HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	凍上量と含水比の関係　I
Author(s)	田沼, 邦雄
Citation	低温科學. 物理篇, 25, 179-184
Issue Date	1967-12-25
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/18068
Type	bulletin (article)
File Information	25_p179-184.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Kunio TANUMA 1967 The Relation between the Heave Amount and Water Content during Unidirectional Soil Freezing. I. *Low Temperature Science, Ser. A*, **25**. (With English Summary p. 184)

凍上量と含水比の関係 I*

田沼邦雄
(低温科学研究所 凍上学部門)

(昭和42年7月受理)

I. まえがき

凍上現象を支配する重要な因子として，気温，土質，含水状態が考えられる。ここでは，気温と土質を一定にして，含水状態，特に凍上が始まる前の含水比が凍上現象にどのように影響するかを調べた。

まず，実験室で，それぞれ値の異なる含水比の試料を作り（この時の含水比を初期含水比とする)，それを24時間放置して下から水を吸収をさせた後，凍上を起させてみた。一方，真井の実験によると[1]，初期含水比が大きい土ほど凍上量が大きい。筆者は，初期含水比を広汎に変えて実験を行なったのであるが，初期含水比が或値よりも大きくなると，逆に凍上量が減少することが解った。

II. 試料の土と実験方法

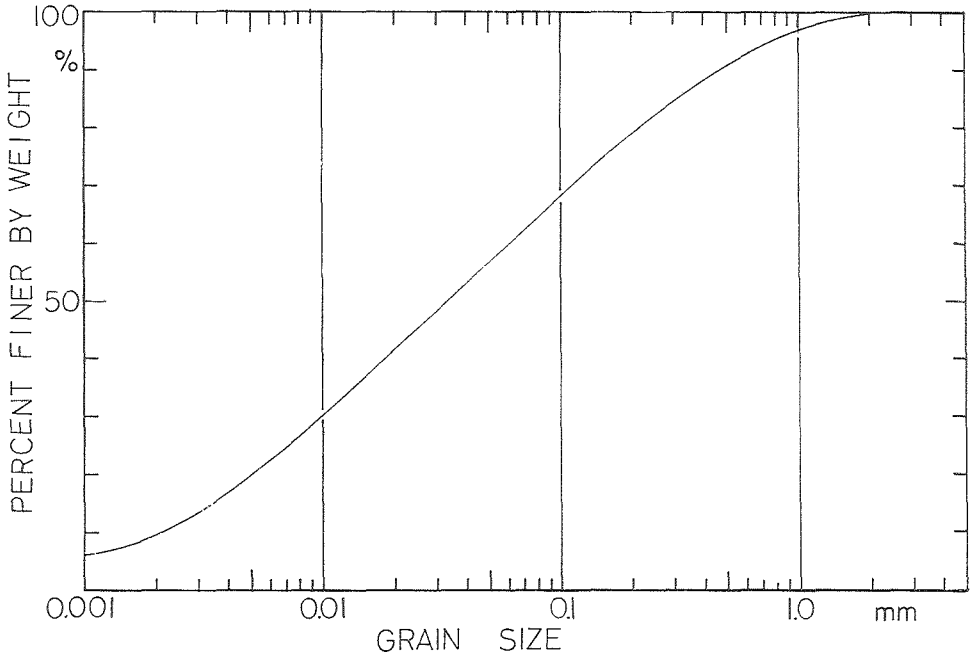
実験に使用した土は，北見工業大学構内で採取された土で，その粒度分布を第1図に示す。粒径 0.005 mm 以下の粘土分（コロイド分も含めて）が 23%，粒径 0.005～0.05 mmのシルト分が 32%，粒径 0.05～2 mm の砂分が 45% で，その土質は土質学会規格による粘土質ロームである。まず，試料の土を温度 110°C で 24 時間炉乾燥し，それに或量の水を加え，かきまぜてから常温で 24 時間放置した。このときの試料の含水比を測定して，初期含水比とした。加える水の量を色々に変え，それぞれ値の異なる初期含水比をもった土の試料を作った。こうして得られた試料の土を，内径 100 mm，深さ 45 mm の円筒状のプラスチック製容器に詰めた。この容器の内側には，予め，凍上する土と側壁との間の摩擦や凍着を防ぐため，低温用グリースを薄く塗っておいた。容器に詰めた土の表面には，表面の温度が一様になるように厚さ 0.5 mm の真鍮板を置いた。このように準備された試料を「凍上試験装置」に入れた。

凍上試験装置は，上下の2室から成るもので，上室は室温が +10～−30°C の間の任意の温度に設定され，又下室は水槽で，水温が +3～+20°C の間の任意の温度に設定される。試料を入れた容器は，上下2室の境界の板（断熱材，厚さ 50 mm）に嵌込まれる。容器の下部には穴（径 20 mm）があいていて，予めこの穴を通してガーゼを吊しておく。ガーゼの下部は，下

