



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	積雪の圧密化にともなう比抵抗の変化
Author(s)	北原, 武道; KITAHARA, Takemichi; 黒岩, 大助 他
Citation	低温科学. 物理篇, 28, 113-124
Issue Date	1971-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18143
Type	departmental bulletin paper
File Information	28_p113-124.pdf



積雪の圧密化に伴う比抵抗の変化*

北原 武道

(北海道大学大学院 理学研究科)

黒岩 大助

(低温科学研究所)

(昭和45年8月受理)

I. ま え が き

近年、天然の氷床や氷河で、雪氷の比抵抗の観測が広範に行なわれるようになった。主な目的は電気抵抗の測定によって、氷床や氷河の厚さを測定したり、厚いモレーンの下にかくされている氷床や氷塊を探知することにある。最近、Röthlisberger¹⁾は、これまで各国で行なわれてきたこの種の測定結果をレビューしているが、その中で彼は、温暖氷河の比抵抗 r が寒冷氷河のそれに比べて桁違いに大きいことに大いにとまどいを感じている。たとえば、氷温が $-2.6 \pm 1^\circ\text{C}$ のユングフラウの氷河では $r=75 \sim 17 \text{ M}\Omega \cdot \text{m}$ であったが、 -12°C のグリーンランドの氷河では r はわずかに $0.1 \text{ M}\Omega \cdot \text{m}$ であった。また、年平均雪温が -24°C と推定されるグリーンランドのCamp Centuryでの測定でも、 r は $0.1 \text{ M}\Omega \cdot \text{m}$ の程度であった。

実験室で測定された氷の比抵抗 r は、温度低下と共に指数関数的に大きくなってゆくことが知られているから、寒冷氷河と温暖氷河の r の値の温度による違いは、氷の比抵抗の温度依存性とは全く逆の傾向を示す。もっとも、野外の測定法と実験室での測定法とは違っているが、上のことがらは測定法の違いに帰されるべきものではない。氷の電気抵抗に大きな影響を与えるのは含有不純物の量である。しかし、グリーンランドの寒冷氷河が、ヨーロッパの温暖氷河に比べて桁違いに多くの不純物を含んでいるとは考えられない。水を凍結させて氷を作ると、一般に不純物は大部分結晶粒界に偏析されて結晶内部には残留しない。したがって、このような多結晶氷の電気抵抗には、結晶粒界が大きな役割りを果していると考えることができる。天然の氷河水は、もともと降り積った雪が圧密され氷化した多結晶氷である。たいていの不純物は、凍結氷と同じように、結晶粒表面や結晶粒界に存在していると考えられる。氷河水の内部では再結晶や結晶粒の粗大化が起っている。ことに温暖氷河では、結晶粒の粗大化が急速に進む。そうすると単位体積あたりの粒界面積は減少し、電気抵抗は粒子構造の変化と共に変わってゆくと考えられる。

この研究は、積雪が圧密氷化してゆく過程で、みかけの比抵抗がどのように変わってゆくかを実験的に調べたものである。

* 北海道大学低温科学研究所業績 第1093号

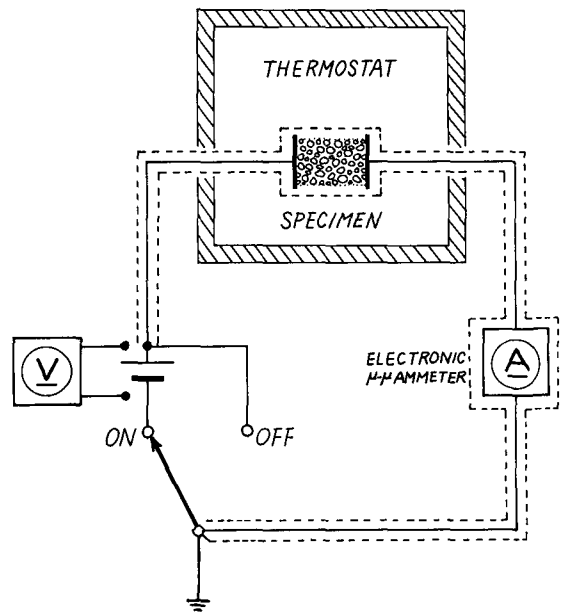
II. 実験の方法

a. 試料

この実験に用いた雪は、1968年の春、札幌市近郊の中山峠から採取された“しまり雪”である。比較的均一で不純物も少なく、融液の比抵抗は $6.6 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ の程度であった。箱に入れて冷凍車で持ち帰った“しまり雪”を低温実験室に入れ、箱の中で一度ばらばらに解きほぐして、よくかきまぜる。このようにすると、積もっていた時の層構造がなくなり、全体がより均一になる。このまま低温実験室内に放置しておくと、雪粒は互いに焼結して、再び“しまり雪”になる。この“しまり雪”から、必要に応じてブロックを切り出す。ブロックをふるいの中に入れ、ふるいの金網とこすり合わせると、粒のそろった雪粒が下に落ちる。この雪粒を容器に受けて、それぞれ目的に応じた試料を作成した。図版の写真1は、このようにして得られた雪粒の例である。

