

表紙目次別・枚数 34 枚

海洋深層水氷の製造技術の研究
シャーベット氷製造装置研究についてー

平成 13 年 2 月 28 日
知能機械システム工学科 1010191
服部 浩章
指導教授 横川 明

目次

1 緒言	1
2 冷凍サイクルの概要	1
2-1 蒸発過程	2
2-2 圧縮過程	3
2-3 凝縮過程	3
2-4 膨張過程	4
2-5 冷媒の種類	4
3 製氷方法	5
3-1 間接熱交換法	5
3-2 直接熱交換法	6
4 既存装置	6
5 本実験装置	7
5-1 縦型掻き取り式装置	7
5-2 横型円筒内壁攪拌装置	9
5-3 本実験装置での冷凍機の概要	11
6 実験装置の比較	11
6-1 縦型掻き取り式装置	11
6-2 横型円筒内壁攪拌装置	12
6-3 二つの装置の比較	12
7 考察	12
8 結言	12
9 参考文献	12
10 謝辞	13

1. 緒言

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きている。そして、さまざまな氷製造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、塩分を含んだいわゆる海水氷を用いる方がよい。真水氷は融けると真水であるため、時間の経過と共に海水中の塩分濃度が低下し、魚の鮮度が落ちる。そこで、氷に塩分が含まれていれば、氷が融けても塩分濃度の低下を防止することができると考え、海水でシャーベット氷を生成することに着目した。さらに、現在大変注目を集めている海洋深層水は表層水に比べ腐敗菌が少なく、衛生的にも良好な氷ができる。真水氷より優れた低温保持性能を持つので得策である。また、深層水の温度は年間を通じて 8~10℃、表層水は 16~25℃ であり、温度差が大きい。したがって、深層水を製氷する場合、少ない電力量で製氷することができる。さらに、氷をシャーベット氷にすることで、流動性が高くなり、高密度熱輸送が可能になる。また、魚一匹に対する接触面積が大きくなるので、魚を均一かつ急速に冷却できる。この事により、海洋深層水を用いたシャーベット氷は、魚の鮮度保持に適していると思われる。

そこで、既存製氷装置や、製氷法を調べ、海洋深層水シャーベット氷の生成に適しているかを吟味し、実験を行う。現在までは漁に出ているという形であったが、海洋深層水をシャーベット氷に生成する装置をかいはずし、漁船に搭載することで、漁港で真水氷を積む必要がなく、漁に出ることが出来る形にすることを目的として研究を進めた。

2. 冷凍サイクルの概要

蒸気圧冷凍機の装置は、蒸発器(evaporator)、圧縮機(compressor)、凝縮器(condenser)、膨張弁 (expansion valve) の 4 つの装置によって成り立っている。蒸発機内での吸熱作用によって蒸発した冷媒は、圧縮機内で機械的仕事が与えられて高温高压の蒸気になる。これを凝縮器に送って水または空気などで冷却すると、冷媒は凝縮して液体となる。さらに、これを膨張弁に通して蒸発器に送ると、再び蒸発して吸熱作用を行うというサイクルが繰り返し行われている。冷凍機概要を図 1 に示す。

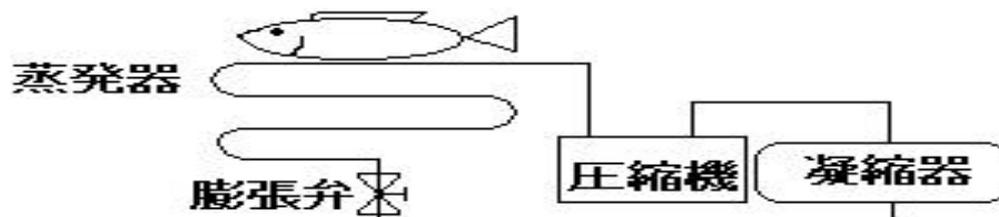


図 1. 冷凍機概要

2-1 蒸発過程

冷媒は液体から気体に変化する。蒸発器（冷媒コイル）の中にある液化冷媒は、周囲より蒸発に必要な熱（潜熱）を奪って連続して蒸発している。そのため蒸発器内は冷媒液と蒸気が共存している。冷媒を十分に低い温度で蒸発させるためには、蒸発器内の圧力を適当に低く保つ必要がある。このため蒸発した冷媒蒸気は圧縮器によって蒸発器より排出される。このとき冷媒は乾き蒸気か、多少過熱された状態になっている。液体から気体への状態変化関係の一例を表1に示す。

表1 蒸発温度と蒸発圧力

蒸発温度 ()	蒸発圧力(ゲージ圧力) [kgf/cm ²]			
	アンモニア	R12	R22	R502
0	3.35	2.11	4.07	4.80
-15	1.38	0.83	2.00	2.53
-30	0.19	65mmHg(真空)	0.65	1.00

1 乾式蒸発器

冷媒は管の中を流れ、入り口ではほとんど液冷媒ですが、出口では全部ガスとなって出る。管内を流れる冷媒ガスの速度で油も一緒に流れ、圧縮機に戻る。フロン蒸発器は銅管を使用し、管内にフィンを持ったチューブを使用することがある。アンモニア蒸発器は鋼管を使用する。

2 満液式蒸発器

満液式蒸発器は蒸発器の中に液冷媒が大量に入っているため、乾式蒸発器に比べて伝熱作用が良好である。満液式蒸発器では冷媒の中に溶けている油を抽出する必要がある。アンモニアの場合、油は蒸発器の下部に溜まるので、油抜き管から油を抽出する。

3 デフロスト

冷蔵庫の中の冷却器〔蒸発器〕のように空気を冷却するもので、蒸発温度が負温の場合は空気中の水分が霜となって冷却管に付着する。霜が付着すると冷凍能力は低下する。霜を除去する事をデフロストと言う。

上記より、実験では満液式蒸発器を使うことにした。

2-2 圧縮過程

冷媒蒸気を液化しやすい高温高压の状態にする。圧縮機には、蒸発機内を一定の低压に保つことと、蒸気を所定の高温高压の状態にして送り出すことの二つの作用がある。圧縮機によって吸い込まれた冷媒蒸気はシリンダで圧縮されて圧力を高め、冷媒水や冷却空気などの自然界の通常の状態温度で液化が可能な状態になる。

2-3 凝縮過程

冷媒は気体（蒸気）から液体になる。冷却は普通大および中容量の冷凍機では水、小容量のものでは空気によって行われる。常温より高い過熱蒸気となっている冷媒は、冷却によりまず飽和蒸気の状態の温度まで下がり、凝縮がはじまり湿り蒸気となり最終的に全体が液体となる。液体となっても冷却され、さらに温度が下がった上で受液器へ入る。このように凝縮器内も蒸発器内と同様に蒸気と液の共存状態になる。凝縮圧力と凝縮温度は一定の関係にある。その一例を表 2 に示す。

表 2 凝縮温度と凝縮圧力

凝縮温度 ()	凝縮圧力(ゲージ圧力) [kgf/cm ²]			
	アンモニア	R12	R22	R502
30	10.86	6.55	11.23	14.04
35	12.73	7.6	12.92	15.93
40	14.22	8.74	14.76	17.99

1 立形シェルアンドチューブ式凝縮器

この凝縮器はアンモニア用に用いられていて、主として冷蔵庫の凝縮器に用いられる。ポンプで水を上部水槽にくみ上げて管内に流し、感概のアンモニアを液化する。液化したアンモニアは下部の取り出し口から取り出して受液器へ入れる。

2 蒸発式凝縮器

下部水槽の水をポンプでくみ上げて冷却管の上から散布し、風はブロワで下から送られる。散布された水は管内を流れる冷媒から熱を奪って蒸発し、空気とともに飛散する。このように水の蒸発潜熱で冷媒を冷やして液化させる凝縮器で、主としてアンモニア用に用いられる。

3 シェルアンドチューブ式凝縮器

この凝縮器は、シェル（鋼板製の円筒）とチューブ（冷却管）からなっている。冷却管内を冷却水が流れ、管外の冷媒を液化される。フルオロカーボンガスは熱の伝わり方がアンモニアに比べて悪く、伝熱面積を増すためにフィンを付けた冷却管を用いる。

4 二重管コンデンサ

主として、水冷のパッケージエアコンに用いられ、内管を冷却水が流れ、外管を冷媒が流れる。冷媒ガスは冷やされて液となり、下部から出ていく。

5 空冷凝縮器

空気で冷媒を冷やして液化させる凝縮器。主にエアコンで用いられる。外気温度が 33 [] とすると、冷媒の凝縮温度は、凝縮温度 = 33 [] + 15 [] したがって、水冷の凝縮器に比べると凝縮温度が高くなり、冷凍能力は低下する。しかし、クーリングタワーの設置や水配管が不要なので、最近のエアコンはほとんどが空冷凝縮器を用いている。コストがかからず、空気を冷やすので使いやすいという利点がある。

上記により、実験では空冷凝縮器を使うことにした。

2-4 膨張過程

冷媒液を蒸発しやすい状態にする。受液器を出た冷媒は膨張弁を通り蒸発器へ入るが、膨張弁入り口側では高圧で、蒸発器側は低圧に保たれているから、熱力学的な“絞り”変化を受け、蒸発しやすい状態まで減圧される。したがって、膨張弁は絞り弁の一種であり、減圧作用と冷媒液流量制御作用の二つの機能を兼ね備えている。なお、小型冷凍機（家庭用冷蔵庫など）では膨張弁の代わりにある長さの毛细管（capillary tube）を用いる。

2-5 冷媒の種類

冷媒は主としてフロン系の冷媒とアンモニアが使われている。

フルオロカーボン冷媒の原子記号

C〔炭素〕+H〔水素〕+Cl〔窒素〕+F〔フッ素〕

分子式が Ca、Hb、CLc、Fd である場合、記号は R-(a-1)(b+1)(d)

