



Title	簡単な空気寒暖計による雪面幅射の測定：（附 雪面の熱傳達係数の測定）
Author(s)	吉田, 順五; 内海, 威彦
Citation	低温科学, 4, 1-10
Issue Date	1948-10-30
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/17452
Type	bulletin (article)
File Information	4_p1-10.pdf



[Instructions for use](#)

Zyungo YOSIDA and Takehiko UTUMI 1948: Measurement of Thermal Radiation from the Snow Surface by a Simple Air Thermometer. *Low Temperature Science* 4. (With English résumé p. 10).

簡単な空気寒暖計による雪面の輻射の測定

(附. 雪面の熱傳達係数の測定)*

吉田 順五 内海 威彦

(低温科学研究所 應用物理學部門)

I 緒 言

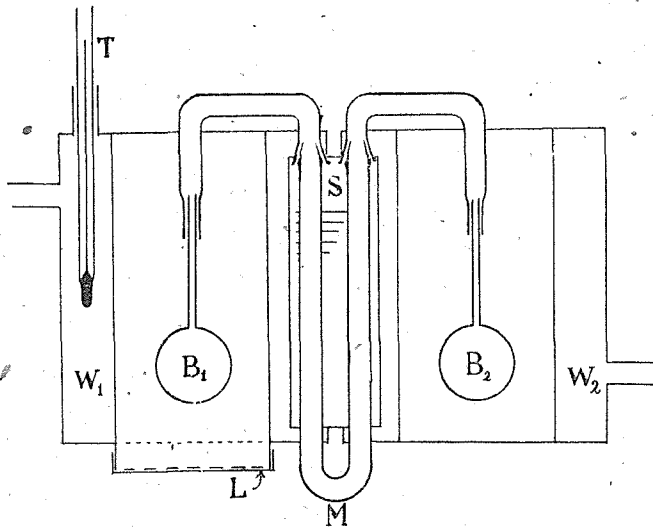
空から積雪の表面にあたる輻射、また積雪の表面から空へむかつて放射される輻射は、いままであまり測定されていない。Sauberer,¹⁾ Thams,^{2,3)} Eckel,³⁾ 泉⁴⁾ などの観測があるけれども、しらべるべき問題はまだまだたくさんある。輻射の測定にはきはめて細い針金で作った熱電対を使うのが普通で、鋭敏な電気計器が要るし、測定装置を組立てるのに経費がかかり測定もかなりむづかしい。殊に、冬の野外での測定にはいろいろな困難がともなう。それで、感度もあまりよくないし、指示の遅れも大きいけれども製作も取扱いも簡単な輻射測定装置を作ってみた。空気寒暖計を利用したもので、次にこの輻射測定装置の説明をし、それで測定した一つの結果を報告する。

II 測定装置

第1圖が装置の略圖である。 B_1, B_2 は直径3 cmの肉のうすい硝子球で、上にむかつてついている柄も加えて重さ3 grほどである。柄の上の端はコノ字形の連結管(内径1 mm)の片方の端に真空用コンパウンドで気密にとりつける。連結管の他方の端は磨合わせてU字管壓力計 M につなぐ。 M の硝子管も内径1 mmの毛細管で、真空ポンプ用の油が入れてある。 S は M の兩腕の油の面の位置をはかるための物指で、鏡の表面に目盛を刻んで作った。 W_1, W_2 はトタン鋳の二重壁の圓筒(内径6 cm)で、それぞれその中心線の上に B_1, B_2 がある。エチレングリコールの水溶液を左上の側管から W の壁の間に入れ、それから W_2 の壁の間に移し、右下の側管から出るようにして循環させる。 B_1 の下に點線で示したのは細かい眞鍮の網で、その下の破線は粗い鐵の網である。この二つの網は風が中に吹込むのを妨げるためにつけた。 L は取外しのできるトタン鋳の蓋である。 B_2 の下は、すなはち W_2 の底は、トタン鋳で閉じたまゝである。 W_1, W_2 内部の B_1, B_2 から上の方は綿をつめて空気が自由に通わないようにした。 T は循環液の温

* 低温科学研究所業績, 第49號.