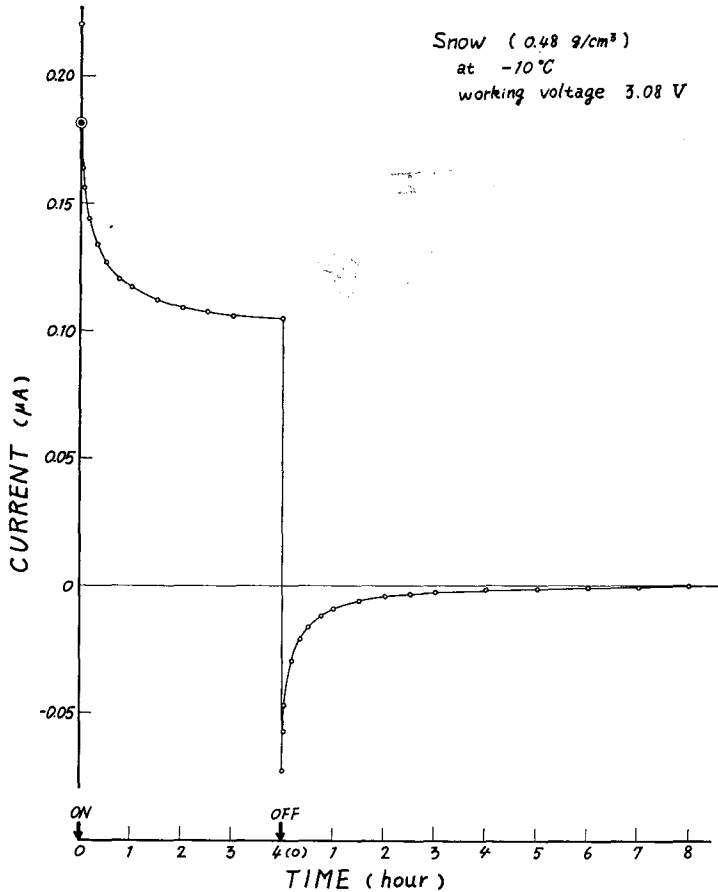
b. 測定の方法

第1図に測定回路を示す。測定試料は $10^8 \sim 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 程度の比抵抗を持つ絶縁材料であるから、特にスイッチの部分に注意した。絶縁部分がテフロンで作られたマイクロ・スイッチを使用したので、この部分を流れる迷走電流は全く無視できると思われるが、念のため接地した金属板上にスイッチを取り付け、迷走電流が除去されるようにした。スイッチを OFF にしたときには、試料に印加される外部電圧が切られることは無論であるが、同時に、試料と電流計が直列に入った閉回路が作られるようになっていて、吸収電流を測定することができる。約3Vの平角型乾電池により電圧を印加し、直流電流計 ($\mu\mu\text{-ammeter}$) により回路を流れる電流を測定した。又、電圧を随時測定した。



第1図 測定回路

氷あるいは雪の試料に直流電圧をかけたとき、測定回路には試料を貫いて流れる電流のほかに、空間電荷による吸収電流が加わって流れる。第2図はその一例であり、 -10°C のもとで、密度 0.48 g/cm^3 の雪の試料に 3.08 V の電圧をかけたとき、測定回路を流れる電流が時間と共にどのように変化するかを示している。スイッチを ON にした瞬間には約 $0.220 \mu\text{A}$ の電流が測定回路を流れるが、この電流は時間と共に減少してゆき、4時間後には $0.105 \mu\text{A}$ となる。スイッチを ON にしてから1分後の値 (1分値) は、 $0.181 \mu\text{A}$ である。4時間経たところで、スイッチを OFF にすると、その瞬間、測定回路には逆向きの電流が現われる。こ



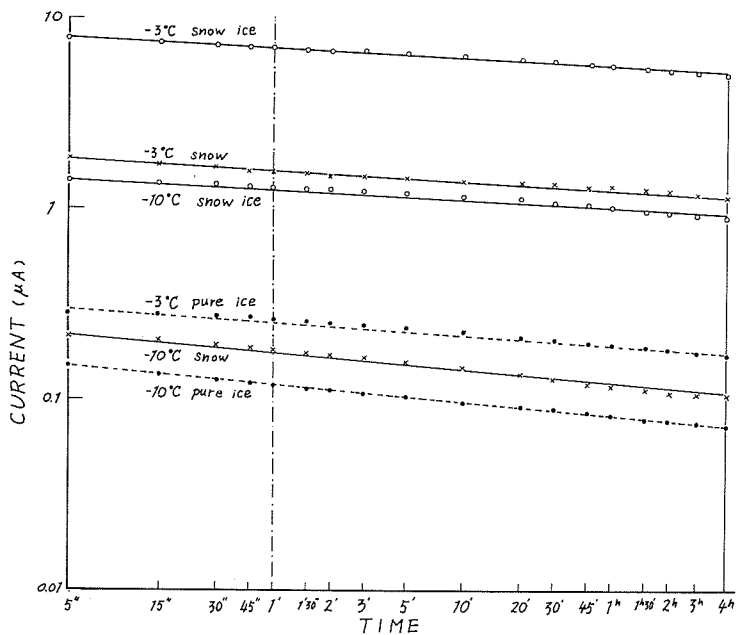
第2図 吸収電流

の電流も時間と共に減少してゆき、最終的には0になる。このように、時間と共に減少してゆく部分が、空間電荷による吸収電流である。我々は測定値を互いに比較検討するために、1分値より比抵抗を求めた。第3図には、雪、snow-ice (雪を0°Cの水に浸し、これを凍らせて作った氷)、純氷 (蒸溜水を凍らせて作った氷) のおのおの、-10°C、-3°Cのもとで、3.08 Vの直流電圧をかけたとき、測定回路を流れる電流が時間と共にどのように減少してゆかが示されている。すべての場合において、電流は時間と共にほぼ同じ割合で減少している。このことより、1分値を測定すれば、試料の比抵抗を比較検討するのに不都合はないことがわかる。

