



Title	海氷の試料採取方法について
Author(s)	楠, 宏; KUSUNOKI, Kou; 田畑, 忠司 他
Citation	低温科学. 物理篇, 12, 87-94
Issue Date	1954-03-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17878
Type	departmental bulletin paper
File Information	12_p87-94.pdf



海水の試料採取方法について*

楠 宏 田 畑 忠 司

(低温科学研究所 海洋学部門)

(昭和 29 年 3 月 受理)

緒 言

海水の凍結によつて生じた氷即ち海水は、純水の結晶の間に brine を充たした鹽分細胞が分布している構造を有していることは良く知られている。この鹽分細胞中の brine は共融混合物の法則に従うと考えられるのでその濃度は温度だけの函数と見做されるが、海水中に占める体質の割合は、氷が作られた海水の鹽分、氷の凍結速度その他によりいろいろ異なる。故に海水中の鹽分一氷を融かして得られる水の鹽分のことである一は可成り廣い範圍を變動する。しかも海水はこの brine を含むため淡水氷と著しく異なつた物理的性質を有している。又 brine 含有量の多少によつても海水の物理的化學的性質は變化するので、多くの研究者によつて海水のいろいろな性質の研究が行なわれた際には同時にその鹽分乃至は他の化學成分の測定が不可欠のものとされてきたのは當然である。

しかし、これらの brine は勿論液体であり、殊に氷の下層、生成したばかりの薄い海水など即ち結氷温度に近い海水では brine の占める体質の割合が非常に大きいので brine が脱落しない様にして鹽分測定用の海水の切片を取出すことは非常に困難である。それにも拘わらず既往に行なわれた海水の鹽分に關する研究では分析用の海水の資料の採取方法について吟味した例を聞かない。

筆者等は 1944 年以降に福富教授と行なつて來た北海道オホーツク海岸の海水の研究の過程に於てこの點を痛感し、既に 1951 年に海水の分析用試料の採取方法について簡単な検討を行なつた。(福富, 楠, 田畑 (1951)¹⁾)。しかし、氷を鋸で切り出して試料を採取する従來の方法では brine の脱落をある程度以上防ぐことが出来ないと考えられたので、新たに海水採取用の drill を試作し、1953, 54 年の 2 月下旬~3 月上旬に北海道オホーツク海岸紋別港内の海水について採取方法の検討を行つた。その結果氣付いた點について既往に行われた方法と對比して述べることにする。

過去に行なわれた方法及びその検討

現在までに海水の鹽分量に關しては多くの測定が行なわれて來た。例えば、海水の鹽分量に

* 北海道大學低温科学研究所業績 第 251 號

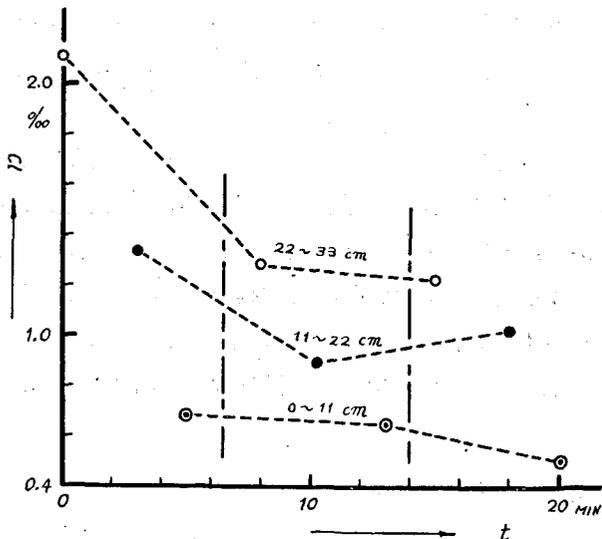
ついて最も詳細な結果を與えている Malmgren (1927)²⁾ の研究をみると、先ず海水の鹽分量を知るために海水の試料としてどの位の量の氷を採取すればよいかを考え、之に對して約 50 g という値を得ている。これを融解して鹽素を分析して Knudsen の式によつて鹽分量に換算しているのである。

