HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	積雪の通気抵抗　II ： ポータブルσメーター
Author(s)	石田, 完; 清水, 弘
Citation	低温科學. 物理篇, 15, 63-71
Issue Date	1956-11-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17912
Type	departmental bulletin paper
File Information	15_p63-71.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Tamotsu ISHIDA and Hiromu SHIMIZU 1956 Determination of the Resistance to Air Flow of Snow Layer. II. Portable σ-meter. *Low Temperature Science, Ser. A, 15.* (With English résumé p. 71)

積雪の通気抵抗 II

ポータブルσメーター*

石田 完　清水 弘

(低温科学研究所　気象学部門)

(昭和31年7月受理)

I. まえがき

我々は，積雪の状態を表わす基本量の一つとして通気抵抗についてしらべて来たが[1]，その測定装置は実験室的なもので，野外観測を任意に行なうことができなかつた。そこで，携帯用通気抵抗測定器(σメーター)を設計し，本年2月ニセコに於ける積雪観測に使用したところ，その実用性を認めることができたので，試作品としての概要を報告する。

既に，積雪の通気度については，黒田・工藤・松下[2),3)]の測定があり，又一般の多孔物質については Zwikker 及び Kosten[4)] の通気抵抗測定法があるが，それらは何れも定常状態に於ける流量を直接又は間接に測定するため，装置が実験室的なものであつた。本器は，ブリッジ回路を利用することによつてその装置が携帯化され，その操作も亦極めて簡易になり通気抵抗が直読されるようになつた。(写真1, 2, 3)

本器の寸法は，長さ35 cm，幅15 cm，高さ28 cm，重量は約5 kgで携帯用としては多少不便であるが，この重量の大部分は，木箱と応急的に使用した水平顕微鏡によるものであるから，今後の正式な設計によれば

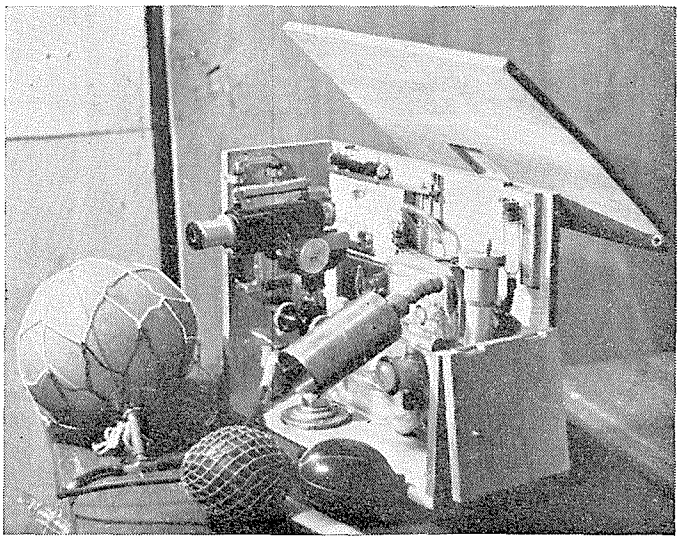


写真 1.　σメーター(測定状態)

* 北海道大学低温科学研究所業績　第335号

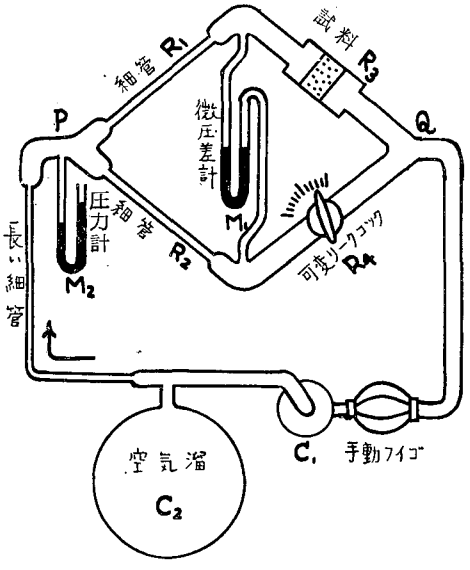
重量・寸法共に更に軽量小型化される。尚，測定精度等についても，現在改良を試みている。

