海洋深層水氷の製造技術の研究 シャーペット氷製造実験

平成 13 年 2 月 28 日

知能機械システム工学科 1010233 渡部慎一

指導教授 横川 明

目次

1	. 緒言・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1	
2	. 実験装置及び方法・・・・・・・・・・・・・・2	
	2-1 実験装置・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
3	. 実験結果 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
4	. 考察 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
	4-1 温度実験の結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
5	. 結言・・・・・・・・・・・・・・・・・・10	
6	. 参考文献・・・・・・・・・・・・・・・・・・11	
7	. 謝辞 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	

1. 緒言

現在、魚の鮮度保持には真水氷が使用されている。しかし、それでは海水の濃度が下がったり、低温保持ができないなどの問題がある。そこで全国各地で注目されいる海洋深層水に着目した。

本研究では、塩分を含んだ原水のままのシャーベット氷をつくるすることが目的である。それは塩分を含んだ氷のほうが魚の鮮度保持に適しているからである。海水の濃度を調整しながら氷を精製し、最適な氷の形状、氷ができる時の温度などを調べ、魚介類の鮮度保持に最適な氷を精製し、実際に魚の鮮度保持に役立てようと考えている。

海水を冷却して真水氷を製造する方法は、海水淡水化の技術として古くから研究されている。そして、いろいろな製造方法が開発されている。しかし、魚介類の鮮度保持のためには、塩分を含んだ海水氷を用いるほうがよい。真水氷は融けると真水であるため、時間の経過とともに塩分が低下し、魚の鮮度が落ちる。そこで、もし氷に塩分が含まれていれば、海水氷であるため塩分の低下を防止することができる。海水の凝固点は氷の凝固点よりも低いため、より低温状態で保持することができる。そのため、魚介類の鮮度保持に適しているといわれている。

その中でも海洋深層水は表層海水に比べて、清浄、富栄養、低温等の多くの利点があり、温度も 8~10 (表層海水は 16~25)と低く、少ない電力量で製氷することができる。

従来の製造方法としては、大きく分けてスタティック氷製造方法とダイナミック氷製造方法である。スタティック氷製造方法とは海水を容器に入れてそれを間接的に冷却し、塊状の氷を作る方式で、ダイナミック氷製造方法は海水を振動させながら凍結するものでその方法は4通りある。すなわち掻き取り法、熱媒剥離法、過冷却法、直接熱交換法である。

掻き取り法とは、円筒形の製氷板の外面に冷媒管を設置し、平滑な内面へ上部から 海水を膜状に付着させ、この海水液膜を流下する間に凍結させ、生成した氷を回転羽 根板によって掻き取る方法、及び冷媒によって外部から冷却される円筒管の内面壁に できる氷膜を掻き取り羽根を持つオーガーと呼ばれるスクリューによって掻き取る方 法などである。

熱媒剥離法とは、冷媒によって冷却された平面状の製氷板を垂直に、または傾斜させて設置し、この製氷板の上部から海水を流し、製氷板上に氷を生成させるもので、生成した氷を製氷板上から剥離させるために、冷媒と熱媒を交互に流す方法である。

過冷却法とは、海水を氷点以下の温度領域(-2 以下)まで過冷却し、この過冷却 状態にある海水を機械的、または氷結晶を投入することによって人工的に過冷却状態を 破壊する方法である。

直接熱交換法とは、これは海水と冷媒とを直接混合し氷を生成させて、氷と冷媒とを分離する方法である。

これらの方法の中で本研究では掻き取り法で装置を改良し、実験を行った。

2. 実験装置及び実験方法



図1 縦型掻き取り式製氷機



図2水槽



図 3 横型円筒内壁攪拌製氷機



図 4 給水口

2-1 実験装置

実験に用いた装置は縦型掻き取り式製氷機と横型円筒内壁攪拌製氷機で、その概要図は図1、図2、図3、図4に示す通りである。

この図1の縦型掻き取り式製氷機(以下縦型製氷機)は、まず、水槽(図2)内に 実験対象となる水(海洋深層水、表層水、脱塩水、真水)を入れる。その水を水槽から ポンプによって給水管を通り散水皿に送る。この水は、散水皿の周りにある数本の散 水管で円筒内壁面を流れる。

散水皿と掻き取り刃は同一軸上で回転する。円筒外壁部に設けられた冷媒管内に冷媒 を流す。この冷媒によって、壁面を流下する水が冷やされて氷が生成される。この氷 を掻き取り刃で掻き取り、ロ・トを伝わり下へ落下させる。(図5参照)

次に図3の横型円筒内壁攪拌製氷機(以下横型製氷機)は、装置の給水口(図4)から実験対象水を入れて横型の円管内でリボンスクリュ-で攪拌しながら、円筒内壁面に生成された氷を掻き取り刃で掻き取り、その氷をまたリボンスクリュ-で攪拌して、最終的に水をすべてシャーベット氷にする。(図6参照)

この二つの装置で、冷媒の流れはレシバ - タンクから低温高圧の液体が出て、ドライヤという乾燥剤の入ったところを通り水分の除去を行う、次に膨張弁で冷媒の温度をさげる。

そして装置の中に入り、冷 媒を気化させ、低温高圧ガスを低温低圧ガスに変換する。これによって装置内が冷やされる。そのあと圧縮機を通り、凝縮機で液体に戻される。 圧縮機は、高温高圧のガスを出すことと、蒸発機内を一定の低圧に保つ機能がある。 (図7参照)