Malmgren はこの様に鹽分測定における適當な採取量について考慮は拂つてゐるが、海水の採取方法に對する検討を行なつてはいない。即ち厚さ 40 cm の海水の表面と 30 cm の深さの鹽素量を求めているが、この海水の試料を採取するためには、先ず海水を適當な大きさに切り出して氷上に引き上げてから所要量を採取しているものと思われる。

この様にして海水の試料を採取する方法は一應は考えられる方法であつて、筆者等も以前にはこの方法を用いて化學分析用、融解熱測定用、機械的性質測定用等の試料を採取した。この方法は實際行つてみれば直ちに氣付くのであるが、氷を引き上げる途中で海水が海水中の空隙に入り込む恐れは多分にあり、又引き上げる途中や氷上に引き上げた後の試料の採取中に海水中の brine の脱落が多かれ少なかれ必ず起ることがわかる。この點を検討するために次の様な簡単な二種類の測定を 1954, 1953, 1951 年に紋別港及び網走港の海水について行つてみた。

a) 始めに、氷上に引き上げた海水から試料を採取している間に海水中の brine の脱落によつて氷の鹽素量がどの様に變化するかを知るための測定をした。

厚さ 33 cm の沿岸結氷から斷面積 50 cm × 50 cm の氷柱を切り出して氷上に引き上げた。この氷柱から鋸を用いて出来るだけ速やかに氷の資料を上、中、下の三層に分けて各々約 300 cm³ 位づつ切り取つた。之は前にも述べた様にもつとも普通に用いられる方法である。この時

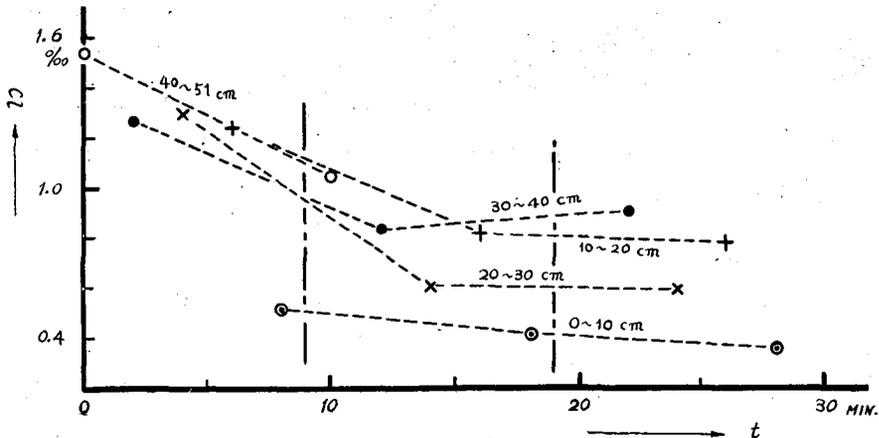


第 1 圖 切り出した沿岸結氷の各層毎の鹽素量の時間的變化
(氷厚 33 cm のものを 3 層に分けて採取した場合)

に、氷の下面では既に説明した様に brine の脱落が著しく起るので最初に下層を次に中層の順で採取した。之で一應海水の試料の採取を終つたのであるが、更に再び同じ氷柱から下層、中層、上層の資料を切り取り、都合 3 回この操作をくり返して各層毎に 3 個づつの試料を得た。これだけ合計 9 個の試料の採取を終了するのに約 20 分を要した。もし brine の脱落がなければ、例えば、下層から採取した 3 個の試料から得られる個々の鹽素量は等しい筈である。しか

し、この測定の結果は第1圖に示す様になつた。圖の縦軸は水の鹽素量で横軸は時間である。圖では各層毎の鹽素量を點線で結んであるからこの傾きが切り出して氷上に引き上げた水の鹽素量の時間的變化を現わしている。即ち、僅か8分位の間に結氷の下部の鹽素量は40%近くも減少し、中層では30%近くも低下した。この圖からも切り出した海水中の brine の重力による脱落は結氷の中、下部では非常に大きいことがわかる。したがつて氷上に大氷塊を引き上げて更に鋸で資料を切り出す場合には、この簡単な測定の結果によつても、餘程注意しないと誤差が非常に大きくなることがわかる。しかしこの影響は第1圖からもわかる様に、沿岸結氷の上部であまり大きくない。殊に嚴冬期に結氷の表面温度が極めて低下している時には brine の量が極めて少ない³⁾ のでその脱落は極めて少ないであろうし、又空中に長時間露出している氷丘の氷では、既に brine の脱落が充分に行われているので、殆んど問題にならないであろう。