度を測る寒暖計である。



第 1 圖

雪の上に実験機を据え、水平に 1 m ほどの棒を出して、その先に第 1 圖の装置をとりつける。蓋 L をつけたまゝにしておけば B_1, B_2 のなかの空氣の温度は循環液の温度と等しくなり、 M のなかの油の面の高さの差は一定の値 h_0 をとる。 L をとりはずすと、 B_1 は雪の面と輻射の交換を行い、 B_1 内の空氣の温度がかわつて、 M のなかの油の面の高さの差は h' にかはる。 $h = h' - h_0$ に

よつて雪から來る輻射を求めることができる。

W_1 と W_2 とのなかの循環液の温度は常に同じでなければならない。圖には示さなかつたが、 W_2 にも寒暖計をつけてある。 W_1 の温度と W_2 の温度とはいつも同じであつた。エチレングリコールの液は、小型ギヤポンプを電動機で廻して循環させたが、液の温度 t_c が氣温 t_a にひとしいと都合がよい。それで直径 15 cm ほどのトクン飯の圓筒の端に扇風機をつけた簡單な吸込み風洞を作り、そのなかにアルミニウムの蛇管を入れた。ギヤポンプを出た循環液は、この蛇管のなかでは氣温と同じ温度になり、それから W_1 に行く。風洞の入口には寒暖計をとりつけた。風がよくあたるので正確な氣温が測られる。

第 1 圖は、雪の面からくる輻射をはかる装置であるが、 M 以外の部分を全部逆さにすれば空からくる輻射をはかることが出来る。このやうな装置も別に作った。なほ B と B_2 とを入れる。空間を一つの函のなかにつくつたもの、すなはち W_1 と W_2 とを直接に結びつけて一つにして了つたものも作った。この方が構造が丈夫でよい。

III 檢 定

硝子球 B_1, B_2 (第 1 圖) は墨で黒くしてあるので、これにあたる輻射はほとんど全部吸収される。 $-10^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ で、黒體からでる輻射の強さは、波長 10μ のあたりに極大があり、波長 5μ 以下では 0 に近い。 5μ 以上の波長に対しては水や雪の吸収係数はほとんど 1 である。それゆゑ、空からくる波長の短い輻射があたつて反射するのを防ぎさへすれば、雪や水の面は黒體の面と見なす事が出来る。すなはち室内に雪や水の面を作れば、その面は黒體の面である。黒

體からでる輻射の量はよくわかつてゐるから、室内で温度のわかつてゐる雪や水の面の上に第1圖の装置をかざせば、輻射量と h ($h=h'-h_0$: 前節参照) との関係を求めることができる。黒の表面から、立體角 π のなかに放射されるエネルギー ϵ と温度 t °C との関係は 0°C のちかくで體は

$$\epsilon = (7.5 + 0.11 t) \times 10^{-3} \text{ cal/sec, cm}^2 \dots \dots \dots (1)$$

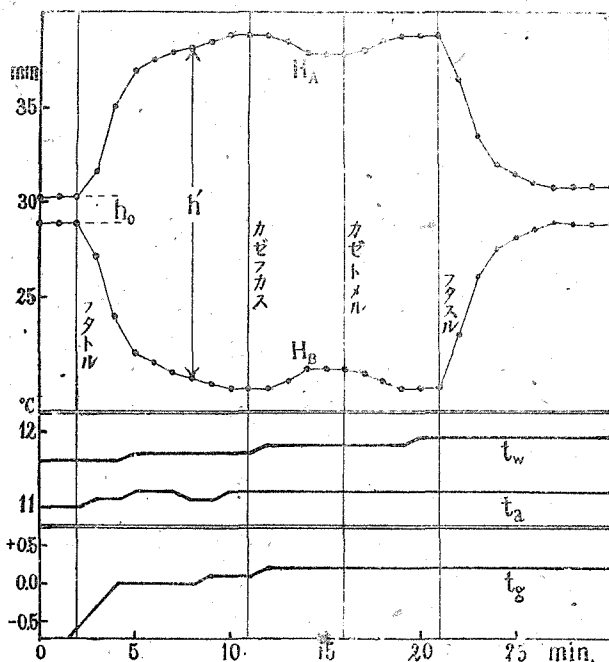
であらわされる。

實驗室の床に 65 cm × 55 cm の黒い漆塗りの木の寫眞用バツトを置き、それに水や雪を入れ、その上約 40 cm の高さに装置を支えた。

- t_g : 水や雪の温度
 - t_w : 循環水の温度
 - t_a : 氣温
- $\left. \begin{array}{l} t_g \\ t_w \end{array} \right\} \Delta t; t_w - t_g$

