HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	0° ～－100° の範囲における氷の熱膨脹
Author(s)	山地, 健次
Citation	低温科學. 物理篇, 16, 73-77
Issue Date	1957-12-13
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17930
Type	departmental bulletin paper
File Information	16_p73-77.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Kenji YAMAJI 1957 Thermal Expansion of Ice in the Temperature Range 0°～−100°C.
Low Temperature Science, Ser. A, 16. (With English résumé p. 76)

0°～−100°C の範囲の氷の熱膨脹*

山　地　健　次
(低温科学研究所　純正物理学部門)

(昭和32年7月受理)

I. 序　　言

氷の熱膨脹は Nichols, Andrews, Barnes, Armstrong その他何人かの研究者によつて測定されているが，温度範囲は 0°～−20°C の間が殆んどである。ただ Jakob と Erk (1928) のみが Henning の膨脹計を用いて，紙の筒の中で凍らせた，c 軸が radial の orientation をもつている試料について，液体水素の低温度まで測定を行ない，精密なデーターを発表している。

筆者は超低温箱を用いて 0°～−100°C の範囲で，市販の氷から切り出した，結晶軸の方向の揃つた単結晶の集りでできている試料について，線膨脹を測定した。今後の研究によつて確かめられるべき多くの問題が猶ほ残つているが，一応の結果をここに発表する。

