

重量式自記積雪量計実地試験 並に積雪と流出量との比較*

田村昌進** 津田直吉**

まえがき

この積雪量計は積雪を地面に積ったままの状態を計量自記することを特徴としているものであり、かねて気象研究所において研究試作し北海道大学低温科学研究所構内に据え付けて実地試験を行いその結果は1958年気象学会に報告し天気10月号に掲載したのであるがその後、その不備な点を改良し、第2号器を製作し長野県上高地大正池畔の霞沢発電所取水口用地に設置して実地試験を行った。また第3号器は高田測候所に設置して共に1959～1960年の冬期に試験した。その結果この改良型は作動が円滑で感度が良く機械的性能はほぼ満足すべきものと思われるので以下その結果を報告し、あわせて上高地における積雪観測と上高地の東京電力測水所における樟川流出量観測値とを比較してみたのでその結果をも記す。

1. 器械の改良点

第1図は器械の縦断側面図と平面図を示す。すなわちその主要構造は第1号器とあまり異ならないけれど伝動及び拡大機構を改良して二重槓桿を用いたこと、受雪床の骨組みに木材を用いていたものを鉄材にかえたことなどである。槓桿はアルミニウム板(厚さ2mm)を細長い角錐形に組み立て作り、支点は「ナイフエッジ」で支え、その連結部は第2図に示してあるうよに薄い鱗青銅の「リボン」(厚さ0.1mm, 巾10mm)を用い蝶番の作用をなさしめ、また第二槓桿の先端と立ち上り「ロッド」の連結部も同様な金属「リボン」をもって連結し、摩擦を生ずる部分がないので作動は円滑であって遊隙がなく地下に埋まっている部分も5～6年間位は手入れをしなくとも機能の低下するようなことはない。写真は設置完了の状態である。

2. 実地試験と記録

(1) 試験地の状況

高田測候所の試験場所は土地は平坦であって風は弱く

積雪は平均に積り気温はあまりさがらず氷盤のできるようなこともなくたいへん条件のよい場所であったが、上高地大正池畔の設置点はバス通りの下の崖下の低い土地であり、風が強く吹き払い作用が大きいため雪積は一様に積ることなく道路がわに高く池がわに低く傾斜して積り、そのうえ気温が低く氷盤が非常に発達する場所であった。それはバス通りの坂を流れ下った雨水や融雪水がみな流れ集まって来る場所であったのである。これが最初に結氷した上に更に溜って結氷することによって益々その厚さ及び広さを増して来たようであり、積雪の最下層は殆んど硬い氷盤と化し厚い所は5cm以上あった。