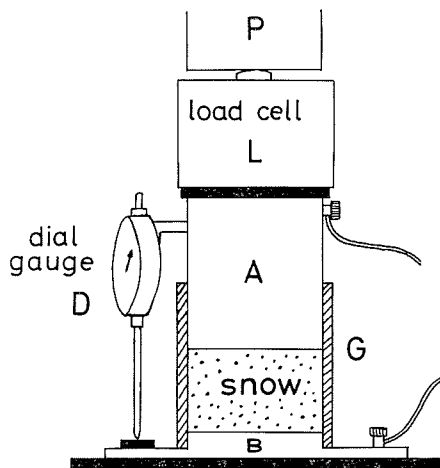
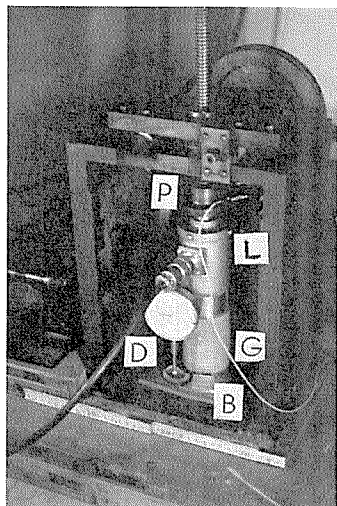
また同一試料について何回か測定をくり返す時は、前回の測定によって生じた空間電荷が完全に消失するのを待って (すなわち、スイッチを OFF にした状態で吸収電流を測定し、それがもはや流れなくなってから) 次の測定を行なった。

c. 積雪の圧縮装置

次章で述べる実験 a で用いられた積雪の圧縮装置を第4図に示す。Gは塩化ビニール製の円筒で、この円筒に雪の試料が入れられる。クロム・メッキをしたしんちゅう製の円柱形電



第3図 いろいろな試料における吸収電流



第4図 圧縮装置

極 A, B が、この円筒に隙間なくはまり込むようになっている。下端にはまり込んでいる電極 B は絶縁物の上に載っている。上の電極 A はピストンを兼ねていて、モーターで駆動される圧縮機により上から押されると、円筒 G 中の雪を圧縮する。L はロードセルで、試料にかかる圧力、言い換えれば圧縮機に及ぼす試料の反抗力が測定される。電極 A はロードセル L を介して、圧縮軸 P によりおされる。L と A の間には電気的な絶縁のため、硬化ゴムの板を入れる。D はダイヤルゲージで、圧縮にともなう A の変位を 1/100 mm の精度で測ることが

できる。これより電極間隔が知られ、積雪試料のみかけ密度、比抵抗が求まる。圧縮装置全体は、 $-10\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ に保たれた恒温実験室(コイトロン)内に置かれる。

III. 実験結果

a. 積雪の圧密と比抵抗の変化 (1)

ひとつの積雪試料を段階的に圧縮し、すなわち、圧縮→圧縮中止→応力緩和の過程を繰り返さない、その間試料の比抵抗がどのように変化するかを調べた。圧縮中および圧縮直後は、試料の状態(内部構造)が不安定であるので比抵抗の測定は行なわれていない。測定の一例を要約して第1表にかかげた。第1表に基づいて実験の内容を説明する。

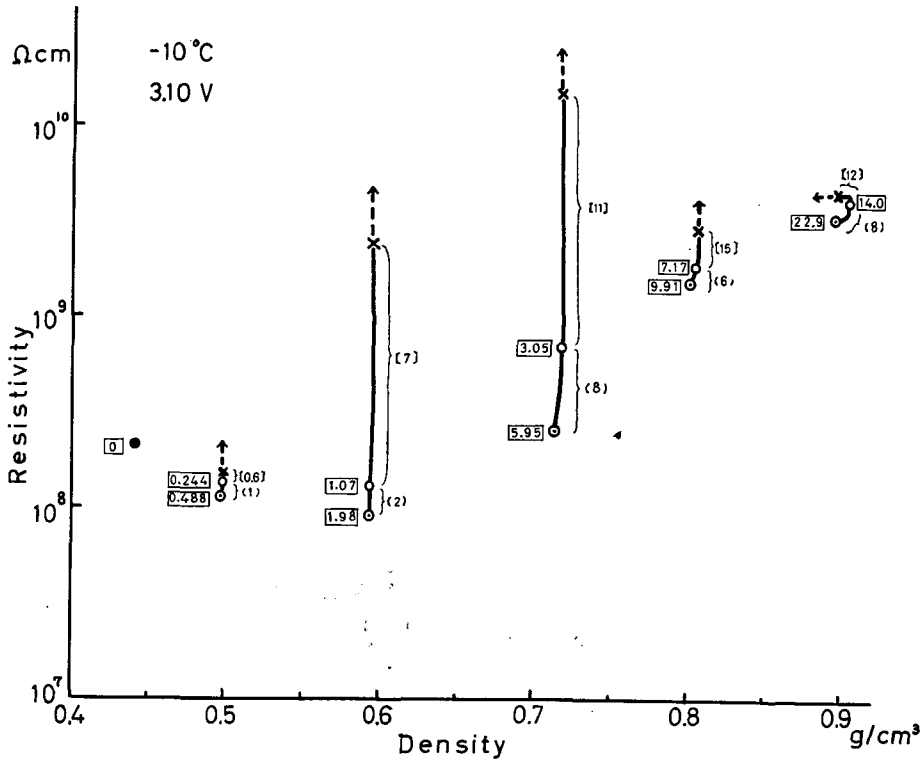
雪の試料を円筒 G の中に入れ、すべての装置をセットする。そこで最初の測定を行なった。密度は 0.442 g/cm^3 、比抵抗は $203\times 10^6\ \Omega\cdot\text{cm}$ であった。まだ圧縮は行なっていないから、圧力(反抗力)は 0 kg/cm^2 である。この試料を圧縮して密度を 0.494 g/cm^3 まで大きくしたとき、圧力は 3.36 kg/cm^2 を示した。ここで圧縮を中止してそのまま放置し、比抵抗が時間と共にどのように変化してゆくかを測定した。6時間後には比抵抗は安定した値を示すようになった。このとき、密度は 0.497 g/cm^3 、比抵抗は $117\times 10^6\ \Omega\cdot\text{cm}$ であり、圧力は 0.488 kg/cm^2 に減少した。さらに1日後には、密度は 0.498 g/cm^3 に増し、圧力は 0.244 kg/cm^2 に減じ、比抵抗は $133\times 10^6\ \Omega\cdot\text{cm}$ に増加した。一般に、試料が一定速度で圧縮を受けている場合、圧縮を止めると試料の変位は止まり応力の緩和が起こる。我々の実験装置では、圧縮を止めても試料は少しずつ収縮して密度が増大した。この現象は、ロードセル L と電極 A の間に電気絶縁のために挿入した硬化ゴムの弾性にもとづくものである。圧縮機を止めると、試料の応力緩和に伴って、このゴムが伸び電極 A を押す。それで試料が少しずつ縮んでゆくのである。このため密度が少し増えてゆく。しかし、注目すべき現象は密度の増大にもかかわらず比抵抗が増えてゆくという事実である。つぎに、圧縮機のモーターを逆回転して、試料には全く圧力がかからないようにした。第1表で「除荷」と記したのがこれである。除荷した後の密度は 0.498 g/cm^3 、比抵抗は $149\times 10^6\ \Omega\cdot\text{cm}$ であった。この値は2時間後も全く変らなかつた。