として t_g, t_w, t_a をいろいろにかえて、 h を測定した結果、 h が Δt に比例することがわかつた。くわしいことは、あとで第3圖によつて説明する。ただ、このやうにして検定をするのに、バツトの大きさが充分でないので、測定装置の有効角度を全部覆うことができない。すなはちバツトのまわりの床からでる輻射も硝子球 B_1 にあたる。これに對する補正についてもあとで述べる。

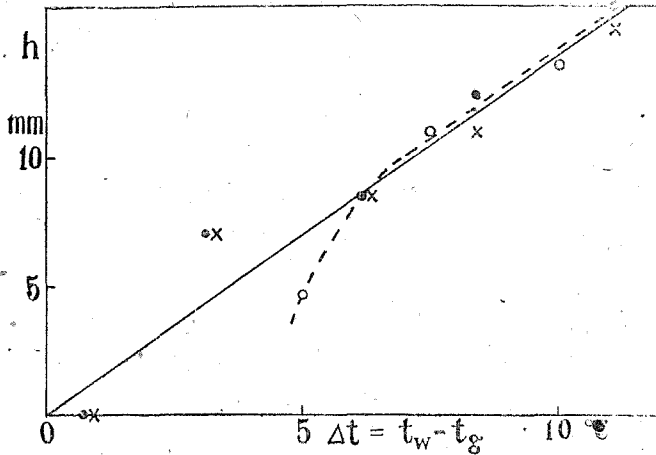
第2圖は、バツトに雪を入れて蓋 L をはずしたりつけたとき、 h が變る有様を示したものである。氣温 t_a は 11°C であるから雪の表面は 0°C と考えてよい。即ち $t_g = 0$ °C である。圖の H_A, H_B は M の二つの油頭の高さで、 $H_A - H_B$ が h_0 や h' になる。横軸には時間をとつた。はじめ蓋 L をかぶせておいて h_0 を求め2分目に L をはずした。すると、10分目には h' は定常の値になつた。すなわち8分ぐらいの指度 D がおくれがある。11分目に扇風機で約 2 m/sec の風を水平にあてた。風が少しはいる



第 2 圖

ため、 h' はわずかばかり小さくなる。硝子球 B_1 の下の金網がないと、この變化はもつとひどい。16分目で扇風機をとめると h' は元の値に戻り、22分目で蓋 L をつけたら、それから5,6分經

つて最初の値 h_0 にかへつた。このやうに指度のおくれが 6~9 分ある。風の影響もたしかにあるけれども 2 m/sec の風で 10% の程度にすぎない。



第 3 圖

第 3 圖は $h = h' - h_0$ と Δt との関係を示す検定曲線である。 t_a と t_w とは 15° に保ち、 t_g をかへた。バットに雪を入れたり、水を入れてその温度をかへたりして、 t_g を變化したのである。黒い圓印は風のない時、ばつ印は 2 m/sec の風のあるときの測定値である。

h と Δt との関係はだいたい實線でかいた直線によつて表は

され、 h を mm、 Δt を $^\circ\text{C}$ で示せば、 $h = k\Delta t$ の比例常數 k は 1.4 となる。 t_w をほかの値にしても、同様な直線が得られ、比例常數もほぼ一定してゐて、平均をとると $k = 1.3$ となる。しかし、この k の値は測定装置を床から 40 cm の高さに支へてとつたものであるから、あとで訂正する。

