積雪調査資料の吟味 — 昭和36年 3月9・ 10日の米沢湖集水域積雪調査について

吉 田 義 信

1. 調査資料吟味の必要

昭和36年3月9・10日の両日米沢市からの依頼により建設予定の米沢湖集水域 67.37km² の積雪調査を、第1図に示したように、3班に分かれ5コースについて実施した¹⁾。調査資料の整理中に疑問に思ったことは、積雪全層平均密度が意外に小さい0.3未満とか、意外に大きい

0.5以上の地点があることである。本冬季の積雪経過から推察して、3月10日は積雪安定期に入つたばかりの時期でシマリユキの状態にあつたから、密度は0.4内外であろうと予想していたことと相違する。密度が0.3未満というのは一般には新積雪の場合であり、0.5以上というのは一般には融雪流出期のザラメユキの場合とみてよから調査資料の吟味の必要がある。

2. 積雪深と積雪水量との関係からみた資料の吟味

積雪全層平均密度が積雪深の如何を問わず何処も同一であるとすれば、積雪水量は積雪深によつて定まり、積雪深と積雪水量の間には比例関係があり、グラフ上においては直線で表現される筈である。

従来、積雪全層平均密度の高度分布は、融雪期になると一定するとされていた²⁾³⁾。しかし筆者の梅森北斜面における調査によると同一になる時期はない⁴⁾。積雪安定期における密度の高度分布は、他の時期にくらべると一定化の傾向をもっている。しかしそれも正確に言えば山地斜面の低所

第1図 米沢湖集水域の積雪調査ルート、調査地点
および積雪区(昭和36年3月9・10日)

- 1) 昭和36年3月9・10日は猛吹雪のため、前年および前々年の調査ルートを一部省略し、または変更した。しかし積雪区はA1・A2を合してAとした外は従来のとおりである。
- 2) 大沼匡之(1955): 山地積雪の形態 雪氷の研究 2 p. 129~138
- 3) 大沼匡之(1956): 山地積雪およびその流出について(鳴子地区積雪調査を例として) 山地積雪に関する研究 第1集 pp. 24~45
- 4) 拙稿(1960): 建設予定の米沢湖集水域の積雪調査 地理学評論 33, 1

において大、中高度において小、高所においてまたやや大となる凹型の曲線で示されるのが一般的である。しかしこの時期における密度の高度差は、積雪進期や融雪流出期と異り小さいので、積雪水量の高度分布を規定する因子としては、密度の高度差よりも積雪深の高度差が決定的である。したがって大観すれば積雪深と積雪水量との間には比例的関係があるとみてよい⁵⁾。

第2図は積雪区ごとの積雪深と積雪水量との関係を示したものである。両者の間に比例的関係があるなら、測点位置は全体としても1直線上か、またはその近くに分布しなければならない。しかるに分散があまりにも著しく、両者の関係線を引くことは困難である。しかし積雪区

第2図 各積雪区の積雪深と積雪水量との関係

ごとにみると(A)は測点が直線上に配列し、(B3)は多少のばらつきはあるが、これも直線関係があるとみてよい。(B1)・(B2)は凸面の曲線上に配列し、1点のみ例外的に離れている。(B4)のみは全く一定の傾向を認めることはできない。

それではこれらのうちどれが正しいのであろうか。(B4)の資料は信頼するわけにいかないのはいうまでもない。(B1)・(B2)は積雪深250 cmまでは曲線関係、それ以上は直線関係とみてよいものかどうか。このような曲線で示される関係ということは、積雪深を増大するにつれ

て密度が大となるということがなければならぬ。おそらく羽黒川の谷に収斂した北西風の風圧によるものであろう。しかしそのようなことは一般的なものとは考えられないから、太実線で示した関係が一般的な場合であるかもしれない。本図には単に(A)の線に平行させて描いたが、実際にはどのような関係線としたらよいのか、ここでは不明である。