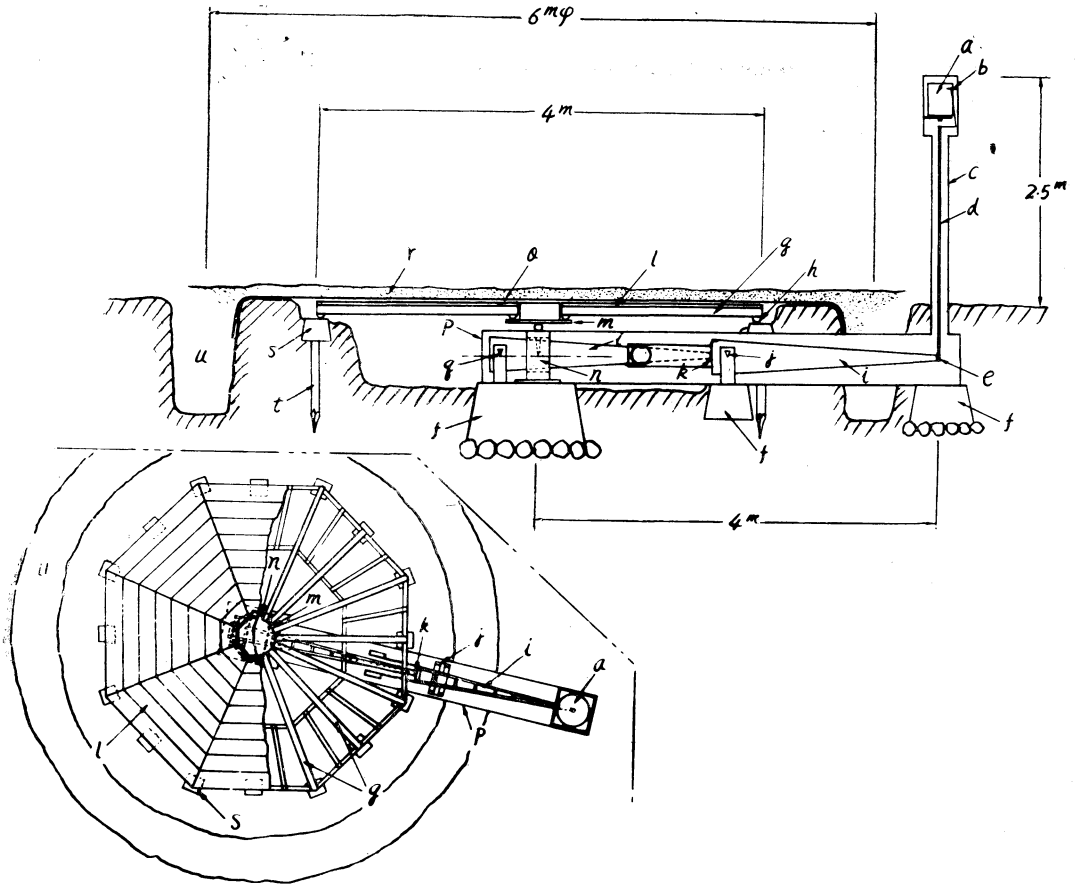
(2) 自記記録

第3図は上高地、第4図は高田における自記紙から読み取った値で描いた曲線であり、○印はその時の「サンプリング」の値である。第5図は第1号器によって北海道大学構内で得たものであり、これは前に一度本誌に掲載したものであるが参考の為に再録した。いずれも自記記録と「サンプリング」の値はかなり良く一致している。自記記録と「サンプリング」の値を比較する場合、受雪床上の積雪を直接「サンプラー」に採って比較することはできないので、周辺の雪を「サンプリング」して、その値から床上の積雪量を推定したのであり、第6図はその測点を示した例である。積雪が不均等な場所でこのようにして測るのであるから必ずしも「サンプリング」で得た値と自記記録とが完全に一致しないことはやむを得ないことであり、殊に融雪期には地物の影響のために積雪の状態が局部的に大きな差異を生ずるので自記記録との開きが大きくなることも或程度止むを得ないと思う。

この積雪量計で最も危懼せられていた所は、積雪層中に氷盤ができた場合、器械の作動が完全に行われるかどうかということであった。しかし前記のように厚い氷をもって閉ざれてあったにもかかわらず、その積雪量の自記記録は前記のように、「サンプリング」の値とほぼ一致しており、この点心配する必要がないことがわかった。すなわちこの上高地の記録(第3図)を非常によい状態にあった高田の記録(第4図)と比較してあまり優

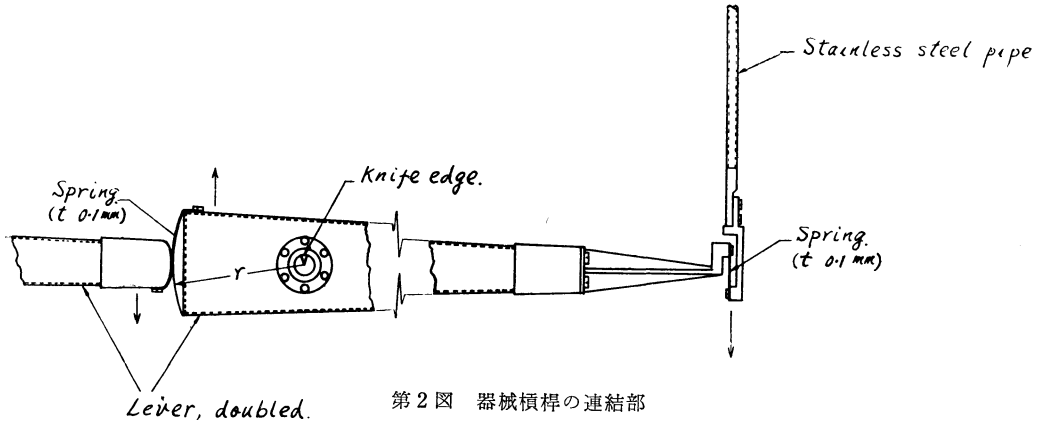
* Trial Practice of a New-Type Snow Gauge, and the Relation between the Drifted Snow in Kamikochi and the Runoff in the Azusa River.