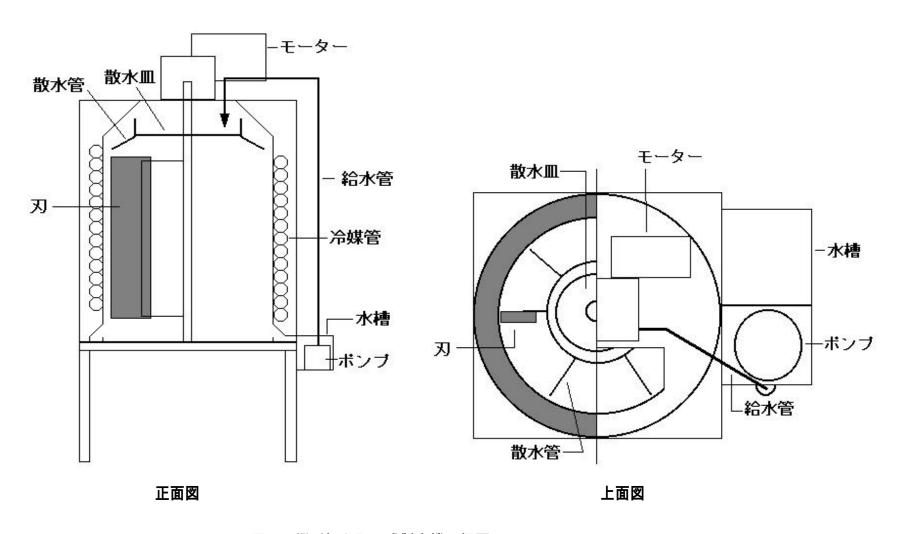


図 5 縦型掻き取り式製氷機の概要

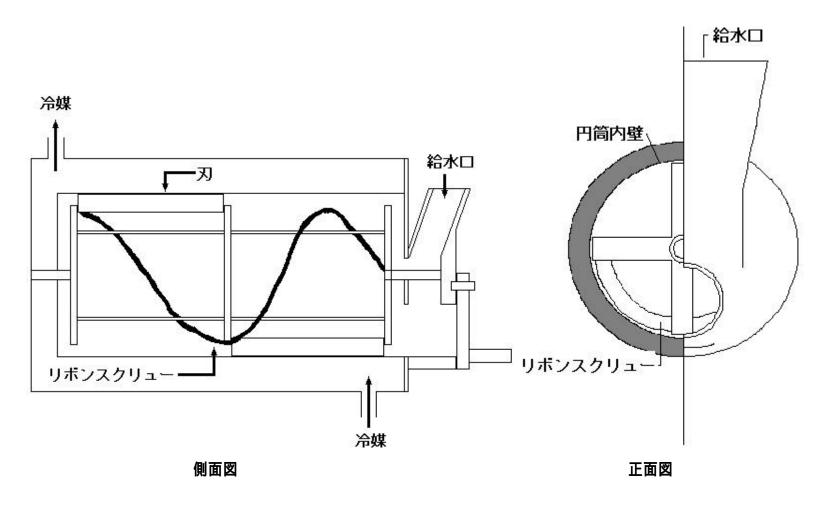
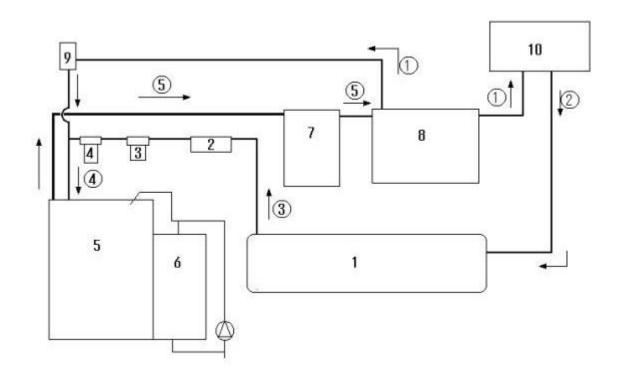


図 6 横型円筒内壁攪拌製氷機の概要



- 1. レシーバ・タンク(ガス R 20 フロン)
- 2. 乾燥剤(ドライヤー):おもに、水分の除去、オイルの除去作業。
- 3. 電磁弁:ガスの ON・OFF を決める。
- 4. 膨張弁(エクスパンションバルブ):ここで冷媒の温度を下げる。
- 5. 装置(蒸発機)
- 6. 実験対象の水を入れる水槽。
- 7. アキュムレータ: 熱交換が悪く、液体の状態でかえってきた場合に再度ここで気体に する。
- 8. 圧縮機
- 9. 高温高圧ガスを高温低圧ガスに変えて装置内の温度を上げる。 (*装置内の温度を上げる時のみに使用)
- 10. 凝縮器

高温高圧ガス

低温高圧の液体

低温高圧の液体

低温高圧ガス(装置の中で になる)

低温低圧ガス

図7冷凍機の概要

2-2 実験方法





図8 防水型デジタル温度計

図 9 デジタル塩分計

2-2.1 温度実験

縦型製氷機で海洋深層水、上層水(高知県安田沖の表層海水)、脱塩水、水道水(真 水)の氷を生成し、それらの氷を小さめなアルミの缶に入れ、温度計を入れて5分毎 の温度変化を観測する。それによって、塩分があるかないかでの温度変化の差につい て測定する。

2-2.2 濃度別実験

2 種類の装置で生成した塩分濃度別の海洋深層水氷を上述と同様にして今度は氷 をプラスチックの箱に入れて5分毎の温度変化と、そのときの氷の状態変化を測定す る。

2-2.3 鮮度保持実験

2種類の装置で生成した塩分濃度別の海洋深層水氷に、魚(いわし)を入れて3日 間鮮度保持の違いを測定する。1 日毎のいわしの目と胴体の写真をデジタルカメラで 撮影する。

