



Title	母子里における融雪・気象観測資料(1968)
Author(s)	小島, 賢治; 小林, 大二; 小林, 俊一; 成瀬, 廉二; 石川, 信敬
Citation	低温科学. 物理篇. 資料集, 28, 1-23
Issue Date	1971-03-31
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/18656">http://hdl.handle.net/2115/18656</a>
Type	bulletin (article)
File Information	28_p1-23.pdf



[Instructions for use](#)

## 母子里における融雪・気象観測資料 (1968)\*

小島賢治・小林大二

小林俊一・成瀬廉二

(低温科学研究所)

石川信敬

(北海道大学大学院 理学研究科)

(昭和45年11月受理)

### I. 緒 言

1968年4月14日から積雪がほとんど融け去るまでの2週間、雨竜郡母子里において、融雪面における熱収支と融雪流出の観測を行なった。融雪流出については小林(大二)等<sup>1)</sup>が、熱収支に関しては成瀬等<sup>2)</sup>が気温融雪の野外研究と題してそれぞれ報告した。これらの報告に用いられた融雪量、蒸発・凝結量ならびに各微気象要素の測定値を、資料報告としてここにまとめておくことにした。

### II. 測定場所、積雪状況ならびに測定法

#### 1. 測定場所と積雪状況

北海道大学雨竜地方演習林母子里作業所構内の平坦な雪原で融雪量、蒸発量ならびに気象要素の観測を行なった。母子里は雨竜川の上流、朱鞠内湖の奥の平坦な盆地にあり、観測地点の標高は290 mである。盆地の周囲は標高400~600 mの低い山に囲まれている。付近の地形図は1970年の観測結果の報告<sup>3)</sup>に掲載した。

1968年は例年になく融雪期が早く始まり、筆者等が観測を開始した4月14日には、すでに融雪期の半ばを過ぎていたが、積雪深は78 cmであった。積雪の表面は、冬の降雪中に含まれていた不純物(土の微粒子)が残って薄茶色に汚れていたが、内部は白いざらめ雪としまり雪が主であった。

#### 2. 測定法

##### (i) 融雪量

a) 雪に土まで届く穴を掘ってその底に受水口が約70×70 cmの角型集水器(漏斗)をおき、その下の土に埋めた自記雨量計に連絡した。集水器の上は再び雪で埋め、その上面が周囲の雪と同じ高さになるようにしたが、2日後には埋めなおした部分と周囲の雪面との見分けがつかなくなった。雨量計につないだ電接回数器を集水器から適当に離れた雪面上におき、集

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第1124号

水器から流下する融雪水量を自記した。装置の略図と記録の例は成瀬等<sup>2)</sup>の報告にある。この方法で測定される融雪水流下強度は、積雪の表面あるいは表層内で起る融雪の強度に対して時間の遅れがあるが、流下強度の最小値を境にして毎日の融雪水量を分離することは容易であった。そこで、この方法は主に、1日毎の融雪水量を求めるのに用いた。

b) 2本の杭を約2mの間隔をおいて雪に打込み、その間に雪面から約20cmの高さにほぼ水平に糸を張った。糸がたるまないように糸の一端は弱いバネを介して杭につないだ。糸には3カ所に目印をつけ、常にその位置での糸と雪面との鉛直距離を1mmの精度で1時間おきに測った。こうして測った $dt$ 時間内の雪面低下量 $ds$ と、積雪表面層(厚さ3cm)のぬれ密度 $\rho_w$ とから、 $\rho_w ds$ によってこの間の表面融雪流下水量とした。

c) 母子里における筆者等<sup>4)</sup>の融雪観測第1報(1967)に詳しく述べたように、直径14cm、深さ5または6cmの透明な円筒形プラスチック容器の底をステンレスの金網とし、この中に雪の試料を収めてその上面が周囲の雪面と同じ高さになるように雪に埋め、適当な時間々隔において容器ごと上皿天秤で秤量した。

#### (ii) 蒸発量

直径14cm、深さ6cmの側面も底も透明な塩化ビニールの円筒形容器に収めた雪の試料を、前項(i)-cと同様に雪に埋め、適当な時間々隔(大抵1時間または2時間)をおいて秤量した。その際、質量を0.1gまで読んだが、一つの時間々隔の前後における質量増減の測定誤差は $\pm 0.2$ g程度である。試料はなるべく2個用意し、それらの蒸発量の平均を用いるようにした。

#### (iii) 気象要素

a) 日射量 4月17日から22日までの間はゴルチンスキー日射計とロビッチ日射計とにより、その前後の期間はロビッチ日射計のみにより水平面日射量を測定した。両日射計による同時測定値の間関係により、ロビッチ日射計のみによる測定値を補正した。ゴルチンスキー日射計の定数は、札幌管区气象台による検定値を使用した。

b) 正味吸収放射量 Funk 示差放射計により雪に吸収される放射量を昼夜連続記録した。

c) 気温  $0.2^{\circ}\text{C}$ 目盛の棒状水銀温度計を、雪面上1, 3, 10, 30および100cmに水平に設置し、各温度計の感部を金属円筒に収めて円筒内を強制通風しながらこれらの高さの気温を1時間ごとに測定した。

d) 湿度 アスマン通風乾湿計により、雪面上1mの高さでの相対湿度を測定し、水蒸気圧を求めた。

e) 風速 小型3杯ロビンソン風速計(理工研式)により、雪面上10, 20, 50, 100および200cmの高さにおける1時間の風程から毎正時間平均風速を測定した。

f) 雪面の反射率(アルベド) 英弘精機製示差放射計(CN-2)を用いて積雪の反射率を測定した。反射率は雪面への入射光の強さに対する反射光の強さの割合であるが、示差放射計によって入射光のみを測る方法として、放射計の取扱説明書には次のように記されていた。正味放射量の測定に用いる上下のポリエチレンドームのうちの上方をガラスドームに替え、他

方は内面を黒くしたアルミニウム製アダプターに替える。アダプターの内面温度  $T^{\circ}\text{K}$  を、内蔵の熱電対で測定し、放射計の出力から得た示差放射量にアダプターの内面からの放射量  $\sigma T^4$  を加えて、ガラスドームを通過した上方からの放射量を求める。次に放射計の上下の向きを逆にすれば、反射光の強さが測定出来ることになる。

しかし、ガラスドームからの二次放射は無視出来ず、上記の方法ではガラスドームを通過する放射量を過大に見積る結果となった。そこで、アルベドの測定にはアダプターの内面温度を使用せず、単にガラスドームを下方に向けた場合と上方に向けた場合の放射計の出力の比をもって、おおよその反射率とみなすこととした。

### III. 測定結果

#### 1. 気象要素、蒸発・凝結量および融雪量等

##### (i) 毎正時間量 (昼間のみ)

第1表に観測期期間中の毎日6時ないし8時から18時までの毎正時間の放射量、蒸発量、融雪量等の1時間ならびに雪面から1mの高さにおける気温、風速、湿度、水蒸気圧等の平均値を示した。蒸発量は必ずしも毎正時に測定を行なったわけではないが、測定値に基づいて画いた毎日の蒸発量-1時間曲線から毎正時間量を読みとった。負の蒸発量は空気中の水蒸気の雪面への凝結量をあらわす。

融雪による雪面低下量は3カ所の測定値の平均として、0.1mmの桁まで数値を示してある。しかし、この  $\Delta s$  と雪の表面層の密度  $\rho_w$  との積の1日の総和  $\sum \rho_w \Delta s$  は、前章の2(i)a)に述べた集水器による日融雪量に比べて常に小さく、後者は  $\sum \rho_w \Delta s$  の1.1~1.6倍であった。これは日射の吸収による雪の内部(雪面下10cmまでの層)での融解が雪面低下にあらわれないためと考え、毎日の集水器による日融雪量測定値と  $\sum \rho_w \Delta s$  との比を一様に各正時間の  $\rho_w \Delta s$  に乗じた値を表の  $\Delta m_2$  の欄に示した。つまり、表の  $\Delta m_2$  の1日の総和が集水器によるその日の日融雪量に等しくなるようにしたわけである。融雪量  $\Delta m_1$  は、前章2(i)c)に記した方法による測定である。その方法による測定は4月17日~21日の間だけ行なった。試料の側壁の影響によるためか、融雪がさかんに起る正午前後に  $\Delta m_1$  は実際の融雪量より大きい値を示したように思われる。また、試料の質量の減少は、蒸発によって失われる分を除けば、試料の底面を流下する水の量に等しいので、雪面での融解に対して時間的遅れがある。夜間に融雪がある場合には、日射の影響もなく、融雪強度の時間的変化が小さいので、 $\Delta m_1$  と  $\rho_w \Delta s$  とがきわめてよく一致する。