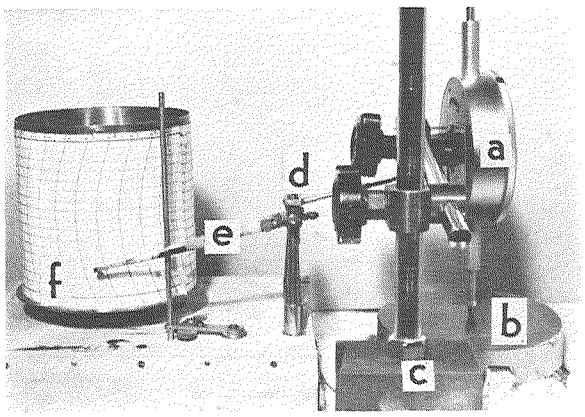
* 北海道大学低温科学研究所業績 第825号

室の水槽に浸されていてガーゼを通して試料の土に水が吸収されるわけである。

まず，試料の上面にあたる上室の空気の温度と下室の水温を共に +10°C にしておく。試料の底面から下室の水槽の中に吊されているガーゼを通して，毛管作用で水が試料に吸収される。24 時間放置した後で，上室の気温を −10°C，下室の水温を +5°C にして実験を開始した。従って開式 (open system) の凍上実験である。ここでは，凍上実験開始前試料を 24 時間放置して，下から水を吸わせたのであるが，これは，一応真井の実験[1] と対比させる意味で放置する時間を 24 時間としたのである。



第1図　実験に使用した土の粒径加積曲線

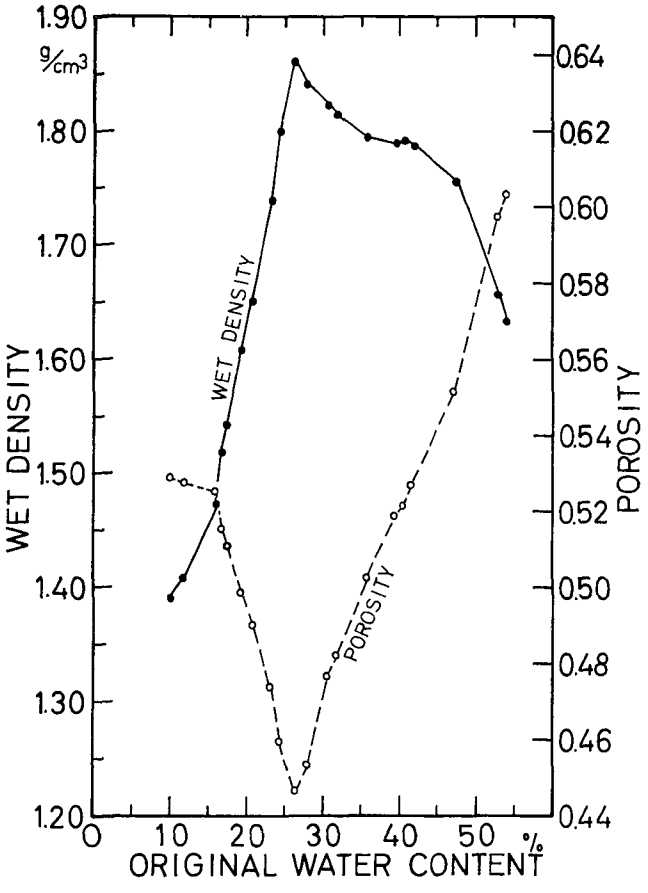


第2図　凍上量測定装置

凍上量の測定は，ダイヤルゲージによる読み取りと槓杆拡大装置で回転ドラムに自記するのと併用して行なった。第2図に凍上量測定装置の写真を示す。aは凍上量読み取り用のダイヤルゲージ，bは試料の上面に置いた真鍮板，cはダイヤルゲージを支持するためのマグネチックベース，dは槓杆拡大装置である。又eは自記用のペンで，このペン先は試料上面の凍上量を1.6倍に拡大して動く。その動きが記録紙を取り付けた回転ドラムfに記録される。これらの測定装置は厚さ50 mmの断熱材（スチロポール）の上に置かれており，断熱材の下に水槽がある。

