

月山の雪

小笠原和夫, 太田 祐

まえがき 月山は越後山脈の北端にあって山形県のほぼ中央(北緯 38°35')に位し、標高は 1980 米にすぎないので、特に高山というには当たらないが、その南東斜面の段丘台地に発達する大雪田には、毎年相当量のものが万年雪として越冬(写真1)し、これに源泉する立谷沢川は穀倉庄内の重要な灌漑水源、電力水源となっている。



1. 月山の万年雪(大雪城)

標高 1700~1900m, 月山大雪城. 1454, 8, 15日. この大雪城の残雪水量は、面積(120,000m²)×平均厚さ(2.5m)×密度(0.7)=21万トンに上り、万年雪を形成する。月山には、この種の雪田が7カ所に発見される。消雪跡には安山岩塊が散乱し、カール地形の末端には積雪がほふくした形跡を示すモレーンが見出される。ここでは鈴木博士を班長とする高山植物生態の研究が進められている。(結城嘉美氏撮)

降雪は一般に冬季の現象で、気温の低いことが1つの条件であるが、気温が極端に低い場合には空気中の水蒸気含有量が著しく少ないために、酷寒地方では保存性は強いが積雪量は極めて小さい。降水量は相似た地理的環境では、極地方が温帯地方に進むにつれて急激な増大を示す。ただ温帯でも南下するほど気温が高くなるので保存性がなく、かつ雨の機会が多くなる。なお、多雪の重要条件として、雪をもたらす冬の北西季節風の相当に強いことが挙げられ(第2表)、しかも、月山の位置する越後山脈は、北北東から南南西への走向を示し、季節風を直角にうける配置をとっている。

地形と積雪 風上の北西(庄内)側は火口の痕跡を止め、物すごい断崖を形成しているが、南東(山形)側はアスピーテと紛ら極めておだやかな流線型の地形で、月

の山の名の出た所以か、ともかく、半月を伏せたような形をしている。ここには縦谷の発達が見られず、立谷沢川も銅山川も、ほぼ相似た源泉をもちながら、いずれも、この山を半円型にとりまいて流れている。標高 1400~1500 米には一連の大断崖が見られ、立谷沢川を走らせているが、この断崖を上ると山頂まではなだらかな地形で、5~6段の段丘を形成し、圏谷(カール)地形(写真2)が至るところに見受けられる。そして、これ等の圏谷は広大な雪田を形成し、雪の貯留に大きな地形的役割を演じている。一般に、縦谷の発達した山の風背面では、雪崩れて堆積した雪は非常に厚さにもなるが、月山の豪雪はこれではない。しかも、季節風が非常に強い年には、一定容量の月山の圏谷が雪で飽和すると、その後の雪は更らに低標高の風下に運搬され、次から次へと雪庇をつく

り、月山の外堀を形成する銅山川や寒河江川の水源を涵養する。ともあれ、月山の圏谷積雪を仰ぐ立谷沢川の融雪水量の、年による変動が非常に少ないことは重要な特長である。なお、このような地形のために、月山南東斜面は積雪測量が比較的容易で、標高 400 米以上(34.17 km²)の集水の出口には鉄工社発電所の取入口があり、毎日9時に流量観測が行われている。月山積雪調査は昭和28年3月以来毎年継続して今日に至っている。このうち、3月下旬は最深積雪期、5月初旬は1500米以上の融雪開始期、8月中旬は残雪期に相当する。

調査方法 面積が小さく、地形が単純なために、面積法をとらずに行路法をとっている。積雪深の浅い低標高地帯では、マウントローズ型のサンプラー(写真3)を使用しているが、2米以上の積雪深では直径10mmの



2. 月山に代表的なカール地形と雪田

1954, 5, 11日, 月山系姥ヶ岳(1670)南西斜面における積雪分布。積雪深は3~6m, 積雪密度は0.4~0.6の細かいザラメ。融雪期に入って、かなり水分が多くなっているが、輪カンジキは不要である。北東の風上面は雪が少なく、特に、尾根筋は消雪して、ハイマツが生気を取り戻しかけている。月山には、このようなカール地形が随処に発達し、スキートの天国となっている。針先ほどに見える三人の人影(筆者達)と比較して、雄大さがわかる。(太田技師撮)