気象要素等の時間的変化のグラフは成瀬等<sup>2)</sup>の報告にある。

##### (ii) 昼間6~18時の熱収支および夜間の測定値

第2表には1日(0~24時)を昼間の8時~18時の他、夜間も含めて全部で4つの時間帯に分け、各時間帯の日射量、正味放射量、大気伝達熱量等、積雪上層部における熱収支を示した。このうち、大気伝達熱量は筆者等の別の報告<sup>4)</sup>で扱ったのと同じ方法により(気温と風速の垂直分布をいわゆる対数分布で近似して)計算で求めた値である。夜間は気温、風速等の垂直分布の測定を行なわなかったので、6~20時の間だけ数値を示した。正味放射量の欄には6~18時

第1表 観測期間中6時~18時の間における毎正時間の気象要素,融雪量および蒸発量等

気温, 風速, 湿度および水蒸気圧は雪面上1mの高さにおける1時間平均値を示す。その他の量の説明は本文参照

月 日	時 刻	日 射 量 $I$ cal·cm <sup>-2</sup>	吸収放射量 $Q_R$ cal·cm <sup>-2</sup>	気 温 $T_{a1}$ °C	風 速 $u_1$ cm·sec <sup>-1</sup>	相対湿度 $H_1$ %	水蒸気圧 $e_1$ mb	蒸 発 量 $\Delta v$ mg·cm <sup>-2</sup>	融雪量(1) $\Delta m_1$ g·cm <sup>-2</sup>	融雪量(2) $\Delta m_2$ g·cm <sup>-2</sup>	雪面沈下 $\Delta s$ cm	風 向	気 圧 $P$ mmHg
IV-14	8~9 <sup>h</sup>	10		4.1	245								
	9~10	13		4.6	240	83	6.84	-2.6		0.03	0.07		748
	10~11	23		4.6	345	77	6.73	-4.2		0.09	0.17		
	11~12	58		5.0	325	77	7.02	-5.5		0.27	0.52		
	12~13	45		5.6	295	76	7.01	-5.3		0.23	0.46	WSW	747
	13~14	65		5.6	255	70	6.85	-2.0		0.20	0.40		
	14~15	61		5.9	260	66	6.67	0.6		0.35	0.70		
	15~16	45		6.0	225	67	6.57	1.0		0.09	0.17		
	16~17	13		5.6	165	74	6.90	2.7		0.05	0.10		
17~18	7	-2.8	3.8	115	79	6.67	1.6		0.01	0.03	WSW	748	
IV-15	7~8	41	8.0	-0.5	0	71	4.29						
	8~9	61	13.2	1.9	55	58	4.83			0.21	0.43		748
	9~10	74	21.0	5.6	75	52	5.36	0.6		0.13	0.33		
	10~11	85	24.0	7.6	175	50	5.95	1.2		0.29	0.90		
	11~12	85	26.1	8.5	200	48	6.12	1.9		0.27	0.80		
	12~13	85	25.0	9.2	235	46	5.97	1.8		0.26	0.77	W~WSW	746
	13~14	78	21.0	9.9	240	46	6.10	1.4		0.21	0.63		
	14~15	65	16.0	10.3	255	44	5.86	1.0		0.12	0.36		
	15~16	45	9.9	10.4	190	43	5.58	0.7		0.16	0.43		
	16~17	23	3.2	9.6	195	42	5.16	0.9		0.04	0.10		
17~18	6	-2.0	8.3	85	45	5.12	0.5			-0.03	SW	743	

IV-16	6~7h	6	2.2	0.9	} 20	93	5.91		} 0.05	0.12	NNW	745	
	7~8	7	2.4	1.1		94	6.15						
	8~9	7	3.4	2.2	65	90	6.51		0.03	0.07			
	9~10	19	6.9	3.6	35	84	6.73		0.04	0.10			
	10~11	23	8.5	4.2	85	78	6.79		0.08	0.17			
	11~12	34	11.2	4.9	70	76	6.94	-1.0	0.13	0.33			
	12~13	38	13.3	5.9	70	70	7.02	-1.0	0.10	0.25			
	13~14	61	17.0	6.5	120	67	7.12	-1.1	0.23	0.57			
	14~15	41	13.0	7.0	70	65	7.21	-1.2	0.11	0.30			
	15~16	49	13.6	6.9	75	66	6.86	-0.8	0.23	0.57			
16~17	19	2.9	5.2	55	67	6.69	-0.7	0.10	0.23				
17~18	6	-2.0	4.0	50	74	6.63	-0.7	0.04	0.10	744			
IV-17	6~7	16	4.5	-2.8	} 0	93			} 0.06	0.19	W	744	
	7~8	41	8.9	-1.2		94	(6.24)	1.0					
	8~9	58	11.4	2.2	20	84	6.14	-0.5	0.20	0.48			
	9~10	71	18.9	4.6	55	60	5.82	-1.6	0.20	0.50			
	10~11	77	22.0	6.8	60	51	5.59	-0.5	0.25	0.72			
	11~12	77	22.0	8.0	55	48	5.52	0.0	0.25	0.73			
	12~13	71	20.0	8.2	55	45	5.56	-1.4	0.36	0.26			0.65
	13~14	48	15.0	8.5	75	47	5.82	-0.2	0.29	0.20			0.55
	14~15	34	11.0	7.9	140	52	5.96	0.7	0.20	0.12			0.30
	15~16	19	5.0	6.4	220	65	6.45	-1.6	0.17	0.13			0.33
16~17	13	2.4	5.8	125	74	6.87	-0.2	0.11	0.06	0.14			
17~18	5	-0.6	4.4	35	81	6.60	0.0	0.03	0.00	0.00	744		

第1表 (続 き)

月 日	時 刻	日 射 量 $I$ cal·cm <sup>-2</sup>	吸 收 放 射 量 $Q_R$ cal·cm <sup>-2</sup>	気 温 $T_{a1}$ °C	風 速 $u_1$ cm·sec <sup>-1</sup>	相 对 湿 度 $H_1$ %	水 蒸 気 圧 $e_1$ mb	蒸 発 量 $\Delta v$ mg·cm <sup>-2</sup>	融 雪 量 (1) $\Delta m_1$ g·cm <sup>-2</sup>	融 雪 量 (2) $\Delta m_2$ g·cm <sup>-2</sup>	雪 面 沈 下 $\Delta s$ cm	風 向	気 圧 $P$ mmHg		
IV-18	6~7 <sup>h</sup>	26	9.8	-3.4	0	94	4.47			} 0.21	0.03	N	744		
	7~8	52	9.0	-0.3	0	80	5.02	1.0							
	8~9	66	14.1	2.6	45	61	5.12	1.8	0.11	0.11	0.20				
	9~10	79	20.0	5.6	80	64	(7.23?)	1.5	0.37	0.19	0.36				
	10~11	87	24.0	7.8	115	80	(9.80?)	1.4	0.38	0.21	0.46				
	11~12	90	26.0	8.9	100	56	7.17	-0.4	0.35	0.38	0.87				
	12~13	87	26.0	9.1	120	32	4.17	0.6	0.34	0.33	0.77				
	13~14	77	21.0	9.0	105	29	4.42	3.1	0.33	0.26	0.63				
	14~15	64	16.0	9.3	160	38	5.58	2.1	0.31	0.29	0.65			N~NW	742
	15~16	48	9.9	9.2	145	53	6.86	1.2	0.21	0.11	0.25				
	16~17	41	2.8	8.8	130	59	(7.22?)	1.7	(0.19)	0.08	0.17				
17~18	3.2	3.6	5.8	45	74	6.92	1.3	(0.05)	0.01	0.03	742				
IV-19	6~7	33	3.6	-5.0	0	94				} 0.07	0.12	WNW	742		
	7~8	48	8.8	-0.1	0	84		1.0							
	8~9	68	15.2	3.8	40	68	5.3	1.4	0.09	0.09	0.17				
	9~10	80	22.0	6.6	45	53	5.51	0.7	0.33	0.15	0.30				
	10~11	88	26.0	8.9	70	40	5.18	0.9	0.34	0.28	0.63				
	11~12	90	27.0	10.3	165	33	4.65	0.8	0.30	0.39	0.80				
	12~13	87	24.0	10.8	175	37	5.14	1.2	0.37	0.34	0.70				
	13~14	79	20.0	10.4	185	39	5.37	1.8	0.37	0.39	0.77				
	14~15	68	16.0	10.5	195	40	5.44	2.8	0.31	0.36	0.69				
	15~16	42	9.9	10.3	175	47	5.78	2.4	0.31	0.27	0.50				
	16~17	23	3.2	9.1	175	42	5.05	4.2	(0.18)	0.09	0.17				
17~18	5.2	-1.6	7.4	135	41	4.47	2.0	(0.06)	0.01	0.03	N	738			