CCl₂F₂ R-(1-1)(0+1)(2) = R-12

R は Refrigerant (冷媒) の R をとったもの。冷媒のアンモニア、R-12、R-22 の特性を表 3 に示す。

3. 製氷方法、

氷蓄熱式空調システムで採用されている製氷方式は、できた氷が動かずに、融解時もその場で氷量が小さくなってゆくものを「スタティック型」。できた氷が移動する(移動できる)ものを「ダイナミック型」と呼ぶ。ここで、製氷法一例を表 4 に示す。スタティック型では、海水を容器に入れて間接的に冷却し塊状の氷を作る。塊状の氷をシャーベット氷にする方法として掻き氷法、粉碎法がある。だが、2 つとも経済的ではないと言う点から本研究に適していない。ダイナミック型製氷方式では、全ての方式で氷蓄熱用に開発された専用製氷器を用いるが、氷の形や製氷器自体に様々なものが見られる。もとは、製氷器の表面に氷が付着し、伝熱効率が低下するのを避けるため、できた氷を定期的に取り除くことを主目的に開発されてきた方法であった。しかし、水と氷と一緒に運ぶ事で多量の冷熱を効率よく運べる可能性から、最近注目されている。ダイナミック型には、以下のような形式名(方法)がある。

3-1 間接熱交換法

・ 掻き取り法

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流して、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出来る氷膜を、羽根を持つロッドや、オーガーと呼ばれるスクリューなどの回転体で掻きとる方法。掻き取られた氷はすぐに排出され連続的に氷を製造する事ができる。図 2 に示す。

・ 熱媒剥離法 (ハーベスト法)

冷媒によって冷却された平面状の製氷版を垂直、または傾斜させて設置し、製氷版の上部から海水を流し、製氷板上に氷を連続的に生成させるもの。生成した氷が一定の厚さになったら冷媒を熱媒に換えて、製氷板から剥離させる方法である。図 3 に示す。

・ 過冷却法

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。図 4 に示す。

3-2 直接熱交換法

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。

- ・ 掻き取り法、熱媒剥離法(ハーベスト法)：装置の運転操作が比較的簡単であり、経済性もある。特に重力の作用を活用する海水流下式掻き取り法が海水氷の製造に適していると考えられる。
- ・ 過冷却法：製氷操作のコントロールが複雑になる。
- ・ 直接熱交換法：冷媒が水産物へ混入することによる人体への影響が懸念される。上記の事より、ダイナミック型の掻き取り法による装置で実験を行う事にした。海水流下式掻き取り法による装置を使う。

4. 既存装置

1 特開平 5-256547

発明者、前山 光男 発明名所、海水氷の製造方法及びその装置(図 5)

本発明の海水氷の製造方法は、海水の氷結温度に相対する圧力以下に減圧された製氷タンクの内部に海水を供給して瞬間的に自己凍結させ海水氷を得ることを特徴とし、また好ましい態様としては海水を霧状態で供給することである。

2 特開 2000 - 55408

発明者、今井 正昭 外 2 名 発明名所 シャーベット式製氷方法及びその装置(図 6)

蓄熱槽 3 内から取り出した水を、複数個の過冷却器 1, 2 の各々に並列に送って冷却し、0 以下の過冷却水として取り出し、過冷却の解除によってシャーベット状の氷を生成させ、前記蓄熱槽 3 内へ順次蓄えていくようにしたシャーベット式製氷方法において、システムの自立化、制御の簡素化、装置の小型化、低価格化等を図ると共に、安定した連続高性能製氷能力を図る。

3 特開平 11-32567

発明者、今井 正昭 外 2 名 発明名所 ハーベスト式製氷装置(図 7)

製氷板 2、3 を冷媒の冷凍サイクルを利用して冷却することにより、その表面に氷を付着・成長し、この氷を前記製氷板を温めて剥離・落下するようにしたハーベスト式製氷装置において、前記冷媒の使用量を少なく、且つ、装置の組み立てを簡単化すると共に、

製氷能力のアップを図る。

4 特許公開 2000 - 227237

発明者、木村 修 外 4 名 発明名称 氷蓄熱システム (図 8)

水と、この水より比重の重い非水溶液の冷却媒体である不凍液を 0 以下の温度に冷却し、これを水中に噴射して熱交換を行うことによりシャーベット状の氷又は氷塊を生成する製氷槽 7 を備えた氷蓄熱システムにおいて、比重差によって生じる製氷槽 7 内の各液体界面、または界面近傍に吸込ノズル 15 を設け、この吸込ノズルから水と不凍液の界面又は界面近傍の水と不凍液を吸引して界面または界面近傍に集積、浮遊する不純物及び異物等を浄化処理する液質浄化装置を設けた構成とする。

5 特開平 11-294911

発明者、阿知波 信夫 外 1 名 発明名所 製氷方法 (図 9)

オゾン水 A を製氷機 10 にて冷凍して水・氷混合のフレークアイス B とし、これを急速凍結庫 20 にて冷凍して完全な氷 C とする方法。

5. 本実験装置

5-1 縦型掻き取り式装置



写真 1 散水皿



写真 2 掻き取り刃

まず、水槽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。ポンプの力によって水を吸い上げ、給水管を通り、散水皿(直径 23.0cm)(写真 1)に水が流れ込む。その水は、散水皿の周りにある 6 本の散水管(長さ 10.0cm)で分散されて円筒内壁面に流れる。散水皿と氷を掻き取り刃(縦 9.5cm 横 22.5cm 奥行き 2.0cm)(写真 2)はシャフトでつながっており、モーターでシャフトを回すと同一軸上で回転します。これによって、円筒

内壁面にまんべんなく薄い水の膜を作る事ができる。

円筒外壁部には管が設けられており、その管内に冷媒を流すことによって円筒内壁面の温度を下げる事ができます。海水は円筒内壁面を流下する途中で凍結し、氷となります。生成した海水氷を掻き取り刃で掻き取り、氷はそのまま落下し、下に置いたバケツに溜まる。縦型掻き取り式の概略図を図 10 に示す。

・装置で発生した問題点

- 1、水槽の容積が 2 リットルであるため、海水氷が出来始めるとすぐに海水を追加しなければならぬ。
- 2、水管を通り、散水皿に水が溜まり、散水管を通過して円筒内壁に水がかかるのだが、散水管と円筒内壁との距離があるために、水の勢いがなくなると内壁にかからずそのまま下に水が流れてしまう。
- 3、内壁面にある程度海水氷が出来上がると羽板板によって掻き取られず、羽板版と一緒に回りだしてしまう。
- 4、水槽にある水温計が読みずらく、ガス圧の温度計と実際の内壁温度とが違うため、詳しいデータが取れない。
- 5、2 t 生成用の製氷板に、3 馬力(1 t 生成用)たらずの冷凍機を付けているので、円筒内壁面の温度を下げるのに限界が生じる。冷凍機の概略図を図 11.1 ~ 図 11.3 に示す。
- 6、掻き取られた海水氷は、そのまま落下して溜まるようになっているが、海水氷の落下位置が決まっていないので、集めるのが大変である。
- 7、氷を作る装置なので、外気による影響を最小限にしたい。

・問題に対する解決方法

- 1、水槽自体を作り変え、容積 50 リットル入る水槽にした。写真 3 に示す
- 2、散水管の先にゴムのチューブを取り付け、円筒内壁面に接触するようにした。写真 4 に示す。
- 3、この現象は海水氷が、円筒内壁面に凍りつく前に掻き取り刃で掻き取るので起こると考えられる。塩分が含まれると、真水に比べ凍結に時間がかかる。そこで、流量を少なくするため、給水管の途中に蛇口を取り付け、水の量を調節できるようにした。写真 5 に示す。
- 4、円筒内壁面の温度が測れる温度計を設置。水槽内の温度計も測定しやすい物に替えた。

写真 6 に示す。

5、2 t 生成用の製氷板に 10 馬力(3 t 生成用)の冷凍機を付けたコンプレッサユニット概略
図を図 12.1 図 12.2 にコンデンサユニットを図 13.1 図 13.2 に示す。

6、装置の下にロートを設置した。滑りやすいようにビニール製の物を作った。

写真 7 に示す。

7、装置の足の部分にあたる所に、壁を取り付け、下から入る外気の進入を防ぎ、円筒
内壁の温度変化を最小限にした。写真 7 に示す。

改良した縦型掻き取り式装置の写真を写真 8 に、概略図を図 14 に示す。

5-2 横型円筒内壁攪拌装置



写真 9 横型円筒内壁攪拌装置

高さ 120.0cm 幅 60.0cm 奥行き 66.5cm

円筒内直径 24.0cm 奥行き 44.0cm



写真 10 給水口



写真 11 リボンスクリュー -



写真 12 掻き取る刃

横型円筒内壁攪拌装置の写真を写真 9 に示す。最初に、給水口（写真 10）から海水を入れる。冷媒を流すスイッチを入れ、リボンスクリュー(写真 11)（縦 9.5cm 横 22.5cm 奥行き 2.0cm）を回転させる。円筒内壁面に海水氷が凍り付かないように掻き取る刃(写真 12)（縦 21.0cm 横 3.2cm 厚さ約 1.0cm）が常に回転している。シャーベット氷を生成している間、投入口からシャーベット氷の状態を見る。生成されるシャーベット氷は、海水の塩分濃度によって時間が異なる。シャーベット氷が生成され、コックを上に出るとリボンスクリューによってシャーベット氷が押し出される。リボンスクリューは半時計回りに回転する。刃は、スプリングの力によって常に内壁面に接触するようになっている。図 15 で示す。横型円筒内壁攪拌装置内の概略図を図の 16 に、海水の動きを図 17 で示す。横型円筒内壁攪拌装置の冷凍機は縦型掻き取り式装置の冷凍機を使用した。