III. 試料の性質

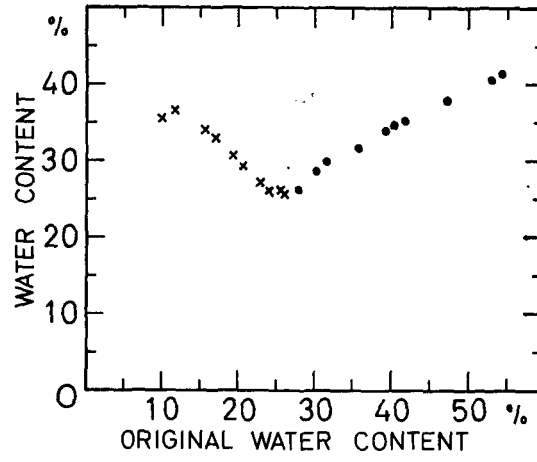
他の条件が全て同じでも，土の充填の状態が違えば，凍上量が違うということが知られている[2)]。これは，充填の仕方で土粒子の間隙が変るからである。この実験の場合の土の充填の状態を，初期含水比に対する湿潤密度及び間隙率の関係で表わすと，第3図のグラフのように



第3図　試料の充填の状態を初期含水比に対する湿潤密度と間隙率で示す

なる。使用した試料の土（粘土質ローム）は，含水比が26%附近で間隙率が一番小さく，従って充填の度合が一番密であるが，この含水比の値より大きくても，小さくても間隙率は増加する。この含水比と湿潤密度及び間隙率との関係は，試料の詰め方で余り違わないようである。

次に，24時間放置して，凍上実験を始める直前の試料の含水比と，初期含水比との関係を第4図に示す。初期含水比が26%以下の試料を24時間放置すると，毛管作用によって水を吸収し含水比が増大するが（第4図×印），初期含水比が30%以上の試料では，逆に試料から水が抜け落ちて含水比が減少する（第4図●印）。



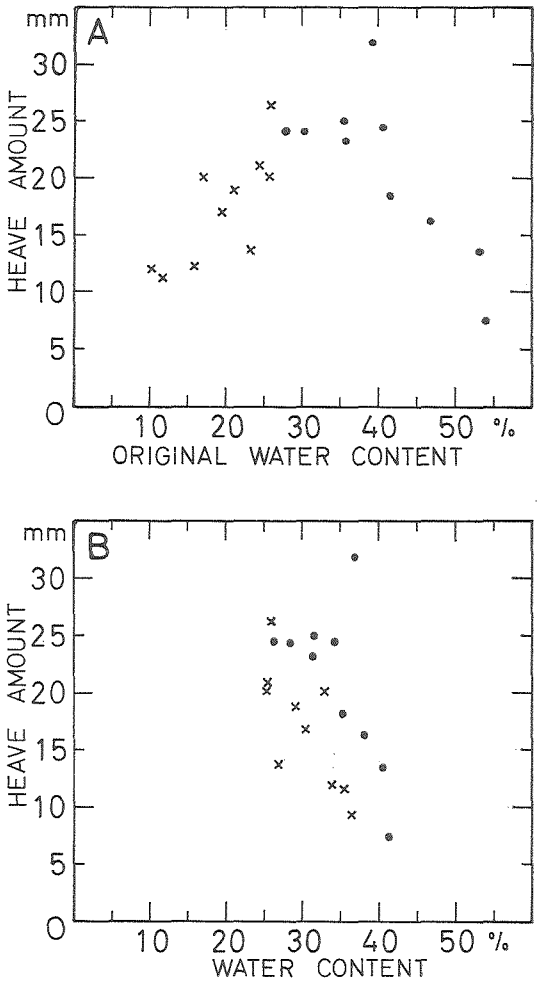
第4図 初期含水比と凍上実験開始時の含水比（縦軸）との関係。●印は含水比が減るもの，×印は増すもの

IV. 実験結果

第5図に実験結果を示す。Bは凍上量と凍上実験開始の時の含水比との関係を表わす。この凍上量は，始めの高さ45 mmの試料の底面まで凍結線が達したときの試料上面の凍上量である。試料によって多少違うが，試料上面が0°Cになってから底面が0°Cになるまでの時間は20～28時間であった。試料の土が最もよく充填されるときの含水比26%よりも含水比が小さい試料（図中×印）は，大きい試料（図中●印）に比べて凍上量は小さいが，どちらも含水比が増すにつれて凍上量が減る傾向にある。これを試料作製のときの含水比，即ち初期含水比との関係に書き直すとAのようになる。初期含水比が小さい間は，初期含水比の増加につれて凍上量が増加するが，初期含水比が40%を越すと逆に凍上量が減少する。