小島賢治・他

IV-20	6~7h	19	2.6	1.9	} 60	(63)	(4.7)			} 0.08	0.17	N	735		
	7~8	37	9.5	4.2		41	3.90	2.0							
	8~9	42	9.6	5.6	150	37	3.80	4.7	0.07	0.08	0.17				
	9~10	58	9.0	6.3	190	36	3.71	2.2	0.22	0.15	0.33				
	10~11	74	21.0	7.5	200	30	3.45	2.9	0.37	0.28	0.67				
	11~12	55	16.0	8.0	220	25	3.07	11.4	0.24	0.19	0.43			NNW	734
	12~13	42	12.0	7.5	205	25	2.98	6.6	0.18	0.19	0.43				
	13~14	33	9.9	7.1	170	27	3.21	3.5	0.16	0.15	0.27				
	14~15	31	8.5	6.5	170	28	3.05	5.5	0.13	0.15	0.27				
	15~16	31	6.4	6.0	165	28	2.91	6.5	0.11	0.06	0.13				
16~17	32	5.6	6.0	205	32	3.22	4.7	0.08	0.14	0.30					
17~18	9	-0.8	5.7	165	35	3.32	4.2	0.08	0.06	0.10	N~NE	733			
IV-21	6~7	35	-4.6	-2.4	} 35	(80)	4.32			} 0.02	0.03	N	734		
	7~8	56	10.9	1.7		58	4.38	0.7							
	8~9	66	18.1	5.3	130	46	4.53	2.3	(0.09)	0.12	0.27				
	9~10	79	23.6	7.6	210	40	4.66	3.7	0.29	0.34	0.73				
	10~11	87	25.6	8.2	225	41	5.06	5.3	0.42	0.36	0.77				
	11~12	91	26.0	8.5	245	42	5.26	3.7	0.44	0.38	0.80			WNW	733
	12~13	89	26.0	9.1	290	47	5.98	2.3	0.44	0.36	0.77				
	13~14	81	21.4	9.8	255	54	6.96	1.3	0.39	0.47	1.03				
	14~15	68	16.9	10.0	380	51	6.54	1.2	0.36	0.40	0.87				
	15~16	53	11.6	9.1	375	47	5.72	3.9	0.32	0.26	0.57			W	
16~17	29	4.1	8.3	440	49	5.48	3.0	0.19	0.19	0.40					
17~18	7.1	-1.6	6.5	340	52	5.39	2.0	(0.09)	0.03	0.03	WNW				



第1表 (続 き)

月 日	時 刻	日 射 量 $I$ cal·cm <sup>-2</sup>	吸収放射量 $Q_R$ cal·cm <sup>-2</sup>	気 温 $T_{al}$ °C	風 速 $u_1$ cm·sec <sup>-1</sup>	相対湿度 $H_1$ %	水蒸気圧 $e_1$ mb	蒸 発 量 $\Delta v$ mg·cm <sup>-2</sup>	融雪量 (1) $\Delta m_1$ g·cm <sup>-2</sup>	融雪量 (2) $\Delta m_2$ g·cm <sup>-2</sup>	雪面沈下 $\Delta s$ cm	風 向	気 圧 $P$ mmHg			
IV-22	6~7h	23	5.3	2.3	35	89	5.98			0.03	0.07	N	736			
	7~8	41	10.9	3.5		79	6.37									
	8~9	61	17.0	5.1		67	6.70							0.0		
	9~10	65	20.0	6.6	115	50	6.11			0.5	0.27			0.47		
	10~11	61	17.0	6.7	275	43	5.32			1.5	0.32			0.63		
	11~12	61	18.1	6.6	200	45	5.51			1.5	0.24			0.50	NW	
	12~13	74	22.0	6.8	225	42	5.40			1.0	0.37			0.77		
	13~14	61	18.1	6.7	245	36	4.80			1.8	0.33			0.67		
	14~15	45	15.0	6.9	265	36	4.69			2.7	0.30			0.62		
	15~16	13	6.1	6.5	210	44	4.97			2.5	0.20			0.40		
16~17	16	4.8	5.2	160	49	5.01	2.0	0.09	0.27	NNW	738					
17~18	6	-0.5	4.1	140	52	4.97	1.5									
IV-23	6~7	20	5.0	0.3	170	(82)	(6.13)			0.43	0.67	ENE	740			
	7~8	49	12.0	3.3		74	6.18							0.0		
	8~9	69	20.0	6.4	66	6.28	0.0									
	9~10	78	25.0	8.7	170	61	6.48			-1.5	0.37			0.58		
	10~11	85	28.0	8.7	185	62	6.84			-0.5	0.45			0.70	NW~N	
	11~12	81	25.6	8.8	195	63	6.84			0.7	0.39			0.70		
	12~13	78	24.0	9.6	160	63	6.82			-0.6	0.43			0.80	NNE	
	13~14	69	20.0	9.8	165	65	6.98			-0.5	0.33			0.60	NNE	
	14~15	58	16.0	9.3	155	66	7.57			-0.2	0.29			0.53		
	15~16	34	8.5	7.9	140	68	7.06			-0.2	0.14			0.27		
	16~17	19	3.2	7.6	85	74	6.87			-0.1	0.14			0.20		
	17~18	7	-1.6	5.9		83	6.79			0.0						

IV-24	6~ 7h	10	3.6	(1.4)	10										
	7~ 8	16	4.5	2.1	70	93	6.71	0.0	0.18	0.32	W	743			
	8~ 9	34	11.2	2.6		91	6.93	0.0							
	9~10	74	21.0	3.9	125	86	7.30	0.5	0.54	0.95					
	10~11	85	26.0	6.0		79	7.78	0.7							
	11~12	89	28.0	7.3	145	69	7.75	-1.2	0.35	0.77					
	12~13	81	25.0	8.6	195	62	7.72	-1.8	0.34	0.70					
	13~14	74	21.0	10.3	165	57	7.70	-0.4	0.42	0.83					
	14~15	54	16.0	10.7	90	52	7.16	-0.8	0.26	0.50					
	15~16	49	12.6	10.2	175	52	7.02	-1.7	0.35	0.65			SW		
	16~17	26	5.3	8.6	115	58	7.20	-0.3	0.19	0.28					
	17~18	7	-1.3	5.6		73	7.23	-0.3					740		
	IV-25	6~ 7	10	3.2	1.7	85	82	5.71		0.16			0.27	WNW	740
7~ 8		20	7.2	3.0	80		6.13	0.0							
8~ 9		34	10.4	4.2	140	77	6.54	0.0	0.54	0.90					
9~10		45	15.0	5.4		72	6.78	-0.4							
10~11		58	19.1	6.5	200	66	6.86	-0.9	0.37	0.73					
11~12		69	24.0	7.9	130	59	6.72	-1.2	0.58	1.10					
12~13		54	18.6	9.0		53	6.48	-1.3							
13~14		38	14.1	9.3	49	6.38	-0.7	0.32	0.63						
14~15		23	9.0	9.5	80	50	6.42			-0.2					
15~16		19	7.1	9.6		53	6.52	0.0	0.32	0.48					
16~18		10	4.5	9.3	130	55	6.47	0.0							
17~18		3	1.3	8.2		58	6.28	0.0	736						