図 15 刃の構造

横型円筒内壁攪拌装置の問題点

- 1 連続的にシャーベット氷を生成することができない。
- 2 塩分が無い水での氷の生成ができない。(解決は不可能)

解決方法

- 1 装置を大きくする事で、連続的に氷が生成できる。

5-3 本実験装置での冷凍機の概要

蒸発機に低温低圧の状態に入った冷媒は、蒸発機内で液体から気体に変化する。低温低圧ガスの状態で蒸発器を出て、アキュムレータに入る。ここでは、熱交換が悪く、液体の状態で返ってきた場合に再度ここで気体にする。冷凍装置は負荷が変動する。急に負荷が増加したとき、蒸発器内の冷媒は沸騰が激しくなり、液冷媒が圧縮機に戻る事がある。すると、液圧縮を起こし、圧縮機が破損してしまう。これを防ぐために液を分離し、ガスのみを圧縮機に送る。送られた冷媒ガスは、圧縮機で液化しやすい高温高圧の状態になる。凝縮機に入ると冷媒は空気で冷やされ液体になる。低温高圧の液体の状態でレシーバ・タンクに入る。凝縮した冷媒液を一時的にためる。ここでも負荷の変動があった場合、冷媒量の変化を調節できる。高温高圧の液体は、ドライヤに入る。中にあるシリカゲルが冷媒中の水分を吸収する。冷媒中に水分があると酸ができ、金属が腐食してしまうからである。電磁弁を通り、膨張弁に入る。冷媒液を蒸発しやすい状態まで減圧させる。そしてまた蒸発器へ入る。冷媒の流れ、冷凍機の概要を図 18 に示す。

6. 実験装置の比較

6-1 縦型掻き取り式装置

冷却された製氷板に海水を流下させて、その間凍結した海水氷を掻き取り刃で掻き取る。海水は、真水に比べ氷点が低いため、氷になるまで時間がかかる。海水が凍りつく前に掻き取られるため、掻き取り刃と氷と一緒に円筒内を回ってしまう現象が起きた。これは、流量を少なくする事で解決できた。しかし、生成量が少なくなった。海水を流下させ氷を生成するので、凍りつく海水氷の厚さは均一ではない。連続的にシャーベット氷はできるが、流動性が悪い。

6-2 横型円筒内壁攪拌装置

円筒内に海水を入れ攪拌させながらシャーベット氷を生成させる。攪拌させながら生成するため、一回の生成量が決まってくる。連続的に生成する事が出来ない。しかし、装置を大きくし、改良する事によって可能となる。円筒内の海水が完全にシャーベット氷になる前に取り出すと、シャーベット氷の塩分濃度が高くなってしまう。生成されたシャーベット氷は、粒径が細かく、流動性が良い。しかし、一回生成するたびに時間がかかる。

6-3 二つの装置の比較

表 5 に示す。

7. 考察

蒸気圧冷凍機の装置は、蒸発器、圧縮機、凝縮器、膨張弁の 4 つの装置によって成り立っている。圧縮機は冷凍装置という機能を果たすために必要な二つの圧力レベルを作るためのものであった。蒸発器の役目は、冷凍装置の中の熱を吸収するための装置である。凝縮器の役目は、冷凍装置から熱を放出するための装置である。冷媒を調節するレシーバタンク、アキュムレータは冷媒の流れを制御するための装置である。受液器は、冷媒を溜めるために使用され、ある装置においては必ずしも必要なものではない。氷蓄熱式空調システムで採用されている製氷方式は、「スタティック型」と「ダイナミック型」がある。もとは、製氷器の表面に氷が付着し、伝熱効率が低下するのを避けるため、できた氷を定期的に取り除くことを主目的に開発されてきた方法であったが、多量の冷熱を効率よく運べる可能性から、最近注目され様々な冷凍機に使われるようになった。その[ダイナミック型]の掻き取り方式を用いて、海洋深層水でシャーベット氷を製造した。縦型掻き取り式装置と、横型円筒内壁攪拌装置で実験を行った。両装置ともにシャーベット氷を生成する事が出来た。だが、両装置とも改良の余地がある。

8. 結言

実験を行った結果、掻き取り方式は操作性が簡単で、シャーベット氷を生成出来ることが分かった。実験で使用した縦型掻き取り式装置と、横型円筒内壁攪拌装置は、魚の鮮度保持に優れたシャーベット氷を生成する装置としては、まだ改良の余地があることも分かった。

9. 参考文献

[1] 関信弘、福迫尚一郎、稲葉英男、坂爪伸二、相場眞也、斉藤図、山田悦郎：森北出版株

式会社、冷凍空調工学（1990年11月30日 第1版第1刷発行）

[2] 高橋徹：パワー社、冷凍の基礎技術、（1985年11月10日第1版第1刷発行）

[3] 九曜英雄：海洋深層水氷、海洋 Vol.22(2000)、pp.101-105

[4] 稲葉英男：氷蓄熱の伝熱・流動現象についての総論、冷凍 第73巻第844号 pp.6-7

[5] 川島実：氷蓄熱システムの製氷技術、冷凍 第73巻第844号 pp.17-21

10. 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下さった、高知工科大学
知能機械システム工学科横川明教授、実験指導及び研究室を提供して下さった、(株)ナ
ンカイ冷熱設備 代表取締役 大前信男氏、また、実験用の魚を提供して下さった高知県
安田漁港の皆様に深く感謝いたします。

表 3 冷媒の特性

冷媒の名称	アンモニア	R - 12	R - 22
化学記号	NH ₃	CCl ₂ F ₂	CHClF ₂
分子量	17.03	120.9	86.48
沸騰点（大気圧における）[℃]	-33.3	-29.8	-40.8
凝固点（大気圧における）[℃]	-77.7	-158.2	-160
臨界温度[℃]	113	111.5	96
臨界圧力[kg/cm ² ・abs]	116.5	40.92	50.34
-15[℃]における蒸発圧力[kg/cm ² ・abs]	2.41	1.863	3.025
30[℃]における凝縮圧力[kg/cm ² ・abs]	11.895	7.592	12.269
凝縮温度 30[℃] 蒸発温度 -15[℃]の圧力比	4.94	4.075	4.056
標準冷凍サイクルにおける冷凍力[kj/kg]	1126	128.3	168.1
日本冷凍能力 1 トンに対する冷媒循環量[kg/h]	12.34	112.27	82.67
-15[℃]における飽和蒸気の比体積[m ³ /kg]	0.5087	0.0927	0.0778
25[℃]における飽和液の比体積[l/kg]	1.6588	0.764	0.8384
25[℃]における飽和液の比重[kg/l]	0.60	1.31	1.19
圧縮機吐き出し口の温度[℃]	98	37.78	55.00
日本冷凍能力 1 トンに対する理論ピストン押しのけ量[m ³ /h]	6.278	10.408	6.420
日本冷凍能力 1 トンに対する理論図示馬力	1.08	1.055	1.064
成績係数	4.87	4.90	4.87
ペーハー（水素イオン濃度）	強アルカリ	中性	中性
使用温度範囲	中・低	高・中・低	高・中・低・超低
使用圧縮機の範囲	往復式・吸収式	往復式・回転式	往復式
用途	製氷・冷蔵	冷房・冷蔵・船舶ほか	冷房・冷媒
比熱比（30[℃] 1 気圧）	1.31	1.136	1.184

表 4 製氷方の一例

分類	氷形状	型式名	製氷位置	製氷器材質	その他の特徴
スタティック型	透明固着氷	アイスオンコイル型	槽内管外表面	鋼製コイル	<ul style="list-style-type: none"> ・ コイルタンクユニット/槽内設置コイルユニット ・ 直膨/ブライン冷却 ・ 内融/外融
				銅製コイル	<ul style="list-style-type: none"> ・ 直膨/ブライン冷却 ・ 内融/外融
				(架橋)ポリエチレン製チューブ	<ul style="list-style-type: none"> ・ ブライン冷却 ・ 内融/外融
				ヒートパイプ	<ul style="list-style-type: none"> ・ ヒートパイプ冷却
	透明固着氷	管内製氷型	槽内管表面	鋼製パイプ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 直膨/ブライン冷却 ・ 外融
	透明/不透明氷	カプセル型	槽内カプセル	ポリエチレン製コンテナ/チューブ	<ul style="list-style-type: none"> ・ ブライン冷却 ・ 外融
ダイナミック型	小片氷	ハーベスト型	製氷機 プレート表面	ステンレス製プレート	<ul style="list-style-type: none"> ・ 脱氷モードあり ・ 通常水 ・ 砕氷機
	円柱/キューブ氷	キューブアイス型	製氷機管内 製氷容器内	鋼製コイル	<ul style="list-style-type: none"> ・ 脱氷モードあり ・ 通常水
	スラリー状氷	掻き取り型	製氷機	鋼製	<ul style="list-style-type: none"> ・ 回転掻き取り機構 ・ 通常水/特殊溶液
			過冷却型	過冷却解除板	
		膜液流下型	製氷機 プレート表面	ステンレス製プレート	<ul style="list-style-type: none"> ・ 特殊溶液
			製氷コイル内 壁	ステンレス製チューブ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 特殊溶液
		吐き出し型	製氷コイル内	鋼製	<ul style="list-style-type: none"> ・ 特殊溶液
		槽内直接吹き込み型	製氷タンク	鋼製	<ul style="list-style-type: none"> ・ 密閉タンク
	槽内滴下型	蓄熱タンク		<ul style="list-style-type: none"> ・ 特殊不凍液 	