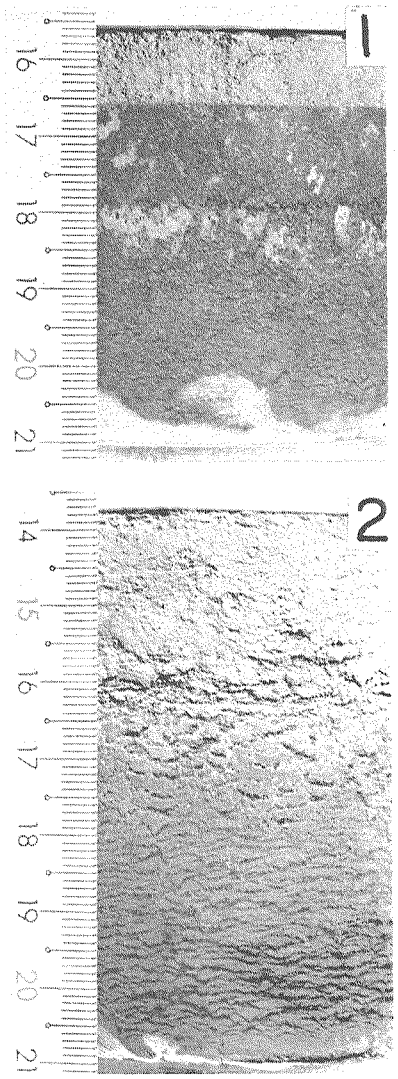
これらのことから，凍上には最適含水比があることが予想される。そしてそれを第3図の試料作製のときの間隙率と対比させてみると，間隙率が小さいほど凍上し易いと云えるようである。しかし，ここで問題になるのは，凍上実験開始前の試料の放置時間である。この時間を長くすればするほど試料は或含水状態に落着くはずで，結局試料作製時の初期含水比とは無関係になるはずである。ところが，その時間を24時間にとった場合には初期含水比の効果が大きい。凍上実験開始の時の含水比が同じでも，初期含水比が大きい土（放置の間に水が抜け落ちる試料，第5図B●印）は，初期含水比が小さい土（放置の間に水が吸上げられる試料，第5図B×印）よりも，凍上量は大きい。このことは，この放置時間が短かいため，試料の土の内部で含水状態に差があることに起因するのかも知れない。

第6図に実験終了後の凍った土の断面写真を示す。Iは初期含水比が11.9%，凍上実験開



第5図　凍上量と含水比の関係

A は凍上量と初期含水比の関係
B は凍上量と凍上実験開始時の含水比との関係



第6図　凍土の断面

1 は初期含水比 11.9% 凍上実験開始時の含水比 36%
2 は初期含水比 25.8% 凍上実験開始時の含水比 26%

始の時の含水比が 36% で，この時の最終凍上量は 11.3 mm であった。一方，2 は初期含水比が 25.8%，凍上実験開始の時の含水比が 26% で，最終凍上量は 26.7 mm であった。この 1 と 2 の試料を比べてみると，初期含水比が大きく凍上実験開始の時の含水比が逆に小さい試料 2 の方に大きなレンズ状の氷が認められる。この場合，各深さでの凍上の割合，即ち凍上率は，1 では深さが増すにつれて減少した（上部で 0.33，下部で 0.16）。逆に 2 では増加した（上部で 0.56，下部で 0.84）。このことは，凍上実験開始の時の試料の中での含水比分布が 1 では上部の方が大きく，2 では下部の方が大きいことを想像させる。

V. むすび

炉乾燥した試料に水を加えて初期含水比を定め，24時間放置して，下部から水を吸収させてから凍上の実験を行なった。凍上実験開始の時の含水比が増加するにつれ，凍上量が減少する傾向を示した。又凍上実験開始の時の含水比が同じであっても，凍上実験開始前24時間放置する間に水を吸収するか，水が抜け落ちるかによって，凍上量に違いが現われた。このことは，試料内の含水比分布の違いに基くと考えられる。又ここでは，真井[1]の実験との対比の意味で放置時間を24時間にとったが，この時間の長さが問題である。今後これらの点に留意して研究を進めたい。

初期含水比と凍上量との間に第5図Aのような顕著な関係が得られた。作製後の試料の内部微細構造が効いていることは確かである。これの解明も今後の課題としたい。

終りに御指導いただいた木下誠一教授，鈴木義男助教授に厚く感謝の意を表わします。

文献

1) 真井耕象 1952 凍上過程とこれを支配する二，三の要素について．北海道大学工学部彙報，**6**，54-67.
2) 中谷宇吉郎・孫野長治 1944 凍上の実験的研究．低温科学，物理篇，**1**，37-52.

Summary

The heave amount of soil during unidirectional freezing was studied in an "open system". Samples of various original water content were prepared, and kept at +10°C for 1 day, allowing for a free exchange of water through cotton gauze in a basin of water. The water content changed as shown in Fig. 4. Then these samples were cooled from the top downwards (top: −10°C, bottom: +5°C). It was shown that the heave amount was influenced by the original water content (Fig. 5-A) especially the water content just before cooling (Fig. 5-B). The maximum values were found in samples with a 30～40% original water content.