融雪・気象観測資料(1998, 母子里)

第1表 (続 き)

月 日	時 刻	日 射 量 $I$ cal·cm <sup>-2</sup>	吸 収 放 射 量 $Q_R$ cal·cm <sup>-2</sup>	気 温 $T_{air}$ °C	風 速 $u_1$ cm·sec <sup>-1</sup>	相 对 湿 度 $H_1$ %	水 蒸 気 圧 $e_1$ mb	蒸 発 量 $\Delta v$ mg·cm <sup>-2</sup>	融 雪 量 (1) $\Delta m_1$ g·cm <sup>-2</sup>	融 雪 量 (2) $\Delta m_2$ g·cm <sup>-2</sup>	雪 面 沈 下 $\Delta s$ cm	風 向	気 圧 $P$ mmHg	
IV-26	6~7	3	2.0	3.0	20	(96)	(7.3)		0.14	0.27				
	7~8	10	4.0	3.8		93	7.5	-1.6						
	8~9	16	6.1	5.0		86	7.8	-1.7						
	9~10	19	7.7	5.7	40	85	8.0	-1.8	0.28	0.57				
	10~11	10	4.8	5.5		88	8.1	-1.1						
	11~12	7	4.0	4.9	10	89	7.7	-0.5	0.10	0.23			W	735
	12~13	7	4.6	5.5	55	80	7.4	0.0	0.20	0.50				
	13~14	23	11.2	7.4		69	7.4	-0.2						
	14~15	38	13.0	8.7	175	62	7.5	-1.8	0.23	0.57				
	15~16	23	9.9	8.9	215	61	7.5	-2.6	0.33	0.70				
16~17	10	4.8	8.3	205	64	7.4	-2.7	0.33	0.63	W	736			
17~18	3	2.0	7.3		68	7.3	-2.4							
IV-27	6~7	13	2.0	0.8	40	93	5.9		0.21	0.35				
	7~8	26	8.0	3.4		85	6.5	-1.0						
	8~9	23	13.6	5.8		73	6.9	-0.8						
	9~10	49	18.1	8.5	45	53	(7.0)	0.6	0.27	0.43				
	10~11	65	24.0	9.7	160	31	(5.3)	2.9	0.43	0.70			WSW	
	11~12	49	18.1	10.5	155	24	3.4	3.8	0.37	0.70				
	12~13	54	19.0	10.7	210	23	3.3	3.0	0.64	1.17				
	13~14	54	20.0	10.3		25	3.6	2.0						
	14~15	38	15.0	10.5	180	27	3.7	2.3	0.26	0.44			W	
	15~16	26	11.0	10.4	180	31	4.3	1.7	0.26	0.40				
16~17	16	5.8	8.9	80	47	5.4	0.5	0.14	0.20	739				
17~18	7	2.0	6.8		63	6.1	0.3							



第2表 夜間および昼間の放射量と蒸発・凝結量，昼間6~18時の間の積雪上層における熱収支，熱収支から求めた融雪量および日融雪量測定値

大気伝達熱量  $Q_{Acalc.}$  は，気温と風速の垂直分布の測定結果に基づく計算値。詳細は本文参照

月 日	時 刻	日射量 $I$ ly	正味放射量		大気伝達 熱 量 $Q_{Acalc.}$ ly	時 刻	蒸 発 量 $\Delta v_{obs.}$ mg·cm <sup>-2</sup>	蒸発熱(-) 凝結熱(+) $Q_E$ ly	凍 結 層 昇温熱量 $Q_H$ ly	融雪熱量 $Q_{Mcalc.}$ ly	融 雪 量		天 気
			$Q_R$ ly	(18~6h) (6~18h) ly							(熱収支から) $M_{calc.}$ g·cm <sup>-2</sup>	(測 定) $M_{obs.}$ g·cm <sup>-2</sup>	
IV-14	0~6h	3	×	-22.6	20.3	9~18h	-13.7	+ 8.2	×	(126)	(1.6)	1.8	霧 雨 くもり
	6~9	23	×										
	9~18	330	(97)										
	18~21	0	-13.3										
	21~24		-5.0										
IV-15	0~6	6	-4.3	173.4	34.1	18~9	-3.3*	+ 2.2	×	(171)	(2.1)	2.0	晴
	6~9	122	29.4										
	9~18	596	144.0										
	18~20	0	-8.6										
	20~24		-16.7										
IV-16	0~6	3	-11.5	92.4	1.1	18~11	-10.0*	+ 6.8	×	(110)	(1.4)	1.1	霧 雨 くもり
	6~8	13	4.6										
	8~18	297	87.8										
	18~20	0	-9.2										
	20~24		-6.2										
IV-17	0~6	6	-0.2	140.4	0.0	18~7	-1.0*	+ 0.7	12.0	147.5	1.8	1.6	薄曇り
	6~8	57	13.3										
	8~18	473	127.1										
	18~20	0	-5.1										
	20~24		-8.6										

IV-18	0~ 6h	5	- 2.4	} 174.9	0.0	20~ 8h	- 3.0*	+ 2.0	12.0	} 191.4	2.4	2.2	快 晴	
	6~ 8	78	18.7			8~18	14.3	- 9.7						2.0
	8~18	642	156.2			18~20	0.0	0.0						
	18~20	0	-10.5											
	20~24		-19.0											
				-51.1										
IV-19	0~ 6	8	-21.6	} 174.2	0.0	20~ 6	- 3.0*	+ 2.0	(18.7)	} 174.6	2.2	2.4	晴	
	6~ 8	81	12.5			6~ 8	2.0	- 1.4						4.7
	8~18	630	161.7			8~18	18.2	-12.4						
	18~20	0	- 8.0											
	20~24		-12.3											
				-29.8	0.7									
IV-20	0~ 6	5	- 9.5	} 109.2	1.4	18~ 6	- 4.3*	+ 2.9	4.9	} 85.8	1.1	1.6	高曇り	
	6~ 8	56	12.0			6~ 8	3.0	- 2.0						0.3
	8~18	407	97.2			8~18	52.2	-35.5						
	18~20	0	-10.4			18~20	3.1	- 2.1						
	20~24		-20.0											
				-51.7										
IV-21	0~ 6	7	-21.3	} 177.9	1.1	20~ 6	0.0	0.0	17.3	} 181.2	2.3	3.0	晴	
	6~ 8	91	6.2			6~ 8	0.7	- 0.5						4.2
	8~18	650	171.7			8~18	28.5	-19.4						
	18~20	0	-10.2			18~20	2.0	- 1.4						
	20~24		-18.2											
				-37.4										
IV-22	0~ 6	7	- 9.0	} 153.7	1.3	20~ 8	- 0.7*	+ 0.5	10.0	} 170.3	2.1	2.5	薄曇り	
	6~ 8	64	16.1			8~18	15.0	-10.2						0.8
	8~18	463	137.6											
	18~20	0	- 3.2											
	20~24		- 2.3											
				-14.4	4.5									

第2表 (続 き)