そこで2回目の圧縮を行なった。圧縮をやめてから6時間後には比抵抗は安定した値を示すようになり、このとき密度は 0.593 g/cm^3 、比抵抗は $88.2\times 10^6\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、圧力は 1.98 kg/cm^2 であった。2日後には、密度 0.594 g/cm^3 、比抵抗 $129\times 10^6\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、圧力 1.07 kg/cm^2 となった。ここで除荷を行なった。除荷した後は、密度は 0.595 g/cm^3 を保ったが、比抵抗は時間と共にどんどん増加し、7日後には $2400\times 10^6\ \Omega\cdot\text{cm}$ にも達した。比抵抗はなおも増加の傾向を示したが、ここでいったん測定を打ち切り、3回目の圧縮を行なった。3回目の圧縮では試料は約 0.7 g/cm^3 まで圧密され、4回目の圧縮ではさらに約 0.8 g/cm^3 まで圧縮された。この間、比抵抗の変化は、上に述べたものと全く同様の傾向を示した。

5回目の圧縮では、試料は約 0.9 g/cm^3 まで圧密された。圧縮後9日目に除荷を行なったが、除荷後ダイヤルゲージは逆転し始め、密度は少し減少した。この傾向は5日間継続し、その後は一定の密度 0.897 g/cm^3 に落ち付いた。これは圧密された試料が、いくらか弾性的な性質を持っていることを示す。Perutz と Seligman²⁾、および Langway³⁾ などの測定によると、

第1表 積雪の圧密と比抵抗の変化

試料の状態	圧力 (反抗力) (kgw/cm ²)	密度 (g/cm ³)	比抵抗 ($\times 10^6$ $\Omega \cdot \text{cm}$)	試料の状態	圧力 (反抗力) (kgw/cm ²)	密度 (g/cm ³)	比抵抗 ($\times 10^6$ $\Omega \cdot \text{cm}$)
最初の状態	0	0.442	203	11日後		0.717	14300
<圧縮>				<圧縮>			
圧縮終了時	3.36	0.494		圧縮終了時	46.4	0.780	
6時間後	0.488	0.497	117	1日後	9.91	0.799	1490
1日後	0.244	0.498	133	2 "	9.76	0.801	1520
<除荷>				3 "	9.46	0.802	1530
除荷直後		0.498	149	4 "	8.54	0.803	1590
2時間後		0.498	149	5 "	7.93	0.804	1660
<圧縮>				6 "	7.47	0.804	1790
圧縮終了時	8.54	0.585		7 "	7.17	0.805	1800
6時間後	1.98	0.593	88.2	<除荷>			
1日後	1.28	0.594	104	除荷直後		0.804	1850
2 "	1.07	0.594	129	2時間後		0.804	1950
<除荷>				1日後		0.804	1950
除荷直後		0.595	131	2 "		0.804	1950
2時間後		0.595	135	7 "		0.805	1950
1日後		0.595	163	8 "		0.805	2030
2 "		0.595	215	9 "		0.805	2100
3 "		0.595	298	11 "		0.805	2150
4 "		0.595	555	12 "		0.805	2260
5 "		0.595	1110	13 "		0.805	2450
6 "		0.595	2000	15 "		0.805	2810
7 "		0.595	2400	<圧縮>			
<圧縮>				圧縮直後	86.0	0.862	
圧縮終了時	25.3	0.700		1日後	22.9	0.894	3310
18時間後	5.95	0.713	249	3 "	20.3	0.902	3430
2日後	4.88	0.715	294	4 "	18.3	0.903	3540
3 "	4.21	0.716	369	5 "	16.9	0.903	3650
4 "	3.97	0.716	421	6 "	15.9	0.904	3910
5 "	3.60	0.717	493	7 "	15.1	0.905	4050
6 "	3.36	0.717	553	9 "	14.0	0.905	4160
9 "	3.05	0.718	698	<除荷>			
<除荷>				除荷直後		0.900	4210
除荷直後		0.717	725	2時間後		0.900	4600
2時間後		0.717	759	1日後		0.899	4020
1日後		0.717	771	2 "		0.898	4280
2 "		0.717	942	3 "		0.898	4240
3 "		0.717	1130	5 "		0.897	4320
4 "		0.717	1610	6 "		0.897	4050
5 "		0.717	2750	7 "		0.897	4160
6 "		0.717	4740	8 "		0.897	4400
7 "		0.717	6590	9 "		0.897	4490
8 "		0.717	8800	10 "		0.897	4360
9 "		0.717	12900	11 "		0.897	4400
10 "		0.717	13500	12 "		0.897	4320



