rightarrow \infty$ の場合に $h \rightarrow 0$ になるような(3)式は満足されないので、ある A という値に $t = \infty$ の場合に収斂すると考えると(3)式は

$$h = A + h_0 e^{-\alpha t} \dots\dots\dots (4)$$

となる。(4)式に $h_0 \rho_0 = h \rho$ なる条件を与えると(1)と(4)式より、次の式を得る。

$$A = h_0 \left\{ \frac{\rho_0}{\rho_\infty - \rho_0 e^{-\alpha t} + \rho_0 e^{-\alpha t}} - e^{-\alpha t} \right\} \dots\dots\dots (5)$$



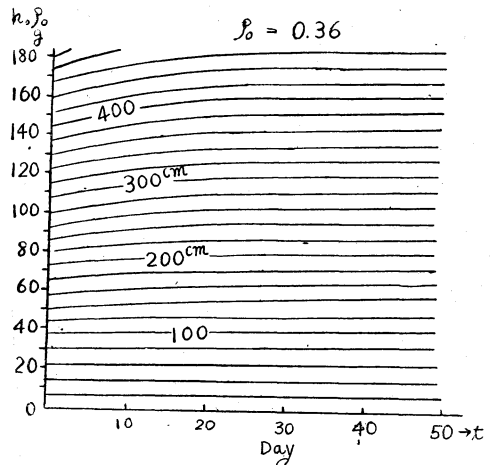
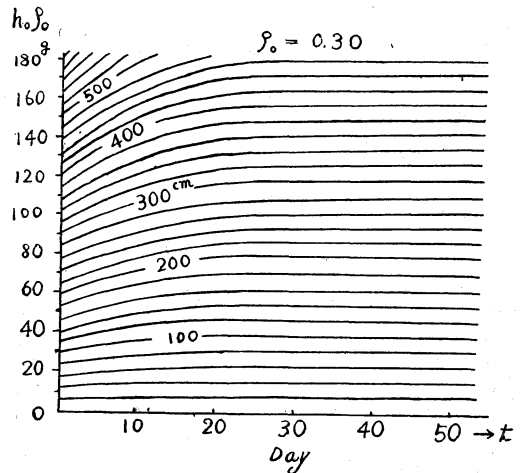
第4図 $\rho = \rho_0 + (\rho_\infty - \rho_0)(1 - e^{-\alpha t})$ 図
 $\rho_\infty = 0.40$ $\alpha_0 = 0.10$

従って(4)式は

$$h = \frac{h_0 \rho_0}{\rho_\infty - \rho_0 e^{-\alpha t} + \rho_0 e^{-\alpha t}} \dots\dots\dots (6)$$

$t \rightarrow \infty$ とすると $h = \frac{h_0 \rho_0}{\rho_\infty}$ となる。

今、 $\rho = 0.40$ 、 ρ_0 、 h_0 を $t = 0$ のときの平均密度および積雪深とすると、 h の t に関する変化図はその一例を示すと第5図となる。第4図、第5図を用いて Sublimation Stage に対する期間の予報を行う。



第5図 $\rho_0 = 0.30$ および 0.36 の場合 $\rho_\infty = 0.40$ になるまでの積雪深の変化

3. Sudmelting Stage の予報

Sublimation Stage の予報が終了すると、次は流出が除々に行われている Submelting Stage の期間の予報である。この算定式としては次のごとく与える。

$$\rho_{0.50} - \rho_{0.40} = \frac{(1-a)(P+Q_T)}{h_{0.50}} \dots\dots\dots (7)$$

猪苗代の実験結果による $h_{0.50}$ と $h_{0.40}$ との関係図第6図より、 $h_{0.50} = b h_{0.40}$ とすると、(7)式は

$$\rho_{0.50} - \rho_{0.40} = \frac{(1-a)(P+Q_T)}{b h_{0.40}} \dots\dots\dots (8)$$

ただし、

P および Q : Submelting Stage 中の雨量と融雪量

a : Submelting Stage中の流出率 ($a = \frac{\text{流出量}}{P+Q_T}$ = 一定)

第7図参照)