月 日	時 刻	日射量 $I$ ly	正味放射量		大気伝達熱 $Q_{Acate.}$ ly	時 刻	蒸 発 量 $4v_{obs.}$ mg·cm <sup>-2</sup>	蒸発熱(-) 凝結熱(+) $Q_E$ ly	凍 結 層 昇温熱量 $Q_H$ ly	融雪熱量 $Q_{Mcalc.}$ ly	融 雪 量		天 気
			$Q_R$ ly	(18~6h) (6~18h) ly							(熱収支から) $M_{calc.}$ g·cm <sup>-2</sup>	(測 定) $M_{obs.}$ g·cm <sup>-2</sup>	
IV-23	0~6h	6	-8.9	} 185.7	(1.8)	18~6h	0.0	0.0	(7)	} 204	2.5	3.1	薄曇り
	6~9	138	37.0			6~9	0.0	0.0					
	9~18	509	148.7			9~18	-4.0	+2.4					
	18~21	0	-12.6			×							
	21~24		-5.3										
IV-24	0~6	6	2.6	} 172.9	(1.0)	18~6	-8.7*	+5.9	×	((216))	((2.7))	3.1	霧 曇り 晴
	6~9	60	19.3			6~9	0.0	0.0					
	9~18	539	153.6			9~18	-5.3	+3.2					
	18~21	0	-12.2			(0.0)							
	21~24		-11.8										
IV-25	0~6	6	-2.8	} 133.5	3.3	18~6	-2.0*	+1.4	×	((176))	((2.2))	2.5	曇り
	6~9	64	20.8			6~9	0.0	0.0					
	9~18	319	112.7			9~18	-4.7	+2.8					
	18~21	0	9.8			(0.0)							
	21~24		0.4										
IV-26	0~6	0	2.9	} 64.1	0.0	18~6	(-8)	(+5)	} 104	1.3	1.6	雨 曇り	
	6~9	29	12.1			6~9	-4.4	+2.6					
	9~18	140	62.0			9~18	-13.5	+8.1					
	18~21	0	-4.8			(5)							
	21~24		-10.2										-28.2

IV-27	0~ 6h	7	-13.2	} 156.6	0.4	18~ 6h	- 5.3*	+ 3.6	×	((190))	((2.4))	2.6	霧 曇り
	6~ 9	62	23.6			6~ 9	- 1.8	+ 1.1					
	9~18	358	133.0			9~18	17.1	-11.6					
	18~21	0	- 9.9			( 0 )							
	21~ 0		-13.3			-42.4							
IV-28	0~ 6	7	-19.2	} 217.6	(14)	18~ 8	3.4	- 2.3	×	((227))	((2.8))	3.8	薄曇り
	6~ 8	72	23.2			8~18	7.2	- 4.9					
	8~18	481	194.4										
	18~21	0	- 2.9										
	21~24		+ 0.4			- 0.2							
IV-29	0~ 6	7	2.3	} 160.2	×	18~ 6	- 2.7	+ 1.6	0.0				
	6~ 9	66	36.2			6~ 9	- 1.3	+ 0.8					
	9~12	105	60.0			9~12	-10.9	+ 6.5					
	12~18	93	64.0			×							

( )...推 定 値

融雪量 ( )...8~18h または 9~18h } 凍結層昇温熱を計算に入れてない

(( ))...6~18h



と、夜間の18時～翌朝6時の総量も示した。夜間の正味放射量は、曇り一時雨天であった4月25～26日以外はすべて負(雪面から上に向う放射量の方が大)である。快晴であった18日18時～19日6時の正味放射量は $-51 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}$ に達し、雪面上1cmの気温は $-9^\circ\text{C}$ 以下にもなった。

蒸発量の測定も夜間には行なわず、18時または20時に用意した試料の翌朝までの質量の増減を測定したので、例えば、前日20時～当日8時、8～18時、18～20時の蒸発量を示した。日により測定値がある時間帯が違うので蒸発量の欄には別に時刻を記入した。負号は水蒸気の凝結を示し、\*印は凝結が霜として行なわれたことを意味する。次の欄には蒸発熱を負に、凝結熱を正にとって示した。融雪面からの蒸発量 $4v \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}$ には主に雪粒を包む融雪水の蒸発が関与しているものと考えられるが、この融雪水が出来るのに必要な融解熱も含めるため、蒸発熱 $Q_E$ は $-680 4v \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}$ によって求めた値を示してある。逆に、融雪面への凝結熱は $-600 4v \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}$ ( $4v < 0$ )とした。

積雪上層部に含まれる融雪水は夜間に凍結し、凍結層の厚さは4月17～21日の間20～30cmに及んだ。凍結層の温度分布とその時間的変化は、第3図(a)～(d)に示したが、最低温度は $-6^\circ\text{C}$ 以下になり、9時ないし10時までには全層が再び $0^\circ\text{C}$ となって水を含むようになった。6～8時および8時以後の凍結層の温度上昇に必要な熱量 $Q_H$ を、凍結層の平均温度の上昇と雪の平均密度とから計算したが、温度分布を測定したのは17～21日の5日間だけである。26日と29日とは雪に凍結層が出来なかったので、 $Q_H=0$ とした。

融雪熱 $Q_{\text{mcalc.}}$ は6～18時の間につき、

$$Q_{\text{mcalc.}} = Q_R + Q_{\text{Acalc.}} + Q_E - Q_H$$

によって計算した値である。 $Q_H$ が不明な日については、仮に $Q_H=0$ として $Q_M$ を求め、2重括弧をつけた。 $M_{\text{calc.}} = Q_{\text{mcalc.}} (6\sim 18 \text{ h}) / 80 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}$ によって計算した融雪量と、集水器で測定した日融雪量 $M_{\text{obs.}}$ とをならべて示してある。融雪熱のうち最も大きい割合を占める正味放射量の誤差に不明な点があるので、これらの計算値と測定値の差についての明確な議論が現状では出来ない。

なお、1970年4月下旬の自記観測<sup>3)</sup>によると、母子里の盆地周辺の山の上(盆地より250m高い)では、盆地の観測地点におけるより最低気温が $8\sim 11^\circ\text{C}$ も高かった。従って、山の上では上記のような厚い凍結層は出来なかった。

### (iii) 1日毎の総量または代表値

第3表は日融雪量およびその算定によく用いられる気象要素の1日毎の総量または代表値をまとめたものである。正味放射量の総和は毎正時間の正負の放射量の0時から24時間の代数和である。最低気温は演習林母子里作業所の気象観測資料によったが、ほとんど当日4時前後の気温である。平均気温は1日8回の平均であるが、3時の気温の代りに上記の最低気温を用い、0時の気温は前夜22時までの測定値も参考にして推定した。他の6回は筆者等の測定値である。正の積算気温は毎正時間の平均気温のうち $0^\circ\text{C}$ 以上のものの和(Degree-hour)である。最低風速はすべての日に $0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ となっているが、風速計の特性から、これは $0.3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