氣温 t_a と循環水の温度 t_w とはいつでもほとんど一致してゐて、ちがつても 2°C を超えることはない。しかし、その差が多少は變動するので、その影響もしらべた。第 3 圖の白圓の點は t_a を 10°C 、 t_g を 0°C に保つて、 t_w をかへた場合の h と Δt との関係である。白圓印の點は、だいたい破線で示した曲線の上にある。 $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ では $t_w = t_a$ で、その左右の 3°C ぐらゐの範圍では實線と破線とは一致してゐる。破線上の點については $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ からはずれが t_a と t_w との差になる。たとえば $\Delta t = 7^\circ\text{C}$ でははずれが $10^\circ - 7^\circ = 3^\circ$ で、これが $t_a - t_w$ である。これからみて $t_a - t_w$ が 3°C 以内ならば、 t_a は h に對して影響を及ぼさず、 h は $t_w - t_g$ だけできまることがわかる。 $t_a - t_w$ が 3°C を超へると h と Δt との比例關係がみだされるのは硝子球 B のまはりに對流がおこるためであらう。

以上はバット内の水面と輻射計との距離を 40 cm として求めた結果である。さきに述べたとおり、これでは水面のまはりの床からの輻射も測定装置にはいる。水の温度 t_g は t_a よりも低いので、床の温度は t_g よりも高い。すなはち、 t_g よりも高い温度の物體から、輻射がいつていたので、 M に現はれる壓力差 h はほんとうの値よりも小さすぎていたわけで、上にあげた $k = 1.3$ は小さすぎる。装置を水に近すければ、有効角度のうち水面で覆はれる部分が大きくなり、 k はほんとうの値に近づく。それで t_w 、 t_g を一定に保つて、水面と装置との距離 H をかえて k の變化をしらべた。その結果が第 4 圖である、 H は 13 cm、 27 cm、 48 cm にかえたが、 k と

H との関係は直線である。しかし、 H が13 cm になれば、輻射計の有効角度はほとんど水面で覆はれるので、これ以上 H を小さくしても k の値はほとんど変わらないで、 k と H とは点線で示したやうな曲線で表はされるであらう。それで、この点線の水平部分に相當する k の値 3.5 を正しい k の値としてとつた。このようにして

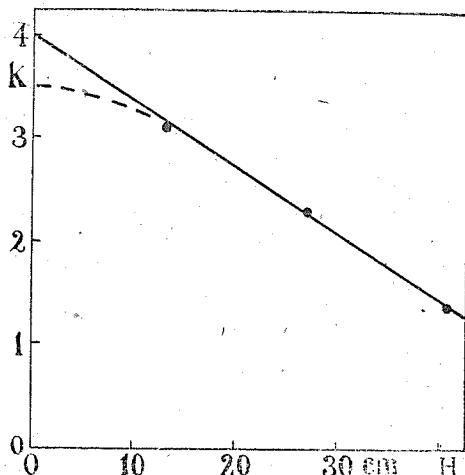
$$t_w - t_g = h/3.5 \quad h = h' - h_0$$

が得られたので、この式の t_g を黒體の輻射の式 (1) の t に代入して

$$\epsilon = (7.5 + 0.11 t_w - 0.31 h) \times 10^{-3} \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{sec.}$$

が得られる。戸外の雪の面について h を測定すれば、それからこの式によつて雪の面から空に向つて放射される (反射される輻射も含む) 全輻射量が求められる。空からくる輻射を測るのにも全く同じことがいわれる。

$h = h' - h_0$ であるが、 h_0 は循環水の温度 t_m が變ると少しかわる。それで、あらかじめ h_0 と t_m との關係を求めてをいたが、測定中ときどき蓋 L をつけて h_0 の値をたしかめた。



第 4 圖

VI 測定結果の一例

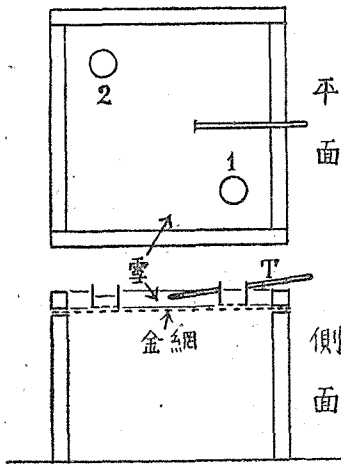
昭和 20 年の暮から 21 年の春にかけて札幌の北大構内で測定した。次にそのうちの一つの例をあげる。