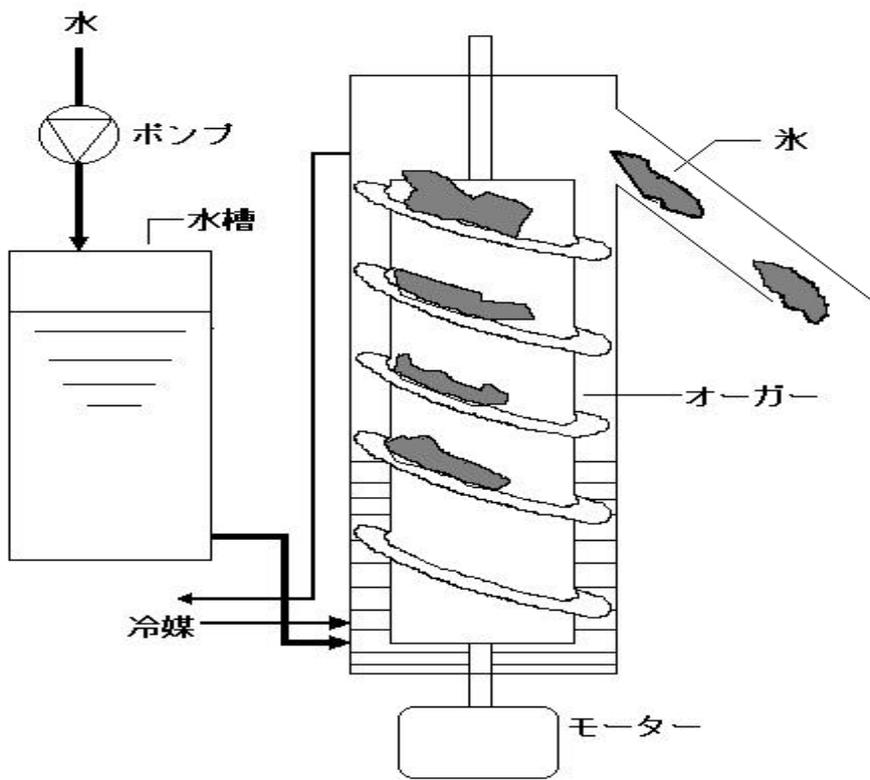


図2 揺き取り法

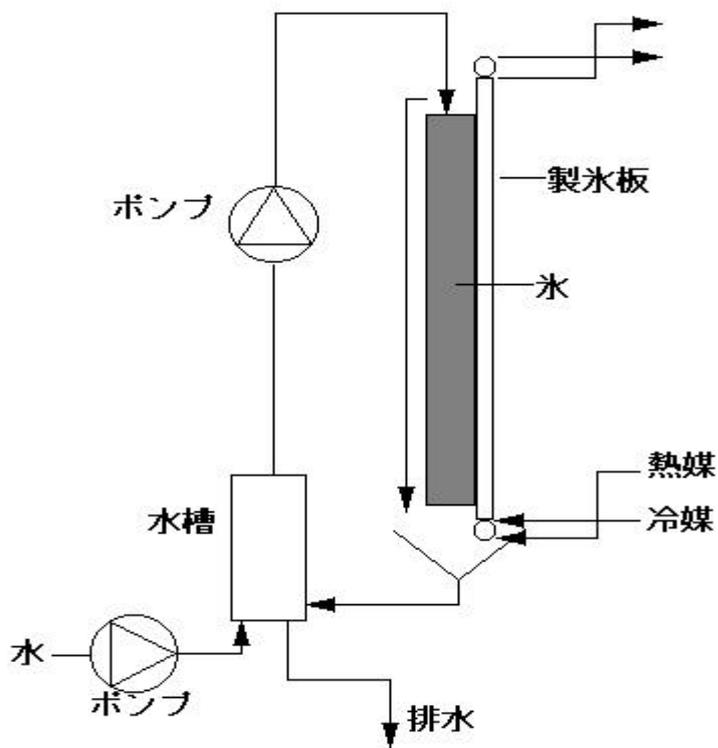


図3 熱媒剥離法 (ハーベスト法)