つぎたしゾンデを用い、更らに、4m以上のところでは8番鉄線を用いている。積雪深10m以上の実測には鉄線が便利である。積雪水深をみ出すために、代表地点

2~3カ所に雪洞をうがち、断面における雪質を写生すると共に、20cm毎に長さ10cmの小型サンプラーを用いて密度を秤量している。(写真4)

月山の積雪水量 第1表に、1954年と1955年の何れも3月26日~27日を中心にして測った月山南東斜面立谷沢川源流34.17km²の高度別積雪水深と、これに相当面積を乗じた積雪貯水量を掲げる。このうち、1954年度分については流量実測値と対照批評を与えて発表(雪氷第16巻1955, 1)してある。本表によって見ると、総積雪貯水量は、1954年が7123万トン(平均降水量208.4mm)、1955年が9525万トン(平均降水量2790mm)で、前年比は134%となっている。第2表 酒田における12~3月の季節風を比較すると、平均風速も暴風日数も1954~1955年の冬は、1937~1946年の10年平均値を上廻り、特に、1953~1954年の冬に較べて季節風の発達が顕著であった。酒田における季節風の消長だけで、月山積雪の消長を判断するわけには行かないが、一応の目安に

はなるものと思われる。地形に及ぼす季節風効果の積雪分布に対する影響は注目に値する。即ち、400~900mの低標高では前年比が156%に増大しているのに、900

第1表 月山南東斜面における積雪貯水量(1954, 1955 3月26~27日)

海拔高米	面積km ²	積雪水深(平均mm)		貯水量 m ³ 10 ⁴		1955/1954 %	平均降水量 mm	
		1954	1955	1954	1955		1954	1955
400~500	0.45	450	840	20.3	37.8	186		
500~600	1.23	700	1100	89.6	140.8	157		
600~700	2.16	900	1400	194.4	302.4	155		
700~800	2.75	1100	1700	302.5	467.5	154		
800~900	3.15	1350	2100	425.3	661.5	156		
小計	9.79			1032.1	1610.10	156	1054	1644
900~1000	4.00	1600	2300	640.0	920.0	144		
1000~1100	4.83	1800	2700	869.4	1304.1	150		
1100~1200	3.85	2050	3000	789.3	1155.0	146		
1200~1300	2.78	2250	3300	625.5	917.4	146		
1300~1400	2.08	2500	3600	520.0	748.8	144		
1400~1500	1.33	2800	3900	312.4	518.7	166		
小計	18.87			3756.6	5564.0	148	1991	2949
1500~1600	2.00	3600	4200	720.0	840.0	117		
1600~1700	1.63	4550	4500	746.5	733.5	98		
1700~1800	1.10	5450	4800	599.5	528.0	88		
1800~1900	0.58	4250	3500	246.5	203.0	82		
1900~2000	0.20	1100	2300	22.0	46.0	209		
小計	5.51			2334.5	2350.5	100	4237	4260
総計	34.17			7123.2	9524.5	134	2084	2789

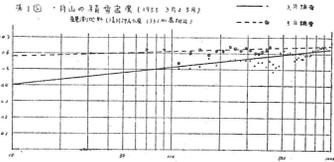
第2表 酒田における12~3月の季節風

年次	12月		1月		2月		3月	
	平均風速	暴風日数	平均風速	暴風日数	平均風速	暴風日数	平均風速	暴風日数
1953~1954	6.6(7.8)	24(23)	6.7(8.3)	16(26)	6.4(7.9)	18(22)	6.1(6.2)	19(19)
1954~1955	8.9(7.8)	23(23)	9.6(8.3)	30(26)	7.8(7.9)	20(22)	6.8(6.2)	20(19)
比%	135	96	143	188	122	111	111	105

