



Title	1983-84年積雪期の札幌における放射量測定
Author(s)	石川, 信敬; ISHIKAWA, Nobuyoshi; 小島, 賢治 他
Citation	低温科学. 物理篇. 資料集, 43, 51-58
Issue Date	1985-03-15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18740
Type	departmental bulletin paper
File Information	43_p51-58.pdf



1983-84年積雪期の札幌における放射量測定*

石川 信敬・小島 賢治

(低温科学研究所)

本山 秀明・山田 芳則

(北海道大学大学院, 理学研究科)

I. ま え が き

積雪の光学特性や放射特性を明らかにし、積雪表面における熱収支の時間変化を把握するために、著者らは札幌北大構内において毎冬放射量の連続観測を行なっている^{1,2)}。今回は1983-84年の積雪期(12月25日-4月19日)の放射各成分の測定結果を報告する。

全天日射量と反射量は昭和56年1月1日より気象庁において実施されている世界放射基準(WRR)を用いて表わした³⁾。従来の報告は国際日射スケール(IPS-1956)で表わされている。両者の関係は

(WRR観測値) = (IPS-1956観測値) × 1.022である。さらに熱量についてはこれまではカロリー系で示されていたが、今回はすべて国際単位(SI)系を用いて表わした。換算は

$$1 \text{ cal/cm}^2 = 0.0419 \text{ MJ/m}^2$$

である。このため今回の観測結果と前回までの観測結果を比較する時には注意を要し、積算値については、

$$1 \text{ cal/cm}^2(\text{IPS}-1956) = 0.0428 \text{ MJ/m}^2(\text{WRR})$$

瞬間値については、

$$1 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}(\text{IPS}-1956) = 0.713 \text{ KW/m}^2(\text{WRR})$$

の関係式を用いる。

* 北海道大学低温科学研究所業績 第2701号

II. 観測方法

観測項目のなかで全天日射量と反射量は全天日射計 (MS-43 F, MS-42), 放射収支量は放射収支計 (CN-11) (いずれも英弘精機産業 KK 製), 気温は通風管の中に設置したサーミスター温度計 (宝工業 KK 製), 風速は三杯光電式風速計 (牧野応用測器研究所 KK 製), 顕熱伝達量は超音波風速温度計 (DAT-100, 海上電機 KK 製) をそれぞれ用いて札幌北大低温科学研究所の観測露場で行なった。露場の表面は枯れた草地であるが, 12 月 25 日の測定開始から 4 月 17 日に消雪するまで積雪に覆われていた。データはすべて 20 秒毎にサンプリングして 5 分平均値を磁気ディスクに収録した。その他, 積雪深と天気状況の観測は毎朝 10 時に行なった。なお測定は雪面上 1.0 m 高度で行なうようにしばしばセンサー高度の調整を行なった。

III. 測定結果

第 1 表に全天日射量, 反射量, 放射収支量, 顕熱伝達量の日総量 (MJ/m^2), 日平均表面アルベード及び太陽高度が最大になる 11-12 時平均アルベード, 気温の極値 (日最高, 日最低) 及び日平均値, 風速の日平均値, 毎 10 時における積雪深と天気状況を示し, 第 1 図には風速以外の各値の日変化を示した。

1984 年冬期は 2 月上旬まで少雪傾向が続いたが, 2 月中旬より積雪は増加し 3 月上旬には平年並みになった。3 月下旬から 4 月上旬にかけて低温が続く, 日平均気温がプラスに転じたのは 4 月 3 日以降であった。このため雪融けが進まず消雪日は 4 月 17 日であった。これは 1983 年に比べて 15 日, 平年値 (3 月 29 日) に比べて 19 日も遅くなった。

全天日射量は太陽高度が最も低い 12 月下旬に最小値をとるが, 曇天日と晴天日の差は小さい。しかし融雪末期にはこの差が大きくなる。放射収支は 12 月下旬-3 月中旬まで負の値をとるが, 日射量が増加しアルベードが減少するに従って正の値となり, 特に融雪末期になると急激に増加している。