海水の濃度を調整するのには、海洋深層水と脱塩水を混ぜて濃度3%、2%、1% とする。これらの海水と脱塩水を実験に用いた。

実験をおこなった時の部屋の温度、湿度、円筒の壁面温度を測る。

測定器具には、佐藤計量製防水型デジタル温度計(図8参照)で温度変化を測定し、 株式会社アタゴ製デジタル塩分計(図9参照)で濃度を測定した。

3. 実験結果

縦軸に氷の温度をとり、横軸に経過時間をとって縦型製氷機で製造した海洋深層水 氷、上層水氷、脱塩水氷、真水氷の温度の時間的変化の実験結果をグラフで表すと図 10~図 13 の通りである。

縦軸に氷の温度をとり、横軸に経過時間をとって縦型製氷機で製造した濃度別の海洋深層水氷と脱塩水氷の時間的変化の結果をグラフで表すと図14~図17の通りである。

縦軸に氷の温度をとり、横軸に経過時間をとって横型製氷機で製造した濃度別の海 洋深層水氷の時間的変化の結果をグラフで表すと図 18~図 20 の通りである。

縦型製氷機と横型製氷機で製造した濃度別の海洋深層水氷の生成後の写真を示す と図 21 の通りである。

縦型製氷機と横型製氷機で製造した濃度別の海洋深層水氷の 3 時間後の写真を示すと図 22 の通りである。

縦型製氷機と横型製氷機で製造した濃度別の海洋深層水氷の 6 時間後の写真を示すと図 23 の通りである。

縦型製氷機氷機で製造した脱塩水氷の生成後の写真を示すと図 24 の通りである。 縦型製氷機で製造した濃度別の海洋深層水氷で 3 日間鮮度保持をした魚の実験結果を示すと図 25~図 27 の通りである。

横型製氷機で製造した濃度別の海洋深層水氷で 3 日間鮮度保持をした魚の実験結果を示すと図 28~図 30 の通りである。

4. 考察

実験条件は、密閉室で実験し、温度 13 、湿度 65%、水温 4 、内壁温度-28 である。

4-1 温度実験の考察

塩分がある氷とない氷とでは一定となる温度帯の差が図 10~図 13 に示すように、3 ~4 である。一定となる温度帯で氷がとけていることが分かる。塩分のない氷は 0 までの温度上昇は著しいが、それ以降の温度保持には適している。それに比べて塩分のある氷は 0 以上の温度保持はあまりよくないものの融点である-2 までの温度保持に適していることが分かる。

4-2 濃度別実験の考察

縦型製氷機で生成した塩分のある氷は融けるにつれて上部は淡水氷、下部は海水シ

ャ・ベット氷との混合物となる。脱塩水氷は最初から硬い氷で、すぐに塊状となる。 縦型製氷機では塩分濃度の差で淡水氷の量の違いがでた。濃度が高いほど淡水氷の 量は少なかった。流動性は低かった。

横型製氷機では溶けても、もともと粒径の小さな氷なので、溶けるにつれて塩分の分離は見られたが、粒径の小さな、やわかい氷で溶けていった。流動性は高かった。 濃度別で融け方、温度差は縦型製氷機で生成した氷には見られなかった。横型製氷機で生成した氷で解け方での大差は見られなかったが、温度差では、図 18~図 20 に示すように濃度 3%の氷だけ、8 時間を過ぎてもまだ-1 くらいだった。それに対して濃度 2%の氷も約 8 時間で 0 を超え、1%の濃度の氷は 6 時間くらいで 0 を超えた。これにより横型製氷機で生成した氷は、濃度がもとの海水(3.6%)の濃度に近いほど低温保持に優れていることがわかる。

形状については、縦型製氷機では、塩分がある氷とない氷とで差が出てきた。塩分のない氷はガラスが割れたような感じでぱさぱさした感じでしたが、塩分のある氷はそれに比べてやわらく手で簡単につぶせるような硬さであった。

横型製氷機では、大変、粒径の小さなやわらかい氷ができた。この装置で塩分がない水で氷を生成しようと装置を 30 分程度稼動させたところ氷が硬いので、刃が氷を掻きとれず大変な音がして装置の運転を続けることが困難であるということがわかった。塩分がある氷なら、水を含んだ氷から雪のような氷まで稼動時間によって自由に生成することができる。

4-3 魚の鮮度保持の考察

海洋深層水氷塩分濃度別、製氷機装置別での3日以内なら図25~図30に示す通り、いわしの鮮度保持には差がでないことがわかった。これは、魚の目とうろこで変化が見られないことで判断した。尚、いわしとさばについて海洋深層水氷塩分濃度3.6%、水道水氷で鮮度保持実験をおこなったところ、水道水氷では1日しか鮮度保持できず、海洋深層水氷の場合は3日鮮度を保持することができた。やはり、海洋深層水氷の方が鮮度保持に適していることが分かる。

これらの結果を踏まえて2つの装置の結果を表1にまとめた。

表 1 装置の実験結果比較表

	縦型掻き取り式製氷機	横型円筒内壁攪拌製氷機
氷の形状	・粒径が粗い。板状の氷。真水で生成すると、ガラスが割れたようにぱさぱさしている。塩分が含まれるとそれより少し軟らかくなる。	・真水での生成が不可能。海水で生成すると、粒径が細かい氷ができる。サラサラしている。
流動性	・流動性は低い。	・流動性は高い。
シャーベット氷の生成量連続性	・硬い氷を生成するために、 流量を少なくしなければな らないので、生成されるシャ ーベット氷は少ない。 ・生成量は少ないが、可能。	海水 12L 分しか、シャ - ベット氷にする事ができ ない。一回の製造に約 30 分かかる。・現在は不可能。
AE INTO IL	エルエはアないがくいる。	20 ETC 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
鮮度保持	・いわしについては3日間は可能。	・いわしについては3日間は可能。
今後の改良点	・製氷板に海水を流下させるのではなく、海水を製氷板に吹き付ける様にすると、凍りつく時間の短縮や氷の粒径を細かくできる考える。	・ 装置を横に長くすると連続的にシャーベット氷を生成できると考える。