雪の表面で起る熱の交換は次の四つの要素にわけられる。

- (1) 輻射による空との間の熱交換
- (2) 空気との間の傳達による熱交換
- (3) 昇華による水蒸氣の蒸發凝結による熱の得失
- (4) 積雪内部との間の熱傳導による熱交換

この四つのことがおのおのどのくらいのものであるかをきめることを問題とする。(1) は輻射計によつて求められ、(3) は雪の昇華量をはかればよい。(4) は積雪内部の温度勾配と積雪の熱傳導度から求めることができる。(2) は直接に測定する方法がない。しかし、定常状態ならば (1)+(2)+(3)=(4) の關係があるので、(1)(3)(4) がわかれば (2) もきめられる。けれども積雪の熱傳導率は雪の性質によつて非常に變化するので、正しい値を知ることはむづかしい。又積雪のなかの温度勾配も正確には測りにくいので、(4) の値は極く概略のものしか得られない。それで次のやうにして (4) を完全に 0 にする方法をとつた。

第5圖のように、垂木材で40 cm角の四角な枠をつくり、それに金網を張り、金網の上に雪



第5圖

を平らにのせる。雪は比重0.37でかなり固いので、鋸で板の形に切つてからのせた。雪の板の厚さは2.9 cmである。この枠を4本の脚で、積雪面から30 cmの高さに支える。この雪の板に対しては、積雪内部から傳導で傳わってくる熱はない。すなはち(4)=0である。Tは寒暖計で、球部を上の面から1 cmの深さに差込んだ。平面圖の左上と右下との隅にかいた圓は、昇華量測定用の籠である。トタン板で直径5 cm、高さ3 cmの筒を作り、底に眞鍮の細かい網をはる。この籠に雪を入れ、圖のやうに雪の板にはめこんでおき、ときどきとりだして重さを測る。重さの變化によつて昇華量が知られる。

輻射の測定装置は4臺つかつた。番號をつけてI, II, III, IVとする。IとIIとは空からの輻射をはかるもので、二つとも同じ條件でつかつた。IIIとIVとは雪面からの輻射をはかるもので、IIIはまえに述べた通りに、積雪面から1 mの高さに支えた。IVもやはり雪面のうへ1 mに支へたが、その上に六分板を何枚も並べた簡単な屋根を作つた。すなはち、IIIは露天の積雪からの輻射を、IVは屋根の下にある雪面からの輻射をはかるわけである。第5圖の雪の板からの輻射は直接には測らなかつた。雪の板は面積が小さいので、この上に輻射測定装置をおいても、測定器の有効角度をおおうことができないからである。測定は昭和21年3月19日から20日にかけて行つたが、第6圖はそのうち20日の午前0時から午前9時までの測定結果で、横軸が時刻である。測定中空は全く雲に被はれて、ときどき極めて弱い霞がふつた。

圖の(a)は空からの輻射を示す。しかし、輻射量そのもので表はさず、空を黒體と考へて、それだけの輻射をだすべき温度すなはち黒體温度で表わした。實線と點線とは、輻射測定装置IとIIによる測定値で、二つともわりあひによく一致してゐる。次の雪の表面からの輻射についても、やはり同様に黒體温度を用いた。