アルベードは, 厳冬期の融解が生じていない時 0.8~0.9, 融雪期前半 0.65~0.70, 融雪最盛期 0.40~0.45 であった。積雪のアルベードは種々の要因, 例えば積雪の種類 (新雪, しまり雪, 乾き雪, ぬれ雪, 粒径, 密度) や太陽高度, 入射光のスペクトル分布, 雪面の汚れ等によって変化する⁴⁻⁷⁾。そのため長期間の観測から得られた上記のアルベードの変化が, それぞれどの要因によるものか解明することは興味ある問題である⁸⁾。

文 献

- 1) 石川信敬, 小島賢治 1982 1981-82年積雪期の札幌における放射量測定. 低温科学, 物理篇, **41**, 資料集, 39-52.
- 2) 石川信敬, 小島賢治, 本山秀明, 山田芳則 1983 1982-83年積雪期の札幌における放射量測定. 低温科学, 物理篇, **42**, 資料集, 25-31.
- 3) 気象庁観測部測候課 1981 日射測定のスケールと単位の変更について. 天気, **28**, 22.
- 4) Mellor, M. 1977 Engineering properties of snow. *Journal of Glaciology*, **19**, 81, 15-66.
- 5) Carroll, J. J. and Fitch, B. W. 1981 Effects of solar elevation and cloudiness on snow albedo at the South Pole. *Journal of Geophysical Research*, **86**, 5271-5276.
- 6) Warren, S. G. 1982 Optical properties of snow. *Reviews of Geophysics and Space Physics*, **20**, 67-89.
- 7) Yamanouchi, T. 1983 Variations of incident solar flux and snow albedo on the solar zenith angle and cloud cover, at Mizuho Station. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **61**, 879-893.
- 8) 石川信敬, 小島賢治 1983 融雪期における積雪の短波放射特性 I. 低温科学, 物理篇, **42**, 111-122.