5. 結言

横型の装置では塩分のない水では氷を生成することができないことがわかった。 塩分を含む氷のほうが水道水氷や脱塩水氷に比べて低温保持に優れていた。当初実 験に用いた縦型製氷機では冷媒の温度をあまり下げられなかったので、シャ・ベット 氷の生成量が少なかった。 装置を改造したところ、大量のシャ・ベット氷が生成でき た。 しかしこの氷は粒径も粗く、硬かった。

それに対して、横型製氷機ではたいへん粒径の小さな、軟らかい氷ができた。しか も硬さも装置を稼動させる時間で調整が可能である。

このようなことから、粒径の小さなシャ - ベット状氷を生成することで、流動性も高くすることができる。そして、魚介類に隙間なく入り込めて魚介類と氷との接触面積を大きくすることができ、魚の鮮度保持効率を上げることとなる。海洋深層水であれば、腐食生菌数も少なく、魚介類の鮮度保持に最適であると考えられる。

今後は、いろいろな魚介類で日数を増やした鮮度実験や脱塩水氷での鮮度実験する必要がある。そして、縦型製氷機は製氷時間の短縮や氷の粒径を細かくできるように 改良、横型製氷機では連続的に氷を生成できるように装置を改良していかなければな らない。

6. 参考文献

1.九曜英雄:海洋深層水氷,海洋,Vol.22(2000),pp,101-105

7. 謝辞

本論文をまとめるにあたり、実験指導及び参考資料を提供していただいた、高知 工科大学知能機械システム工学科横川明教授、株式会社ナンカイ冷熱設備、また鮮 度保持性能実験のための、実験用魚を提供していただいた高知県安田漁港に深く感 謝いたします。