第5図 積雪の圧密と比抵抗の変化

- 試料の最初の状態における測定値
- ⊙ 圧縮終了後の最初の測定値
- 除荷する直前の測定値
- × 最後の測定値。このあと次の圧縮を行なう
- 測定値を示す曲線
- +--- 次の圧縮を行なわずに測定を継続したと仮定した場合に予想される傾向
- () 応力緩和させた日数
- [] 除荷してから放置した日数
- 圧力反抗力の大きさ (kg/cm²)

積雪は密度が 0.83 g/cm³ 以上になると通気度は 0 になり、空隙は孤立した気泡となって氷の中に閉じこめられる。上の現象は、氷の中に大きな圧力で密封された気泡が、除荷と同時に膨張し始めたものと想像される。やはり、応力緩和に伴う比抵抗の増加、および除荷後の比抵抗の増加は認められたけれども、わずかであった。

これらの測定値を第5図、第6図に図示した。第5図では横軸に密度をとり、第6図では横軸に圧力をとり、それぞれ比抵抗の値が縦軸に示されている。我々の実験では、比抵抗がまだまだ変化しつつある状態で測定を打ち切り、次の圧縮を行なっているが、第5図、第6図において破線で示されているのは、測定をそのままつづけたと仮定したときに予想される比抵抗の変化である。第5図および第6図から、応力緩和に伴う比抵抗の増加、除荷後の比抵抗の増加は、特に密度が 0.6~0.7 g/cm³ のときに著しいことがわかる。

b. 積雪の圧密と比抵抗の変化 (2)

a. の実験から、圧密された積雪は、その後時間と共に比抵抗が非常に変化することがわかった。そこで我々は、積雪の密度と比抵抗の関係を調べるために、まずいろいろな密度に圧

密した積雪試料を多数作っておき、これらを一定温度で長期間放置した後に、比抵抗の測定を行なった。

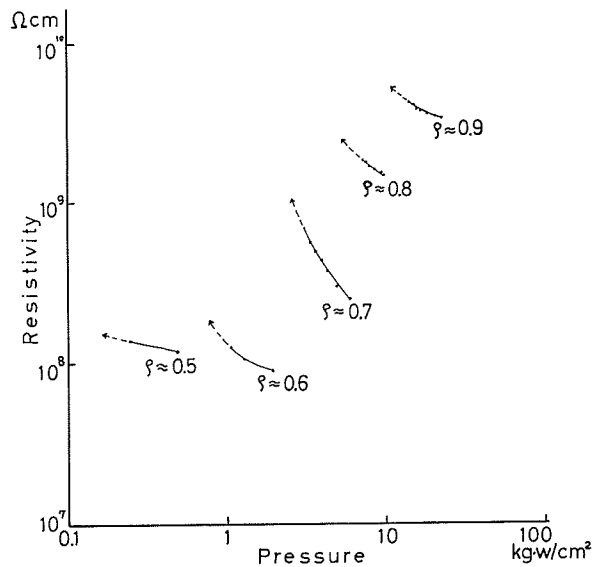
第7図に試料の一例を示す。圧密された試料の両端には、電極と試料表面との間の接触抵抗をなくするために、厚さが十数ミクロンのきわめて薄いしんちゅう箔が張り付けられている。しんちゅう箔は室内の自然対流でも容易に浮上するくらい薄く、試料表面に押しつけると完全に密着してしまふ。比抵抗を測定するときは、箔を張った二つの面を上下から極板ではさんだ。この測定法は非常に有効で、きわめて再現性のよい測定値が得られた。

この他、第9図(a)に示すように、3枚の極板がはめこまれたアクリル樹脂製の箱の中に雪を入れ、これを長時間放置してから、比抵抗を測定する方法もとった。この方法は密度の小さい試料について測定する場合に用いた。この場合にも極板は雪の中にさし込んだままであったから、よい結果が得られた。

試料の長時間放置および試料の比抵抗の測定は、ともに -10°C のもとで行なわれた。

第8図に測定結果を示す。(a)は圧密後17日間放置したあとで測定した値である。測定後、これらを再び恒温槽に入れ、延べ38日間放置したあとの測定値が(b)である。測定値は●印および×印で示されている。●印のものは、第7図のように作成した試料について、×印のものは、第9図(a)のように作成した試料について測定したものである。第8図(a)、(b)で、測定値に付されている数字は対応する試料番号である。

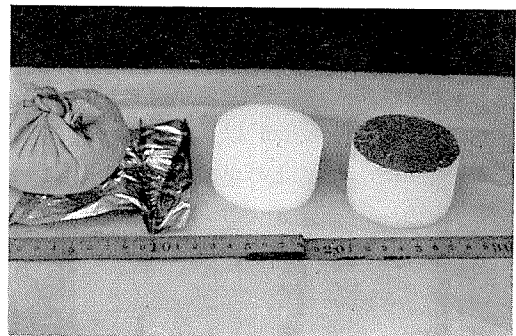
17日後の測定値と38日後の測定値には、ほとんど変化は認められないから、試料は圧密後17日目と38日目とで、内部構造に大きな違いはなかったと考えられる。2回目の測定を終了した後、これらの試料から薄片を切り出し、試料の内部構造を観察した。各密度における試料の薄片写真が図版に収められている。薄片の厚さは約 200μ である。密度が 0.6g/cm^3 程度よりも小さいうちは、空気の中で積雪粒子が網目状につながり合った構造になっている(写真