同じ測定を厚さ 51 cm の氷を 5 層に分けて行つた結果は第2圖である。最下層の氷の資料は



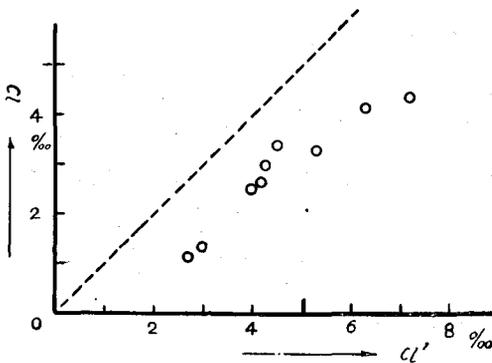
第2圖 切り出した沿岸結氷の各層毎の鹽素量の時間的變化
(氷厚 51 cm の氷を 5 層に分けて採取した場合)

輸送の途中に瓶を破損したのが残念であるが、全体としては前の測定と同じ傾向を示している。

以上に述べた實驗は氷を採取し始めてからの brine の脱落の様態を示したものである。このほかに、氷を切り上げる途中及び引き上げた氷から試料の採取を始めるまでの brine の脱落が問題になるので、次の測定を行つてみた。

b) 先ず前の測定と同様に、沿岸結氷から(北海道オホーツク海岸ではその厚さは最大約 50 cm 位である)面積が 50 cm × 50 cm 位の氷面に垂直な氷柱を切り出してその中央部を約 5~10 cm の厚さに約 300 cm³ 位づつ切り取つて表面から種々の深さに對する海水の試料とした。次に同じ結氷板から斷面積 30~40 cm² の氷柱を切り取つて直ちにそのままシャーレに入れて融かして鹽素量を測定した。即ち、この後者の方法では氷の表面から下面までの平均の鹽素量が求められる。しかも試料があまり大きくないので取扱も速やかに出来るので、氷を引き上げ

る途中の brine の脱落は前者よりはる大分少ないであろうし、a) で述べた測定の様なことは起らない。この二方法を比較した結果は第3圖である。圖の縦軸は氷のいろいろの深さの層毎に求めた鹽素量より計算によつて求めた海水の平均の鹽素量で、横軸は直接に後者の方法で求めた



第3圖 異なつた採取方法による海水の鹽素量測定結果の比較

同じ海水の平均の鹽素量である。試料の採取の方法が正しければこの両者は一致する。即ち、圖中の點線上に乗る筈であるが、圖からもわかる様に後者の方が常に多いことがわかる。兩者の比を圖から求めると約 1 : 1.6 である。

前者の場合で各層毎の試料を採取する時には出来るだけ速く操作を行つたので第3圖の縦軸の値は、第1, 2圖について言えば第1回目の即ち、鎖線の左側の點の示す値の平均値に相當する。したがつて兩軸の値の一致しない

原因は、氷を引き上げる途中及び第1, 2圖の場合の測定開始前の brine の脱落のために縦軸に示した鹽素量が、實際の値より減少していることに依るものであらうと考えられる。

以上の2種類の測定から明らかな様に、沿岸結氷を、殊にその水面下にある部分を、採取するために切り出した氷塊から小氷塊を切り取る方法は、あまり良い方法でないばかりではなく、時には非常に大きな誤差を含むことになる。

現在までに海水の鹽素量、鹽分量及び硫酸鹽などの研究は、筆者等の知る限りでは福富教授と筆者等及び既に述べた Malmgren の他にも Pettersson (1883)⁹⁾, Weyprecht (1879)⁹⁾, Vize (1930)⁹⁾, 須田 (1932)⁷⁾, Zubov (1945)³⁾ 等により行われているが、以上に述べた様に重要な意味を有している試料の採取方法についての吟味又は記載がなされていないのは遺憾である。