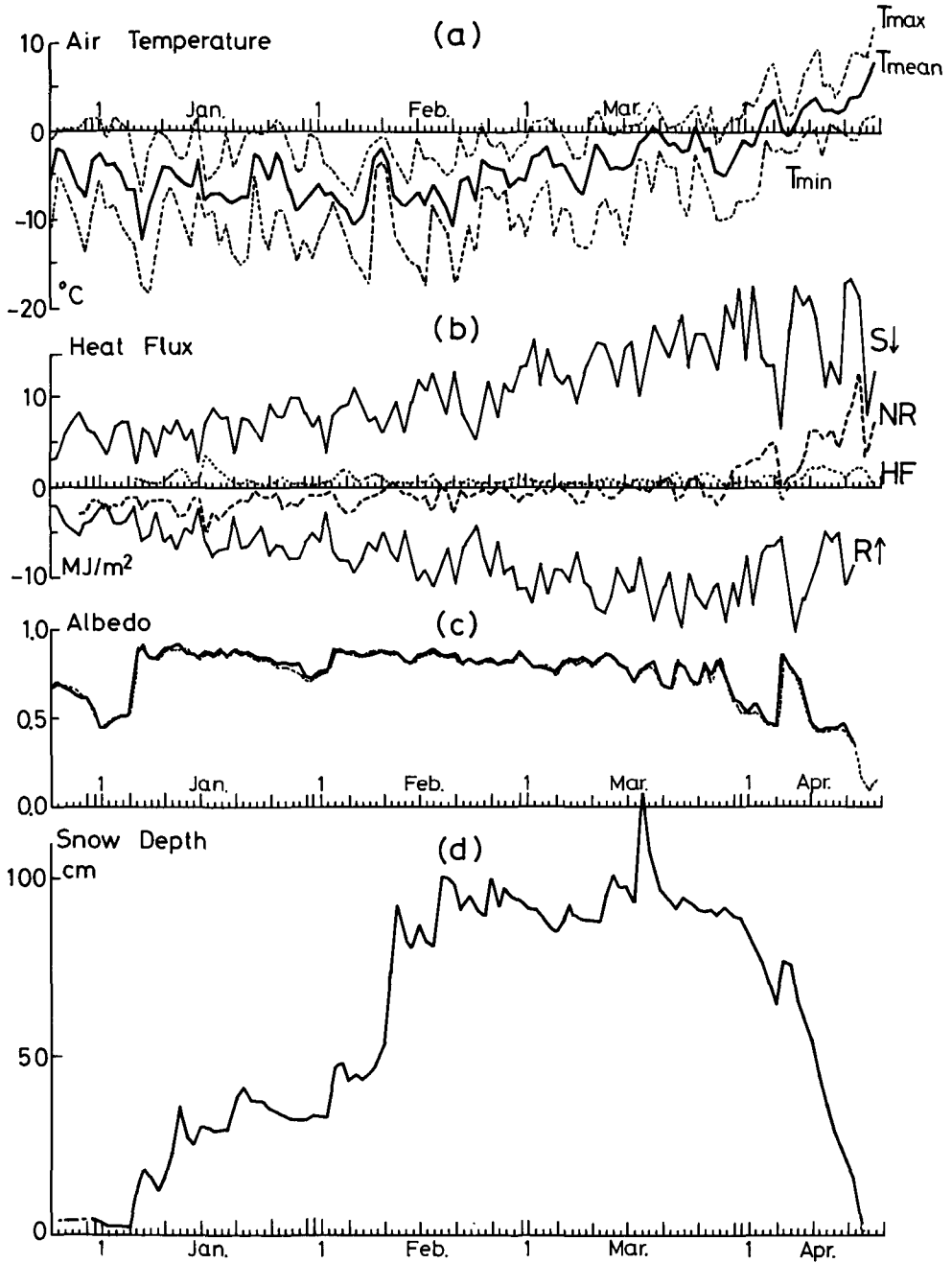
第1表 1983～1984年積雪期の放射各成分と気象要素の変化

年 月 日	全天日射量 MJ/m ²	反 射 量 MJ/m ²	放射収支量 MJ/m ²	顕熱伝達量 MJ/m ²	反射率(アルベード)		気 温 (1.0m高度)			風 速 m/s	積 雪 深 cm	天 気	備 考
					1日平均	11 ^h -12 ^h 平均	日最高(℃)	日最低(℃)	日平均(℃)				
1983年													
12月25日	2.90	2.02	—		0.70	0.69	-1.4	-12.9	-5.3	0.8	—	⊙	
26	3.15	2.19	—		0.70	0.71	-0.1	-5.2	-1.8	0.8	4.5	⊙*	
27	5.92	4.00	—		0.68	0.68	0.1	-6.9	-2.4	0.8	—	⊙	
28	7.08	4.66	—		0.66	0.67	-0.1	-8.6	-4.2	0.6	4.5	○	
29	8.26	5.23	-3.07		0.63	0.65	0.0	-11.1	-6.3	0.6	4.5	⊙	
30	6.41	3.99	-2.87		0.62	0.62	1.2	-13.7	-7.4	0.8	—	⊙	
31	6.20	3.47	-1.42		0.56	0.55	1.5	-8.5	-3.7	0.8	4.5	⊙	
1984年													
1月1日	5.15	2.39	-1.64		0.46	0.45	1.3	-5.5	-2.3	1.6	3.8	⊙	
2	3.64	1.68	-2.70		0.46	0.48	-0.9	-8.8	-3.8	1.2	2.0	⊙	
3	7.07	3.58	-1.86		0.51	0.50	1.8	-8.2	-3.7	0.7	2.5	○	
4	7.43	3.93	-2.12		0.53	0.52	0.9	-10.7	-4.7	0.8	2.0	○	
5	7.28	3.73	-0.91		0.51	0.53	0.0	-12.0	-6.5	0.6	2.0	○	