(b)は露天の積雪面の温度で、實線は輻射から求めた温度 t_s 、點線は雪の表面下1 cmのところへ寒暖計をさしこんでかつた温度 t_1 である。

(c)は屋根の下の積雪面の温度で、實線と點線との意味は(b)の場合と同じである。

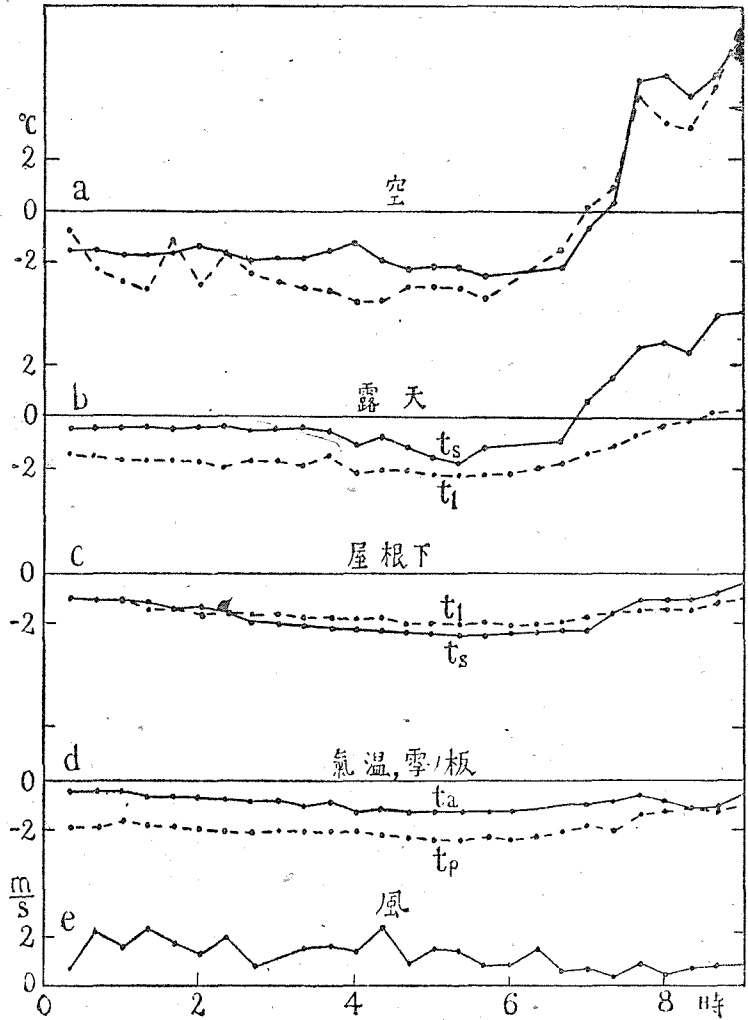
(d)の實線は循環水を冷すための風洞の入口ではかつた氣温 t_a で、雪面上30 cmの高さの氣温である。點線は第5圖の雪の板の温度 t_p で、さしこんだ寒暖計で求めた。

(e)はピラム風速計ではかつた風速で3分間の平均値である。

0時から6時までには夜であるから、波長の短い輻射線はない。それゆゑ、雪の面は黒體とみ

なされるので、輻射からきめた温度 t_s は雪の表面の眞の温度である。又、この夜の間は、變化が少いので、ほぼ定常状態になつてゐる。それでこの間のことについて考へる。

輻射：簡單のため、輻射から定めた雪の表面の温度 t を表面温度、寒暖計ではかつた1cmの深さの温度 t_l を表層温度となづける。露天の場合、表面温度と表層温度とが 1.5°C もちがふのに屋根のある場合はほとんど一致してゐる。それ故、屋根のある時は、雪の面は放射すると同じだけの輻射を屋根からまた受け、屋根の下面も雪の面か



第 6 圖

t_s : 表面温度 t_l : 表層温度 t_a : 気温 t_p : 雪の板の温度

ら受けるだけの輻射を出しているものと考えられる。即ち、屋根の下面と積雪面との間には輻射による熱の移動はない。第5圖の雪の板も屋根とほぼ同じ条件にあるから、雪の板の下面と、積雪面との間には輻射による熱の移動はないことになる。そして、雪の板の上の面の温度は、露天の積雪面の表面温度に等しい筈である。なぜならば、雪の板の上面から1cmのところの温度 ((d)の点線) と地上の積雪1cmの深さの温度、即ち表層温度 ((b)の点線) とは等しい。したがつて、雪の板の上半分の状態と露天の積雪の表面近くの状態とは全く同じでなければならないからである。

観測した時間を0時—2時, 2時—4時, 4時—6時の三つに区切つて、空の温度 t_a の平均値と雪の板の上面の温度 (= 露天の積雪表面温度) t_s の平均値とを第1表の第1列に表わした。

そして、 $q_r = 0.11 \times (t_1 - t_0) \times 10^{-3} \times 60 \text{ cal/cm}^2, \text{ min.}$ によつて、雪の板の上面の 1 cm^2 から 1 min 間に輻射によつて失はれる熱量を計算した。雪の板の下面からは輻射による熱の得失がない。