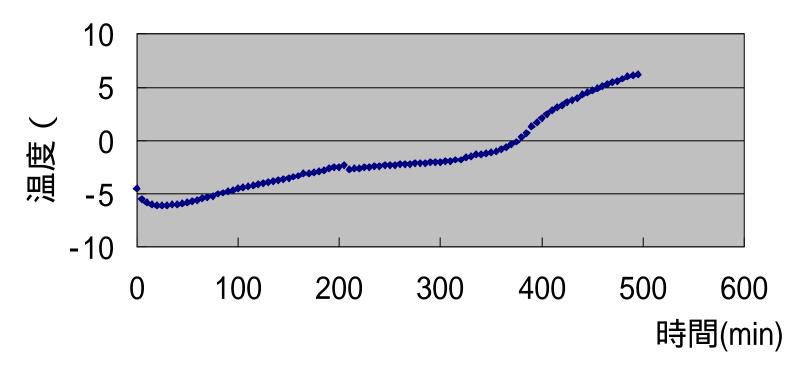


図 10 縦型製氷機で製造した海洋深層水氷の温度の時間的変化

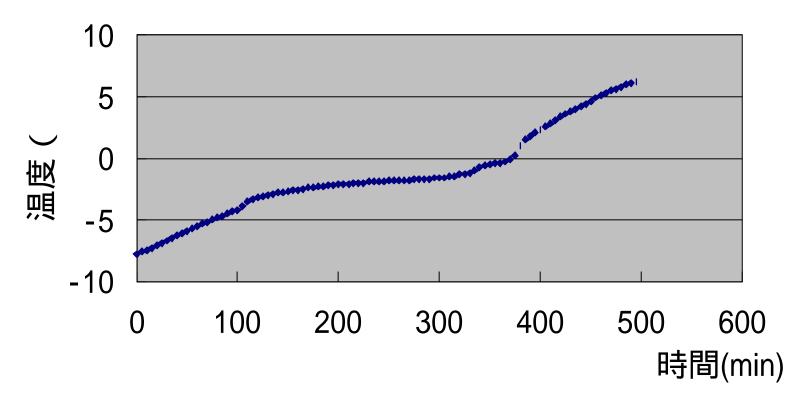


図 11 縦型製氷機で製造した上層水氷の温度の時間的変化

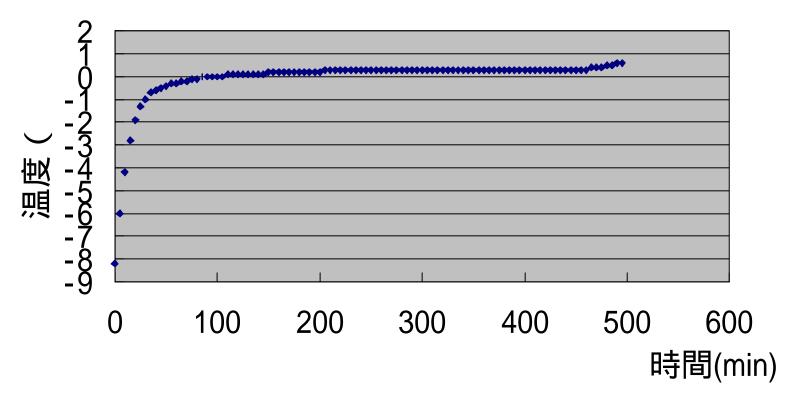


図 12 縦型製氷機で製造した脱塩水氷の温度の時間的変化

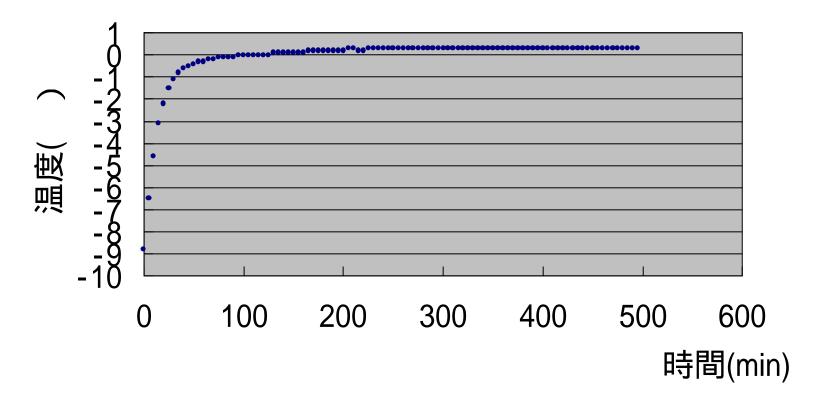
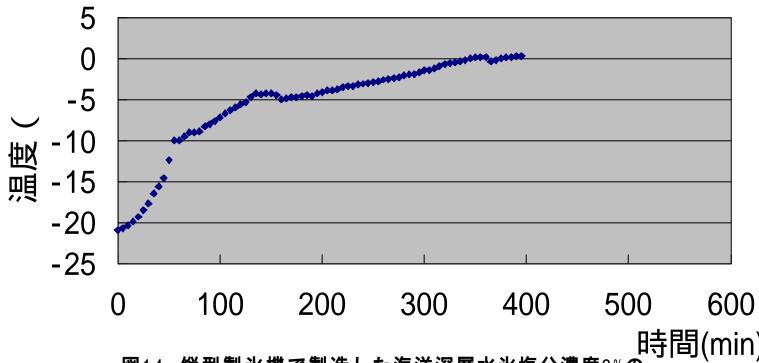