II. 原理と構造

σメーターの原理は，第1図に示すように，電気抵抗測定のブリッジと同様な圧力ブリッジである。即ち図の PQ に適当な圧力差を与え，可変リークコックを調節してブリッジを平衡させると，試料の通気抵抗は

$$R_3 = \frac{R_1}{R_2} R_4 \qquad (1)$$

で求められる。R_1/R_2 の比は適当に決められ(実際の装置では，R_2 が2段に切替えられ，その測定範囲を拡張するようになつている)，リークコックの目盛は較正してあるから，その目盛から直ちに試料の通気抵抗がわかる。



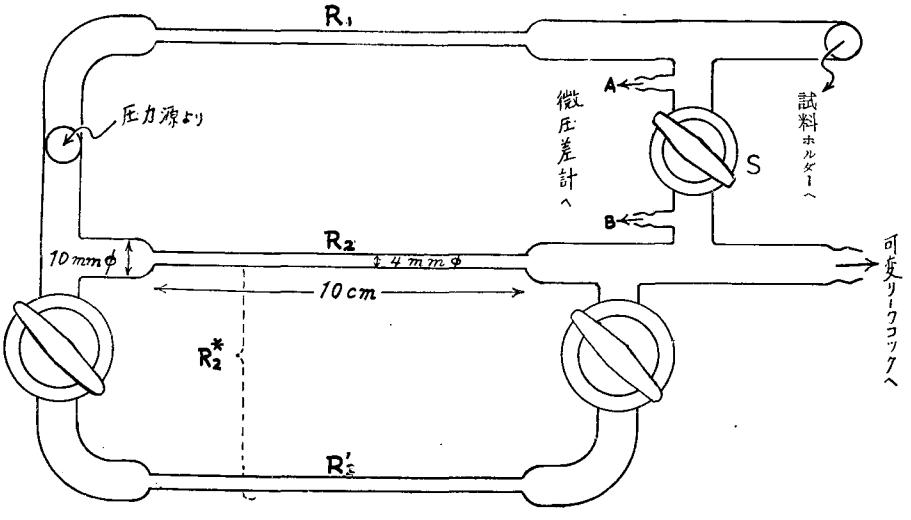
第1図　σメーターの原理図

本器の構造は，ブリッジ回路部・圧力源部から成り，更にサンプラーが附属している。次に，これらの概要を説明する。

1. ブリッジ回路とサンプラー

a) 固定抵抗 (R_1, R_2, R_2') (第2図)

固定抵抗には，ガラス細管を用いたが，ブリッジの感度を上げるために，R_1, R_2, R_3 及び R_4 のσがなるべく近い値をとるようにした。昨年のデータによれば，札幌市内に積つた積雪のσの範囲は，大体 2.0～24.2 [c.g.s.]/cm³ であ



第2図　ブリッジ回路固定抵抗部

るから，これを試料としたときのサンプルの全抵抗は大体 0.5～6.2 [c.g.s.] となる。本器では，R_1, R_2, R_2' に内径 4 mm，長さ 10 cm のガラス細管を用いた。各 1 本の σ は，計算によれば 2.7 [c.g.s.] であり，実測も大体 2.7 [c.g.s.] であつた。Poiseuille の法則によれば，σ は半径の 4 乗に逆比例するので，ブリッジの各接続部は内径 10 mm のガラス管を用い，且できるだけ短くすることによつて，その σ を近似的に無視した。又，測定範囲を拡張するために，R_2 辺に R_2 と同規格の固定抵抗 R_2' を切替コックによつて接続したが，その特性は第 3 図のようになつた。