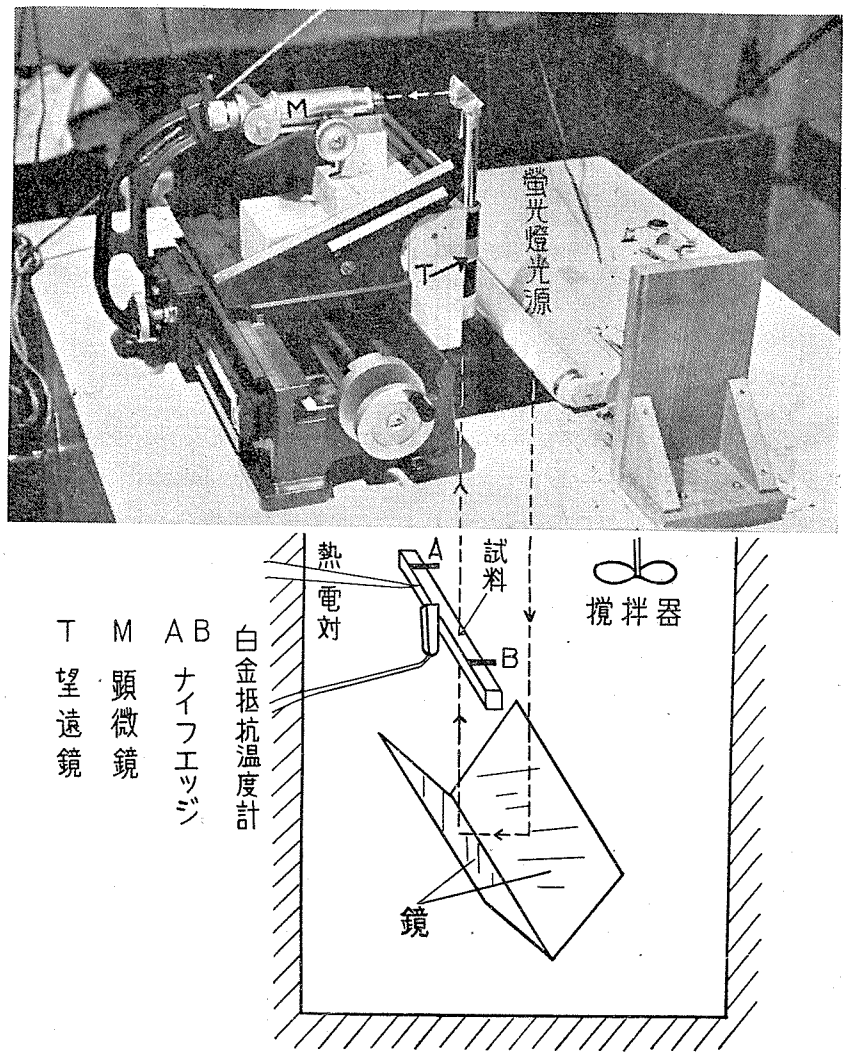
II. 実 験 方 法

市販の氷は凍結方向に c 軸が殆んど揃つた単結晶の集合が多く，一つの単結晶は直径 1 cm 前後で，長さは 10 cm に達するものもある。

低温室の中で，偏光板を用いて結晶軸の向きを調べながら約 $0.5\times0.8\times12\ cm^3$ の大きさに試料を鋸で切り出し' 鉋で表面を平らに削る。random な orientation の氷としては，春先に軒先にぶら下つていたつららから適当な部分を切り出した。また，密度が約 0.4 の積雪の試料についても測定した。第 1 図に示すように 2 個のナイフエッジを 10 cm はなして水で貼りつけると完全に凍りつく。

超低温箱は内部の容積 $30\times50\times50\ cm^3$ で，フレオン 22 とフレオン 13 との 2 元冷凍装置によつて，−100°C まで冷却が可能で，また，ある時間一定の温度に保つこともできる。箱の上部には二重の平行平面ガラス窓があり，内部を覗けるようになつている。第 1 図に示すように箱の底には 90° に開いた 2 枚の鏡がおいてあるので，螢光燈から出た光は 2 度鏡で反射されてナイフエッジのところを通過し，望遠鏡 T を通つてから直角プリズムで曲げられ，顕微鏡 M を通して観測者の目に入つてくる。ナイフエッジの像は望遠鏡によつて顕微鏡の対物レンズのすぐ前に結ばれる。顕微鏡の接眼レンズには，くものすの十字線が張つてある。望遠鏡と顕微鏡とは共に comparator の可動台に固定してあり左右に 15 cm 移動することができるので，

* 北海道大学低温科学研究所業績　第 373 号



第 1 図

A, B の間隔が測定できる。ネジの歩みは 1 mm で，ダイヤルは 1/100 に等分してあり更にその 1/10 まで読めるように副尺がついているので，長さは 1/1000 mm まで読みとることができるはずであるが，1/100 mm 以下は幾分誤差がある。

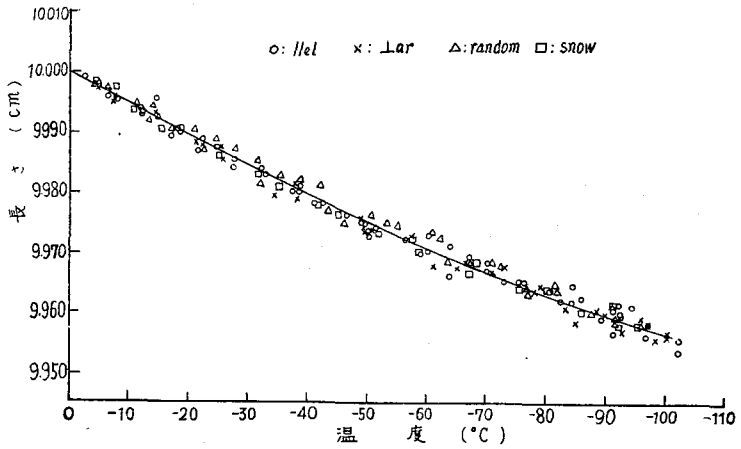
温度は，試料と試料をのせてある薄いガラス台との間に挿入した熱電対と試料のすぐ傍に置いた白金抵抗温度計とで測定した。試料とガラス台との間には熱電対の線が入つているので幾分空間があり，凍りつく心配はない。箱の中には，外部のモーターに直結した攪拌器がついている。

測定に当つては，あらかじめ箱の中の温度を 0°C 以下まで下げてから，低温室内で準備した試料を入れ，攪拌器をまわして抵抗温度計の示度と熱電対の示度とが一致するのを待つて長

さを測定し，次々にある程度温度を下げて，同様の測定を繰返す。

III. 測 定 結 果

8個の試料（c 軸に平行なもの，垂直なもの，random orientation をもつたもの，雪など）について各々 2～3 度繰返して測定した長さの温度変化をまとめて第 2 図に示す。平均の値を