$h_{0.50}$ および $h_{0.40}$: それぞれ平均密度 0.50, 0.40に達したときの積雪深

第6図と第7図より $a=0.60$, $b=0.64$

従って(8)式は、次のごとく整理される。

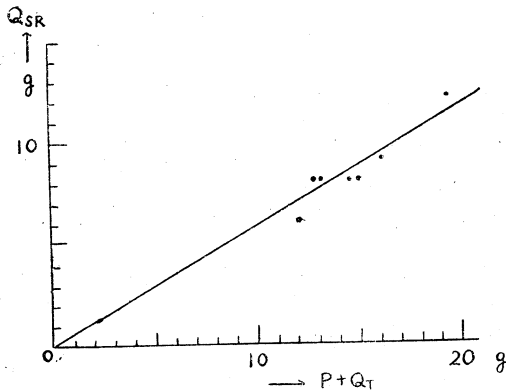
$$P+Q_T=0.16h_{0.40} \dots\dots\dots(9)$$

なお、 $h_{0.40}$ は第5図より求められる。

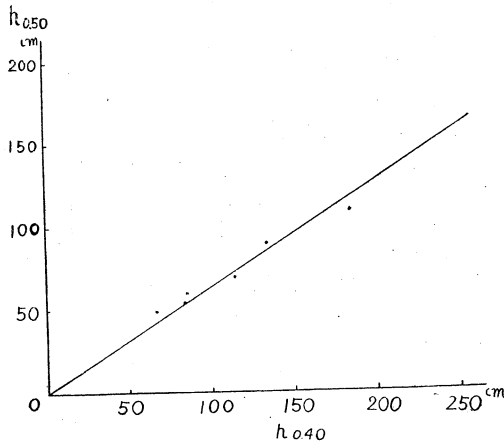
故に $\rho=0.40$ に達した日より降雨量と融雪量すなわち($P+Q_T$)について逐日的に積算し、その量が $0.16h_{0.40}$ に達した日が $\rho=0.50$ に達した日ということになる。さて、Submelting Stageの期間が分ると、この間の流出量 Q_{SR} を与える式として、第7図より

$$Q_{SR}=a(P+Q_T)=0.60(P+Q_T) \dots\dots\dots(10)$$

であり、流出量 Q_{SR} を求めればよい。



第6図 積雪平均密度0.40および0.50の場合における積雪深 $h_{0.40}$ と $h_{0.50}$ との関係

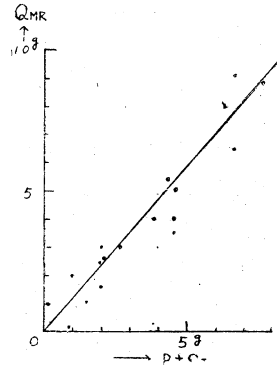


第7図 Submelting stageにおける流量 Q_{SR} と降雨量 P および融雪量 Q_T との関係

い状態であって($P+Q_T$)と流出量とは、Linearな関係を実験で示している(第8図参照)今このStageにおける流出量を Q_{MR} とするならば

$$Q_{MR}=1.16(P+Q_T) \dots\dots\dots(11)$$

が与えられる。また消雪日を求めるためには $\rho=0.50$ に達した日の積雪相当水量(= $h_{0.50}\rho_{0.50}$)だけ今後の融雪量としてほぼ考えればよいから、その量だけの融雪量を $\rho=0.50$ の日より逐日に積算してゆき、 $h_{0.50}\rho_{0.50}=Q_T$ (Melting Stageにおける)なる日が消雪日となる。



第8図 Melting Stageにおける流出量 Q_{MR} と融雪量 Q_T および降雨量 P との関係

以上の計算は次の手順で行えばよい。

		高 度		
		←	1000m	→
一流域について				
(1)	ρ_0			
(2)	h_0			
(3)	$\rho_0 h_0$			
(4)	$h_{0.40}$			
(5)	$\rho_{0.40}$ に達する日			
(6)	$0.16 \cdot h_{0.40}$			
(7)	$\rho_{0.50}$ に達する日			
(8)	$h_{0.50}$			
(9)	$\rho_{0.50} \cdot h_{0.50}$			
(10)	消雪日			
(11)	Submelting Stageの流出量	× 面積	× 面積	→ 計
(12)	Melting Stageの流出量	× //	× //	→ 計

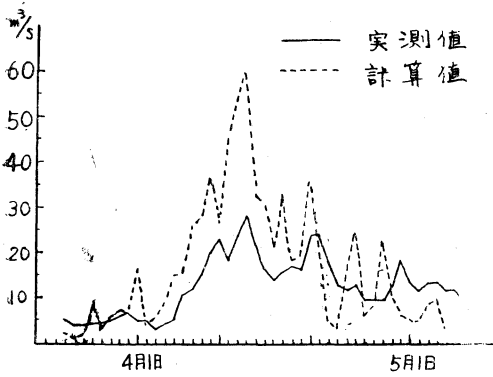
以上によって各高度について求めた積雪層より地表面への面積総流出量と湖水流入量との関係について一例を第9図に示す。しかしながら第9図は1節で述べたごとく、計算流入量と実測流入量との比較ではない。流入率は融雪期検原湖においては基底流量を除いたものについて約40~50%である。