** M. Tamura & N. Tsuda 気象研究所
—1960年12月17日受理—



- | | | |
|--------------------|----------------|----------------|
| a. 円筒型自記時計(45日捲) | h. 受雪部支点 | o. ビニール布 |
| b. 自記ペン | i. 二重槓桿 | p. ケース(鉄1mm) |
| c. 鉄管(100mmφ) | j. ナイフエッジ | q. ナイフエッジ |
| d. ステンレスパイプ(10mmφ) | k. スプリングヒンジ | r. 覆土(7cm) |
| e. スプリングヒンジ | l. 床板(檜板8分) | s. コンクリートブロック |
| f. 基礎コンクリート | m. 受圧板(軟鋼20mm) | t. 松丸太 |
| g. ビーム(10kg/m レール) | n. 歪計 | u. 排水溝(割石を詰める) |

第1図 器械の縦断面図と平面図



第2図 器械槓桿の連結部



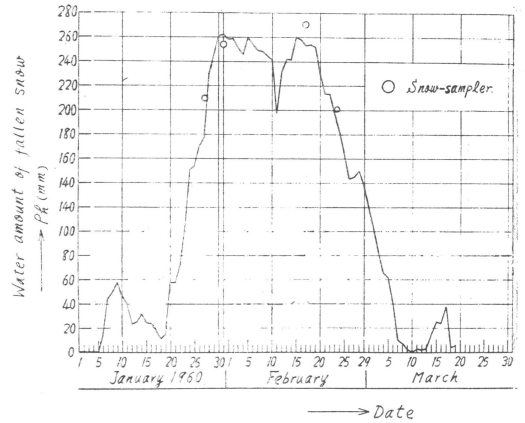
写真 設置完了の状態

劣が認められないということは、積雪の不均等や氷盤はあまり顧慮する必要がないことを示すものと思う。もし地域を代表することのできるような適当な場所に設置することができれば、この記録のみによって充分にその地