第 2 図

示す実線からの観測点のずれは，測定方法の精度の不足，試料の不均一性などに帰因すると思われるが，軸の方向による膨脹の差があらわれぬばかりか，random orientation の氷でも，また雪のように ice bridge で氷の粒のつながつてできた多孔質のものでも，同じ結果になつたことは大変に興味がある。

温度の高い方からの測定のほかに，低温から始めて次第に温度を高めてゆく場合の測定も行なつたが，誤差の範囲内で良い一致をみた。

IV. 線膨脹係数

第 2 図の観測点の平均を表わす実線は次式で表わさされる：

$$l = l_0(1+0.000054\,t+0.00000009\,t^2) \qquad (1)$$

ここで，l はある温度での氷柱の長さ，l_0 は 0°C での氷柱の長さ，t は °C で測つた温度である。

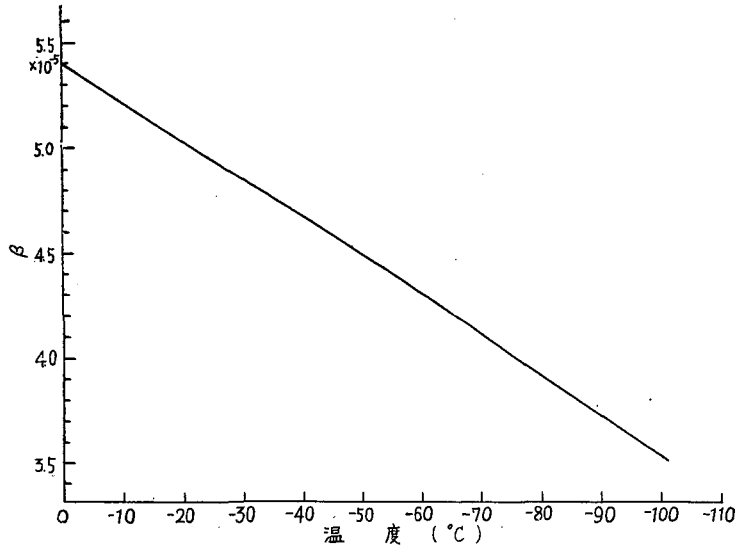
線膨脹係数 β は

$$\beta = \frac{1}{l_0}\frac{dl}{dt}$$

であるから，(1)式から

$$\beta = 0.000054+0.00000018\,t \qquad (2)$$

となる。これを図に示すと第 3 図のような直線となる。



第 3 図

V. 結 語

Jakob と Erk の測定の結果では，線膨脹係数の温度変化は constant ではなく，−200°C 附近で $\beta = 0$ となり，さらに低い温度では negative となるが，筆者の測定結果は，−100°C までの範囲ではあるが，β は温度と共に linear に変化している。しかも，その直線は，これを延長すると，絶対温度 0°C の附近で温度軸と交わるような傾きをもつている。はたして，その通りになるかどうかを確かめるために，今後さらに測定の温度範囲を拡大し，また，結晶軸の方向による差異の有無を知るために，単結晶についても，精度の高い方法で測定したい。

最後にこの研究を行なうに当り，いろいろ御教示下さつた堀健夫教授，黒岩大助助教授に厚く感謝の意を表する。

なお，研究費の一部は北海道科学研究補助金によつた。

文 献

1) Nichols, E. L. 1899 Note on the coefficient of expansion of ice. Phys. Rev., ***8***, 184.
2) Andrews, T. 1886 Observations on pure ice and snow. Proc. Roy. Soc. (London), ***40***, 544.
3) Jakob, M., and S. Erk. 1928-29 Wärmedehnung des Eises zwischen 0° und −253°. Wiss. Abh. Phys.-Tech. Reichsanst. ***12***, 301.

Résumé

Thermal expansion of ice was measured for ice bars of 10 cm length, by making use of a comparator whose maximum accuracy of measurement was 1/1000 mm.

The samples were made up of larger or smaller single crystals whose axes were

oriented i) parallel to the length of the bar, ii) perpendicular to the length of the bar, iii) in random directions. The sample cut out of deposited snow was also used.

For cooling the sample use was made of a cold box which could be cooled down to −100°C.

The result of this measurement showed that the linear expansion coefficient β of ice could be expressed, for any kind of samples (including snow), by the equation

$$\beta = 0.000054 + 0.00000018\, t$$

where t denotes the temperature in centigrade.