6	2.52	2.23	-1.06	1.04	0.88	0.90	-4.1	-12.9	-6.7	2.0	11.8	⊗	
7	6.74	6.09	-2.61	0.49	0.90	0.92	-7.0	-17.7	-12.3	0.8	18.5	⊙	
8	6.28	5.27	-1.35	0.37	0.84	0.85	-1.9	-18.4	-8.0	0.7	16.0	⊙	
9	3.38*	2.85*	-1.53*	0.37*	0.84*	0.84	0.0*	-14.9*	-6.3*	0.7*	12.0	⊙	*7 ^h -11 ^h 欠測
10	6.99	6.32	-1.47	0.49	0.90	0.89	-0.3	-8.6	-4.0	1.0	16.0	⊙*	
11	5.88	5.36	-1.58	1.31	0.91	0.90	-1.1	-6.2	-4.2	2.7	22.5	⊙+	
12	7.52	6.89	-3.25	2.07	0.92	0.89	-3.0	-8.2	-5.3	2.9	36.5	⊙	
13	5.43	4.74	-3.13	1.66	0.87	0.90	-3.2	-11.0	-6.1	2.0	27.5	⊙	
14	6.36	5.41	-1.21	0.44	0.85	0.86	-1.1	-13.1	-6.5	0.7	25.0	⊙	
15	2.84*	2.41*	-1.00*	0.61*	0.85*	0.84	1.7*	-7.1*	-3.5*	2.3*	30.1	⊗	*7 ^h -11 ^h 欠測
16	7.06	6.29	-5.02	3.69	0.89	0.88	-5.9	-9.9	-7.8	4.6	30.5	○+	
17	8.90	7.78	-2.79	2.77	0.87	0.86	-5.0	-9.0	-6.9	4.8	29.0	○+	
18	7.81	7.01	-3.57	1.94	0.90	0.88	-4.0	-12.9	-7.0	2.8	29.9	○	
19	8.01	6.89	-2.48	0.95	0.86	0.84	0.0	-10.5	-7.9	1.5	29.3	⊙	