海水採取用 drill

以上に述べた様に沿岸結氷はひとたび切り出すと、切つた氷を引き上げる途中及び試料採取中の brine の脱落は決しておろそかに出来ない。この影響をなくするためには、この様な方法で海水の資料を採取する方法を止めるほかはない。他の方法として考えられるのは、例えば、氷の表面から所要の深さまでの海水の圓筒狀の試料 (core) を出来るだけ速やかに取出す方法などが考えられる。しかし core を切り出すためにはその装置を人力で駆動すれば速度の點で不十分であり、動力を用いると装置が複雑になる。更に切削錐の材質、双先の形状その他にも可成りの問題があるので、筆者等は海水を平らに切り乍ら採取する簡単な drill を試作した。

この drill は手動回轉によつて海水を細かく切り削り乍ら進む様に出ていて、brine は切り削られた屑と混り合つて居り、切り削られた氷の一部分は drill の回轉中に氷の表面に送り出

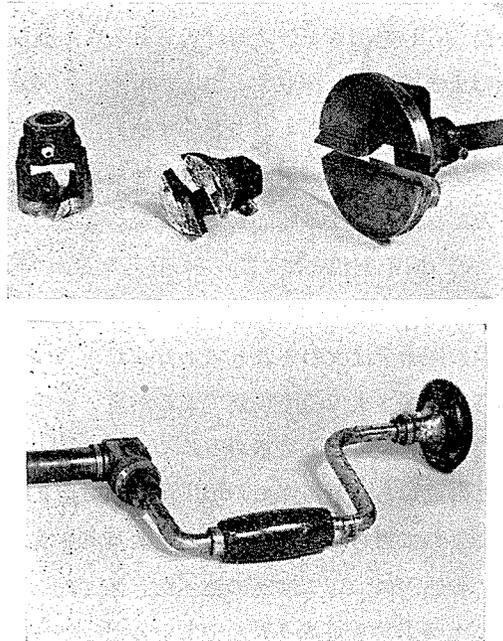
され大部分は drill を引き上げるときに採取される。

drill は寫眞に示した様に大小2種作った。製作は國鐵苗穂工場(札幌市)の御好意によつた。大小の drill は直径が夫々 10 cm, 及び 5 cm, 厚さが 1 cm の圓板に寫眞の様に切削り用の刃を取付けたものであり、使つた材料は工具鋼である。

この drill を用いて海水に穿孔するときには 20 cm 位の深さの穴を開けるのに大きな drill で約 20 秒かかる。それ以上深くなると、削り屑が刃先を閉鎖するので能率は可成り落ち、場合によつては氷の表面まで一旦 drill を引き上げる必要のあつた場合もある。この drill の能率は又氷の硬さにもよることは勿論である。小さな drill では能率は之よりいくらか良く、主に氷厚を測定したりするための穿孔用に用いる。大きな drill は分析用の試料採取に用いる。

最近 Tuori (1952)⁹⁾ の報告によれば、非常に曲折の多い Finland 沿岸の水深測量を冬季に行なうために(結氷上から水深の測量を行なうと、水面の決定や測定點の位置の精度が船上で行なうよりもよくなる)氷に穴をあける drill を考案している。この drill は普通木工用に用いられるオーガーに形が似ていて、厚さ 50~70 cm の氷に 15 秒間で穿孔して(直径 2.5 cm 及び 5.5 cm の2種)、測深用線を下ろしている。穿孔の能率では筆者等の用いた drill と相當開きがある。また Solov'yev (1939)⁹⁾ は Tuori と同じ形状のドリルを考案した。彼は冬季の水深測量に利用し、平均氷厚 1.2 m, 穴の直径 5 cm のものを1個の drill で1労働日に 150~300 あけることができたと報じている。しかし、これらの點については、われわれの場合に刃先の形状などに改良を加えることにより、能率を上げることは左程困難でないと考えられる。

1953年及び1954年2月下旬から3月上旬にかけて北海道オホーツク海岸の紋別港内の海氷上で、この drill によつて海氷の穿孔及び化學分析用の試料を採取した。兩年とも海氷は融氷期に入つてをり、氷温も -1°C 乃至 -6°C 位であつた。したがつて海氷中の brine の量も相當多く、20 cm 位穿孔して drill を引き上げると、周囲及び下方の氷からの brine と共に下方の海水が湧き出して來た。既に述べた様に、長時間空中に露出している氷丘の氷や温度の低い冬の沿岸結氷の表面近くの氷では brine の量が少なく、したがつて従來行われて來た切り出し法による氷の試料の採取にもあまり問題はないが、この様な融氷期にある氷では切り出し法に



