



Title	積雪による光の反射及び透過について II
Author(s)	大浦, 浩文; OURA, Hirobumi
Citation	低温科学, 6, 35-40
Issue Date	1951-03-31
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/17482">https://hdl.handle.net/2115/17482</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	6_p35-40.pdf



## 積雪による光の反射及び透過について II\*

大 浦 浩 文

(低温科学研究所 応用物理学部門)

(昭和23年9月日受理)

### ま え お き

積雪による光の反射率・透過率については、多くの人たちが既に実験を重ねているが、北海道の雪についての測定はまだよく行われていない。著者は札幌の雪について測定して、単位体積中の積雪粒子数(粒子の大きさと密度との函数)との関係を調べた。そして透過率を更に分解して、散乱係数・吸収係数を求めた。札幌の雪の反射率や透過率の値は、いまだにほかの土地で得られた値とだいぶちがう。

### I. 反射率・透過率・吸収係数

#### 散乱係数の間の関係

積雪内部に入った光は、ごく表面の層のなかを除いては完全に拡散して居り、積雪面が充分広い場合には、内部を透過する光の量は深さのみの函数である。表面を原点として深さの方向に  $x$  軸を取り、進行方向が下向の成分を持つ光の全光量を  $A$ 、上向の成分を持つ光の全光量を  $B$  とすると、

$$\frac{dA}{dx} = -kA - sA + sB, \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{dB}{dx} = \cdot kB - sA + sB \dots\dots\dots(2)$$

となる。(2)に  $k$  は吸収係数、 $s$  は散乱係数である。式の意味は、深さ  $dx$  だけ進む間に  $A$  は  $kAdx$  だけ吸収されて減り、散乱された  $2sAdx$  のうち  $sAdx$  は再び  $A$  に加わり、残りの  $sAdx$  が  $B$  に加わるため、 $sAdx$  だけ減り、 $B$  の散乱によつて  $sBdx$  だけが  $A$  に加わるというのである。第2式も同様に説明できる。

積雪の厚さを  $h$  として

$$x=0 \text{ で } A=A_0$$

$$x=h \text{ で } B=\mu A \quad \mu: \text{地面の反射率}$$

として、(1)、(2) 式を解くと、

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第109號

$$\lambda = \sqrt{k(k+2s)}, \quad \sigma = \sqrt{q(q+2)}, \quad q = k/s, \quad \dots\dots(3)$$

と置けば、

$x \ll h$  に対して

$$\frac{B}{A_0} = (1+q-\sigma) \exp(-\lambda x) \dots\dots(4)$$

$x \approx h$  に対して

$$\frac{A}{A_0} = \text{const.} \times \exp(-\lambda x) \dots\dots(5)$$

となる。

積雪表面に入射する光量  $A_0$  と、表面での反射光の光量  $B_0$  とを測れば、反射率  $a = B_0/A_0$  は (4) 式の右辺の  $x=0$  と置いた値  $(1+q-\sigma)$  に等しくなる。また、(5) 式の対数を取ると

$$\log A = -\lambda x + \text{const.} \dots\dots(6)$$

となる。したがって、積雪内部のいろいろな深さ  $x$  で  $A$  の値を測り、 $x$  に対して  $\log A$  の値をグラフにすれば、(6) 式からわかるように、直線になり、その方向係数から  $\lambda$  が求められる。

反射率  $a = (1+q-\sigma)$  も、透過係数  $\lambda$  も、 $k$  と  $s$  との函数であるから、反射率と、透過係数とがわかれば、 $k$  と  $s$  とは求められる。