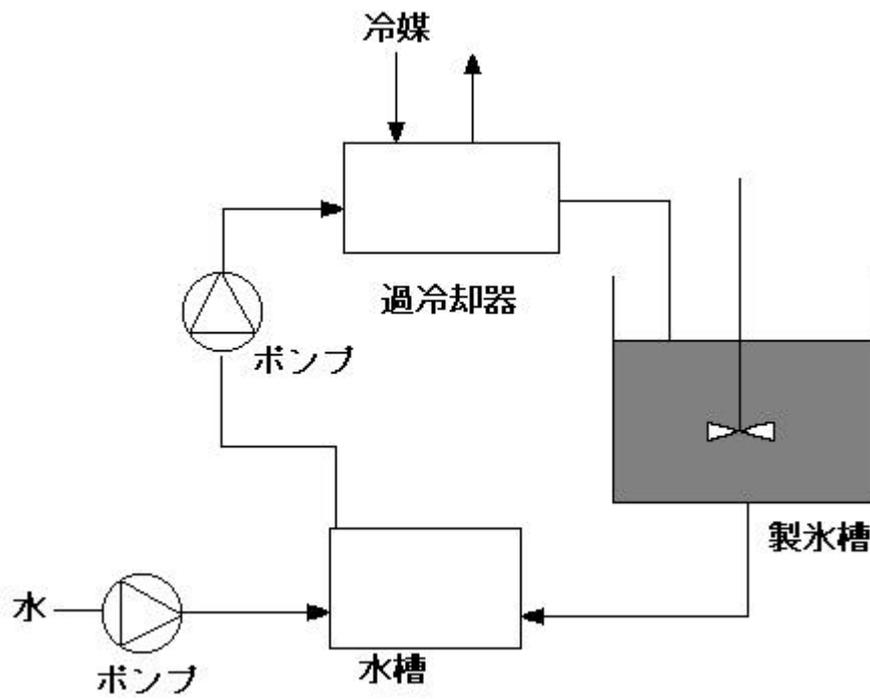


図4 過冷却法

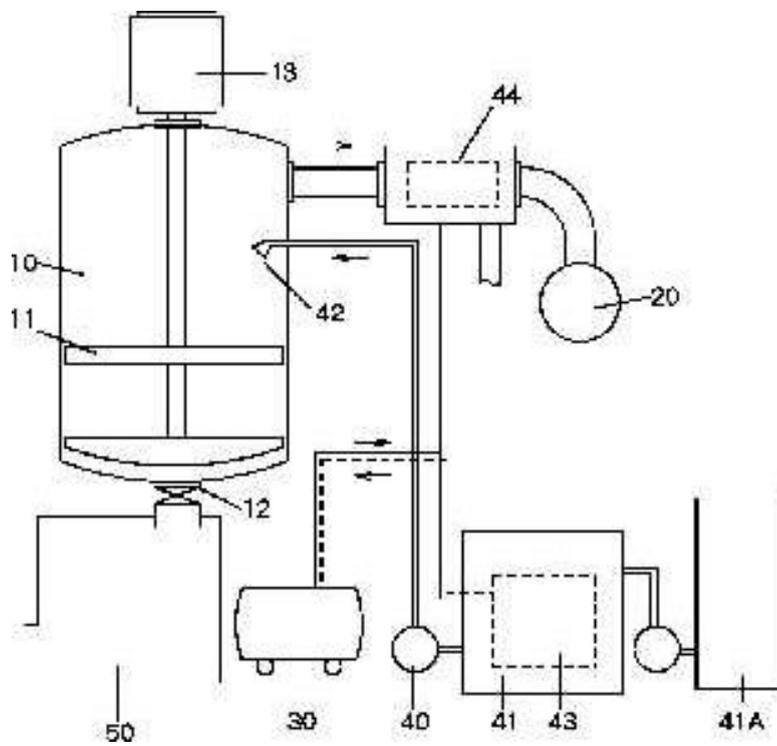


図5 海水氷の製造方法及びその装置

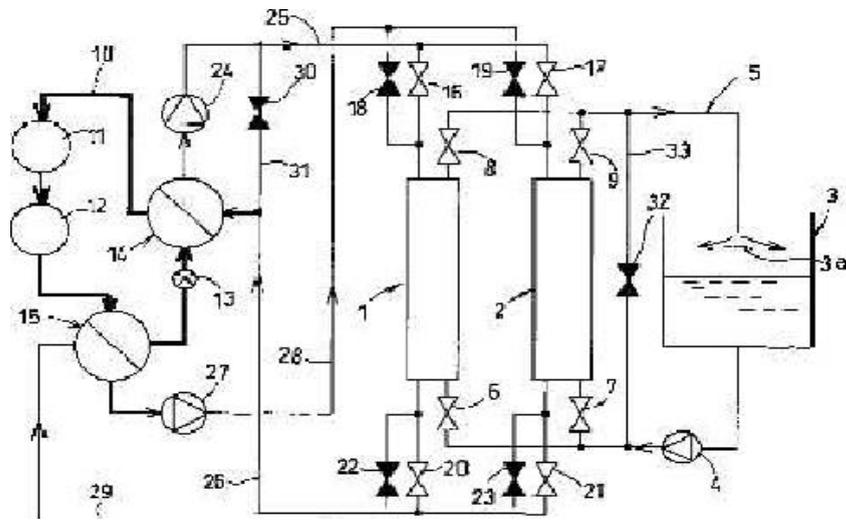


図6 シャーベット式製氷方法及びその装置

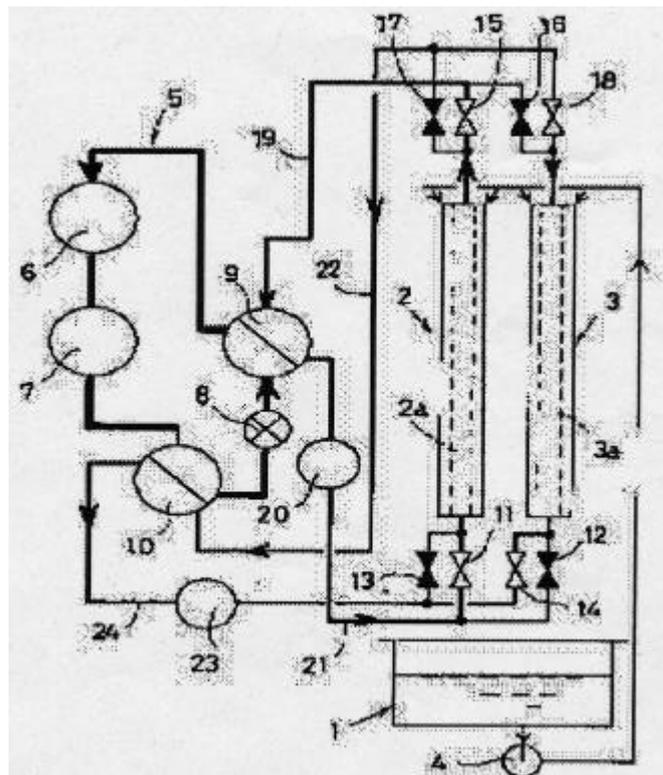


図7 ハーベスト式製氷装置

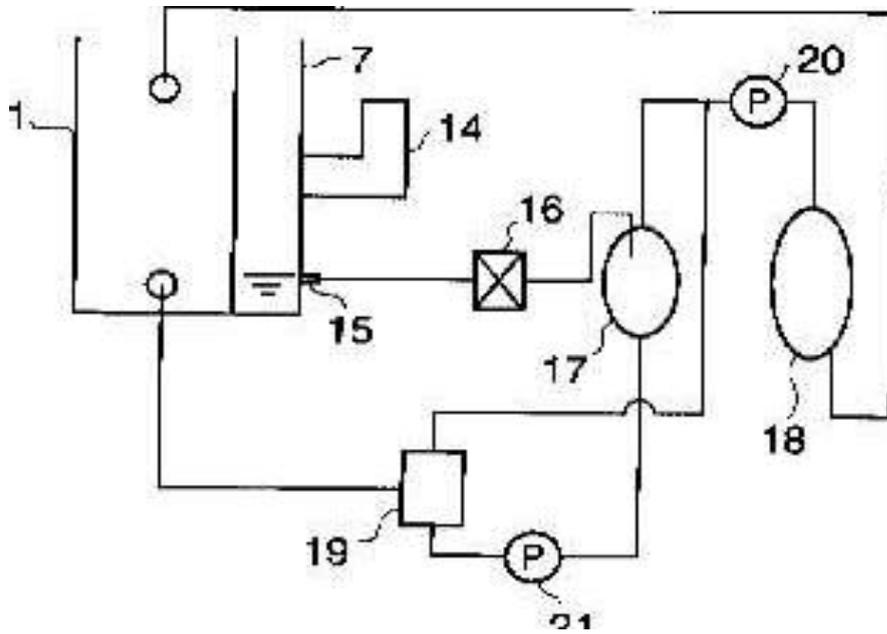


図 8 氷蓄熱システム

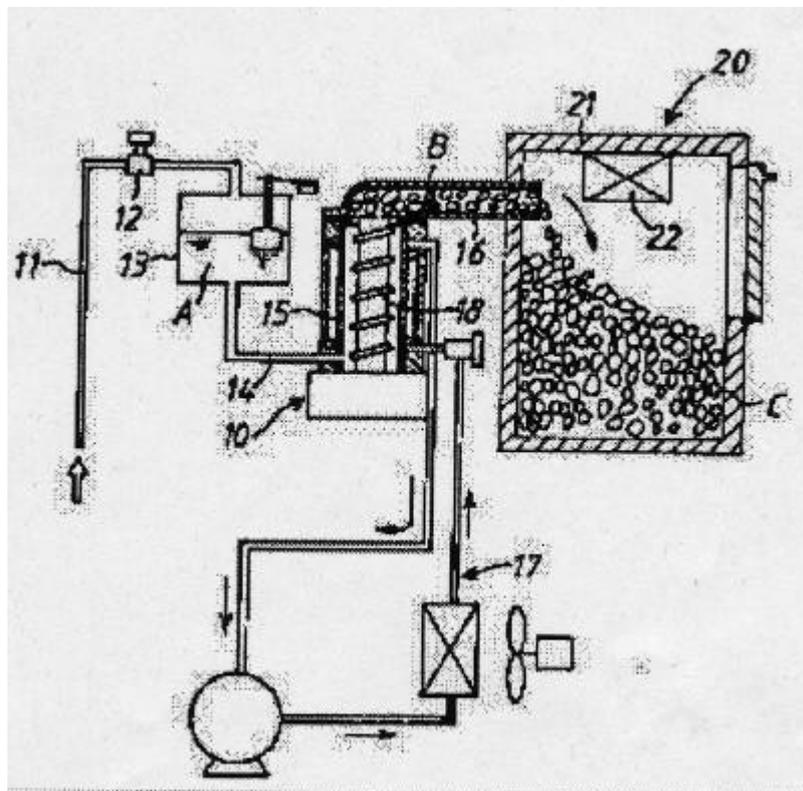
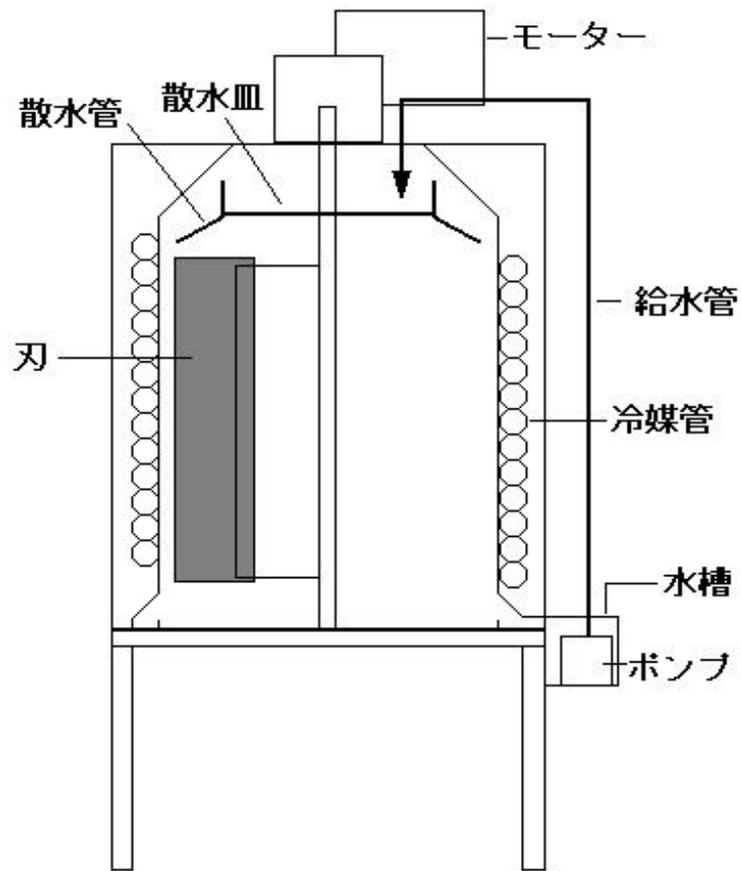
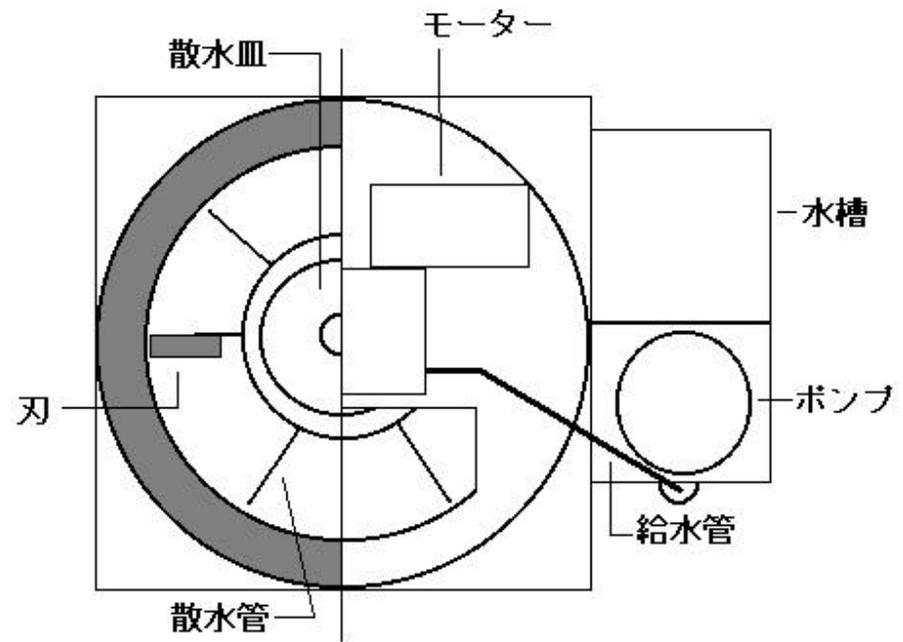


図 9 製氷方法



改良前の側面図



装置の上面図

図 10 縦型掻き取り式装置概略図

型式		UF-30		
使用蒸発温度範囲()		-5 ~ -40		
圧縮機	出力 (kW)	2.2		
冷凍能力 kW AT32	ET	-5	-20	-40
	60Hz	6.16	3.49	1.18
前負荷電流(A)		11		