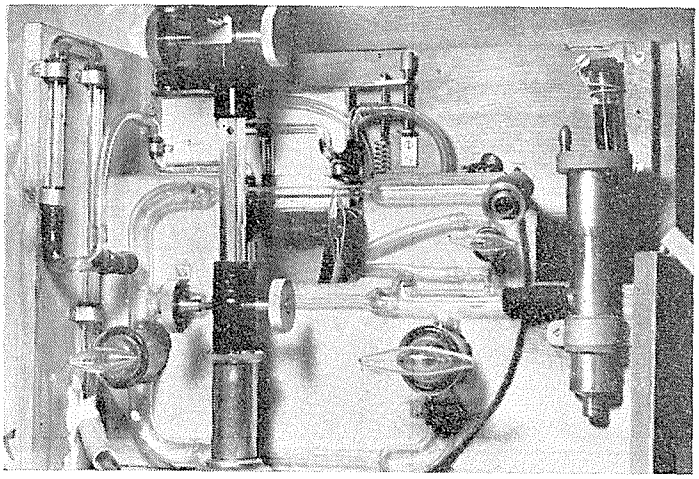
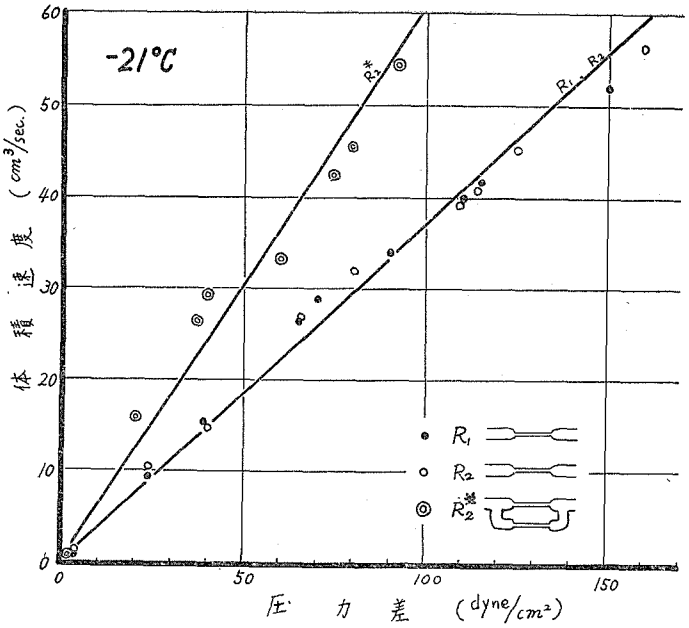