## II. 実験経過と結果

反射率の測定には、セレンウム光電池を用いた。測定者のかけがえいきようを與えないように光電池には長い腕をつけてその端を手で持つて測定した。雲の無い晴天の日に建物のかげの直接に日光の当たらないところで測定した。或は、雲が一面にかゝつた曇天の日をえらんで測定した。これは、出来るだけ拡散した入射光を用いて反射率を測りたかつたからである。 $A_0$  を測るときは光電池を雪の面に上向きに置いた。 $B_0$  を測るときは、雪の面から 30~50cm の高さに下を向けてかゝげて測定した。これから  $(1+q-\sigma)$  がわかる。光電池の感度は、光電面に当る光の入射方向にえいきようされるとしても、測定する光が  $A_0$  も  $B_0$  も完全に拡散しておれば、誤差は入つてこない筈である。

透過係数  $\lambda$  を求めるためにはいろいろの深さでの  $A$  の値が必要なので、積雪中に穴を掘つて、積雪の鉛直断面を作り、測ろうとする深さのところに水平な細長い横穴をあけ、光電池を上むきにして奥にさし込み、あとは雪でふたをして  $A$  の値を測つた。しかし、この方法にはいろいろな欠点がある。光電池で測定できる光量の範囲は、灰色フィルター 2 枚を用いても、最大と最小との比は約 1000:1 程度であつて、積雪層の約 1.5cm 位の厚さを通過する光の減衰を測り得るにすぎない。しかも曇天には、最大の光量である表面の入射光  $A_0$  が非常に小さくて、灰色フィルター無しで測定出来る程のこともある。そのときには積雪下 5 cm

位のところまでしか測定出来ない。又光電池自身の形が大きい爲に、横穴をたくさん掘つて測定点をふやすには、相当に広い面積の積雪を用いなければならないが、場所によつて積雪の条件が異なるため、実験がやりにくい。又光電池の装置は黒いため、そのえいきようで実際のAの値を測つていないかも知れない。そういうわけで、光電池を使うのをやめて、写真の乾板を使うことにした。乾板だと、黒化度は照射光量の対数できいてくるので、光量の大きな変化に対しても測定し得ること、又いかほどでも小さく切ることが出来、また色も白いで、積雪内部の光の状態を交えることも少い。はじめ雪の円柱を切り取り、低温の暗室に持つて来て、測定しようと思ふ深さに乾板の薄片をはさみ、円柱はよく光つたブリキの円筒で囲んで、上から電燈で照らした。深い所に乾板をはさんだ時には、光量が足りないといけなないので、照射時間を増した。こうして光を当てた乾板と、別に階段状の光学楔を通して、あらかじめ光量の割合のわかつている光で照らされた乾板とを同時に現像し、乾板の薄片の黒さと、標準乾板の黒さとを比較した。こうして薄片に達した光量がわかり、積雪内の光のへりかたがわかる。黒さの比較には、島津の測微濃度計を用いた。

$\lambda$ を測る別の方法として大きな雪のかたまりを取つてきて、細長く切つた乾板を積雪面と45°の角度でさし込み、上から電燈で照らした。乾板の各点の黒さを測れば、それぞれの点に対応する積雪の深さの光度の比較ができる。用いた電燈は16燭光で、乾板は東洋写真会社の“1200”であるから、この実験は、緑色の光についての測定に相当する。

以上のようにして得られた反射率a、透過率 $\lambda$ 、またa、 $\lambda$ から計算によつて求めたk、sの値、積雪の密度 $\rho$ 、粒子の直径d(必ずしも球ではなく、棒状のものなど、形はさまざまであるが、それ等が球を連ねたものと考えたとき、その球の直径の平均値である。平均の仕方は目分量による。)などを第1表に示す。

第 1 表  $(A=A_0 \exp(-\lambda x), x$ の單位はcm, \*印の)あるものは第1図を用いて求めたもの)

測定日 1947年	密 度	d ミリ	$\lambda$	及射率 a %	k×100	s
月 1 29	0.30	0.08	0.83			
2 17	0.25	0.14	0.62	74*	9.3	2.0
18	0.25	0.14	0.50	69*	9.0	1.4
22	0.37	0.3	0.95	66*	19.0	2.3
			0.77		15.0	1.9
25	0.08	0.05	0.307	82*	3.1	1.6
26	0.1	0.1	0.52	74*	7.8	1.7
	0.3	0.3	0.45	66*	9.0	1.1
27	0.47	0.6	0.73	59*	19.0	1.3
28	0.08	0.05	0.415	82*	4.0	2.1