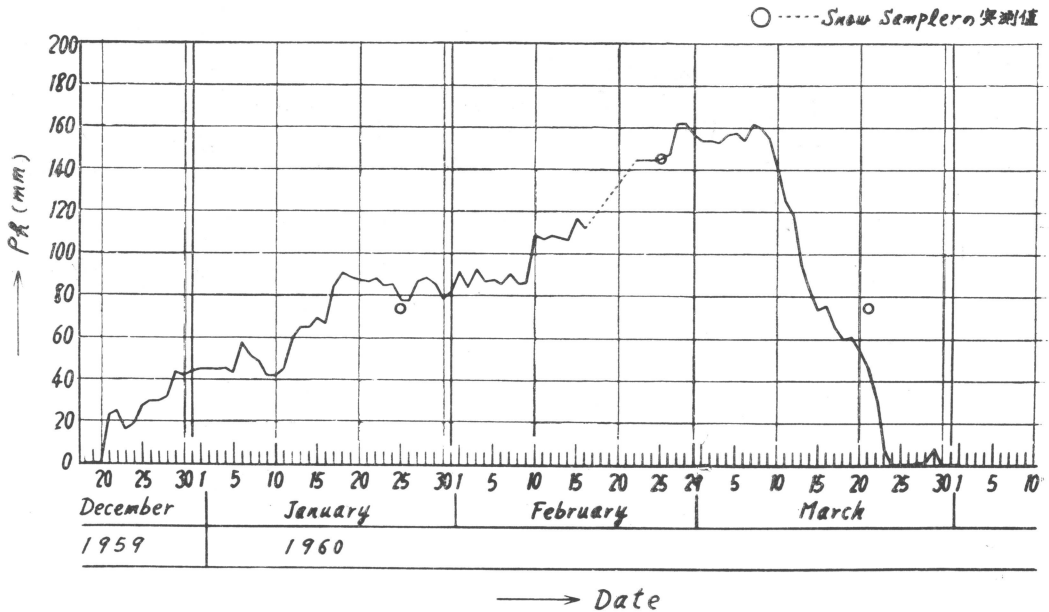
域の積雪消長の推移を知ることができると思う。

(3) 受雪床上および床下の温度

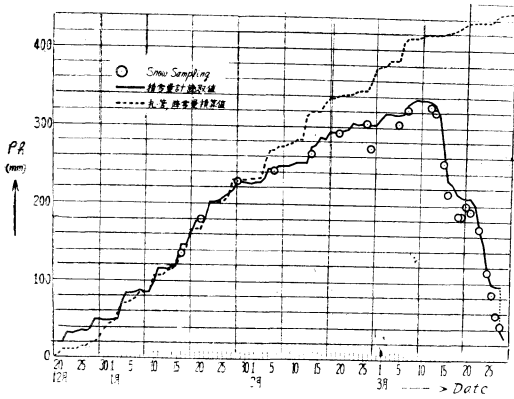
受雪床上の覆土中及び床下の空間中に上利式隔測温度計の感部を取り付け、室内に指示器を置いて一日一回の観測を行い、得た結果をグラフに表わしたものが第7図である。これによると積雪が少い時は、床下の温度も零下数度に降ることもあるが、積雪が増えてくるに従って床下の空間は殆んど 0°C 以上となる。そしてこの温度変化は連続自記記録を取って見ても積雪の多い時は温度の日変化は殆んど認められない。第7図は上高地、第8図は高田における記録である。



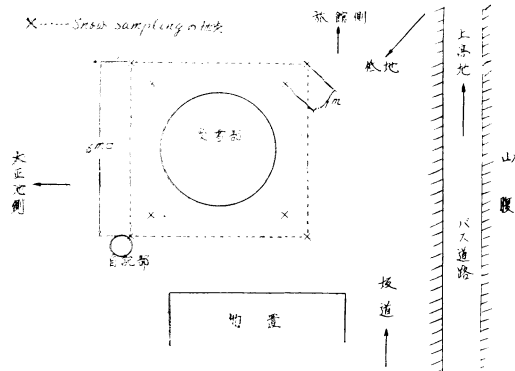
第4図 重量式積雪量計による積雪量の変化 (高田) 1960



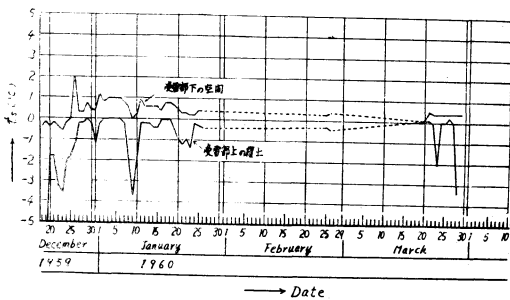
第3図 重量式積雪量計による積雪量の変化 (上高地) 1959~1960



第5図 重量式積雪量計による積雪量の変化 (札幌) 1957~1958



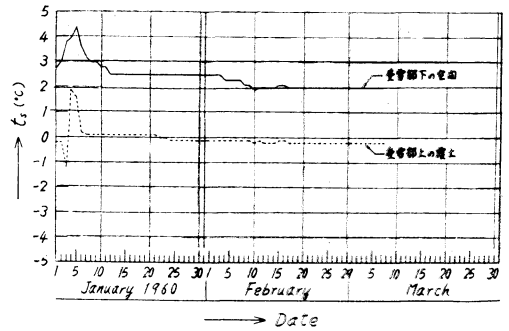
第6図 Snow Sampler の測点の例



第7図 床上床下の温度 (上高地)

(4) 融雪に及ぼす受雪床の影響

受雪床上は土をもって覆い周囲の地表と同一状態に保たせているけれども、床下は空間になっているため地下温度の積雪に及ぼす影響は周囲と同一ではない筈である。この為融雪期に積雪の融解する状態が周囲と異なるのではないかと心配したが、融雪の終期に積雪末端の線が移動して受雪床部にかかった場合にも、少しも他の部分



第8図 床上床下の温度 (高田)