第6図 各密度における応力緩和と比抵抗の変化

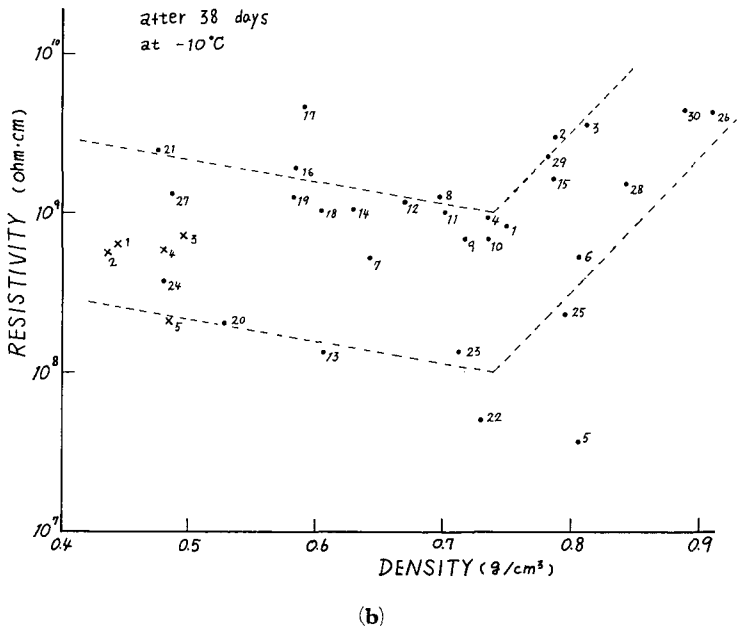
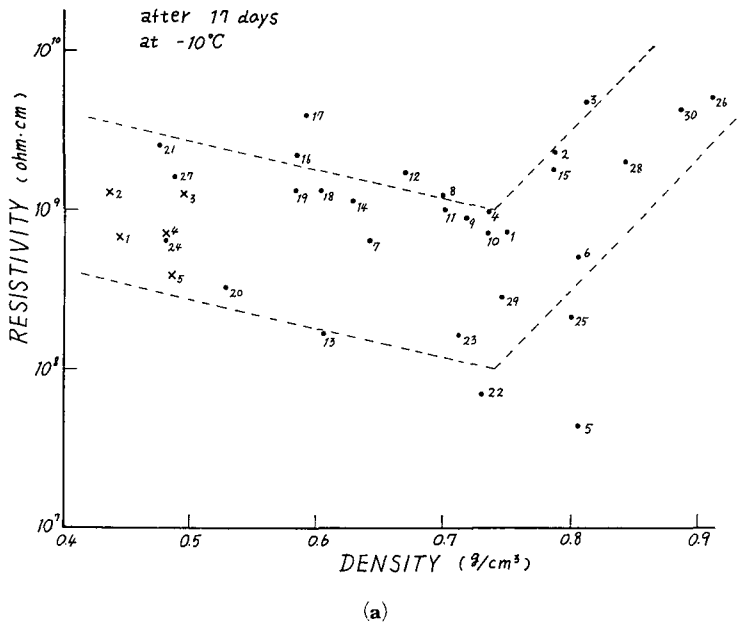
--- 測定値

← 測定を継続したと仮定した場合に予想される傾向



第7図 しんちゅう箔を張り付けた雪の試料

2, 3)。密度が $0.7 \sim 0.8 \text{ g/cm}^3$ 程度になると、逆に氷の中で気泡が網目状につながり合った構造が見られる (写真 4, 5)。さらに密度が大きくなると、気泡は氷の中に完全に封じ込められてしまう (写真 6)。



第 8 図 積雪の密度と比抵抗の関係

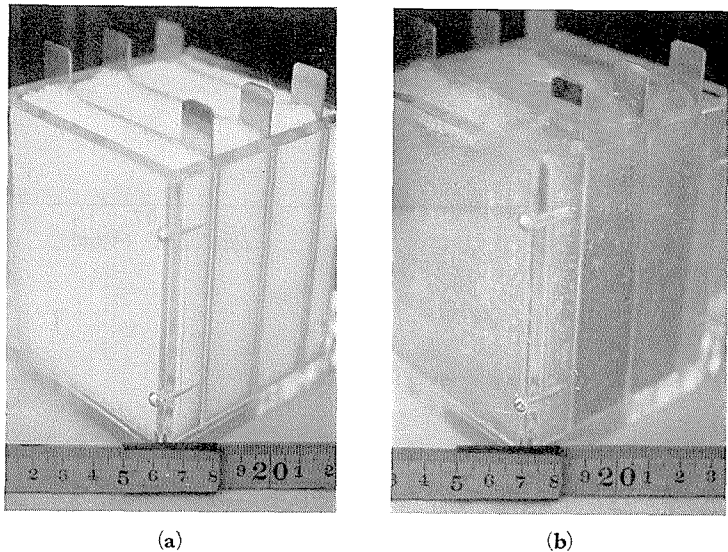
積雪を圧密して試料を作り、それらを 17 日間放置した後の測定 (a) と 38 日間放置した後の測定 (b)

測定値は非常にばらついているけれども、おおよその平均的な傾向は現われている。第8図 (a), (b) における2本の点線は、測定値のだいたいの領域を示している。密度が小さいうちは、密度が増すに従い比抵抗はいくらか減少するようである。密度が 0.7 g/cm^3 程度以上になると、明らかに、密度が増すに従い比抵抗は増大する。しかし、このような傾向は平均的なものであって、実際には個々のばらつきは非常に大きいから、積雪の比抵抗を単純に密度の関数として考えるのは非常に困難である。

c. 積雪内部での sintering (焼結) および grain coarsening (結晶粒粗大化) に伴う比抵抗の変化

積雪が氷化してゆくとき、sintering (焼結) や grain coarsening (結晶粒粗大化) が重要な役目を演ずることは疑いない。そこで、焼結および結晶粒粗大化が進むに従って、比抵抗はどのように変化するか調べてみた。