20	3.61	3.21	-1.96	0.58	0.89	0.89	-4.1	-13.9	-8.2	1.4	38.6	⊗ _ッ
21	7.88	6.84	-1.16	0.25	0.87	0.86	-2.0	-15.0	-7.5	0.8	41.5	⊙
22	7.49	6.58	-1.61	0.91	0.88	0.86	-0.2	-14.5	-7.5	1.6	37.4	⊙
23	6.32	5.36	0.07	0.13	0.85	0.83	0.5	-5.1	-2.6	0.9	37.3	⊗
24	5.15	4.31	-1.06	0.12	0.84	0.84	-0.3	-11.7	-3.2	0.6	37.6	⊗
25	9.42	7.87	-1.13	0.22	0.84	0.81	-0.1	-13.5	-5.4	0.6	35.4	⊙
26	7.95	6.43	-0.66	0.64	0.81	0.79	1.5	-8.7	-2.3	1.3	34.7	⊙
27	7.90	6.50	-2.53	1.19	0.82	0.79	0.2	-9.0	-3.6	1.5	33.2	⊙
28	10.07	8.02	-1.58	0.19	0.80	0.77	-1.7	-11.7	-6.8	0.7	32.5	⊙
29	10.00	8.06	-2.04	0.47	0.81	0.75	-4.7	-14.8	-9.1	1.1	32.5	⊙
30	8.34	6.18	-1.07	0.15	0.74	0.72	-4.2	-12.3	-8.0	1.4	32.6	⊙
31	6.76	4.93	-0.86	0.23	0.73	0.73	-0.4	-14.4	-6.9	1.1	33.1	◎
2月1日	8.00	6.22	-0.84	0.18	0.78	0.75	-1.0	-11.7	-5.8	1.1	33.3	⊙
2	3.53	2.74	-0.71	0.40	0.78	0.77	-3.9	-10.7	-7.2	2.4	33.0	◎
3	8.19	7.25	-0.46	0.63	0.89	0.89	-4.4	-7.9	-6.9	3.2	47.0	◎
4	9.25	8.21	-2.26	1.84	0.89	0.89	-5.5	-10.1	-8.4	3.9	48.9	⊗ _ッ
5	9.41	8.20	-3.18	1.97	0.87	0.87	-6.3	-12.3	-9.0	3.4	43.3	⊙ ₊
6	11.06	9.72	-2.62	0.72	0.88	0.86	-7.3	-14.6	-10.6	1.3	44.9	⊙
7	9.38	8.04	-1.46	0.94	0.86	0.86	-4.6	-16.1	-9.7	2.1	43.6	⊗
8	7.15	6.21	-0.99	0.94	0.87	0.88	-2.1	-17.2	-7.7	3.2	45.5	⊗
9	8.05	7.03	-0.88	1.76	0.87	0.88	-1.2	-4.7	-3.0	6.0	47.8	◎ ₊
10	5.95	5.23	-0.45	0.80	0.88	0.88	-0.6	-3.2	-1.9	4.9	54.2	◎ _×
11	8.32	7.23	0.06	0.18	0.87	0.87	-1.3	-5.0	-3.5	1.5	73.2	⊗
12	9.60	8.42	0.46	0.46	0.88	0.87	-3.3	-12.2	-7.5	0.6	92.5	⊙
13	5.95	4.91	-0.98	0.47	0.83	0.83	-4.7	-13.6	-8.5	0.9	82.7	◎ _×
14	9.93	8.29	-0.72	0.39	0.83	0.82	-6.4	-14.7	-7.7	1.3	79.5	◎
15	12.13	10.51	-1.48	0.52	0.87	0.85	-0.5	-15.2	-6.8	1.6	87.5	⊙ _×
16	10.74	9.33	-0.97	0.35	0.87	0.87	-3.3	-17.6	-8.3	2.8	82.5	⊙ ₊
17	12.69	11.29	-2.79	1.63	0.89	0.89	-3.0	-8.5	-6.0	2.5	80.5	⊙
18	10.54	9.03	-0.08	0.40	0.86	0.84	-3.6	-9.8	-6.9	1.5	101.0	◎ _×