と異なる状態を呈しないのでこの点も心配する必要がないことがわかった。

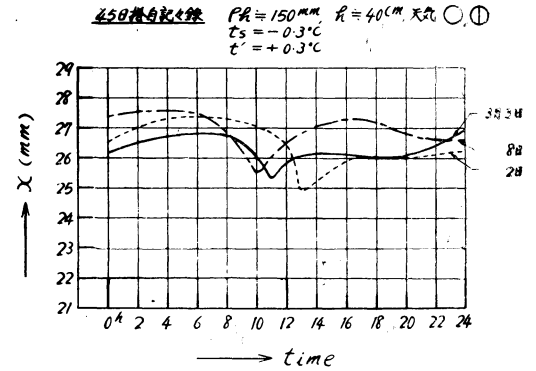
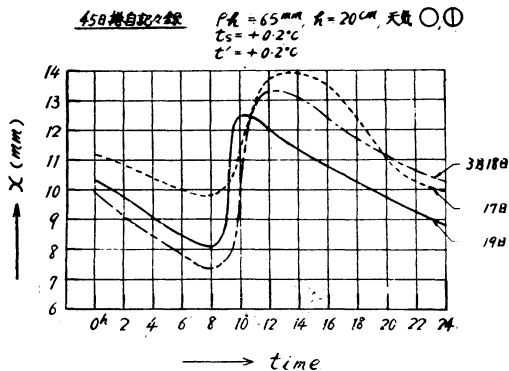
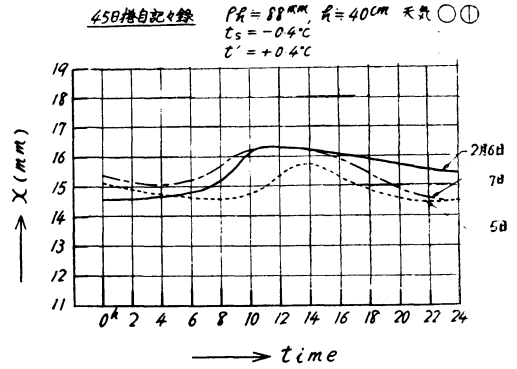
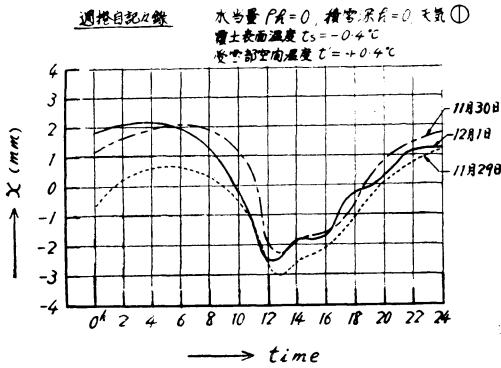
(5) 自記記録の日変化

積雪量計の自記記録を見ると積雪量の変動と無関係な日変化を現わすことがある。この変化は晴天の日にのみよく現われ、曇天吹雪等の日には殆んど現われない。また積雪が少く受雪床上が凍結している場合特に顕著に現われる。その傾向に2通りあり、朝8時頃最低を現わしそれから急昇して10時又は12時頃最高に達し、徐々にさがって翌朝8時頃最低に達するものと、朝5時乃至6時頃最高を現わし、急激にさがって13時頃最低となり、徐々に昇って翌朝6時頃最高に至るものとあり、第9図はその最も顕著なものを拡大した例である。今の所、その原因を判然と突きとめるに至っていないが、床上の雪質又は氷質の変化か或いはその伸縮によるものが主たる原因ではあるまいか。これは今後更に究明するつもりであるが、積雪深が30cmにもなれば日変化の現われ方は小さくなるので、実際の機能には少しも差し支えない。第3図、第4図等はこの自記記録から毎日定時1回の値を読み取って作ったものであるからこれには日変化は現われていない。

(6) 補足

次にこの積雪量計では、普通の秤の場合と異り計ろうとする積雪が周囲の雪と完全に繋っているので、秤量に対して疑問を起す人が多いようであるので、この点を少し述べてみよう。