図 11.1 冷凍機

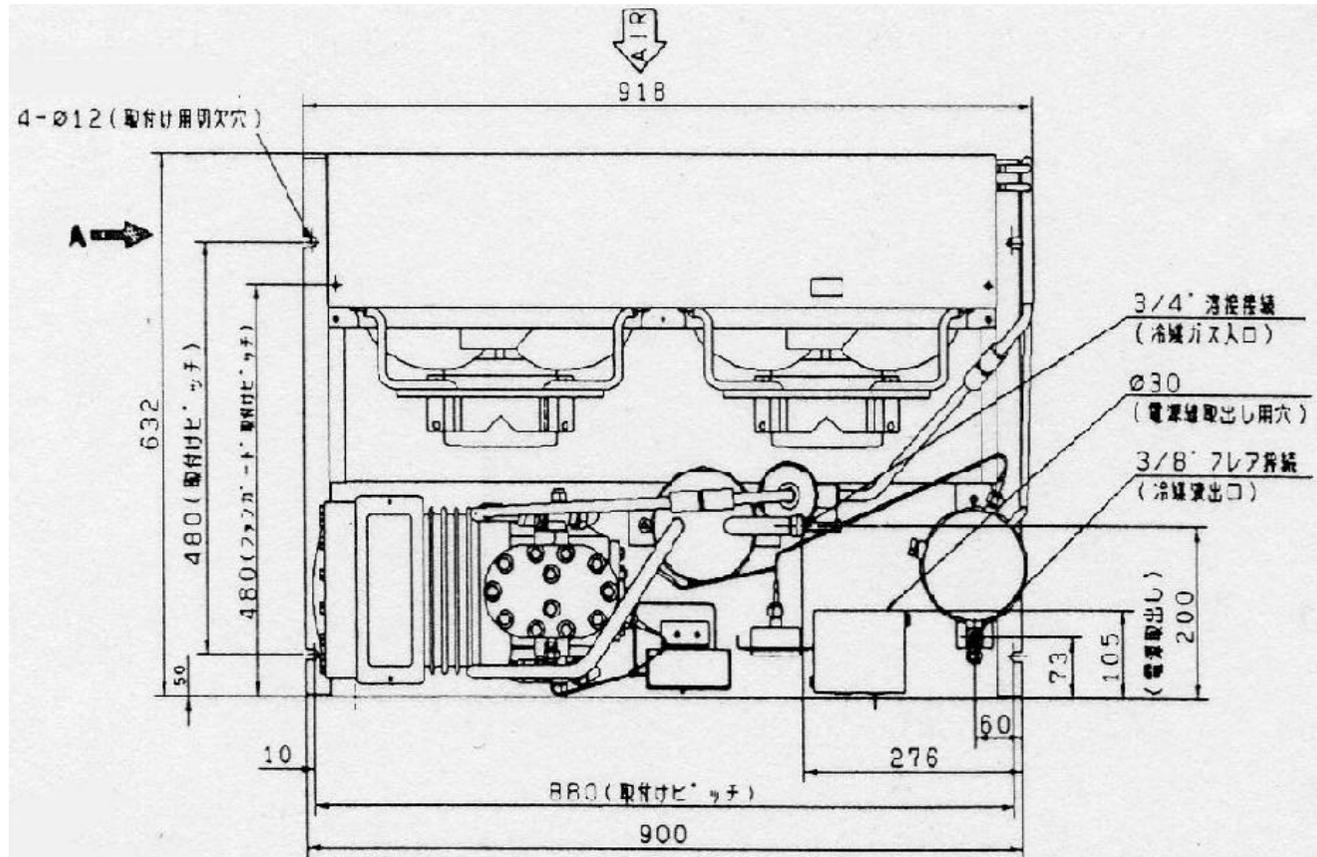


図 11.2 冷凍機の上面図

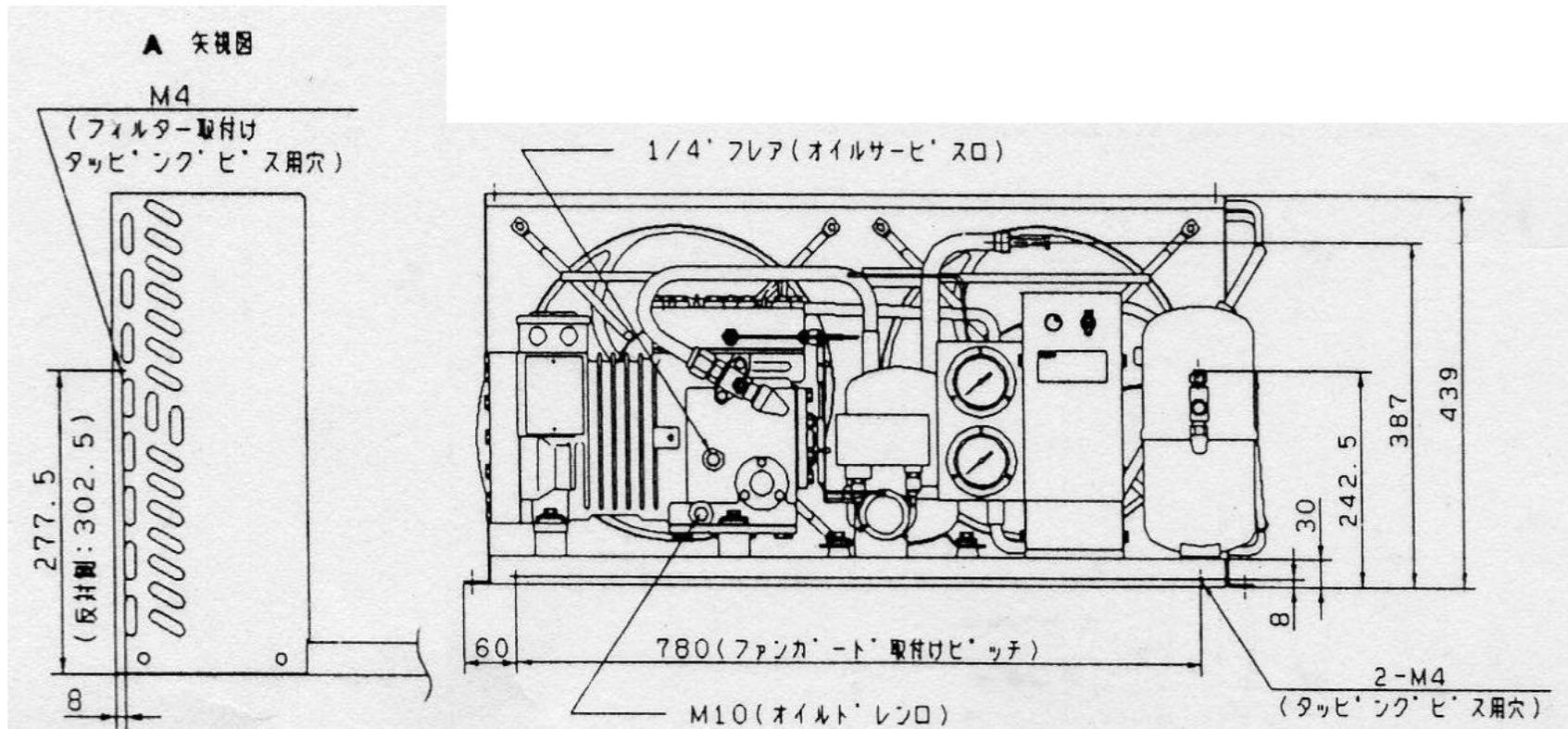


図 11.3 冷凍機の正面図



写真3 水槽

高さ 65.0cm 幅 25.0cm 奥行き 64.0cm

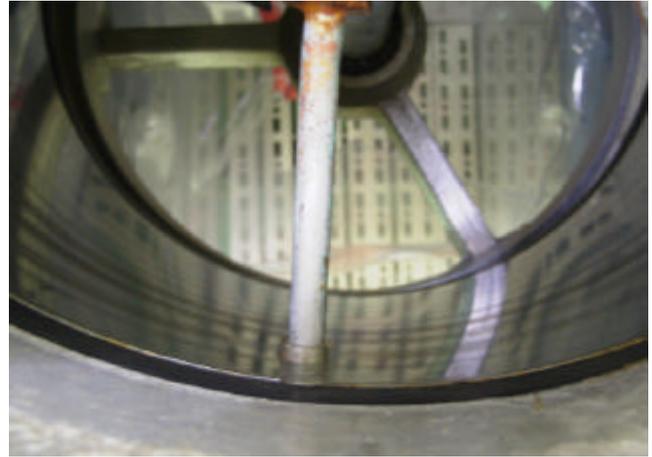


写真4 ゴムチューブ



写真5 蛇口

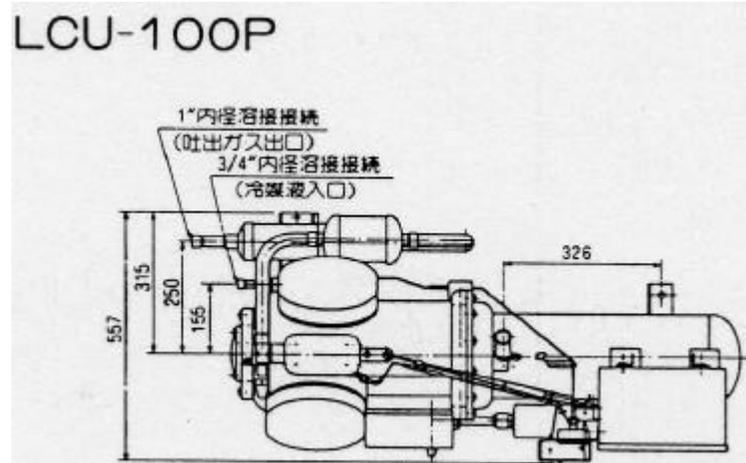


写真6 温度計

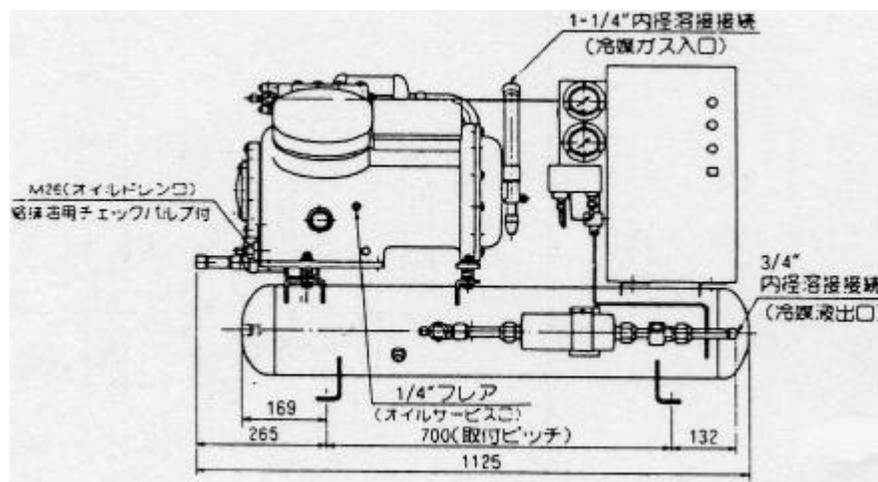
コンプレッサユニット

型式		LCU-100P		
使用蒸発温度範囲 ()		-5 ~ -20		