以上のような状態の資料であるから、調査地点の算出された積雪水量をそのまま用いることはできない。調査に使用した Snow sampler は(A)区と(B3)・(B4)区では1955型といて刃先は鋸型で肉が厚く、採雪能率は悪い。(B1)・(B2)区では1959型といて刃先が円刃で肉が薄く、採雪能率は種々の Snow sampler の中で最も良好である⁶⁾。1959型は米沢気象通報所のもので、筆者も3年前から同型のもので使用してきたが、秤とともに信頼できるものである。いまこれを使用した(B1)(B2)の資料を正しいとするなら、(B3)・(B4)は採雪能率の悪い結果と推定されるし、(A)は秤が狂つていて実際より重く計られたか Snow sampler の目方を軽く見誤つたか、あるいはその両者であろう⁷⁾。

3. 積雪全層平均密度の高度分布による資料の吟味

(B3)区の標高500~1300m間に高度50mごとに測点を設け、昭和36年3月1日、同3月30日に1959型 Snow sampler を使用して調査した密度と、3月10日に1955型を用いて調査したものとを比較したのが第3図である⁸⁾。本図にみるように、3月1日の高度分布線がその後9日間に著しく密度を低下して3月10日の線となつたことが真実であるなら、積雪深は約1.5倍に増大していなければならない。しかしそのような事実はなく、ほとんど同じであつたから、小さな密度は事実はなく、Snow samplerの採雪率の悪いために起つた見掛け上のものにすぎない。

5) 菅谷重二(1949): 積雪水量の定量的調査について 大雪山積雪水量及び流出調査 pp. 17~22

6) 大沼匡之(1958): Snow Sampler の押込抵抗について (1) 雪氷 20, 3 (2) 雪氷 21, 1 (1959)

7) 積雪調査の前か後に、他からの借物である Snow sampler や秤を検査しなかつたことは不注意という外はない。

8) 米沢気象通報所の1週間ごとの積雪調査資料は、1959型 Snow sampler によるもので、(B3)の3月1日の調査に対しては2月27日、3月10日に対しては3月13日、3月30日に対しては3月27日の資料を用いた。

第3図 (B3) 区における積雪全層平均密度の高度分布

第4図 各積雪区の積雪全層平均密度の高度分布
(各積雪区の符号は第2図に図じ)

この点からも (B3)・(B4) 区の密度と積雪水量の資料は使用することができない。

第4図は各積雪区の積雪全層平均密度の高度分布を示したものである。(B3)・(B4) の密度は前述の如くいかにも小さい。(A) の密度は一般的に他にくらべて最も大である。0.45以上という密度は融雪流出期の密度に相当し、シマリユキの状態の積雪密度としては大きすぎる。密度の小さい2測点は採雪率が悪かったからである。

米沢における3月13日の密度は0.46で、その図上位置は (B1)・(B2) の高度分布線上にあり、他の積雪区の高度分布線に結びつけることは無理である。この点から (B1)・(B2) の資料が実際に近いものではないかと推定される。

4. (B3) 区における他の期日の積雪調査資料との比較による吟味

(B3) 区における3月10日の積雪水量高度分布を、3月1日および3月30日のそれと比較したのが第5図である。本図によれば3月1日の分布線は、その後9日間に全斜面にわたり200mmも急減する融雪流出があり、さらにその後20日間に増大して3月30日の高度分布になつたかのように示されている。しかしこのようなことはありうるのではなく、米沢における積雪水量変化が示すように、日

第5図 (B3) 区における積雪水量高度分布

付の順に減少したと考えられる。3月1日から約1カ月後でさえ、高所においては大して水量は減じていないのであるから、3月10日における (B3), ひいては (B3) の資料が全く信用できないことになる。

3月10日に (B3)・(B4) 区において使用した1955型 Snow sampler の採雪率の悪いことは、現地におけるその押込みにおいて、刃部の内口に積雪が密着し抵抗大で、このため3~4人を要したことで推察される。このようなことは積雪がシマリユキで、積雪層内の温度と気温との差が大きい場合に経験され、刃部の肉の厚い Snow sampler において著しい。3月9・10日は、気温は -9°C まで低下し、しかも猛吹雪であつた。おそらくこの場合、Snow sampler の内口に雪が固くつまり積雪が管内に入ること少なく、棒杭を土中に押込むのと同様の状態となつて、採雪されるべき積雪が管外に押分けられたものと推察される。

(B3) における3月1日と3月30日の積雪深と積雪水量との関係は第6図のとおりで、いずれも直線で示され、両者は大体において平行している。正確に言えば平行ではない。時期の遅い