4. Melting Stage の予報

この Stage では積雪平均密度が飽和密度にほぼ等し

5. む す び

このような方法で融雪開始直前に実施される Snow



第9図 融雪期における積雪流出量の計算値と湖水への流入量(実測値)との比較 (松原湖. 昭和28年の例)

の結果により流域内の ρ_0, h_0 を知りこれを基準として t 日の ρ, h を逐日計算で求め、日々の積雪状態を知り得ることが便利であって、一週間以上の長期間にわたる予想に対しては気温と雨量の平年値より予想値を補正した値でもって計算すればよい。

なお各高度の消雪日を計算することは興味があるが、逐日計算で求めた消雪日と実際の消雪日とは過去4カ年比較して見た結果では大差がなかった。

最後に御指導と便宜を与えられた佐藤留太郎氏と昨春仙台にて行われた融雪機構その他に関する石原健二氏の御講話より、いろいろ暗示を得たことを付し両氏に対して厚く謝意を表します。

太陽面爆発に伴う宇宙線の異常増加

石井千尋

去る2月23日12時45分から13時までの間に宇宙線の強度が異常増加を示した。

これは宇宙線としては非常に稀な現象で、世界中で宇宙線の連続観測記録が開始されてから今日まで四回報告があるだけで、今回が五回目である。

現在までに、日本の宇宙線観測グループの手許に集った、国内および国外の資料を第1表に示した。

第1表 乗鞍岳及東京における異常増加と国外資料の比較

地点	成分	測器	増加の割合(最高)
乗鞍	中性子	中成子モニター	42%
〃	硬成分	電離函	15%
東京 科研	全成分	カウンター	10%
〃	硬成分	電離函	5%
東京 気象研	全成分	カウンター	10%
〃	硬成分	カウンター	8%
フライブルグ(独)	硬成分	電離函	365% 15分の平均
ストックホルム(瑞)	全成分	カウンター	67% 1時間の平均
ジャマイカ(中米)	硬成分	カウンター	32% 30分の平均

これは太陽面爆発 (Eruption) に伴って非常にエネルギーを持った粒子が射出されると考えられるもので、爆発の程度 (Importance) が3あるいは3+と報告される大きな爆発に限られ、必ず無線通信障害を伴っている。しかし太陽面爆発が3程度でもあまり宇宙線に影響しないこともある。

註 資料の一部は科学研究所宇宙線実験室から提供された。

現在一般に確認されていることは、太陽面爆発が起きた場合に、そこから放出される粒子が何等かの機構で宇宙線の取扱をされる程度のエネルギーにまで加速され、地球軌道近くまで来る。この時地球磁場が一つの大きなマス・スペクトログラフのような作用をして、粒子の軌道はそれぞれのエネルギーによって別別に歪曲されある部分は地球に衝突する。粒子軌道の理論的計算によると、その結果地球上大体3つの帯状地域に宇宙線の異常増加を示すと考えられる。(但高緯度地方の増加については充分な説明がない) 従って観測地点と、その成分(エネルギー)によって異常増加に差が出ると解される。

またこの際に宇宙線中性子成分は、一般の宇宙線成分即ち中間子に比べて特別増大することも知られている。また中性子は、太陽面爆発があまり大きくない時にも統計上からは増加することが示されている。

今回は相当方方で観測された様子であり、これによって宇宙線の中の太陽を起源とするものについての理論的な解析が相当に進捗することを期待している。

近年また太陽が活動期に向っているのので、何時またこのような現象に出逢さないと限らない。広く観測網を張って、何時、どこに異常が起ってもキャッチできるようにすることを切望してやまない。

最後に過去の記録の一覧表を示す。

太陽面爆発と宇宙線異常増加の記録

No	年月日	太陽面爆発の程度*	無線障害の有無	宇宙線の増加	
				% **	報告数
1	1942 2 28	3	有	12~1	7
2	1942 3 7	—	有	27~2	6
3	1946 7 25	3+	有	22~10	5
4	1949 11 19	3+	有	30~1	14
5	1956 2 23	3	有	365~8	未完

* 爆発の程度は観測所によって判断が多少ちがう
** %の計算は時間の区切り方で変る. No. 1~4は関戸, 吉田, Rep. Ionosphere Res. Japan. 7 147 (1953) による