図 13 縦型製氷機で製造した真水氷の温度の時間的変化



時間(min) 図14 縦型製氷機で製造した海洋深層水氷塩分濃度3%の 温度の時間的変化

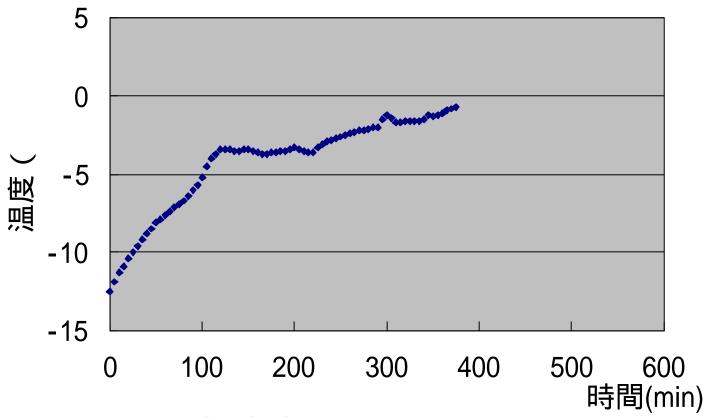


図15 縦型製氷機で製造した海洋深層水氷塩分濃度2%の 温度の時間的変化

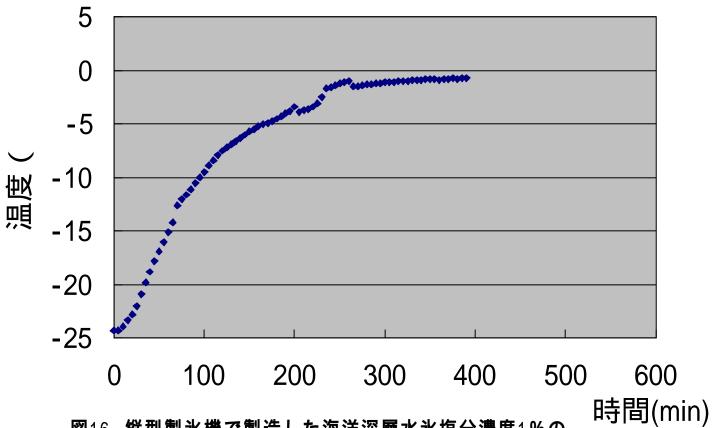


図16 縦型製氷機で製造した海洋深層水氷塩分濃度1%の 温度の時間的変化

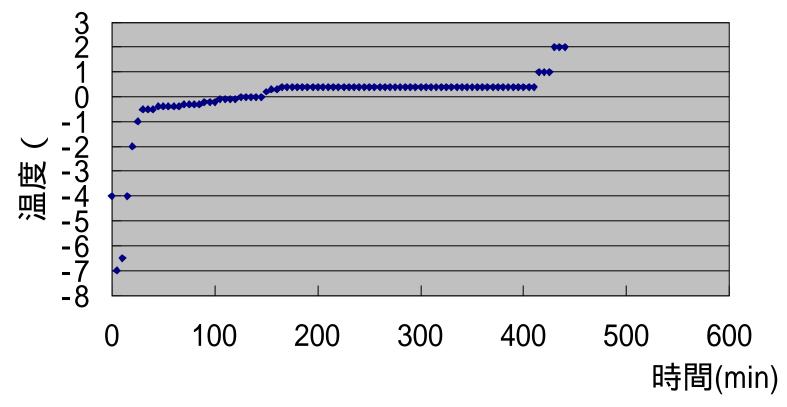


図17 縦型製氷機で製造した脱塩水の温度の時間的変化

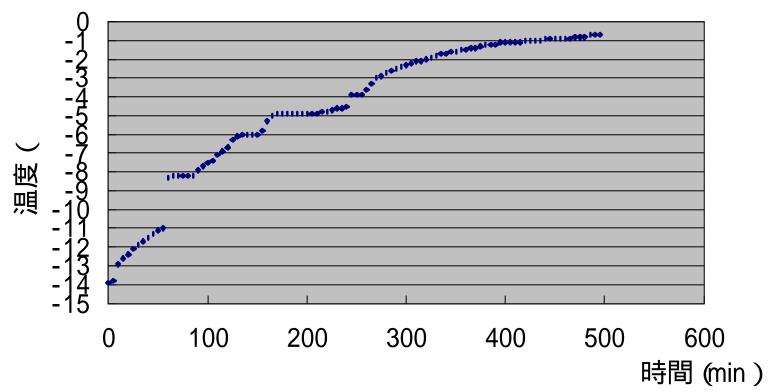


図18 横型製氷機で製造した海洋深層水氷塩分濃度3%の 温度の時間的変化

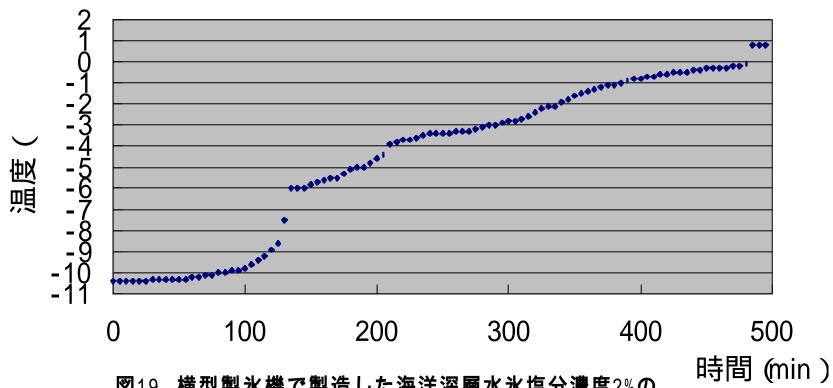


図19 横型製氷機で製造した海洋深層水氷塩分濃度2%の温度の時間的変化

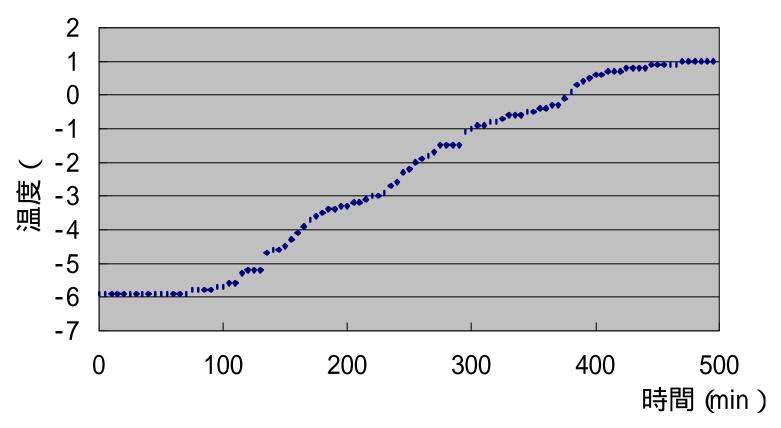
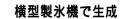
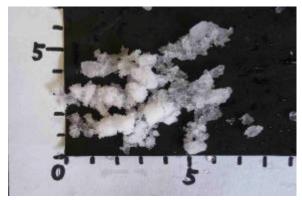