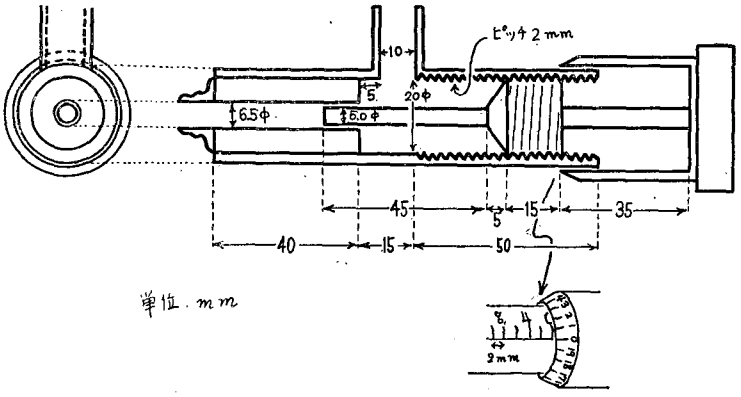
写真 2.　σ メーターのブリッジ回路部



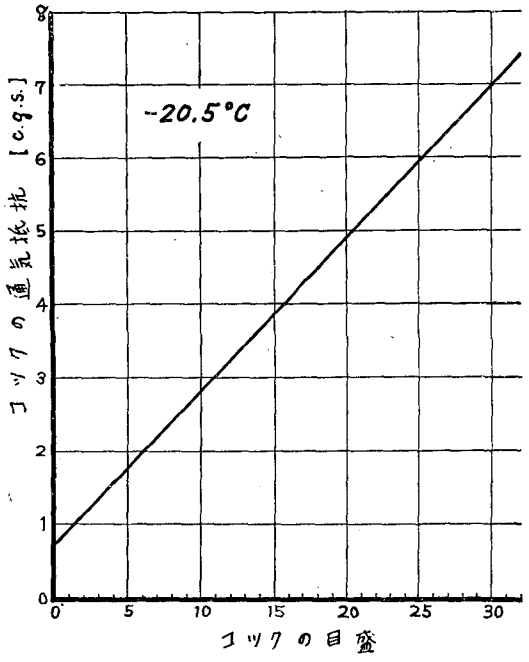
第3図　固定抵抗の特性

b) 可変リークコック (R_4)

可変リークコックの構造は第4図のように直径5 mmの円筒形のピンが，内径6.5 mmの同心円筒形の孔にピッチ2 mmのネジによつて挿入され，その挿入部分の長さによつてσが変化するようになつている。ピンと孔の部分はクローム鋼，他の部分は真鍮製である。ピンの先端は，孔の中に2～35 mmはいり，その各位置に対する通気抵抗は第5図に示されるように直線関係になつている。コックのσ変化範囲はせまいので，ブリッジの他の比例辺の抵抗値を変え，或は試料の厚さを変えて測定範囲をひろげる。



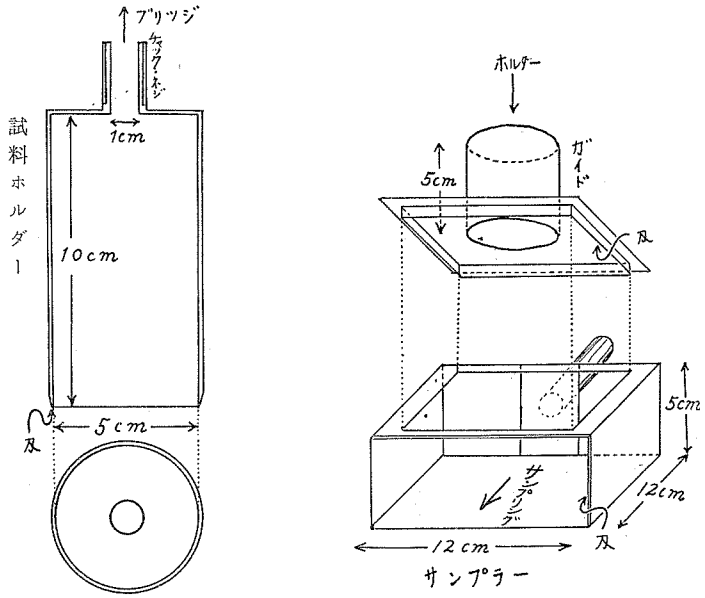
第4図 可変リークコック



第5図 可変リークコックの特性

c) サンプラーと試料ホルダー

サンプラーと試料ホルダーは第6図に示される。サンプラー及びガイドは，厚さ2 mmの鉄鈑，ホルダーは肉の厚さ2 mmの真鍮製であり，共に前縁に刃をつけてある。ガイドに沿つてホルダーをサンプラー内に滑りこませ，試料を収納したホルダーはチャックによつてブリッジの R_3 辺に接続される。この場合，試料の容器壁に接する面の影響を吟味するために，二重椀装置[1]によつて一定試料の σ を測定し（基本状態），次にその試料の中央附近に，真鍮円筒（直径約5 cm，長さ5.5 cm，肉厚2 mm）を流れの方向と平行に挿入貫通させて σ の変化を