圧縮機	出力 (kW)	7.5		
冷凍能力 kW AT32	ET	-5	-15	-20
	60Hz	26.5	17.4	1401
全負荷電流 (A)		40		

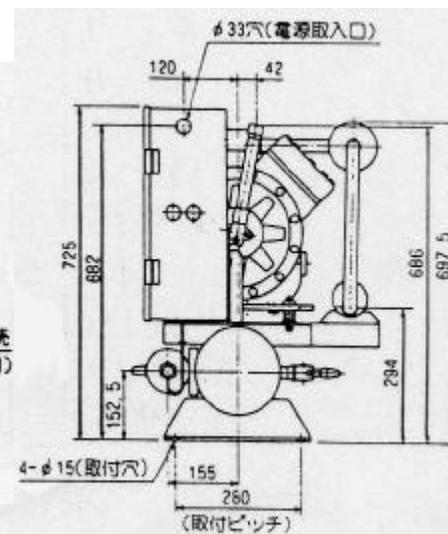
図 12.1 コンプレッサユニット



上部



正面図



側面図

図 12.2 コンプレッサユニット

コンデンサユニット

型式		MCF-104NU<SL>
凝縮器形式		スリットフィンチューブ
冷却方式	出力(W)	150 × 2
	ファン径	500 × 2

図 13.1 コンデンサユニット

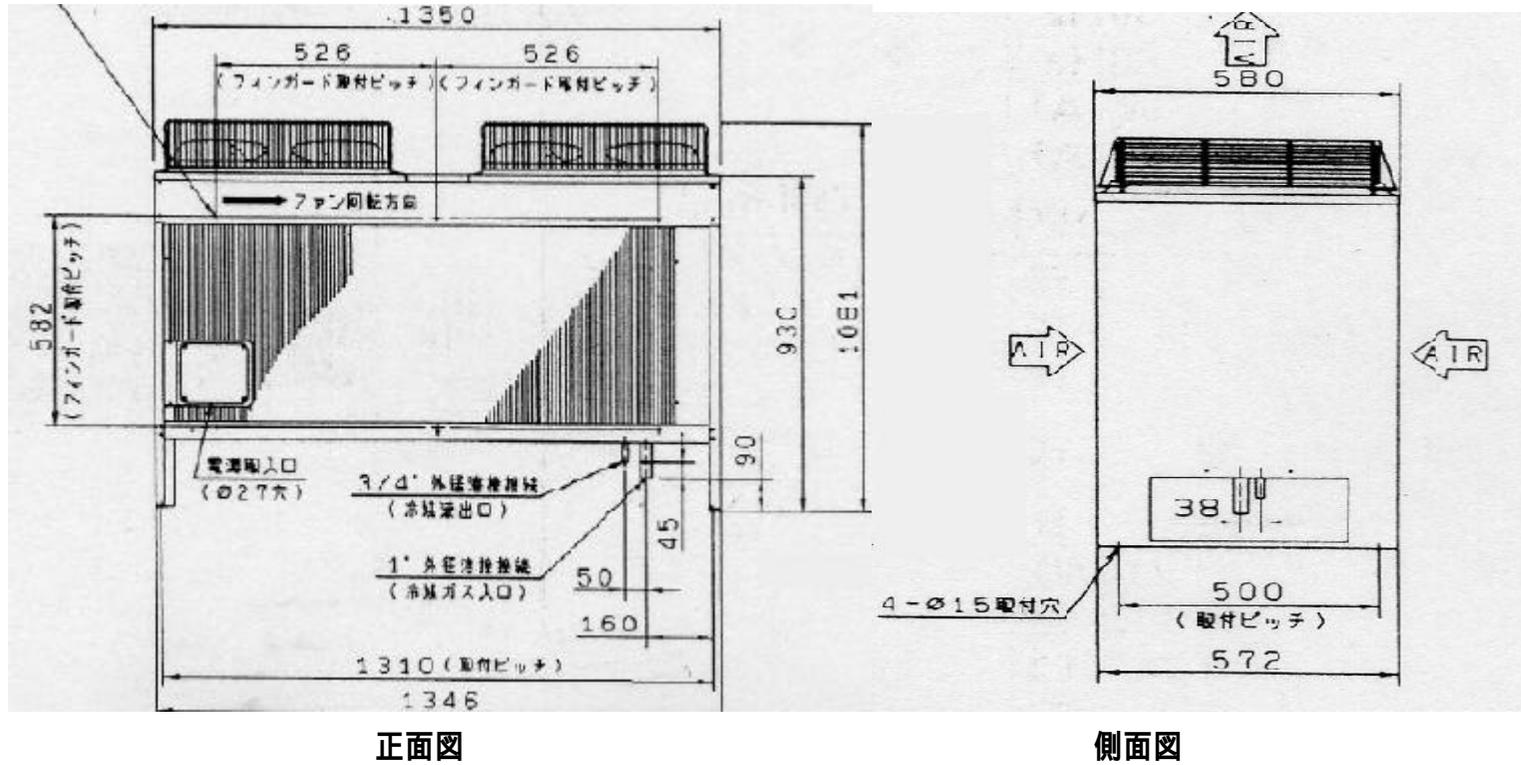
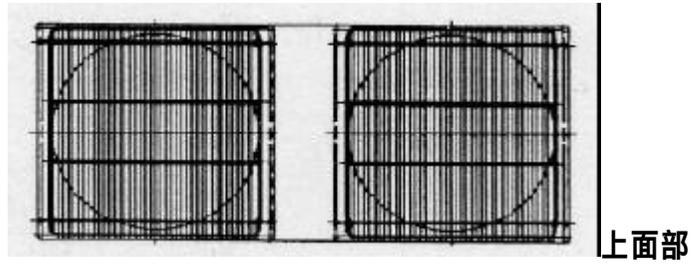