年 月 日	全天日射量 MJ/m ²	反 射 量 MJ/m ²	放射収支量 MJ/m ²	顕熱伝達量 MJ/m ²	反射率(アルベード)		気 温 (1.0m 高度)			風 速 m/s	積 雪 深 cm	天 気	備 考
					1 日 平 均	11 ^h -12 ^h 平 均	日 最 高 (℃)	日 最 低 (℃)	日 平 均 (℃)				
2 月 19 日	8.12	6.89	-0.24	0.32	0.85	0.85	-5.0	-11.2	-8.4	2.5	100.5	☉*	
20	13.00	11.30	-2.71	0.51	0.87	0.86	-4.6	-17.1	-10.7	1.3	98.5	⊙	
21	8.14	6.69	-0.15	0.33	0.82	0.80	-0.2	-14.8	-5.6	1.2	91.5	☉	
22	6.65	5.59	-1.14	1.14	0.84	0.84	-2.9	-10.7	-4.9	3.7	95.0	☉↓	
23	4.99	4.10	-0.46	0.32	0.82	0.81	-2.6	-13.8	-7.9	2.1	91.0	☉	
24	9.28	7.73	0.03	0.24	0.83	0.83	0.9	-6.5	-3.2	1.7	89.0	☉	
25	11.96	10.07	-0.69	0.59	0.84	0.84	-1.6	-6.3	-4.1	1.5	100.0	☉	
26	7.45	5.96	0.21	0.44	0.80	0.80	-1.9	-7.9	-4.3	2.3	91.7	☉*	
27	11.58	9.56	-0.31	0.55	0.83	0.82	-1.0	-6.6	-4.4	1.5	97.5	☉	
28	10.73	8.84	-0.73	1.06	0.82	0.82	-3.6	-11.6	-6.3	3.0	94.5	☉	
29	13.19	11.44	-1.71	1.12	0.87	0.89	-2.1	-11.3	-5.3	3.2	93.5	⊙↓	
3 月 1 日	13.63	11.29	-0.68	0.74	0.83	0.83	-1.4	-12.1	-5.7	1.4	91.6	○	
2	16.49	13.01	-0.82	0.69	0.79	0.79	1.0	-8.1	-2.9	1.6	91.5	⊙	
3	10.85	8.52	0.16	0.58	0.79	0.80	1.0	-7.0	-2.6	2.8	89.0	☉*	
4	15.40	12.05	-0.76	0.88	0.78	0.79	1.5	-5.7	-1.6	2.4	86.1	○	
5	12.15	9.25	0.21	0.14	0.76	0.73	0.4	-12.2	-4.3	0.9	85.0	⊙	
6	11.31	9.34	-0.33	0.27	0.83	0.81	-0.4	-8.8	-3.8	1.1	88.0	⊙	
7	12.65*	10.68*	-0.81*	0.35*	0.84*	0.84*	-1.7*	-9.1*	-4.6*	1.0*	93.0	○	* 10 ^h -11 ^h 欠測
8	8.67*	7.18*	-1.81*	0.65*	0.83*	0.81*	-3.2*	-13.0*	-6.6*	2.0*	88.0	○	* 12 ^h -17 ^h 欠測
9	12.23	10.36	-1.64	0.40	0.85	0.83	-3.1	-13.3	-7.2	1.6	88.0	☉	
10	14.29	11.34	0.83	0.62	0.79	0.81	0.8	-13.1	-4.1	2.7	85.5	☉	
11	16.33	13.48	0.03	0.86	0.83	0.84	2.7	-8.7	-1.5	3.7	87.2	☉*	
12	16.04	13.95	-1.01	1.10	0.87	0.87	0.6	-7.7	-2.5	3.6	95.0	⊙↓	
13	14.04	12.05	-1.34	1.00	0.86	0.85	-0.5	-9.7	-4.3	2.4	101.0	○	
14	11.17	9.05	-0.61	0.43	0.81	0.80	-0.3	-8.7	-4.1	1.4	97.5	☉*	
15	15.20	11.82	0.13	0.48	0.78	0.79	0.8	-13.3	-4.4	1.8	97.8	☉*	
16	16.42	11.65	0.89	0.46	0.71	0.70	0.5	-10.6	-4.0	2.5	92.6	⊙	
17	9.94	7.73	0.98	-0.04	0.78	0.78	0.4	-3.2	-1.6	2.0	124.6	☉	
18	14.07	11.39	-0.65	1.03	0.81	0.80	1.7	-3.4	-0.5	3.7	108.0	☉	
19	18.19	15.02*	0.22	0.52	0.83*	0.77*	3.4	-7.3	0.4	1.5	101.6	○	