普通固体を秤量する場合には、計ろうとする物体と周囲とは完全に切り離されておらなければならない。しかし積雪は普通の固体と異り特殊の粘弾性をもつ一種の粘性体と見做すことができる。それで普通の固体を計量する場合と観念的に異なるのであり、むしろ液体に近いと考える方が解り易い。液体の場合にはいくら周囲と繋っ



第9図 自記記録の日変化

ていても、床上に感ずる圧力は、床の面積と液の深さだけによってきまってしまう筈であり、周囲とは何の関係もない、これは液体の内部には歪を生じないからである。積雪の場合にも雪層の内部に歪を起さないようにして計ることができれば、液体を計った場合と同様に正しい値を示すことができるのである。もし雪層の内部に歪を起すと、その内部応力に相当した値が重量の誤差としてはいつてくるのであるが、好都合なことには雪は特殊の性質があり、内部に少し位の歪ができて数時間位でじきに歪が解消し、内部応力が消失してしまうので、少し位の遅れはあるが誤差は生じないのである。すなわち周囲には繋っていても、少し位の内部歪に対しては液体の場合と同じような結果を現わすので、この点心配ないのである。しかし雪層に大きな撓みを生ぜしめると、歪が解消する為には非常に長い時間がかかることになるので、この積雪量計では撓みを極度に小さく止めてあるのである。

3. 積雪量と融雪流出水量との比較

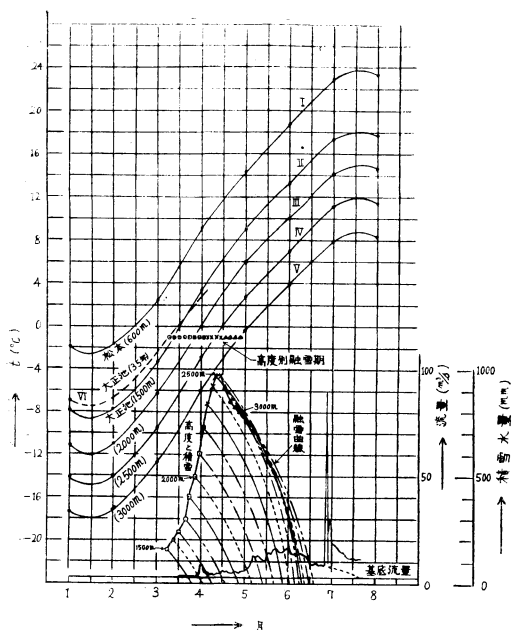
次に積雪量計の観測記録を用いた研究の一例として、上高地の積雪量と梓川上流に於ける融雪流出水量とを比

較して見たので次に記してみる。

融雪は種々な気象条件によって左右されるが、そのうち気温は融雪に対する最も重要な要素である。融雪は氷点下の気温では殆んど起らず、気温が 0°C 以上になって始めて積極的の融雪が起ってくる。融雪量を求めるためには、実際には気温・日射・風等多くの気象的条件を取り入れた緻密な計算が用いられているけれども、ここでは試みとして、ただ積雪量も気温も平均値を用いて、概略的な値を求めてみた。このような研究のためには上高地はたいへん都合な場所である。それは冬期の気温が低く、融雪期に至る迄融雪は非常に少く、融雪期になると急速に融雪が始まること、集水域がまとまっており、また高度帯が豊富であって比較的整然としているからである。

(1) 融雪時期の推定

第10図の I 及び II の曲線は、松本及び大正池における累年の月平均気温の変化を表わして居るものである。図に明かなように、この両曲線はよく平行しており、その温度差は常に殆んど 6°C を示している。そして両所の



第10図 月平均気温と融雪曲線

高度を見ると、大正池は 1,500m 松本は約 600m であるから、その差は約 900m であるので、温度の通減率は約 $0.66^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ とみることができる。この割合をもって 2,000m, 2,500m, 3,000m の各高度の平均温度変化を類推したものが同図 III, IV, V の曲線である。また今年の大正池の融雪初期の月平均気温は、累年平均値より少し高く、点線VIをもって表わされている。そして今年大正池畔の本格的な融雪は、重量式積雪量計の記録からみると3月7日からとなっている(第3図参照)。すなわち、月平均気温が -1°C 位の時に始まっていることがわかる。これは各高度とも共通と考えることができるから、これから推察すれば、高度 2,000m の所では3月7日頃、2,500m の所は4月10日頃、3,000m 即ち穂高岳の頂上付近では4月25日頃に融雪が始まる筈である。