第6図　サンプラー及び試料ホルダー

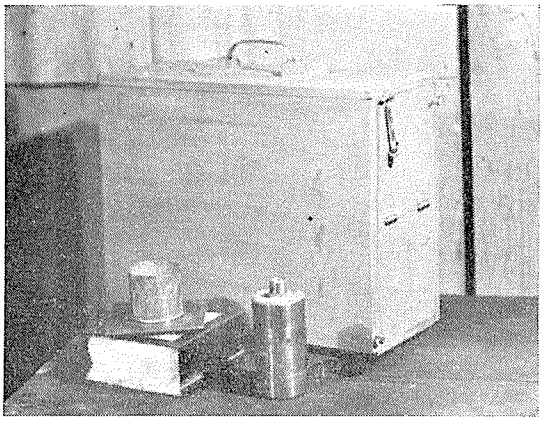
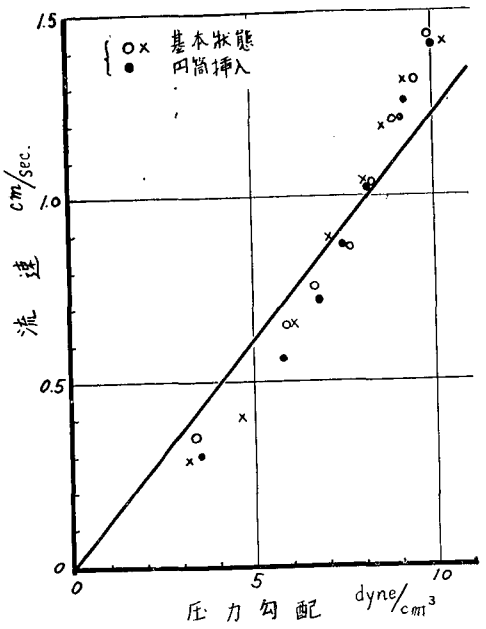


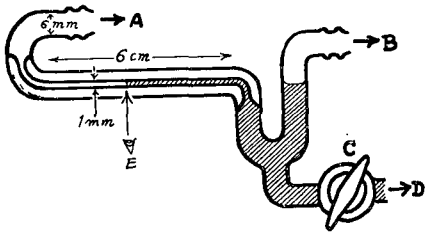
写真 3.　σ メーターとサンプラー

(σ メーター：長さ 35 cm，幅 15 cm，高さ 28 cm，重量 5 kg)



第7図 容器壁の影響

基本状態： 容器壁の影響を除去した状態での測定
円筒挿入： 試料内に円筒の壁を作つた状態での測定



第8図 傾斜マノメーター

測定した。測定試料には，低温分室附近のしまり雪を用いたが，その結果は，誤差の範囲内で殆んど差が見られなかつた（第7図）。従つて，しまり雪については，試料ホルダーの壁の影響は殆んど無視することができる。

d) 微圧差計 (M_1)

ブリッジの平衡をしらべる微圧差計の構造は第8図に示されるような傾斜圧力計で着色アルコールが用いられ，平衡位置は水平顕微鏡によつて確かめられる。A，B両開口端はビニール管によつて第2図のブリッジに接続され，コックS（第2図）によつて感度が調節される。又，運搬のときは，コックCによつて管内のアルコールをアルコール溜めDに移す。

2. 圧力源部

a) 圧力源

ゴム製手動フイゴを用いた。

b) 平滑及び減圧回路（第1図）

C_1 はフイゴ附属の空気溜であり，容量が小さいため，気流の脈動が著しかつたが，フットボールのチューブ C_2 と，内径1 mm，長さ約40 cmの肉厚ガラス毛管の高抵抗（約2900 [c.g.s.]）とによる平滑減圧回路を設けることにより，脈動が殆んど完全に消えた。

c) 圧力計 (M_2)