第3表 日射量, 正味放射量, 正味蒸発量, および融雪量等の毎日の総量, ならびに気温, 風速等の1日毎の代表値(極値あるいは平均値等)。詳細は本文の説明参照

月 日 (1968)	総日射量 ly	正味放射量 (総量) 0~0h ly	気 温 (雪面上1 m)			有効(正の) 積算気温 0~0h °C	1時間平均風速 (1 m 高)			正味蒸発量		日融雪量 (流下水量) g·cm <sup>-2</sup>	雪面低下量	
			最 高 0~0h °C	最 低 9~9h °C	平 均 0~0h °C		最 高 0~0h m·s <sup>-1</sup>	最 低 0~0h m·s <sup>-1</sup>	昼間平均 8~18h m·s <sup>-1</sup>	時 (右: 翌日) mg·cm <sup>-2</sup>	(負: 凝結) mg·cm <sup>-2</sup>		(1日毎) 6~翌6h cm	積 算 値 cm
1V-14	356	×	6.2	2.9	2.1	80.5	3.5	0	2.5	9~9h	-17	1.80	2.5	0.0
15	724	144	10.5	-7.7	2.3	91.7	2.6	0	1.7	9~11	0	2.01	4.9	2.5
16	313	65	7.5	0.7	1.8	55.7	1.2	0	0.7	11~7	-7	1.05	2.8	7.4
17	536	127	8.8	-6.8	1.2	66.7	2.2	0	0.9	7~8	-7.9	1.64	4.8	10.2
18	725	144	9.2	-6.8	0.7	78.6	1.6	0	1.1	8~6	11.3	2.24	4.3	15.0
19	719	133	11.1	-8.3	2.3	97.3	2.0	0	1.4	6~6	15.9	2.39	5.2	19.3
20	468	69	8.3	-2.7	2.0	78.3	2.2	0	1.9	6~6	58.3	1.60	3.2	24.5
21	748	128	10.5	-8.4	1.6	89.1	4.4	0	2.9	6~8	30.5	2.98	6.4	27.7
22	539	139	9.1	-3.6	3.9	83.8	2.7	0	2.0	8~6	15.0	2.52	5.0	34.1
23	653	159	7.1	1.0	2.9	90.3	2.0	0	1.5	6~6	-12.7	3.11	5.3	39.1
24	605	152	10.9	-1.2	2.9	83.7	2.0	0	1.4	6~6	-7.3	3.05	5.1	44.4
25	389	132	9.6	-1.6	4.3	101.6	2.0	0	1.1	6~6	-13	2.48	4.7	49.5
26	169	62	9.0	1.8	4.6	104.0	2.2	0	1.1	6~6	-23.2	1.57	3.8	54.2
27	426	121	10.9	-1.2	3.7	104.4	2.1	0	1.4	6~8	18.7	2.55	4.4	58.0
28	560	196	14.5	-4.4	5.9	145.7	2.4	0	1.4	8~6	4.5	3.80	7.1	62.4
														69.5

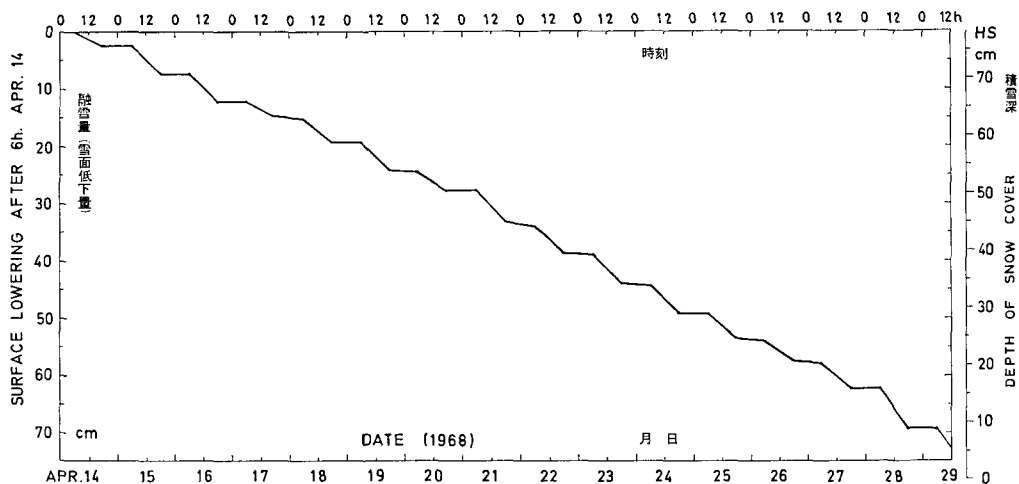
融雪・気象観測資料(1968, 母子里)

以下であったことを意味する。

正味蒸発量とは6時ないし9時から翌朝までの、蒸発量と凝結量との差引き額の意味で、負号は凝結量をあらわし、何れも測定値である。雪面低下量積算値は、4月14日6時以後の低下量をあらわし、毎日の低下量を順次加算したものである。