(2) 融雪流出水量

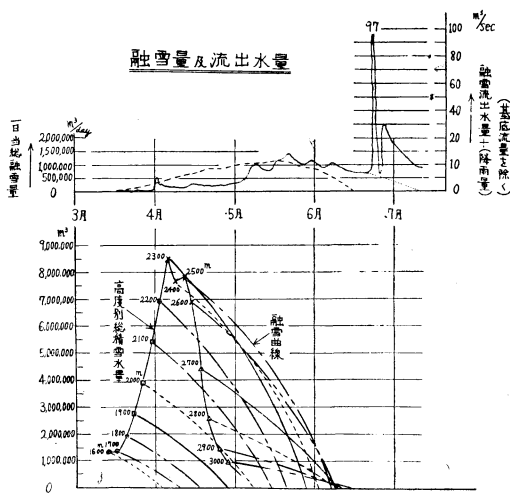
積雪量は積雪量計によれば、大正池畔、すなわち、1,500m 辺では、水量に換算して融雪直前に 160mm を示しており、「サンプリングの結果は、1,600m 辺で平均 200mm となっている。積雪量計の記録から見ると、これらは4月初旬には融解し終っている筈である。

地理調査所50,000分の1の地図から算出した集水面積(測水所より上流)のうち、1,500~1,600mの地域の面積は、6,690,000 m^2 ありこの面積内の積雪量を 200mm

として、総融雪水量 1,338,000 m^3 となり、この水量が約25日間に流出したとすれば平均約 $0.6\text{m}^3/\text{sec}$ となる。しかし東京電力測水所の流量観測値は $0.15\sim 0.3\text{m}^3/\text{sec}$ の増加を示している(第11図参照)、この差は土中に滲透保有されたものと思われる。

流量曲線を見ると3月31日から流水量は急増していることを示している。これは3月29日から気温が急昇して、29日 6°C , 30日 9°C , 31日 10°C となり、しかも29~30日に亘って 78mm の降雨があったためである。積雪量計の記録を見ると 160mm の積雪量が、融雪が始まってから全部融解する迄に略17日を要している(第3図参照)。すなわち、1日平均約 9mm となり、融雪初期で気温が 0°C に近い時は融雪の速度はこのように小さいことを示している。しかし積雪量の多い所では、融雪の終る迄に相当の日数を要するので、そのうち気温は上昇し、ついに月平均気温が $7^{\circ}\sim 8^{\circ}\text{C}$ に達する頃には、融雪速度は1日 50~70mm にも達する。2,500m 前後の地域は積雪量も最も多く、融雪の始まるのも比較的遅いので、この辺の融雪が進んでくる頃は、各高度殆んど同時に急速に融解するので、河水は急増するのである。第10図下部の曲線はその融解の状況及び河水流出の状況を示す。そして6月中旬になれば、各高度とも殆んど積雪はなくなり、従って融雪流出水量も漸減して来る、同図はこの状況をよく表わしている。

第11図下部の実線は、面積を考慮に入れた毎 100m の高度別総積雪水量とその融雪始期を表わしており、同融雪曲線は各高度における融雪の始期終期及び積雪減少の推定状況を表わしている。またこの融雪曲線から各高度



第11図 融雪量と流出水量との比較

の逐日の融雪水量の総和を求め、グラフに表わしたものが第11図上部の点線である。これと逐日の流出量（基底流量を除いたもの）実線とを比較すれば、比較的良好一致しており流出量が、時間的に遅れていることを示している。この図に示してある100m毎の高度別積雪量は東京管区気象台で実施した「スノーサーベアー」の資料から頂いた平均値であり、流量観測値や大正池の気温等は、東京電力から頂いたものである。

4. むすび

従来、降雪量の観測には、みなその水に換算した量を用いられていたが、積雪量の場合には、たゞその深さが測られているだけであった。積雪深の観測値は交通や災害の面には必要であるが、科学的意義は比較的薄いものである。近時積雪が水資源として重要視せられるようになり、この必要から積雪量を相当水量の値として観測す