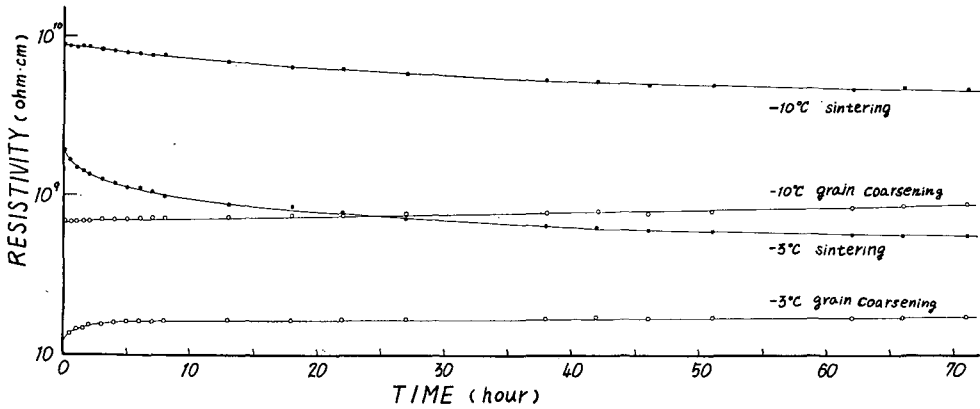
第9図に試料の一例を示す。(a)は焼結の効果を調べるための試料である。ステンレス製の極板がはめ込まれたアクリル樹脂製の箱の中に、解きほぐした雪を入れる。密度は約 0.45 g/cm^3 である。これを恒温槽の中に放置しておくと、積雪粒子は互いに焼結してより強固につながり合ってゆく。逐次、比抵抗を測定すれば、焼結が進むと共に比抵抗がどのように変化してゆくかを知ることができる。



第9図 焼結の効果を調べるための試料 (a) と、結晶粒粗大化の効果を調べるための試料 (b)

(b)は結晶粒粗大化の効果を調べるための試料である。解きほぐした積雪粒子をなるべく低温度(我々の場合は -50°C) にしておき、いっぽう同じ雪を融かして 0°C の水を作る。これらを、上記のアクリル箱の中に同時に入れると、写真に見られるような snow-ice ができる。密度は約 0.9 g/cm^3 である。このようにして作られた snow-ice は結晶粒が小さく、結晶方位も無秩序な多結晶氷である。この試料を恒温槽の中に放置しておくと、徐々に結晶粒粗大化が起こる。逐次、比抵抗を測定すれば、結晶粒粗大化が進むと共に比抵抗がどのように変化してゆくかを知ることができる。

焼結および結晶粒粗大化を -3°C および -10°C において起こさせ、比抵抗が時間と共にどのように変化するかを測定した。第10図に測定結果を示す。焼結が進むに従って積雪の比



第10図 焼結および結晶粒粗大化に伴う比抵抗の変化

抵抗は減少してゆくが、これと反対に結晶粒粗大化が進むに従って比抵抗は増大してゆく。

IV. あとがき

我々はこの実験で、積雪を圧密して氷化させてゆく過程で比抵抗がどのように変わってゆくかを調べた。

第5図、第6図および第8図(a), (b)に見られるように、高密度の積雪は低密度のそれよりも大きな比抵抗を示した。また興味のある現象は、第5図、第6図に示したように、 $0.6\sim 0.7\text{ g/cm}^3$ に圧密された積雪では、その後の応力緩和に伴って、あるいは除荷してからの時間の経過に伴って、比抵抗が非常に増大してゆくことである。

積雪は氷の粒子の集合体であるから、電流は氷の粒子から粒子へと、その接触部を通して流れる。積雪の中を電流が流れるとき、二通りの方法が考えられる。ひとつは粒界を含めた粒子全体の表面を流れるものであり、他のひとつは粒子の内部を流れるものである。電流は粒子の内部よりも表面や粒界を流れやすいと考えることができる。なぜかと言うと、氷の電気伝導に大いに影響を持つと考えられる不純物は、その大部分が粒界に偏析しているか粒子の表面に存在していると考えられるからである⁴⁾。Jaccard⁵⁾やKopp⁶⁾の実験もまた、この考えを支持している。

このように考えた場合、積雪は、ある程度以上密度が大きくなると、密度の増大と共に空隙はちぎれ、やがて互に連絡のない孤立した気泡となって氷の中に閉じ込められるから、粒子の表面を流れる電流が減少してゆき比抵抗は増大してゆくと考えられる。

また、圧密された積雪では、応力の緩和や長時間放置に伴って、粒界移動、再結晶による粒子の粗大化が起こり、粒界面積が減少してゆく。圧密された積雪が、その後の応力緩和や除荷してからの時間の経過に伴って示す比抵抗の増大は、このようなことが原因であろうと思われる。

著者の一人、北原は、この研究を大学院修士課程のテーマとして行なった。その間、吉田順五教授、藤野和夫助教授をはじめとする北大低温科学研究所の諸氏から多大の御指導、御援