微圧差計と同規格の，アルコール傾斜マノメーターをP部に接続し，測定時間中適当な圧力を継続的にブリッジに加え得るようにした。M_2 と M_1 は同一のベースにとりつけられ，ベース附属の水準器と微動ネジによつて，基準の位置をとらせ得る。M_2 の感度は，基準の位置に於て78.4 dyne/cm² (アルコール柱1 mmの圧力) の圧力変化につき，アルコール柱は横方向に約16 mm移動した。

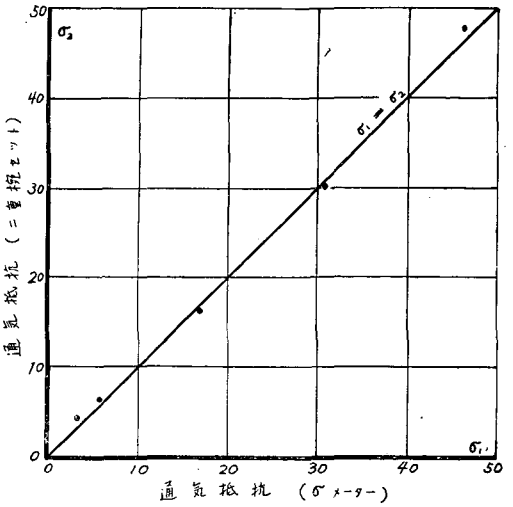
測定は，微圧差計と圧力計に注意しながら，ゴムフイゴと可変リークコックを操作し，平衡状態に近ずくに従いコックSを絞つて微圧差計の感度を上げて行き，平衡状態に至らしめる。

この操作は，1人で十分にでき，1測定に要する時間は大体数分程度である。

III. σメーターの特性と測定例

1. σメーターの特性

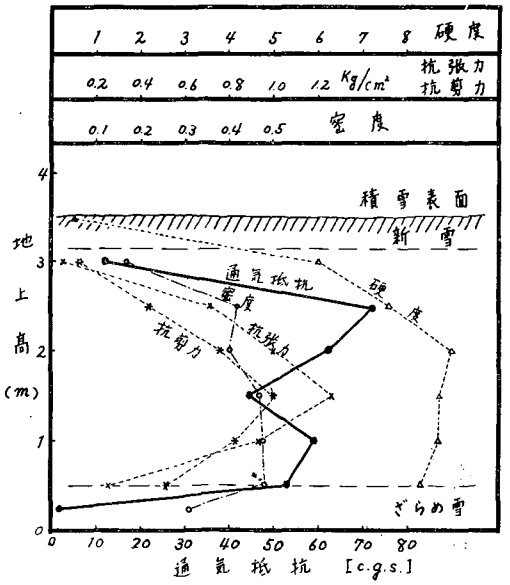
本器の特性をしらべるために，同一試料について，二重椀セットとσメーターとにより通気抵抗を測定したが，その結果は第9図に示されるように良好であつた。又，リークコック及び各固定抵抗の，温度変化による通気抵抗の変化が考えられるが，ブリッジの対応辺に同傾向の抵抗変化を生ずること，その変化が普通の場合かなり小さいこと，及び平衡点附近では微圧差計の動きが比較的鈍くなること等の理由により，特に温度変化による較正を必要としないことが判つた。



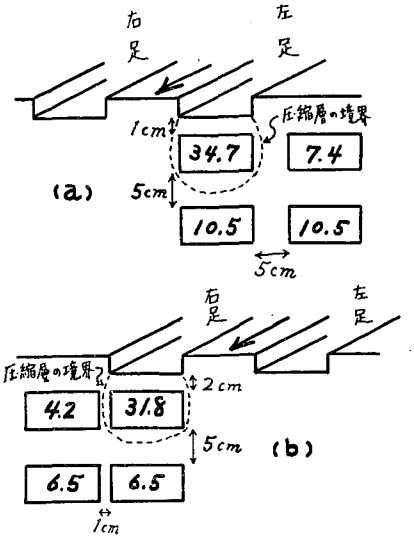
第9図　σメーターの特性

2. 測定例

a) 1956年2月29日，ニセコ山の高度約800 mの地点で積雪の断面を作り，測定した通気抵抗の垂直分布を第10図に実線で示した。積雪層の通気抵抗は，積雪自身の重量による圧縮のための多孔度減少の程度と，昇