昇華：昇華量測定用の籠（第5圖）のなかの雪の目方の2時間の減少量から、第1表第2列の結果を得た。籠は二つあるが、1の方には雪の板と同じ厚さに雪を入れ、2にはそれよりも少く入れた。1と2との雪の量の比は1.4である。しかるに1と2との蒸發量の比をとると1.42, 1.65, 1.42 となつた。それ故蒸發量は雪の厚さにほぼ比例してゐる。すなはち、蒸發は雪の表面からだけ起つてゐるのではなく、すくなくとも表面から 1 cm か 2 cm の深さにわたつて、單位體積について同じ量だけ蒸發する。したがつて、雪の板は蒸發によつては、表面だけが冷されるということはなく、全體が一様に冷える。それゆゑ、雪の板の下面の溫度と内部の溫度とはだいたい相等しい。

第1表の蒸發量は1の籠について得た値である。この蒸發量に蒸發熱 680 cal/gr をかければ蒸發によつて失はれる熱量 q_s が得られる。

第 1 表

列		0—2時	2—4時	4—6時	
1	輻射	溫度 { 空 : t_0	- 2.0	- 2.5	- 2.5
		{ 雪上面 : t_1	- 0.3	- 0.5	- 1.2
		失なつた熱量 : q_r	0.011	0.013	0.009
2	昇華	蒸發量 $\text{mg/cm}^2, \text{min}$	0.158	0.105	0.112
		失なつた熱量 : q_s	0.107	0.071	0.076
3		$q = q_r + q_s$	0.118	0.084	0.085
4	溫度 {	雪 下 面 : t_2	- 1.8	- 2.0	- 2.2
		氣 温 : t_a	- 0.5	- 0.8	- 1.2
		$\Delta t = 2t_a - (t_1 + t_2)$	1.1	0.9	1.0
		$a = q/\Delta t$	0.107	0.093	0.085
5	風 速 : $v \text{ m/sec}$	1.8	1.3	1.2	
6	a'	0.022	0.017	0.016	
7	a/a'	4.9	5.5	5.3	
8	濕 度 % (水について)	97	98	91	

(q_r, q_s, q の單位は $\text{cal/cm}^2, \text{min}$. 濕度は札幌氣象台の觀測値)

列に q を、第4列に t_1, t_a をあげた。

金屬板に平行に流れる流體から、金屬板に與へられる熱の傳達率 a' については

$$a' = 0.0568 \frac{\lambda}{L} (Pe)^{0.8}$$

がなりたつ。Merkel が定めた公式である。⁽⁶⁾ λ は流體の熱傳導率、 L は金屬板の長さ、 Pe は $Pe = vL/a$ の數で、 $Pe = vL/a$ である (v : 風速、 a : 流體の溫度擴散率)。雪の板は 40 cm 角であつたから $L = 40 \text{ cm}$ とし、 λ, a に空氣についての値 $0.0033 \text{ cal/cm. min}$, $0.188 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$ を使つて

空氣から傳導によつて與へら

れる熱量：雪の面の熱傳達率を a とすると、雪の板の上面と下面とで

$$q = a(t_a - t_1) + a(t_a - t_2) \\ = a[2t_a - (t_1 + t_2)]$$

だけの熱が空氣から雪の板に與へられる。 t_a は空氣の溫度、 t_1, t_2 は雪の板の上面、下面の溫度である。 t_1 は露天積雪面の表面溫度、 t_2 は屋根の下の積雪面の表面溫度にひとしい。 $q = q_r + q_s$ によつて q を求め、この式から a がきめられる。第1表の第3

列に q を、第4列に t_1, t_a をあげた。

α' を計算すると第1表の第6列の値となる。 α/α' の値を第7列に示したが、その値はだいたい5に近い。すなわち雪の面の熱傳達率は金屬板の表面の傳達率の5倍である。雪の面は金屬面に比べると非常に粗いし、又風が雪の面から内部へすこしは入りこむことが考へられる。又雪の面の温度としては黒體温度を使つたが、金屬板の實驗では熱電對で測つている。これらのことは、いづれも α を α' よりも大きくする。