第4圖 海水採取用手廻し drill

よる海水の試料採取には非常に問題がある。のちに述べる様に drill 法によつて得た試料から求めた海水の鹽素量は、切り出し法によるものと相當異なつた結果を與えている。勿論、drill による採氷のほうがより正しい値を與えているであらう。

氷の資料は drill の廻轉途中で削り屑のような形で一部分は表面に押し出され、残りの大部分は drill を引き上げる時に得られる。この削り屑を適當に採取すると、現場で張つてゐる状態のまま海水を採取することが出来る。勿論この様な削り屑状の海水は鹽素量その他化學分析などに用いられるものであつて他の、例えば、氷の構造の變化を許さない様な性質の測定には不適當である。海水中の drill は前にもふれた様に、削り屑と充分混り合つて取出されること及び採取に要する時間が極めて短いことのために殆ど脱落しないものと考えられる。

この drill を用いて、二、三の穿孔を試みて得られた試料について鹽素量の測定を行い、従來行なつて來た鋸で切り出す方法と比較した一例及び drill によつて採取した試料より得られた海水の鹽素量は次のとおりである。なお drill 法によつて得られる海水の鹽素量は、氷の表面からある深さまでの平均値であるから、途中の層の鹽素量は得られたいろいろの深さまでの平均の鹽素量から計算で求めるほかわない。

この表からわかる様に、drill 法と鋸で切り取る方法によつて得られた海水の鹽素量は可成り異なる。この原因については既に述べた。又 drill 法で採取した鹽素量も可成り異なつてゐるが、これは場所による鹽素量の違いと同じ氷でもその温度によつて鹽素量が異なることに原因があるのであらう。なほこの試料採取中の氷温は既に述べた所であるが、この時の brine の占める体積の割合は Zubov によると 10~15% である。これは相當大きな値で、氷片を切り出してみると直ちに brine が滴下して氷が不透明になるのが觀察され、又 drill によつて穿孔した孔は直ぐに周囲の氷の brine もしくは下方からの海水で満たされた。したがつて鋸で切り出して氷の試料を得ることは殆ど無意味に思われたので、二つの採取方法の比較は殆ど出来なかつた。又、海水の最下層はもつとも brine の占める体積の割合が多いことは明らかであるうえに、受けている水壓も最も大きい。故に drill によつて穿孔している途中に下方

や周囲から、brine や海水がしみ出して氷の削り屑と混じるおそれが多分に考えられたので、drill 法でも二冬とも表面から氷厚の半分程の深さまでの試料しか得られなかつた。これらの點

表面から 10 cm までの平均鹽素量
ドリル法 鋸で切り取る方法
1.20% 0.50%
(氷厚 51 cm, Mar. 2, 1953)

日	付	深 さ	鹽 素 量
1954	Mar. 2	0~3 cm	1.18%
		0~8.5	2.23
		0~12	3.11
	2	0~3	3.99
		0~7	3.87
	4	0~4.5	4.64
		0~8.5	3.62
		0~9.5	2.93
		0~13	4.05
(以上 氷厚 28 cm)			
1953	Feb. 27	0~7 cm	5.60%
		0~12	5.33
		0~16	5.96
		0~17	4.51
	Mar. 2	0~10	0.72
		0~12	0.64
(以上 氷厚 33 cm)			

については来るべき冬において、もつと寒さのきびしい時期に充分な検討を行う所存である。

あ と が き

drill 法による海氷の試料の採取の大きな目的は、brine の脱落をなるべく少なくすることにある。それによつて鹽素量、その他の化學成分の正しい値を知り得るであろう。このことは brine の占める体積の割合の大きい融水期の氷、うすい氷及び結氷の下面において特に意味を持つてをり、沿岸結氷中の水面上の部分や氷丘の氷などについては殆んど問題にならない。もしプランクトンなどの生物學的調査のためにドリルで氷の試料を採取すれば、双先でプランクトンが破碎される恐れがあるがこの點については調査を行わなかつた。drill 法によつて得られた海氷の鹽素量の値は、従來行なわれて來た海氷を鋸などで切り出す方法による値より可成り多い。これは後者の方法よになると切り出したりしている間に生ずる brine の脱落によるものであるから充分の注意が必要である。

