



Title	地下集塊氷の掘削とコア解析 (I)
Author(s)	藤野, 和夫; FUJINO, Kazuo; 堀口, 薫 他
Citation	低温科学. 物理篇, 41, 143-150
Issue Date	1983-03-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18465
Type	departmental bulletin paper
File Information	41_p143-150.pdf



地下集塊氷の掘削とコア解析 I*

藤野和夫・堀口 薫・新堀邦夫

(低温科学研究所)

加藤喜久雄

(名大水圏科学研究所)

(昭和57年10月受理)

I. はじめに

1982年3月に、カナダ北西準州のマッケンジー河口のタクトヤクタークにおいて、鈴木¹⁾の考案設計した Electro-mechanical Drill を用いて、地下集塊氷 (massive ice) の掘削を行った。

掘削の結果、底層の砂層約 40 cm を含む全層コア (全長約 22 m) の採集に成功した。得られたコア試料は、冷凍保存のうえ、北大低温科学研究所に搬入され、現在、結晶構造、化学成分等の解析を行っている。

地下集塊氷は、カナダ北極海沿岸周辺に多く見られる特異な周氷河現象の1つで、厚さ 20~40 m の氷塊が、数 km の規模の広がりをもって地下に埋設されている。タクトヤクターク附近には、この様な地下集塊氷やピンゴなどの特有な寒冷地形が多数見られる。

これ等の寒冷地形の生因や構造については、今迄に、多くの研究者によって調査研究がなされ、数多くの報告がなされている^{2~4)}。著者等も数回にわたり「永久凍土圏学術調査」に参加し、地下集塊氷の露出部分について調査を行い、その結晶構造や酸素同位体分布について報告した^{5,6)}。

地下集塊氷の生因については種々の推論がなされているが、大別すると、1) 析出氷による生成説³⁾、2) 化石氷河説⁴⁾、3) 凍結氷 (congelation ice) の融解—再凍結説⁵⁾ の3つに分けられるが、いずれも確実な証拠を持ってはいない。しかし、古気候学的見地からも、又、環境学的見地からも、地下集塊氷は、極めて興味ある現象であると同時に、その生因及びその構造の解明は重要な問題であると考え²⁾。

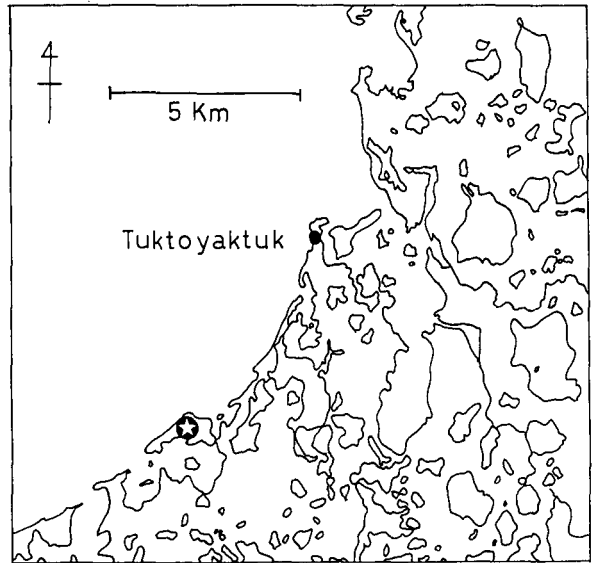
II. 掘削地点

掘削を行った地下集塊氷は、1977、1980、1981年の永久凍土圏学術調査の際に調査を行った氷体と同じ氷体である。

この地下集塊氷は、タクトヤクタークの南西約 5 km の海岸にある。第1図に★印で示し

* 北海道大学低温科学研究所業績 第2489号

た。外観は高さ約 20 m 直径 1~1.2 km の偏平な、ほぼ円形の段丘状で周囲は海で囲まれている。北側の海岸に面した部分は、融解により三日月状に浸食されて崖になっている。その崖の下部に氷体の一部が露出している。(図版 I 参照) 1977 年の調査の際には露出した氷体は、2~10 m の高さの氷崖となっていたが^{2,5)}、1980 年の調査の際には、氷崖の大部分は崩落した表層土によって覆われて埋没し、上部の 2~3 m のみは露出していた⁶⁾。夏期には氷体よりの融水と崩落した表層土が混合した泥沼が崖の前面に形成され、又泥が堆積して氷崖部に近づくことは



第 1 図 タクトヤクターク附近の地形図。
★印は地下集塊氷の位置を表す

困難である。1981 年 3 月の調査の際には、凍結固化した堆積物を利用して、露出氷崖の上部に近づく、氷体表層部分から試料を採集して、その結晶構造と酸素同位体の分布を調べた。今回の調査の際には、その後の表層土の崩落によって、氷体は完全に覆われ、氷崖は見る事が出来なかった。(図版 I 参照)