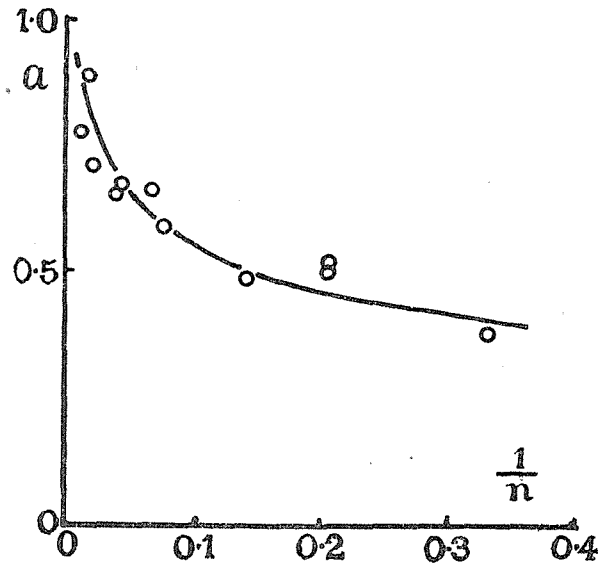
測定日 1947年	密度	d ミリ	$\lambda$	反射率 a %	k×100	s
月 日			0.602		6.0	3.0
	0.22	0.1	0.759	77*	9.9	2.8
			0.860		11.9	3.2
			1.145		14.9	4.3
3 1	0.38	0.3	1.05	87*	7.3	7.9
	~0.40		~1.26		~8.0	~2.5
4	0.36	0.05	0.405	85*	2.4	3.6
		~0.023	~0.742	~89*	~5.9	~4.7
22	0.13	0.25 降りたて	0.725	86*	5.0	5.1
	0.10		0.320		2.0	2.2
29	0.40	1~2	0.346	52.4	10.7	0.5
	0.47	0.3	0.82	66.2	16.4	1.9
	0.40	1~2	0.44	50.7	14.3	0.6
	0.42	2.5		39.5		
	0.38	1		48.9		
	0.47	0.5		66.2		
30	0.25	2~3 ミリの ガラスエニキの上に 0.05~0.1 ミリのコナシマリ エニキ		89.3		
31	0.08	降りたて		71.2		
4 1	0.3	1日経過		59.4		
2	0.36	0.5ミリの粒子が 集つて5ミリ位の ダング	0.72	61*	17.0	1.4
	0.51		0.72	30*	38.0	0.5
9	0.15	0.05	1.67	78	20.0	6.5
	~0.20					
	0.3	0.25 ~0.3	3.07	67	55.0	8.3

$n^3 = \rho/d^3$  なる量は、1立方糎中の粒子数に比例する量である。

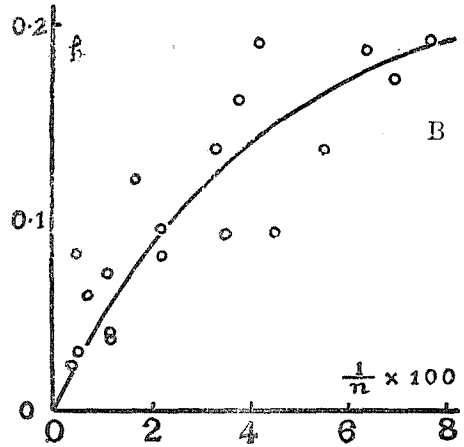
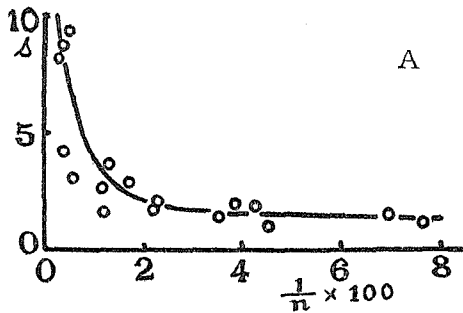
a と n との関係を図 1 に示す。これから n がわかつて居れば、反射率は測定しなくても推定できる。又逆に a がわかつておれば、積雪の粒子の状態がわかる。第 1 表の k, s を算出するとき、 $\lambda$  だけ測定してあつて、a の無いものは、この図から求めた値を用いた。