助を受けた。また、北大理学部地球物理学教室の諸氏からは深い関心を寄せられ、いろいろと討論していただいた。これらの方々に心からお礼申し上げます。

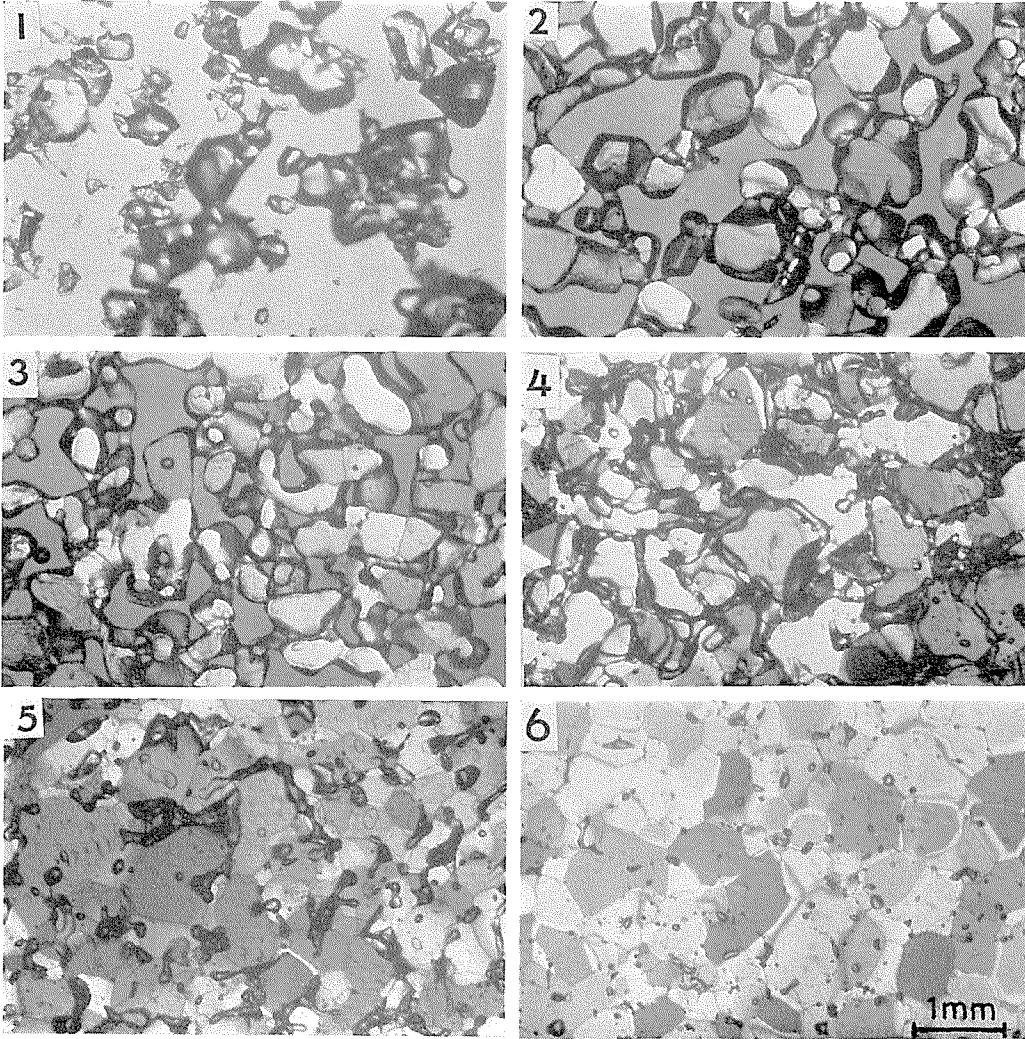
文 献

- 1) Röthlisberger, H. 1967 Electrical resistivity measurements and soundings on glaciers: Introductory remarks. *J. Glaciol.*, **6**, 599-605.
- 2) Perutz, M. and Seligman, G. 1939 A crystallographic investigation of glacier structure and mechanism of glacier flow. *Proc. Roy. Soc. (London)*, **A 172**, 335-359.
- 3) Langway, C. 1958 Bubble pressure in Greenland glacier ice. Symposium Chamonix, *IUGG, Intern. Assoc. Sci. Hydrol., Publ.* **47**, 336-349.
- 4) Bader, H. with a section by Kuroiwa, D. 1962 The physics and mechanics of snow as a material. *Cold Regions Science and Engineering*, **II-B**, 1-79.
- 5) Jaccard, C. 1967 Electrical conductivity of the surface layer of ice. In *Physics of Snow and Ice*, Part 1 (H. Ôura, ed.), Inst. Low Temp. Sci., Sapporo, 173-179.
- 6) Kopp, M. 1962 Conductivité électrique de la neige, au courant continu. *Z. Angew. Math. Phys.* **13**, 5, 431-441.

Summary

Recent literature concerning electrical resistivity of glacier ice has indicated that the value of resistivity of temperate glacier ice was higher than that of cold glacier ice. This result seems to be quite in reverse to the temperature dependence of the electrical resistivity of laboratory ice.

This paper is a preliminary report on the variation of electrical resistivity of snow compressed mechanically at a given temperature (-10°C). A certain amount of sieved snow was placed between two electrodes and compressed uniaxially in a plastic cylinder by the use of motor driven compressor as shown in Fig. 1. One of the electrodes acted as a piston to compress the snow specimen and the change of intervals between two electrodes was measured continuously at an accuracy of 0.01 mm. One of the results is shown in Fig. 5. The initial resistivity and density of the snow specimen were $2.03 \times 10^8 \text{ ohm}\cdot\text{cm}$ and 0.442 g/cm^3 , respectively. When the snow was compressed gradually in such a way that its apparent density increased to 0.585 g/cm^3 , the value of resistivity was reduced to $8.82 \times 10^7 \text{ ohm}\cdot\text{cm}$. In this case, the applied compressive load was approximately 1.98 kg/cm^2 . When the compression was stopped, the value of applied load began to reduce gradually with time as a result of stress relaxation. Two days later, the applied load was reduced to 1.07 kg/cm^2 and the value of resistivity was increased to $1.92 \times 10^8 \text{ ohm}\cdot\text{cm}$. After complete removal of the applied load, the specimen was aged at a constant temperature for 7 days. After 7 days, the value of resistivity of the aged specimen increased to $24 \times 10^8 \text{ ohm}\cdot\text{cm}$. Similar experiments were repeated until the apparent density of the specimen attained 0.9 g/cm^3 . This value of density was almost equivalent to that of natural glacier ice. The finally attained value of electrical resistivity of the specimen was $43.2 \times 10^8 \text{ ohm}\cdot\text{cm}$. This experimental result seems to be highly complicated but grain coarsening and boundary migrations occurring during densification may be one of the most probable reasons which causes the increment of electrical resistivity of compressed snow.



図版説明

- 写真 1 試料の作成に使った雪粒
- 写真 2 密度 0.480 g/cm^3
- 写真 3 密度 0.604 g/cm^3
- 写真 4 密度 0.735 g/cm^3
- 写真 5 密度 0.812 g/cm^3
- 写真 6 密度 0.911 g/cm^3
- } 圧密した後、38日間熱処理した試料