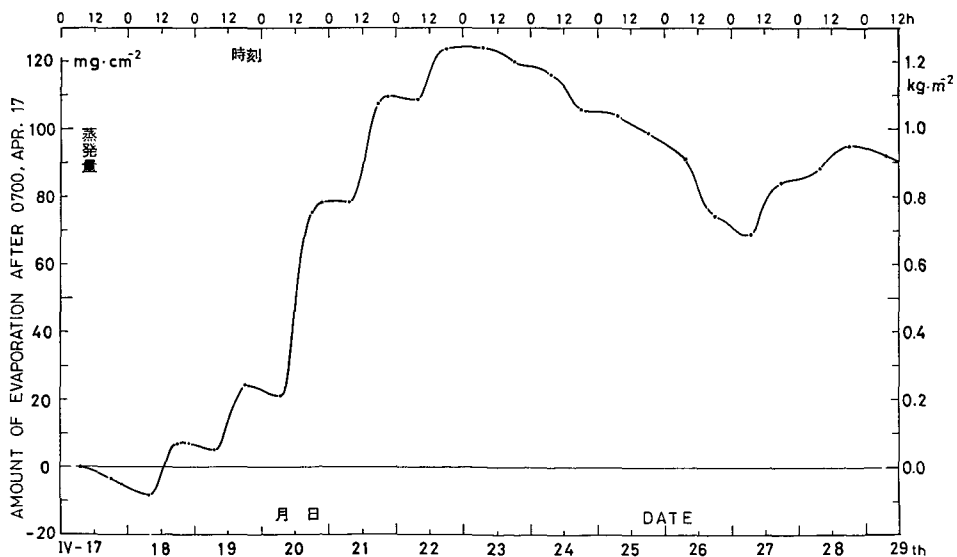
(iv) 融雪(雪面低下) および蒸発曲線

第1図は4月14日6時以後の雪面低下量を図示したもので、毎日の6時と18時の値を示



第1図 4月14日6時以降の融雪による雪面低下量

上記日時から毎日の6時と18時までの低下量をあらわす点の間をそれぞれ直線で結んである

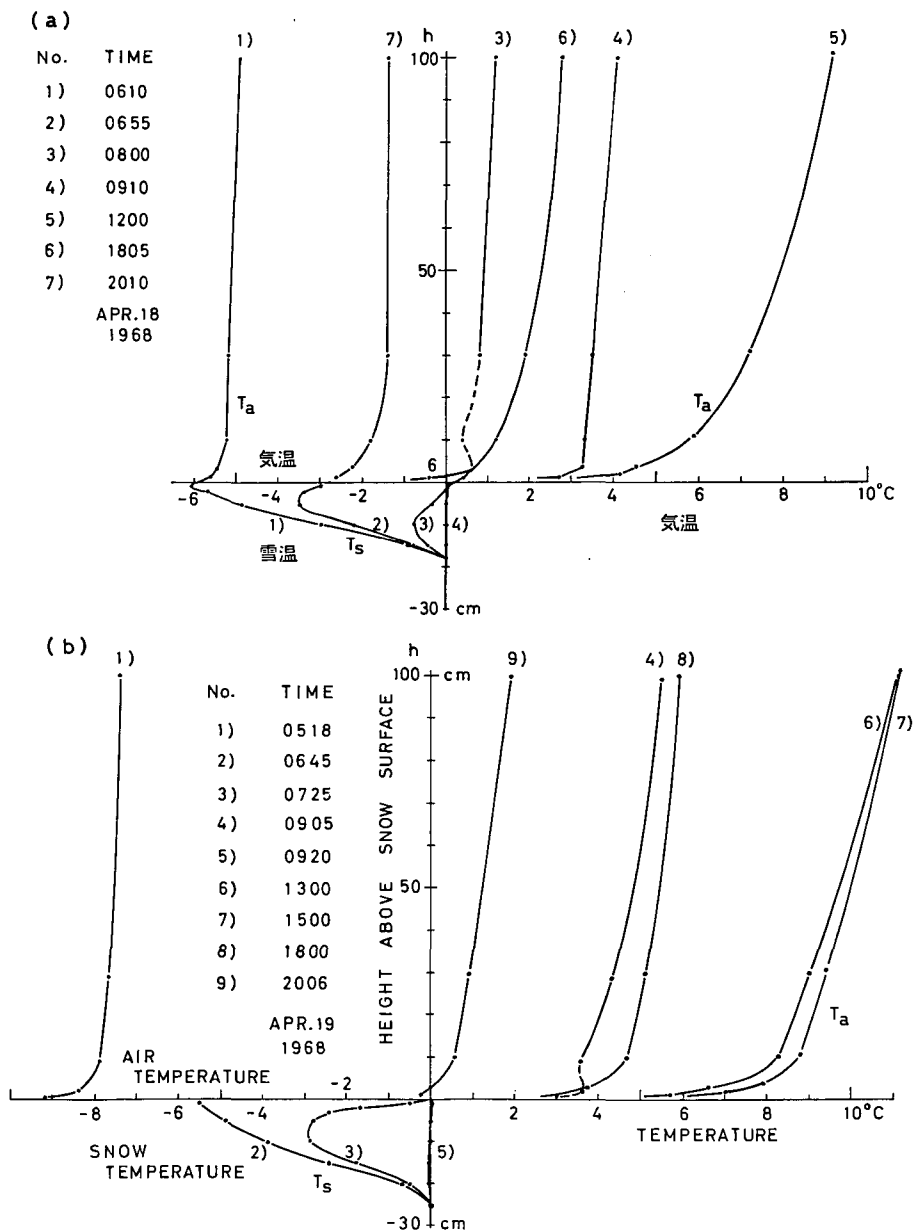


第2図 4月17日7時以降の正味蒸発量

曲線の右上り部分は雪面からの蒸発を、右下り部分は空気中の水蒸気の雪面への凝結(または霜としての昇華凝固)をあらわす

す点をそれぞれ直線で結んである。夜間は大抵融雪が止るので、18時から翌朝6時の間のグラフは水平に近いことが多い。

第2図は4月17日7時以後の蒸発量の時間的積算値をあらわし、1日2個または3個の測点の間を曲線で結んである。曲線が右に向かって下降している部分は、雪面に水蒸気の凝結(霜



第3図(a), (b) 積雪の温度  $T_s$  および気温  $T_a$  の垂直分布観測例

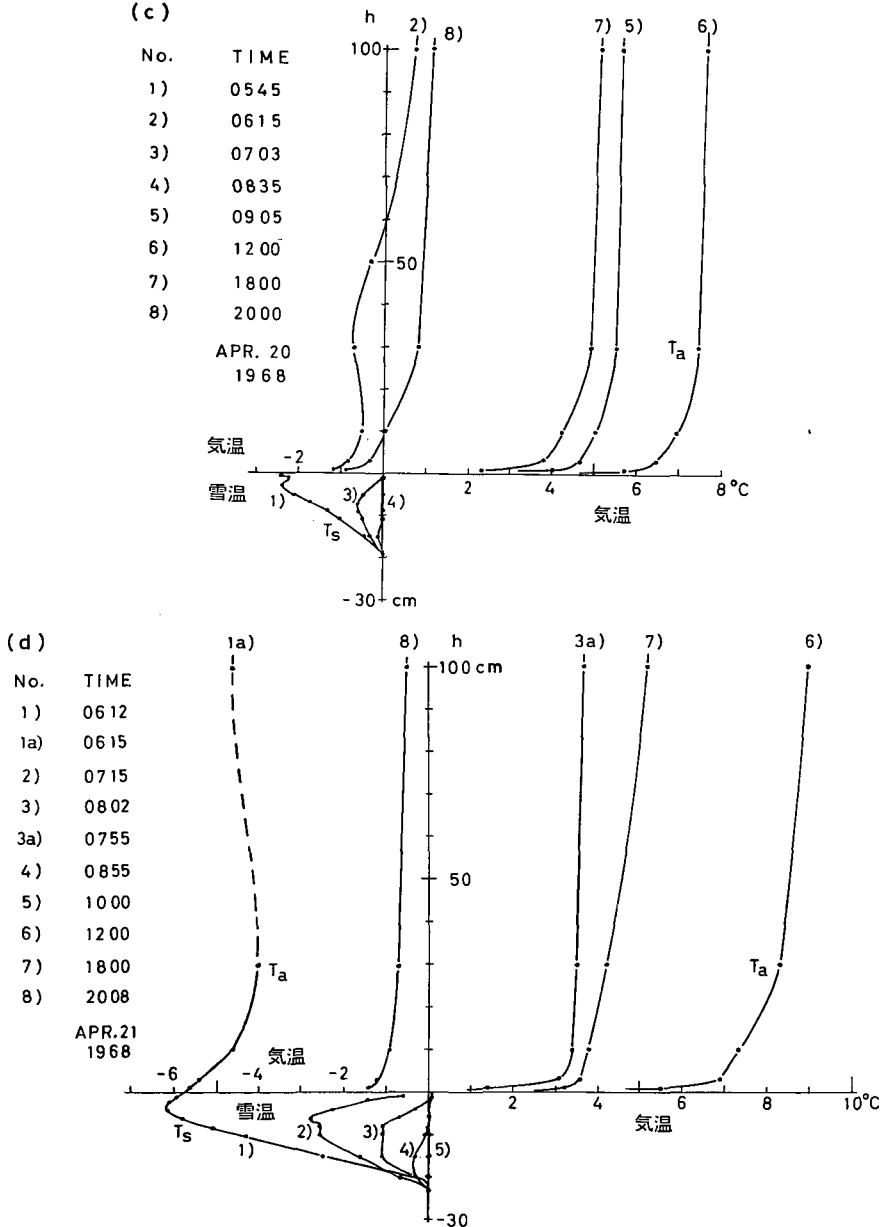
(a) 4月18日 (b) 4月19日

雪温と気温の分布曲線の番号が同じときは、これらの分布が同時刻に観測されたことを意味する。各分布の観測時刻を分布曲線の番号順に各図の左方の余白に記入した

としての昇華の場合を含む) が起っていることをあらわす。母子里は小さい盆地の中にあつて風が弱く、蒸発量が比較的少ないのが常であるが、4月18日から22日までの5日間には、夜間の凝結(および昇華凝固)分との差引き  $1.3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  の正味蒸発量を観測した。

## 2. 雪面近くの雪温、気温、および風速の垂直分布の観測例

第3図(a)~(d)はそれぞれ4月18~21日の5~10時の積雪凍結層の温度分布の時間的変化



第3図(c), (d) 雪温  $T_s$  と気温  $T_a$  の垂直分布観測例 (つづき)

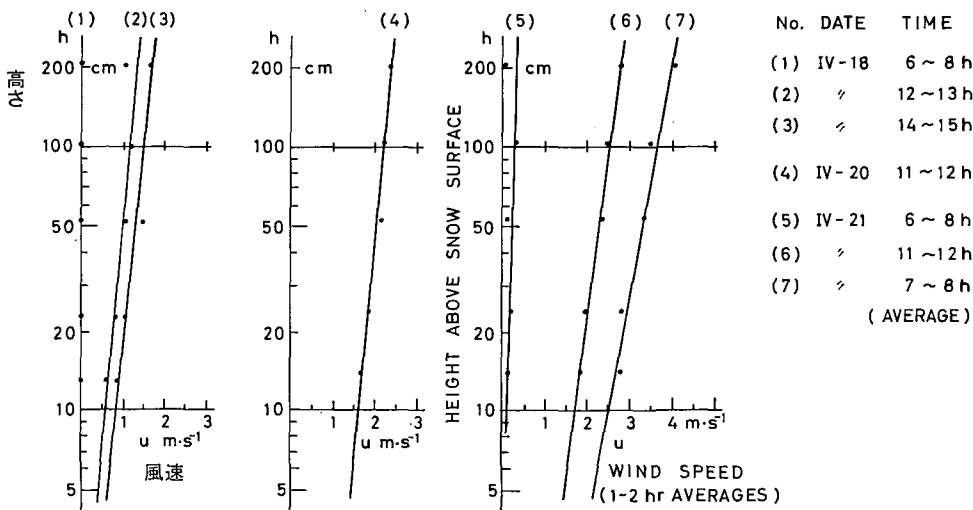
(c) 4月20日 (d) 4月21日

観測時刻は各分布曲線の番号順に図の左側に記入した

と、毎日14回または15回観測した雪面上1~100 cmの気温の垂直分布の代表的なもの数例ずつを示した。朝の気温分布はなるべく雪温分布の測定時刻に近い時に観測されたものを示した。