1980 年 8 月の調査の際に段丘の北西部に小規模な馬蹄形の浸食部分が見られた。(図版 I 参照) その後、それが拡大し、今回の調査の際には崖端より頂部に向かって、奥行き約 100 m、幅 50 m、深さ 2~3 m の大きさに迄、融解浸食が進んでいた。この浸食部の頂部に近い末端を掘削地点に選定した。(図版 I 参照)

掘削は 3 月 14 日から 21 日迄行った。掘削期間の前半は -40°C 以下の低温であったが、ドリル本体及び発電機等の附属機器は、いずれも順調に作動し支障は起らなかった。

1 回の掘削で、長さ 10 cm 程度から最大 90 cm、平均 50 cm 前後のコアを採集した。得られたコアの例を図版 I に示した。

掘削は 3 カ所で行い、底層の砂層 40 cm を含む全長 22.1 m の全層コア、掘削点より上層の地表迄の 3.5 m コア、及び 6.5 m コアの計 3 本のコアを採集した。

全層コアを採集した掘削穴内部の温度分布を第 2 図に示した。

得られたコア試料は、現地で整理の上、保冷箱に収納して、北大低温科学研究所に搬入した。

III. 結果及びそれに対する考察

搬入したコア試料について、その結晶構造、酸素同位体、pH、導電度等を現在解析中である。解析結果については、後日詳細に報告する予定であるが、今回は、現在迄に得られた結

果の1部を報告する。

各コアは垂直方向に2分し、1つは解析用、他の1つは、後日の他の解析のための保存用とした。解析用コアは10 cm 間隔で水平に切断し、水平断面及び垂直断面からそれぞれ薄片用試料を切り出し、残りの試料は2.5 cm 間隔に同様に水平に切断して分析用及び気胞内圧力測定用の試料とした。又、不純物層も切り出し、その構成物を同定した。

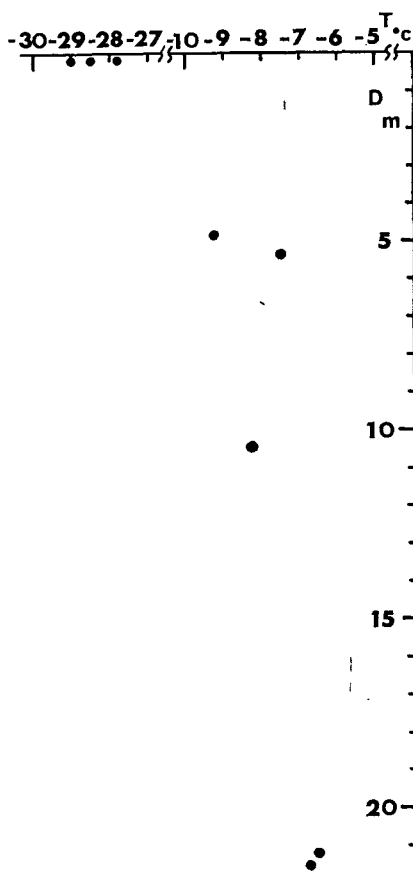
全層コアの垂直断面を第3図(-1), (-2), (-3)に示した。図から明らかな様に、氷体は全層にわたって、種々の厚さ、形状の氷層と不純物層が互層している。大部分の層は垂直軸に対して傾斜しているが、その面方位は明らかではない。

不純物層は、その厚さ、形状、傾斜等、様々で、部分的には規則性が見られるが、全体としては全く規則性は見られない。又、不純物層を構成している物質も、砂、粘土、シルト等、様々で、なかには有機物と思われる物質も含まれている。不純物層の形状は、水中に懸濁している様に見えるもの、水底堆積物の様に見えるもの、又、氷河の foliation に見られる様な配列をしているものなどがある。又、平面状のものや、表面や全体が凹凸に波打った様な形のものもある。典型的な不純物層の例を図版 II-1, -2, -3, に示した。