図20 横型製氷機で製造した海洋深層水氷塩分濃度1%の 温度の時間的変化

縦型製氷機で生成





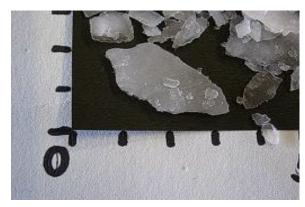


海洋深層水氷塩分濃度 1%





海洋深層水氷塩分濃度 2%





海洋深層水氷塩分濃度 3%

図 21 装置別及び濃度別氷の生成後の状態

縦型製氷機で生成

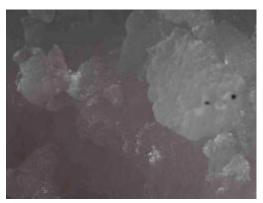


横型製氷機で生成



海洋深層水氷塩分濃度 1%





海洋深層水氷塩分濃度 2%

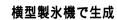




海洋深層水氷塩分濃度 3%

図 22 装置別及び濃度別氷の 3 時間後の状態

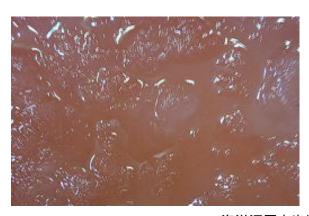
縦型製氷機で生成







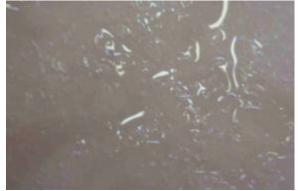
海洋深層水氷塩分濃度1%





海洋深層水氷塩分濃度 2%





海洋深層水氷塩分濃度 3%

図 23 装置別及び濃度別氷の 6 時間後の状態

縦型製氷機で生成