第10図　ニセコに於ける積雪断面測定



第11図　スキーのシュプール附近の分布（ニセコ）。□はサンプリングの位置を示し，中の数字は，その鉛直方向に測定したσの値を示す

華変形による積雪粒子の形状とに影響されると考えられる。地上高1.5 m, 2.5 mの辺に夫々極小及び極大があらわれているが，同地点附近に於ける3月2日の測定にも同じ傾向が見られ，これは，この積雪に特有なものと思われる。図には，同時に測定された雪の密度・硬度・抗張力，抗剪力の値も記入してある。

b) 同じ時，スキーのシュプール附近のσの分布について調べたのが第11図である。この結果から知れる如く，シュプール直下の部分のσが，同じ高さの隣接部に比べて5倍内至8倍近くの増加を示しているが，これはスキーにより強い圧縮を受けた為である。又，それより約5 cm下の層では，横方向にこのような変化が見られないのは，スキーによる圧縮の影響がこの深さには達しないためであり，圧縮を受けなかつたと思われる上層と下層のσの値の異なることは，a)の断面測定の場合にも見られる如く，積雪自体による圧縮のためと考えられる。従つて，スキーによる圧縮層は，シュプール直下のせまい範囲にしか及ばなかつたということが，この測定からも知ることが出来る。

IV. むすび

既に外国に於いては，積雪観測に際して積雪の状態をあらわす基本量の一つとして通気抵抗が測定されている。通気抵抗自身の物理的な意味は他に論ずるとして，σの野外測定を任意に行なうために携帯用σメーターを設計した。ブリッジ回路を用いることにより，その装置は極めて軽量小型化されたが，同一試料について二重椀セットによる測定結果と比較したところ，本器の特性は良好であり，十分実用的であることがわかつた。尚，本器による1測定に要する時間は数分以内である。

おわりに，本研究に終始，助言討論をいただいた吉田順五教授を中心とする雪氷グループの方々に深く謝意を表する。

文献

1) 石田完・清水弘 1955 積雪の通気抵抗 (I). 低温科学, 物理篇, ***14***, 33.
2) 黒田正夫・工藤清・松下実 1942 積雪の通気度. 雪氷, ***4***, 1.
3) 黒田正夫 1949 積雪の物理的性質. 雪氷十年, 70.
4) Zwikker, C. & C. W. Kosten 1949 Sound Absorbing Materials. 7 a, Elsevier Pub. Comp., INC.

Résumé

It seems that the resistance to air flow of a snow layer, which depends mainly upon the geometrical form of constituent snow crystals and their arrangement, is one of the important fundamental quantities in the physical treatments of a snow layer. Thus, in order that we may be able to measure the resistance to air flow (σ) of a snow layer anywhere on the spot, we constructed a portable resistance meter (σ-meter, as we call it) by applying the principle of the Wheatstone's bridge. Corresponding to the constant resistances, variable resistance, galvanometer, and battery of electric analogues, we respectively used narrow glass tubes, a variable leak-cock consisting of a movable cylindrical rod operated by a screw within a somewhat wider cylindrical channel, an inclined-tube alcohol manometer, and a pressure source made of rubber hand-bellows. The sample was put in a brass cylinder with inner diameter of 5 cm, the depth of the sample being adjusted so as to bring its resistance within the limits of balancing capacity of the bridge.

The σ-meter was calibrated by comparison with a double-cup flow meter[1] and in practice it proved to work quite satisfactorily; it could be operated with ease by a single person and the time required for each measurement amounted to no more than a few minutes.