註) () 内は1937~1946(昭12~21)の平均値(4捨5入)

～1500 米では 148 % となり、1500～2000 米の月山段丘（圍谷地形）では前年とほぼ同量となっている。これには、3 月初旬からする低標高地帯の融雪も顧慮するべきであるが、一応の参考資料として提供する。

月山の積雪密度 第1 図に、1955、3 月下旬と 5 月初旬に測った層別の積雪密度を示す。これは、標高 1350 米、清川行人小屋付近の雪洞で得たも



第 1 図

のである。4 月下旬には、9.40 米まで掘り下げ、地表面に達した。密度 0.40 といえば、平地では融雪期のザラメ雪の値として相当のものであるが、ここでは、これは表層だけのことで、深さを増すにつれ大きな雪圧をうけるために、密度は次第に増加し、最高 0.64 となっている。融雪開始前で、積雪層内には水分をふくんでいないから、僅か 30 % の空隙しかないほど語っていることになる。断面を写生してみると、大部分が細かなザラメで、5～20 mm の氷板を数多く挟み、特に 5 米層を中心に厚さ 55mm に達する大氷層がみ出された。暴風の卓越する月山では、風搬堆積する雪片は最初から六華枝が粉碎され、シマリ或いは細ザラメ化するらしい。それ故、月山の 3 月には、新雪の上でも輪カンジキの必要がない。雪洞掘りは、全部ノコギリで碁盤目に切りとり、水を扱うと同じような手送り搬出ができた。

密度が大きいために、月山の積雪は、深さの割合に水量が大きく、かつ、永もちして仲々融け難い。なお、厚薄様々な、しかも、50cm 厚さ以上の氷板など、どうし



3. スノーサンプラー操作



4. 雪洞内の積雪密度精測
註) 1955, 3, 27 日, 1935 m 清川行人小屋付近の谷間にうがった深さ 9.40 米の雪洞断面につき、20 糎毎に積雪密度の精密測定をした。スノーサンプラーは、双先内径 3.6cm (空洞内径 3.8cm)、長さ 10cm の小型のものを用い、300 グラムのスプリングバランスで秤量した。(附図 月山の積雪密度を参照せよ)。
(太田技師撮)

て出来るのか。わたくし達の大きな疑問である。而も、氷板でなくとも、密度の大きな月山の細ザラメは、日量 40～50mm (1955, 5. 4) の雨でも、浸透させずに、ほとんど、みな物すごい流痕を描いて表面を流下させる。

あとがき 最近 20 年、わが国の雪氷研究は眞に驚くべき発達をたどっているが、大自然に直面すると、未解決と思われることが仲々多く、特に、融雪出水や雪氷資源の問題には、融雪機構の研究が未だ不十分で、これまでに実験室で見出した法則を、そのまま当てはめることは無理なようである。なお、水蒸気凝結に伴う融雪効果が非常に大きいので、積算気温（デグリーデーズ）だけで融雪量を判断することは難しく、是非とも気団概念を導入した一層精細な検討が必要と痛感された。わたくし達は、今後益々実験室との提携を密にし、広く、凡ゆる専門家の知識を集めて至難な問題の解決を急ぎたいと思っている。月山の積雪調査は、これまで足溜りがなかったために、雪洞を掘ってテントを張り、様々の困難を経験したのであるが、つい先程、標高 1350 米の清川行人小屋跡に、秋田営林局月山造林事業所が完成したので、非常な便宜を得るわけである。標高 1200 米の姥沢小屋の両拠点を利用すれば、最早や露営の必要もなく、かつ、相当の暴風雪におそわれても、少しの不安もない。いづれ、広く、多くの専門家が相集って、この雪山の総合研究を実施するよう計画したいと考えている。この月には、新庄総研の小島技官（融雪）、釜淵林試の菊谷技官（含水量）の参加を求め、貴重な資料を得ることが出来た。これ等は、まとめて、近く雪氷学雑誌に発表するはずであるから、十分な批判検討を賜りたい。

(1955, 6, 10).

(山形県庁)