プランクトンの調査に限らず、氷の構造を破壊しないで試料を得たい場合がしばしばある。既に、土壤調査、地質調査などで試料採取用に種々の corer が用いられている。そして永久凍土層や氷についても同様に利用されているが、それらの多くは動力を用いている。人力によるものとして、例えば、最近アラスカの Point Barrow で直徑約 13 cm、長さ 45 cm の corer¹⁰⁾ を用いて氷の試料を取出している。ところで、筆者等もこの様な場合のために、直徑 10 cm の氷の core をとるための装置を試作した。しかし未だ天然の海氷についての試験を行なつていない。

尙、drill 法による採氷ににおいては、言うまでもないことであるが、氷の下面までを完全に採取することは不可能である。必ず表面と下面から上數層までの間の資料しか採取出來ない。既に幾度も述べたことと相俟つて沿岸結氷の下面を含む部分を brine の脱落なしに採取することは極めて困難であり、このためには全く別の方法が考えられなければならないであろう。

終りにのぞみ装置の製作を快よく引き受けられた國鐵苗穂工場(札幌市)及び終始深い關心を寄せられて激勵下さつた、福富孝治教授に厚く感謝いたします。なおこの研究に要した費用の一部は文部省科學研究費によつた。

文 献

- 1) 福富孝治・楠 宏・田畑忠司 1951 海水の研究(第11報) 網走、紋別に於ける沿岸海水中の鹽素量に就いて。低溫科學, 6, 71. その他.
- 2) Malmgren, F. 1927 On the Properties of Sea-Ice. The Norwegian North Polar Expedition with the "Maud" 1918-1925. Sci. Res. 1, 5, pp. 67.
- 3) Zubov, N. N. 1945 L'dy Arktiki (Ice in the Arctic). Izd-vo Glavsevmorputi, Moskva, pp. 360.
- 4) Pettersson, O. 1883 On the Properties of Water and Ice. Vega-exped. Vetenskapl. Iakttagelser. 2, 247-323.
- 5) Weyprecht, K. 1879 Die Metamorphosen des Polareises. Oesterreichisch Ungarische Nordpol-Exped. 1872-1874. M. Perles, Vienna, pp. 284.

- 6) Vize, V. Yu. 1930 Zur Kenntnis der Salze des Meereises. *Ann. Hydrogr. u. Marit. Met.* 58. 282-286.
- 7) 須田院次 1932 根室港海水中の鹽分に就いて. *海洋時報*, 4, 265-267.
- 8) Tuori, H. 1952 Sounding Through Sea and Lake Ice. *Polar Record* 6, 43, 336-339.
- 9) Solov'yev, I. A. 1939 Opyt primeneniya rychnogo ledobypa pri promerakh so l'da. *Meteorol. i Gidrol.* 2, 11-117. (氷の測定に手廻しドリルを用いる實驗)
- 10) W. G. Metcalf (Woods Hole Oceanogr. Inst.) よりの通信による.

Résumé

It is well known that sea ice is composed of pure ice and concentrated salt solution, *viz.* brine, which exerts important influence upon the physical and chemical characters of sea ice. It is, therefore, necessary to avoid the dripping of brines at the time of sampling of ice which is to be subjected to some measurements. However, it is to be said that little attention has been paid to the dripping of brine by many researchers hitherto.

In order to estimate the dripping of brine, the decrease of chlorinity of sea ice was traced which was sampled by the usual way, cutting the ice strata by a hand-saw. On the other hand, two hand-operated drills were designed for trial and tested at Monbetsu on the Okhotsk Sea coast in 1953 and 1954. The drills penetrated 20 cm. of ice in approximately 20 seconds, then ice chips were collected for a determination of the chlorinity of ice. Adopting the values of chlorinity, a comparison of the above two methods was made.

It is concluded that the above-mentioned drills were efficient tools for sampling of sea ice without dripping of brines for the determination of chlorinity or salinity. Thickness measurements can be obtained by small size drill. For use on certain occasions when it is necessary that there should be no crushing of the ice, some ice corers were made, but no field trial was performed.