る為「サンプリング」等の方法が用いられるようになったけれども、旧来から融雪洪水その他災害の予測等の面からも、積雪の換算水量の値の必要性は認められておりながら、適当な測器が無かったために、積雪深を用いる不確な表現方法で満足せざるを得なかったわけである。この意味において、積雪を相当水量の値として直接に観測することのできる、この重量式積雪量計は、積雪観測用の測器として今後益々広く用いられる可能性あるものと思われる。

終りにこの器械の改良及び実地試験にいろいろ御援助と御指導を下さった小平気象研究所長・水野測器研究部長と高田測候所の方々に、また東京電力KKでは佐久間技師・三村技師・赤羽霞沢発電所長始め多くの方々に御協力を頂いたことを厚くお礼申し上げます。

【書評】 毛利圭太郎著 気象のリズム

B6版 218頁 地人書館 1961年4月発行 定価380円
地人書館発行の『天文と気象』に毎月連載した『日本の天候物語』をもとにかなり手を加えてまとめた本である。季節の移り変わりはわれわれの生活と一体のもので、苦しい思い出にも楽しい思い出にも、その季節の気象現象が必ずつきそっている。この本は序文にもあるように「われわれの生活に身近な日本の気象の一年をつづじてのいろいろの特徴を説明した」ものである。

1月から12月まで月毎に、いくつかのテーマをえらんで、たとえば、10月（秋晴れと紅葉のころ）では、みのる秋、10月の台風、秋の長雨（しゅうりん）、秋晴れ、紅葉のころ、秋の霧、春と秋と天気はどう違うか、北日本の秋、関東から中部地方へかけての秋、西日本の秋、というテーマをとり上げて、平易に解説している。季節感を出した写真約100枚、説明図約40枚もあるので、わかり易く読めるし、また約30首の短歌、俳句は歌の好きな人には、解説の後で、楽しいやすらぎを与えるかも知れない。気象の専門家が、日常生活にひたって、このような平易な読み物を書くことは大変良い試みであろう。しかし、慾を云えば、写真には、なくてもがなもの、疑問のもの、もあるが、これらは折を見て直されることだろう。また、自然の探究という点ではもの足りないとしても、著者の意図、「このような生活の中から感じた何物かが、気軽な気持ちでよんでゆかれる読者には少しでもお伝えでき、これによって生活に身近な日本の気象についてすこしでも興味をもってくださるようになれば、大変しあわせだと思っています」は十分に達せられていると思う。

（有木直介）

福井英一郎著 気候学概論

256頁 650円 朝倉書店 1961.

本書は大学の教科書向きに書かれたものである。内容は序論、気象要素、動気候、気候の分布、気候変化、気候と生活、世界の気候 (1)アジア、(2)ヨーロッパ・アフリカ、(3)アメリカ、(4)大洋州および両極地方の10章からなっており、巻末には索引がついている。一言でいえば Haurwitz, Austin 著 Climatology の日本版という感じであるが、最近における気候学の進歩が多くとり入れられており、著者の勉強ぶりが察せられる。

第3章動気候においては物理気象学的な表現が多く取り入れられ、気候と生活の章では生活と直結した大気汚染、災害にもふれており、新しく開拓された気候学の分野がよく紹介されている。後半の4章で世界各地の気候誌を記載しているのは、日本における類書としてははじめてであろう。最近には航空機の発達により世界はせまくなり、各国とのいろいろな交流が盛んになって来ている。このような時代においては日本の気候ばかりでなく、世界各国の気候を知る必要にせまられることが多いが、残念ながらいままでは適当な参考書がなかった。この点で本書はそのような要求に答えるものであろう。

本書はその性質上文献などもほとんどのっておらず、また気候誌にしても定性的な記述にとどまっているところが多い。この点では専門家だけではないといえるかもしれない。しかし、気象学もいちじるしく広く、深くなって来た今日、一般気象技術者も全般に目を通すことはいちじるしく困難になって来た。しかもまた、広い分野の教養も要求されるので、この意味で一般の人はもちろん、気象技術者も一読しておいて損はない著書であろう。

（高橋浩一郎）