20	15.96	11.06	0.47	0.87	0.69	0.69	1.9	-2.6	-0.1	2.3	96.5	⊕	
21	14.26	9.73	1.04	0.49	0.68	0.68	0.2	-4.3	-1.9	3.5	94.0	⊕	
22	16.50	13.62	-1.59	1.77	0.83	0.83	0.7	-4.0	-1.7	5.2	91.6	⊗↓	
23	19.54	15.64	-1.09	0.63	0.80	0.80	0.8	-8.3	-2.6	2.4	94.7	⊕	
24	13.16	9.55	1.26	0.58	0.73	0.71	1.5	-10.0	-2.2	2.8	93.0	⊙	
25	17.38	12.35	1.06	1.03	0.71	0.70	3.0	-2.5	0.1	2.9	91.2	⊕	
26	17.11	13.82	-1.04	1.54	0.81	0.81	-0.4	-5.3	-2.6	4.4	90.5	⊙	
27	15.64	11.74	-0.79	1.44	0.75	0.71	2.7	-7.2	-1.8	3.1	90.8	⊕	
28	13.02	10.69	-1.81	0.70	0.82	0.84	-1.5	-10.1	-4.8	2.4	89.8	⊗	
29	20.50	15.09	-0.61	0.08	0.74	0.75	0.0	-10.1	-5.2	1.4	91.5	⊕	
30	17.05	10.59	2.34	-0.01	0.62	0.61	1.4	-9.6	-3.5	1.5	89.0	⊕	
31	22.40	13.41	2.49	0.48	0.60	0.54	1.2	-7.9	-2.0	2.3	88.5	○	
4月1日	13.79	7.56	2.56	0.50	0.55	0.54	3.5	-7.9	-1.0	1.1	84.2	⊙	
2	22.62	13.33	3.29	0.51	0.59	0.54	2.5	-7.8	-2.0	1.5	81.0	○	
3	14.31	7.48	3.08	1.37	0.52	0.51	3.9	-6.5	0.3	1.8	77.2	⊙	
4	13.50	6.41	4.81	1.44	0.47	0.47	6.7	-0.8	2.8	1.3	71.0	⊙	
5	13.62	6.46	5.13	1.37	0.47	0.46	7.6	-2.6	3.7	1.1	64.0	⊙	
6	6.29	5.46	-0.07	-1.29	0.87	0.87	3.2	-2.0	-0.2	1.2	76.5	⊗	
7	17.55	13.67	1.26	0.45	0.78	0.78	1.4	-2.8	-0.8	2.3	75.5	⊙	
8	22.61	16.74	1.33	0.74	0.74	0.72	2.0	-2.3	0.1	2.2	65.0	⊕	
9	20.25	12.55	3.65	1.15	0.62	0.60	5.9	-1.0	2.4	1.5	61.5	○	
10	21.40	10.47	6.45	2.40	0.49	0.46	7.5	0.1	3.3	2.1	54.7	⊙	
11	19.02	8.35	6.15	1.97	0.44	0.43	9.0	-0.4	3.8	1.7	44.4	⊕	
12	10.83	4.83	5.10	2.61	0.45	0.44	4.8	-3.2	2.3	3.2	36.2	⊙	
13	14.23	6.43	6.61	1.92	0.45	0.44	4.9	0.8	2.3	3.9	28.9	⊕	
14	11.04	5.05	4.05	1.90	0.46	0.44	3.4	0.0	2.0	3.5	24.3	⊙	
15	23.02	11.09	7.74	0.88	0.48	0.41	6.4	-0.6	2.5	0.8	20.1	⊕	
16	23.68	8.80	9.65	2.08	0.37	0.38	8.7	-1.2	3.9	1.4	16.0*	○	*3cm水溜り
17	21.52		12.90	2.11		0.16	8.8	-1.3	4.0	3.1	0.0	⊕	
18	6.50		3.37	1.54		0.10	8.1	1.4	5.5	2.7		⊙●	
19	13.05*		7.23*	-0.57*		0.15	12.7*	1.4*	7.5*	1.3*		⊙	*14 ^h -24 ^h 欠測



第1図 1983-84年積雪期の札幌における気象要素の変化図

(a): 気温 T_{mean} : 日平均, T_{max} : 日最高気温

T_{min} : 日最低気温

(b): 放射各成分と顕熱伝達量

S_{\downarrow} : 全天日射量, R_{\uparrow} : 反射量

NR : 放射収支量, HF : 顕熱量

(c): 積雪の反射率 (アルベード)

実線: 日平均, 点線, $11^{\text{h}}-12^{\text{h}}$ 平均

(d): 積雪深 (毎朝 10 時測定)