a と  $\lambda$  とから得られた k, s の値と n との関係は第 2 図 a, b に示す。

積雪の k はおよそ 0.1 であり、水の k はおよそ  $3 \times 10^{-4}$  であるから、積雪の 1cm は水の約 3m に相当する吸収をする。このことから、積雪中を光が 1cm 進むためには、反射や屈折をくりかえして、平均して延べ約 3m の路を通過しなければならないことになる。



第 1 圖 反射率  $a$  と  $\frac{1}{n} = s \sqrt{\frac{\alpha}{P}}$  との関係



第 2 圖

(A) 散乱係数  $s$  と  $\frac{1}{n}$  との関係

(B) 吸収係数  $k$  と  $\frac{1}{n}$  との関係

摘 要

反射率と  $n (= \sqrt{\rho/d})$  との関係は、相当に密接なものがあるようである。

$\lambda$  を測るのに、光電池の外に乾板を用いた。 $\lambda$  の値はこれまで報告されているものよりも大きい。

$a$  と  $\lambda$  とから  $k$  と  $s$  とを計算した。

この実験に当つて終始御援助を賜つた吉田教授に感謝の意を表わす。また測微濃度計を貸

して下さつた理学部西村助教授にお礼を申し上げます。(文部省科学研究費による)

### 文 献

- 1) Angstrom, K. 1925 The Albedos of Various Surfaces of Ground. *Geograf. Ann. Stockholm.*, 7, 323.
- Devaux, J. 1935 Etude de l'Albedo de la Neige dans le Spectre Infrarouge. *C. R.*, 200, 80.
- Idumi, S. 1936 On The Transmissibility of Solar Radiation of Snow on Ground. *J. Met. Soc. Jap.*, 14, No. 2.
- Kalitin 1930 The Measurements of the Albedo of a Snow Cover. *M. W. R.*, 53, 59.
- Thams, C. 1938 Über die Strahlungseigenschaften der Schneedecke. *Gerl. Btr. Geophys.*, 53, 371.
- 工藤 清 1940 積雪中の明るさ, 雪氷 3. No. 9.
- 木下是雄 1941 積雪の反射能, 透過能等に関する文献の紹介 (I) 雪氷, 3. No. 3.
- 2) 齋藤鍊一 散乱媒質中の輻射の減衰.

### R é s u m é

Transmission coefficient  $\lambda$  and albedo  $a$  of many kinds of snow cover were measured at Sapporo. Small pieces of photographic dry plate were inserted into the snow cover at various depths from its surface and it was illuminated by an electric incandescent lamp. The  $\lambda$  was determined by measuring the blackness of the photographic plates. The intensity of light incident on snow surface and the intensity of light reflected from it were measured by a selenium photo-cell. The ratio of the intensity of both light gave the albedo  $a$ . The values of  $\lambda$  and  $a$  were found to be greater than those which had been hitherto measured by other researchers.

The incident light is not reflected at the very surface of the snow cover but proceeds into its interior and is scattered or absorbed by the particles of snow. The scattering coefficient  $s$  and the absorption coefficient  $k$  were calculated from the values of  $\lambda$  and  $a$ . Good correlations were found between  $a$ ,  $s$ ,  $k$  and  $n = \sqrt{\text{density}/d}$ , where  $d$  is the mean of the diameters of spheres inscribed in the snow particles.