大気から雪面への熱伝達量を計算するには、気温と雪面温度の差が高さの対数に比例するという、いわゆる対数分似で近似したが、晴天の朝、気温が急に上昇しつつあるときに、雪面にごく近い気層の温度がそれより上の気層の温度より先に上昇したと思われる観測結果が時々みられる。

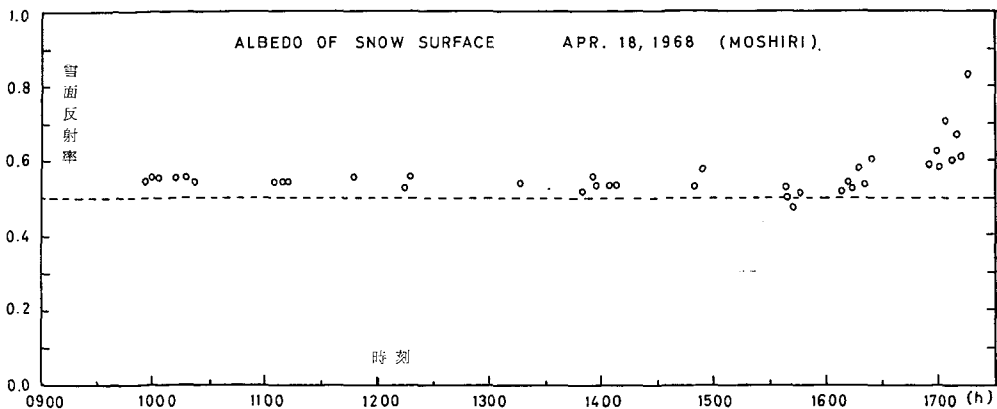
第4図には、4月18, 20および21日に観測された雪面上10 cm~2 mの1時間平均風速の垂直分布の数例を示した。ただし、縦軸は高さを対数目盛であらわし、各測定時における風速分布をあらわす測点と近似直線とを示した。



第4図 雪面から2 mの高さまでの風速の垂直分布観測例

h: 雪面からの高さ (cm, 対数目盛), u: 風速 ( $m \cdot s^{-1}$ , 1~2時間の平均)

(1)~(3): 4月18日, (4): 4月20日, (5)~(7): 4月21日, 時刻は図の右側に記入した



第5図 雪面の反射率の時間的变化

4月18日, 10時~17時19分

天気は快晴, 数値と積雪表層の状態は第4表参照

### 3. 積雪の反射率 (アルベド)

第5図に4月18日9時56分から17時19分の間を観測した雪面のアルベドを、横軸に時刻をとって示した。第4表には、各20~60分間の3ないし6回の平均値を示した。ただし、17時以後は9分間の平均、最後の17時19分は1回だけの測定値である。これらの平均値によると、16時まではアルベドが僅かずつ減少し、16時から上昇に転じて17時以後急に大きくなる傾向があきらかに見られる。

これまで筆者等<sup>5),6)</sup>は、雪面上に被覆物をおいて、人為的に雪面からの蒸発を抑えたり、日射を遮ったりする野外実験を行ない、また、小島<sup>7)</sup>は春の雪面が土粒子(黄砂?)で汚れているために、約10%融雪量が増すことを報告した。これらの実験で被覆物をおいたことにより、

第4表 雪面の反射率の時間的变化(4月18日, 快晴)

時刻	測定回数	反射率 平均値	最大偏差	雪密度 (表層, ぬれ) $g \cdot cm^{-3}$	含水率 (表層) %
0956~1022	6	0.551	0.006		23.5
1105~1148	3	0.543	0.000	0.402	
1215~1317	4	0.537	0.021	0.397	
1350~1412	6	0.535	0.019		22.7
1450~1548	6	0.521	0.057	0.426	(19)
1608~1627	6	0.553	0.053	0.416	(17)
1655~1704	3	0.600	0.027		14
1707~1716	4	0.650	0.059		
1719	1	0.833			11

第5表 自然雪面およびビニール板等で被うた雪面の反射率

月日	時刻	雪面または雪面被覆物	測定回数	反射率 (平均)	雪密度 (表層3cm) $g \cdot cm^{-3}$	含水率 (表層) %		
IV-19	0955~1010	自然雪面	4	0.537	0.38	23		
	1052~1100	同上	2	0.505				
	1104~1123	雪面上にポリエチレン膜(2×2m)	6	0.591				
	1128~1138	SP板(白色, 2×2m)	4	0.778	1.0~1.2			
	1143~1154	SP板上面にアルミフイル	4	1.0~1.2				
	1157~1340	自然雪面	4	0.538			0.43	23
	1352~1400	汚れた表層(厚さ3cm)を除去した白いざらめ雪(2×2m)	4	0.588			0.48	15
IV-20	1500~1507	上記白いざらめ雪面	4	(0.776)	0.46	20		
IV-21	1129~1134	自然雪面	3	0.591	0.45	21		
	1138~1148	雪面に透明ビニール板(120×120×0.05cm)	4	0.561				
	1151~1200	同上ビニール板2枚重ね	4	0.532				
	1202~1215	自然雪面	5	0.598				

また、汚れた雪を除去することにより、反射率にどの程度の変化を与えていたかを検討する測定を行なった。第5表にその結果を示す。茶色に汚れた表面層を厚さ3 cmほど除去すると、アルベドが自然雪面における値の10%増した。これは、上記の白い雪と茶色の雪の融解強度についての小島の実験結果と矛盾しない。一方、小島<sup>5)</sup>が、日射はそのまま通過させて雪の蒸発だけを抑える目的で用いた透明塩化ビニール板(蒸発計容器の材料と同種)は、厚さ1 mmにつき10%アルベドを低下させた。ビニール板はそれだけ日射を吸収したわけである。上記の実験等にビニール板を使用する時は、この点を考慮する必要がある。

#### IV. 結 語

この報告は測定値の紹介にすぎないが、従来測定例が少ない雪の蒸発量を含め、すべての基本的な量を山地の融雪期後半の2週間にわたって連続観測した結果なので、将来何らかの目的に利用されることを期待している。観測は筆者等が分担を決め、時には交替で行なったが、4月22日以後は成瀬が単独で測定にあたった。雪の温度分布は小林大二、蒸発凝結量は小島と成瀬、アルベド測定を含めて放射と風の観測は小林俊一が担当した。

終りに、北大雨竜地方演習林母子里作業所からは種々観測上の便宜を与えられたことを感謝すると共に、放射計(CN-2)の検定に多くの時間と労力を割かれ、その使用方法につき懇切な注意を与えられた気象庁測候課の方々に深く謝意を呈する次第である。

#### 文 献

- 1) 小林大二・成瀬廉二・大浦浩文 1968 母子里における融雪量と流出量. 低温科学, 物理篇, **26**, 105-111.
- 2) 成瀬廉二・大浦浩文・小島賢治 1970 気温融雪の野外研究. 低温科学, 物理篇, **28**, 191-202.
- 3) 小島賢治・小林大二・小林俊一・油川苦明・石川信敬 1970 母子里の小さい川の流域における融雪. 流出, および熱収支 I. 低温科学, 物理篇, **28**, 175-190.
- 4) 大浦浩文・小島賢治・小林大二・小林俊一 1967 金山ダム及び朱鞠内湖付近における融雪の研究. 低温科学, 物理篇, **26**, 99-117.
- 5) 小島賢治 1967 積雪の蒸発の融雪に及ぼす影響についての一実験. 低温科学, 物理篇, **25**, 119-126.
- 6) 大浦浩文・小林大二・小林俊一 1967 雪面を被うビニール布およびアルミ箔の融雪に及ぼす影響. 低温科学, 物理篇, **25**, 219-220.
- 7) 小島賢治 1967 山地の茶色のざらめ雪と白いしまり雪の融雪速度の比較. 低温科学, 物理篇, **25**, 221-224.