第6図 (B3) 区の3月1日と3月30日における積雪深と積雪水量との関係線および3月10日の各積雪区の関係線

3月30日は3月1日より、積雪深の小さい地点（標高の低い場所）の密度の増大する割合が積雪深の大きい地点（標高の高い場所）のそれよりも大であるため、3月30日の線は3月1日の線に対し、積雪深が小さくなるほど開いている。

3月9・10両日で最大約30cmの新積雪があったが、3月1日以降の積雪層の沈下による積雪深の減少を補うほどではなかつたから（図省略）、3月10日の積雪深と積雪水量との関係線は、3月1日と3月30日の2線間に入つてこなければならない。この点から(B3)はもちろん、(A)の線も採用することはできない。この2線間に入るのは(B1)・(B2)の線のみであるが、それも第2図において修正した線ではなく3月1日と3月30日の線との間隔を、両期日間の日数で比例配分するように再修正した太実線とするのがよい。これが3月10日における積雪深と積雪水量との関係を示す標準線である。3月10日の積雪調査において、各積雪区に共通して信頼できる資料は積雪深のみであるから、各積雪区の積雪水量は積雪深の高度分布に対して、この標準関係線を適用して算出するほかはない。

この場合において問題となるのは積雪深高度分布である。測点が少ない場合や測点の図上でのばらつきが著しい場合は、その高度分布線の描き方に個人差を生ずる。(A)区においては標高465~1080m間(比高615m)に10カ所、(B1)は420~920m間(比高500m)に17、(B2)区は600~1100m間(比高500m)に9、(B3)は500~1300m間(比高800m)に17、(B4)は600~1080m間(比高480m)に9カ所調査した。これらのうちで積雪深高度分布線の描き方で考慮を要したのは(B2)である。それは第7図にみるごとく、標高800~1100m間の測点5カ所のばらつきが大きいので、分布線の形態化に個人差を生じ易いからである。ここでは現地の積雪状況の観察と、前年の高度分布を参考として、標高1000m前後に最深積雪帯をもつものとして描いた。

5. 積雪水量の実測値と計算値との比較

(B1)・(B2)区において積雪水量実測値による高度分布線から読みとつた任意の高度の積雪水量と、積雪深高度分布線から読みとつた任意

第7図 (B1)・(B2) 区の積雪深高度分布

第8図 (B1)・(B2) 区における実測値と計算値の積雪水量高度分布

の高度の積雪深に対する標準積雪水量とを、第8図によつて比較してみよう。

実測値と計算値との差は(B1)区において70mm以下、(B2)区において80mm以下である。わずかではあるが、計算値のほうが低所において大で、中高度以上において小である。しかしこの関係線を実測値に近づけるように、さらに修正する必要はない。なぜなら(B1)・(B2)区においては、高所に至るにつれて、したがつて積雪深を増大するにつれて積雪水量を増大する割合が大となる特殊な事実があるに対して、他の積雪区においてはそれがないと推定できるからである。

それでは(B1)と(B2)区の積雪水量において、実測値によるものと計算値との間にどれだけの相違があるかを比較してみよう。

第1表にみるように、計算値によるものは実測値によるものよりも、(B1)区においてはその3.8%に当る $28.06 \times 10^4 \text{ m}^3$ (万トン) 少なく、(B2)区においてはその5.0%に当る $47.37 \times 10^4 \text{ m}^3$ (万トン) 少ない。(B1)・(B2)区は既述のごとく特殊な積雪区であるにもかかわらず、

第1表 (B1)・(B2) 区における実測値と計算値による積雪水量の比較

積雪区	高度区分	面 積	実 測 値		中央高度の 積 雪 深	計 算 値	
			中 央 高 度 水 量	高度間水量		同左の水量	高度間水量
		km ²	mm	×10 ⁴ m ³	cm	mm	×10 ⁴ m ³
(B1) 区	500m以下	1.42	540	76.68	145	575	81.65
	500～ 600	2.73	600	163.80	150	595	162.44
	600～ 700	3.34	680	227.12	165	650	217.10
	700～ 800	2.31	840	194.04	195	770	177.87
	800～ 900	0.62	1,000	62.00	240	940	58.28
	900m以上	0.16	1,100	17.60	250	990	15.84
	計	10.58		741.24			713.18
(B2) 区	500m以下	0.95	600	57.00	165	650	61.75
	500～ 600	1.40	730	102.20	180	710	99.40
	600～ 700	2.68	940	251.92	225	885	237.19
	700～ 800	3.65	1,140	416.10	265	1,050	383.25
	800～ 900	1.28	1,300	166.40	305	1,105	141.44
	900～1,000	1.08	1,390	150.12	340	1,350	145.80
	1,000～1,100	0.73	1,420	103.66	345	1,370	100.01
	1,100～1,200	0.60	1,270	76.20	300	1,190	71.40
	計	12.37		1323.60			1276.23