雪の板についての測定では、風速 v の範圍がせまく、 α と v との關係を求めることはできない。しかし、風速の3つの値に對して α/α' がほぼ一定値の5であるから、 α と v との關係は Merkel の式の形によつて表はされると假定してよいであらう。それで、雪の面についての熱傳達率として、さきの Merkel の式に5をかけた

$$\alpha = 0.28 \frac{\lambda}{L} (Pe)^{0.8}$$

が得られる。

摘 要

一種の氣體寒暖計を用い、空からの輻射、積雪面からの輻射を測定した。測定の一つの例をあげたがその結果は次のようなものである。

- (1) 曇つた夜でも、積雪の眞の表面温度（雪を黒體と見て輻射から定めたもの）は、表面下1 cm に寒暖計をさし入れてはかつた温度よりも $1^{\circ}\text{C} \sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 高かつた。眞の表面温度と空氣の温度とはかなり接近してゐるが、それでも 1°C ちかくの差を示すことがあつた。（第5圖の5時のところ）。
- (2) 積雪の蒸發は眞の表面だけで起るものではない。表面下少くとも $1 \sim 2$ cm の厚さにわたつて起つている。こゝにあげた例では、密度 0.37 の雪で、氣温 -2°C 、濕度 98% 、風速 1.5 m/sec の場合 0.04 mg/cm³, min の蒸發が起つた。
- (3) 厚さ 3 cm の雪の板を積雪の面上 30 cm の高さに支え、この雪の板が輻射及び蒸發によつて失う熱 q を求めた。夜で、ほぼ定常状態になつているので、 q は空氣から傳導によつて雪の板に與へられる熱に等しい。 q を雪の表面の温度（黒體温度）と氣温との差 Δt で割つて熱傳達率 α を求めたら、 $\alpha = 0.11 \sim 0.08$ cal/cm², min, deg となつた。そして Merkel の式をもとにして $\alpha = 0.284 \frac{\lambda}{L} (Pe)^{0.8}$ を得た。（ λ : 空氣の熱傳導率, L : 雪の板の長さ, Pe : Peclet 數）

この仕事は文部省科學研究費及び學術振興會援助金で行つたものである。

文 献

- (1) F. Sauberer 1937 Messungen des Strahlungsaushaltes horizontaler Oberflaechen. Met. ZS. 54, 234 and 274.

- 1938 Versuche ueber Messungen der Strahlungseigenschaften von Schnee und Eis. Met. ZS. 55, 250.
- (2) Chr. Thams 1938 Ueber die Strahlungseigenschaften der Schneedecke. Gerl. Beitr. 53, 371,
- (3) O. Eckel and Chr. Thams 1939 Strahlungseigenschaften der Schneedecke. Der Schnee und seine Metamorphose (Beitr. z. Geologie der Schweiz-Geotech. Serie-Hydrologie. Lieferung 3, Bern) p.312.
- (4) 泉末雄 1936 積雪の光線透過率. 氣象集誌, 14, 92.
- (5) 岩波講座 1939 物理學, VII A. 熱現象, p. 124.

Résumé

An air-thermometer of a simple design is constructed for the measurement of radiation. Two thin wall glass bulbs of diameter 3 cm. are connected by an oil U-tube manometer. One of the bulbs is inclosed in a vessel which is kept at a constant temperature and the other is exposed so that it may receive the radiation from the snow surface. The pressure difference due to the temperature difference of air in both bulbs gives the quantity of radiation which the exposed bulb receives.

An experiment is described which was done for the purpose of determining the direct heat exchange between the snow surface and the air over it. Snow surface loses heat by three causes :

- (a) radiation (b) evaporation of snow (c) direct conduction of heat to the air, and it receives heat by
(d) conduction from the snow layer below.

A relation exists between these causes, that is $a+b+c=d$. We can measure the (a), (b) and (d) and determine (c) from this equation. But the (d) can not be measured accurately because it is generally difficult to determine the heat conductivity of snow. The authors held a plate of snow ($40 \times 40 \times 3$ cm.) above the snow surface 30 cm. high and determined the factors (a) and (b) for this plate. It is evident that the factor (d) is null in this case. The conduction factor α for the heat (c) was found to be 0.08-0.11 cal/cm².min.deg. for the wind velocity 1.2-1.8 m./sec.