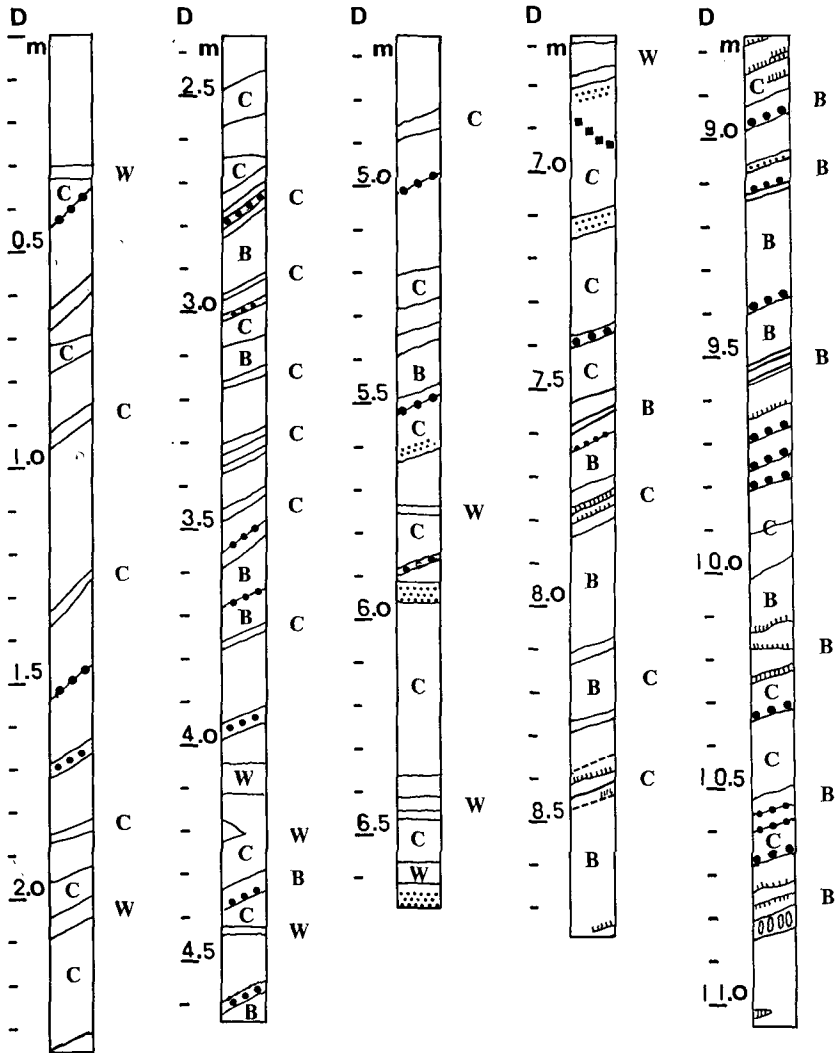
垂直及び水平薄片の観察では、これ等の不純物層をはさんで、その上下の氷層は各々、結晶粒径などが著しく異なっている。又、不純物層が存在せず、ただ気胞の分布状態や形状が異なっている部分でも、同様に結晶粒径が変化していることが観察された。

結晶粒径の分布から、氷層は3種に大別される。1つは雪氷 (granular ice) に見られる様に、0.5 cm 程度の平均粒径の、ほぼ同一の粒径の結晶粒からなり、それが有る方向性をもって配列されている層。第2は、平均粒径が2~3 cm の比較的大きな結晶粒から構成されている層で同様に方向性を持って配列されている。第3は、全断面が数ヶの結晶のみからなる巨大結晶からなる層である。これ等の層が不連続に、或は又、咬合して互層している。典型的な氷層の薄片の偏光写真を図版 III-1 -2, -3 に示した。

氷層内には気胞が含まれているが、これ等の気胞も又、分布状態や形状が様々に変化している。直径が0.1 cm 程度程の球形の気胞が一様に分布して、氷層全体が白濁している様に見える層もある。又、鉛直方向に数 cm の長さに伸長した円筒形の気胞層を含んだ氷層も多数見られた。又、同一の氷層の中で気胞を多数含む部分と気胞を全く含まない透明な部分とが互層しているものも観察された。気胞の典型的な例を図版 II-4, -5 に示した。



第2図 掘削穴内部の水温分布



第3図-1 全層コアの垂直断面

- W white band
- C clear band
- B bubbly band
- boundary
- sand layer
- |— silt layer
- /— clay layer
- elongated bubble layer

気泡の分布密度は、それを含む層を構成する結晶の粒径分布と強い相関をもっている。気泡を全く含まない透明部分の結晶は、上に述べた巨大結晶部分に対応し、又、小気泡が密に分布している白濁した部分では、雪氷 (granular ice) 状の小結晶で構成されている部分に対応している。

削では、氷体の全層コアを採集することが出来、従来推測されていた結果とは異なる新しい事実が多数得られた。

現在迄に得られた解析結果で、氷層内に垂直方向に伸長した円筒形状の気泡層が存在することや、気泡の分布状態や形状が結晶粒径と強い相関をもつことなどは、湖水などの凍結の際に冷却速度が変化して起る現象に類似している。又、氷層間に水中に沈澱し堆積したと考えられる様な不純物の層が存在している。これ等の結果は、著者等が既に報告している様に、地下集塊氷の氷体形成の過程に、湖沼の融解—凍結過程が関係した、水からの凍結氷 (congelation ice) が主要な役割りをしていることを裏付けていると考えられる。