生成後



3 時間後



6 時間後

図 24 脱塩水氷の時間的変化

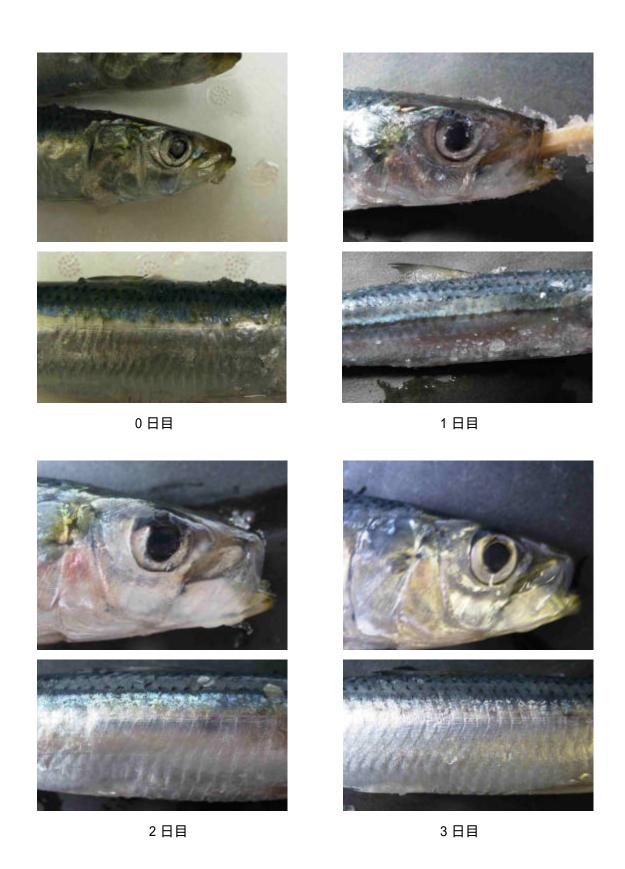


図 25 縦型製氷機で生成した海洋深層水氷塩分濃度 3%でのいわしの鮮度保持状態

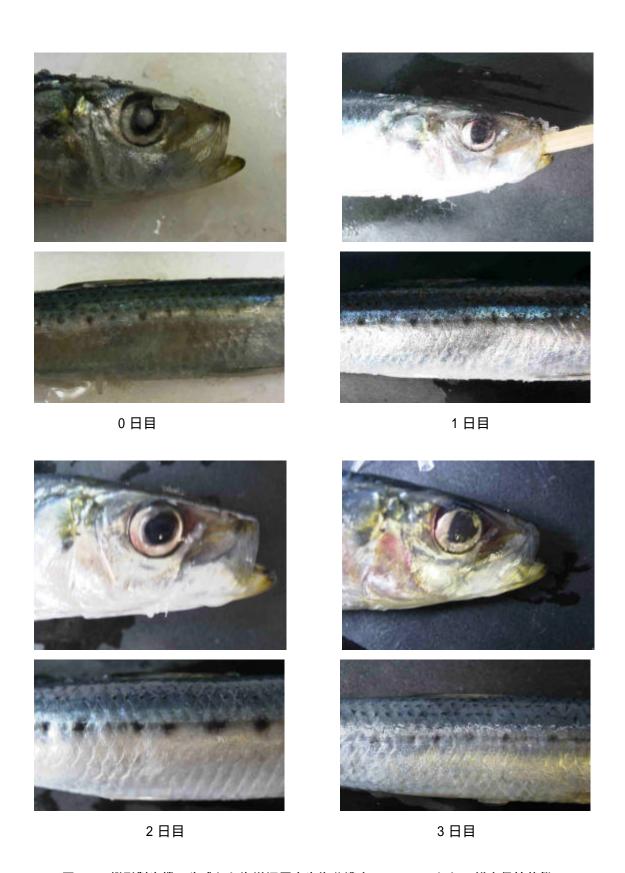


図 26 縦型製氷機で生成した海洋深層水氷塩分濃度 2%でのいわしの鮮度保持状態

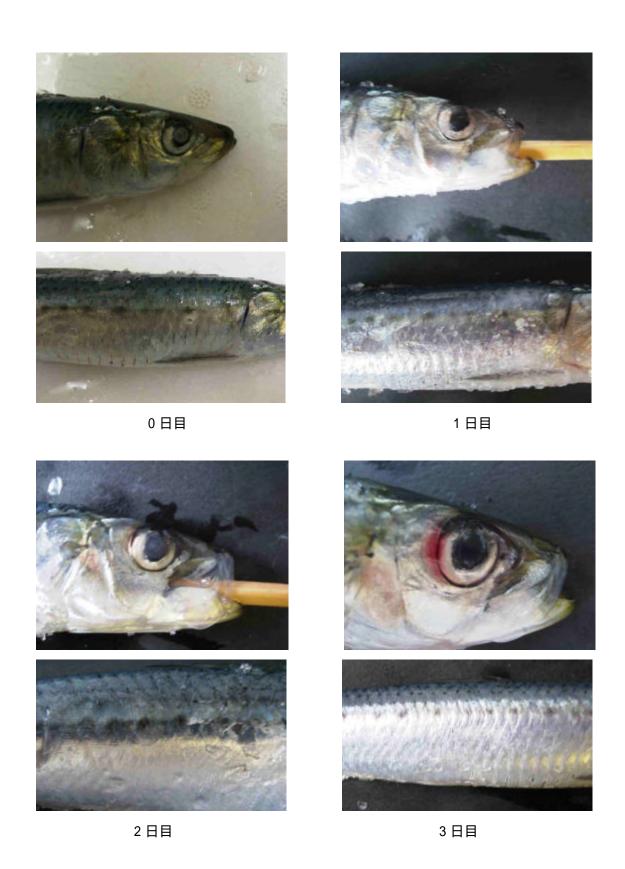


図 27 縦型製氷機で生成した海洋深層水氷塩分濃度 1%でのいわしの鮮度保持状態

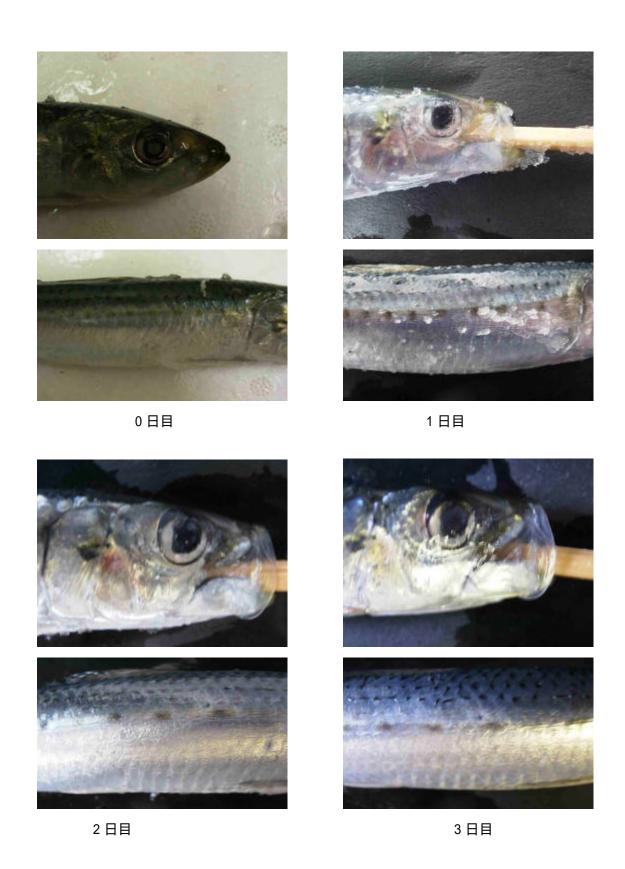


図 28 横型製氷機で生成した海洋深層水氷塩分濃度 3%でのいわしの鮮度保持状態

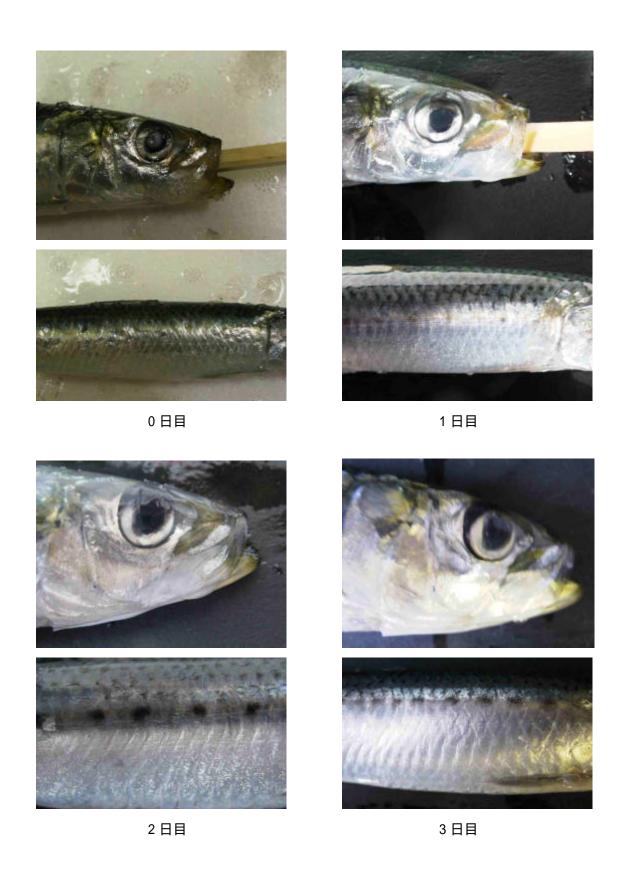


図 29 横型製氷機で生成した海洋深層水氷塩分濃度 2%でのいわしの鮮度保持状態

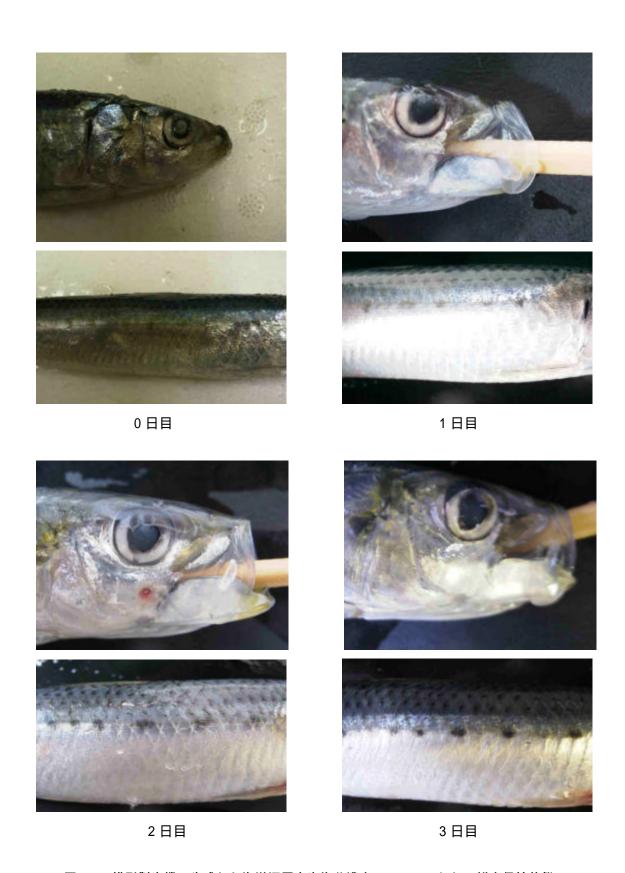


図30 横型製氷機で生成した海洋深層水氷塩分濃度1%でのいわしの鮮度保持状態