この少ない差であるから、他の積雪区においてはさらに誤差は小さいと推定される。

6. 結 論

特定期日における積雪調査資料は、もしその期日の前か後に代表的ルートにおいて調査した資料があれば、それを吟味することができる。かくて3月10日の(B1)・(B2)における積雪深と積雪水量との関係を、グラフ上において再修正した標準関係線を用いて、各積雪区の積雪深高

度分布から、米沢湖集水域の積雪水量を5732.52 ×10⁴m³ (万吨) と算出した⁹⁾。

ある地域の積雪調査において、もし代表的ルートが選定され、そこで正確な積雪調査を実施すれば、他の調査ルートにおいては積雪深のみの調査だけでも差支えない。これは調査に要する人員・労力・経費を節約し、能率をあげるうえにおいても有効な簡便法である。

Analysis of the Data on Snow Cover

Yoshinobu Yoshida

On March 9 and 10, 1961, the writer surveyed the condition of the snow cover in the catchment basin of the artificial Lake Yonezawa under project, with an area of 67.37 square kilometers. For the survey, the basin was divided into five divisions, A, B1, B2, B3, and B4.

The snow cover was stable in the first decade of March, 1961, and the amount of water in the snow cover did not appear to have increased or decreased. In this period, without much change of the density of the snow cover, from a place to another, its depth is proportional to the amount of water contained. Therefore, the relation between the depth of snow cover and its water content is shown as a straight line in the diagram.

But, in Division B3, the observation data were markedly scattered, and in Division B4 no definite relations were interpreted. In Division B3, regarding the densities of snow cover on March 1, March

9) 拙稿(1961): 昭和36年3月9・10日(積雪調査第3年)米沢湖集水域の積雪調査報告書

10 and March 30, the density obtained on March 10 is remarkably smaller than the others. This means that the sampling in Division B3 and B4 on March 10 was not satisfactory, making the data less trustworthy.

The density in Division A equals to that of the snow melting period, and is too large as a value in the stable period. This may be due to the fact that either the density was shown greater than its real value because the balance did not work well, or that the snow samplers were weighed less than the real weight, or due to both.

In Divisions B1 and B2, the line which represents the relation between the depth and the amount of water in the snow cover is drawn as a combination of a convex curve and a straight line, although this form of a line is not too common. The present writer, therefore, rectified this into a straight line parallel to the line in Division A.

As regards to the interval between the lines representing the relation of the depth of snow cover with the amount of water in it in Division B3, on March 1 and March 30 respectively, the smaller the depth of snow cover, the greater its interval, and the greater the depth, the smaller its interval. The line on March 10 must lie between these two lines, and the line which fits in this part is the rectified one of Divisions B1 and B2. This was rectified again, so that the interval between the lines of March 1 and March 30 should be proportionate to the number of days between these dates. The line thus obtained is the standard line which is to be used to convert the depth of snow cover into the amount of water in it.

As regards to Division B1 and Division B2, the value of the actual measurement of the amount of the water in the snow cover using snow samplers is compared with that of the amount of the snow cover converted using the standard line. The results are as follows. In Division B1, the calculated value is smaller than the actual value by 70 millimeters at its maximum depth, and by 3.8% in amount. In Division B2, the former is smaller than the latter by 80 millimeters at its maximum depth, and by 5.0% in amount. If there exists such a proportional relation between the depth of snow cover and the amount of water in the snow cover as in the other snow covered areas, the difference between the actual measurement value and the calculated one ought to be much smaller.

Therefore, if an exact observation is to be made in a typical course which has a straight line relation between the depth of snow cover and the amount of water in the snow cover, it would be sufficient to make a survey of the depth of snow cover only. Then we should be able to cut radically the number of persons and the survey expenses, without losing the efficiency.