現在、北大低温科学研究所及び名大水圏科学研究所に於て、全層コアの結晶構造及び化学成分の分析等を解析中であり、更に詳細な報告を後日発表する予定である。

今回の調査は、低温科学研究所流水研究施設の前施設長、故田畑忠司教授及び現施設長石田完教授の御好意により、同施設のアラスカ海水調査旅費によりおこなった。両教授に深く感謝の意を表す。調査に用いたドリルは鈴木義男教授の御好意により、使用させていただいた。又、木下誠一教授には、現地施設の利用に関して御尽力をいただき、更に又、調査に際して色々とお指導演鞭をいただいた。併せて深く感謝の意を表す。

現地の作業に際して、カナダ、P. C. S. P. の Dr. G. D. Hobson, PCSP, Tuk. Camp 施設長 Mr. E. Chapman 他職員の方々、Inuvik Sci. Resource Center の Dr. J. P. Ostrick 他職員の方々の御支援をいただいた。又、コア試料の輸送に際して、Canadian Forestry Service の Dr. Y. Hiratsuka, Marubeni Canada LTD. の Mr. Y. Akao, 丸紅冷蔵株式会社の岡田利則氏、小林浩一氏に御尽力をいただいた。併せて深く感謝の意を表す。

文 献

- 1) Suzuki, Y. and Shirasaki, K. 1982 The drill system used by the 21st Japanese Antarctic Research Expedition and its later development. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue No. 24, (in press).
- 2) Kinoshita, S., Fujino, K., Horiguchi, K. Fukuda, M. and Inoue, M. 1978 Core sampling in the uppermost layer of a tundra area. Joint Studies on Physical and Biological Environment in the Permafrost, Alaska and North Canada, July to August 1977. Inst. Low Temp. Sci. Hokkaido Univ., 17-14.
- 3) Mackay, J. R. 1971 The origin of massive ice bed, Western Arctic, Canada. Proc. 2nd Internat. Conf. on Permafrost, North American Contrib. Yakutsk U. S. S. R. 223-228.
- 4) French, H. M. 1976 The Periglacial Environment. Longman Group LTD., London, 309 pp.
- 5) Fujino, K. and Kato, K. 1978 Determination of oxygen concentration in the ground ice of a tundra area. Joint Studies on Physical and Biological Environments in the Permafrost, Alaska and North Canada, July to August, 1977. Inst. Low Temp. Sci. Hokkaido Univ., 77-83.
- 6) Kato, K. and Fujino, K. 1981 Oxygen isotopic composition of massive ice at Tuktoyaktuk, North Canada. Joint Studies on Physical and Biological Environments in the Permafrost, North Canada, July to August 1980 and February to March 1981. Low Temp. Sci. Hokkaido Univ., 13-20.

Summary

Using a newly designed electro-mechanical drill, core samples were obtained successfully throughout a massive ice body near Tuktoyaktuk, Mackenzie Delta, N. W. T., Canada, in March 1982.

Obtained cores, about 23 m in total length, were investigated systematically concerning crystallography together with analyses of chemical components such as oxygen isotopes, pH and salinity. Many band-like structures which were divided by soil layers were observed in the entire length of the cores. The inclination and the thickness of each stratum were not uniform. Crystals in the strata were clearly different between two adjacent strata in size, shape and c-axes orientation and also in distribution of air bubbles.

Obtained results strongly suggest that the massive ice body was formed by congelation of water, being supported by the presence of band-like structure, dispersed soils and elongated air bubbles.

The origin of water for the massive ice body and the formation mechanisms will be discussed in detail in a separate paper, using the obtained data.

図版 I

- 1) 北側より見た地下集塊氷の全景。矢印は掘削地点を示す
- 2) 1980年8月に観察した北側の浸食部。矢印は露出水体を示す
- 3) 1982年3月に観察した、2)と同じ浸食部
- 4) 1980年8月に観察した段丘北西部の馬蹄状浸食部
- 5) 1982年3月に観察した馬蹄状浸食部。矢印は掘削地点を示す
- 6) 採集されたコア試料の一例

図版 II

- 1) 氷中に拡散している様に見える不純物層の一例 (格子間隔は各1cm)
- 2) 不純物が方向性をもって配列している層の一例 (格子間隔は各1cm)
- 3) 水中に沈澱、堆積した様に見える不純物層の一例
- 4) 鉛直方向に伸長した気胞層の一例
- 5) 球型気胞層と透明層の接合部の一例
- 6) 3)に示した部分の垂直薄片の偏光写真。黒い帯状が不純物層である (格子間隔は各1cm)

図版 III

- 1) 雪氷 (grannlar ice) 状の結晶の氷層の一例
- 2) 比較的大型の結晶粒が方向性をもって配列している氷層の一例
- 3) 巨大結晶で構成されている氷層の一例
- 4), 5), 6) 不純物層の上下で氷層の結晶構造が不連続に変化している例
いずれも垂直薄片の偏光写真で、格子間隔は各1cmである