図 13.2 コンデンサユニット



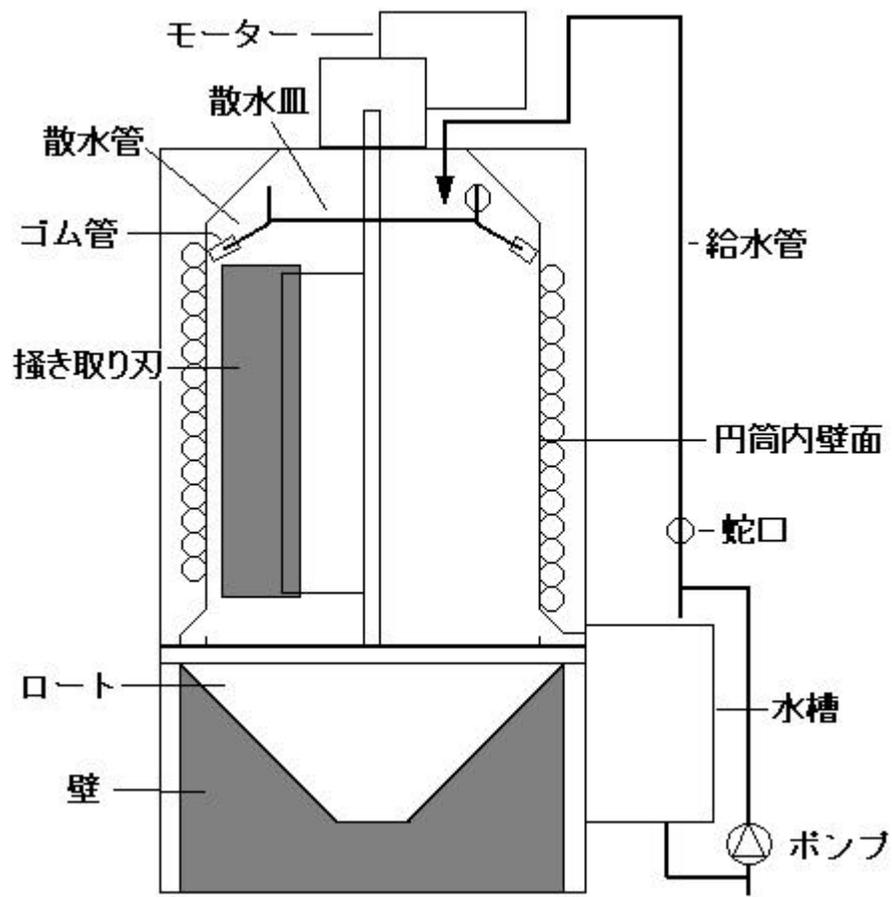
写真7 ロート・壁

装置下部 高さ 92.0cm 幅 64.0cm 奥行き 64.0cm

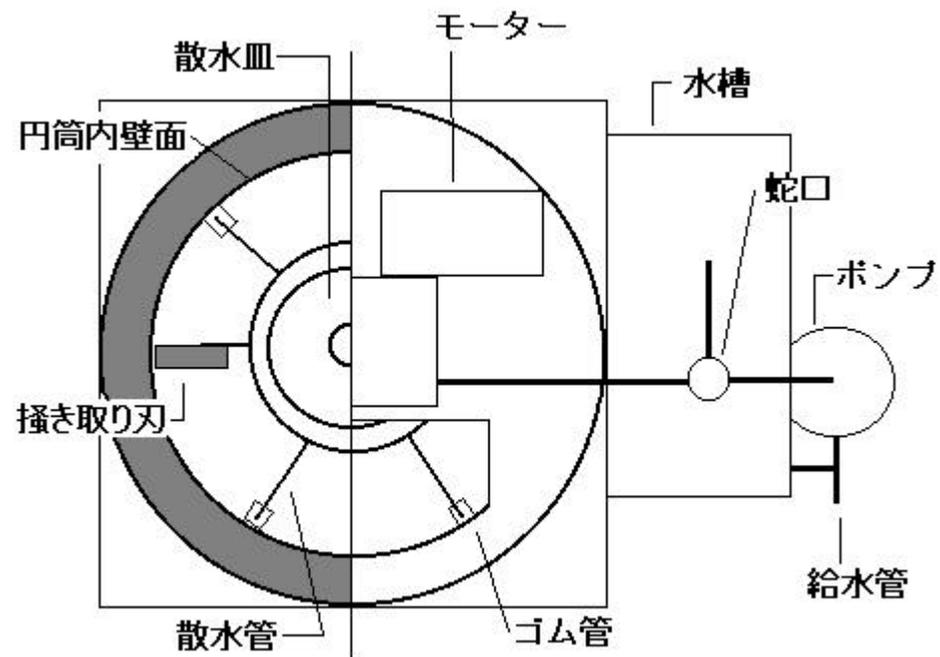


写真8 縦型掻き取り式装置

円筒部分 高さ 67.0cm 直径 64.0cm



側面図



上面図

図 14 縦型掻き取り式装置概略図

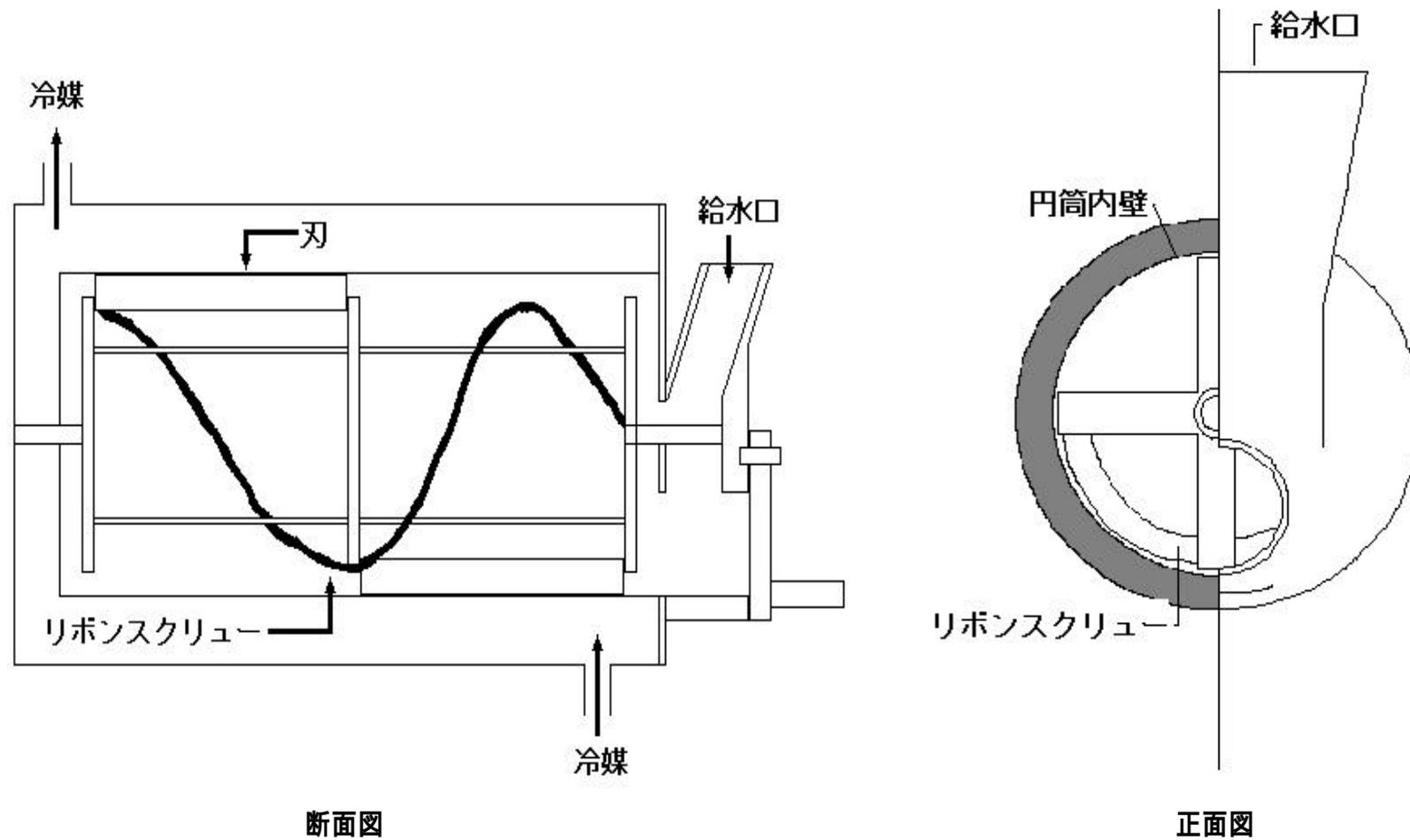


図 16 横型円筒内壁攪拌装置の概略

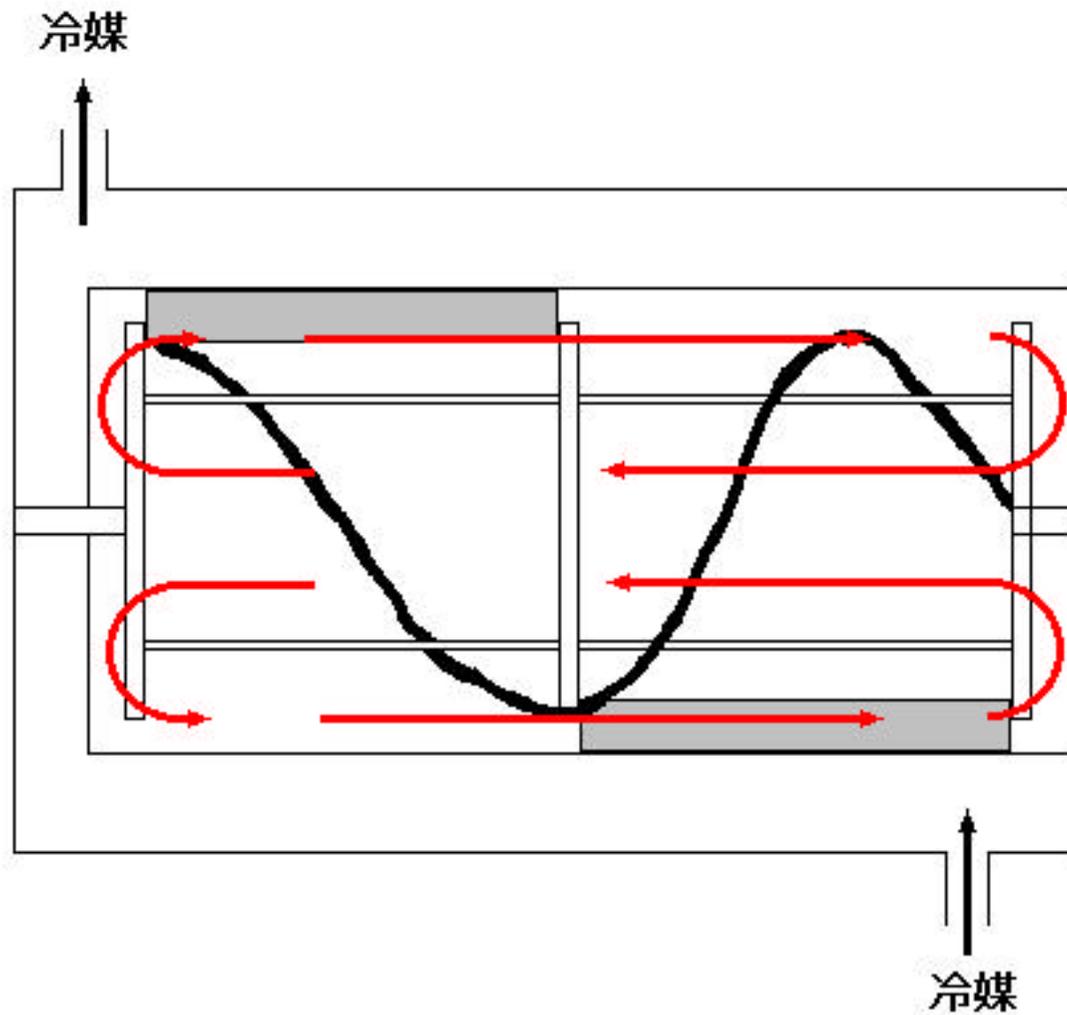
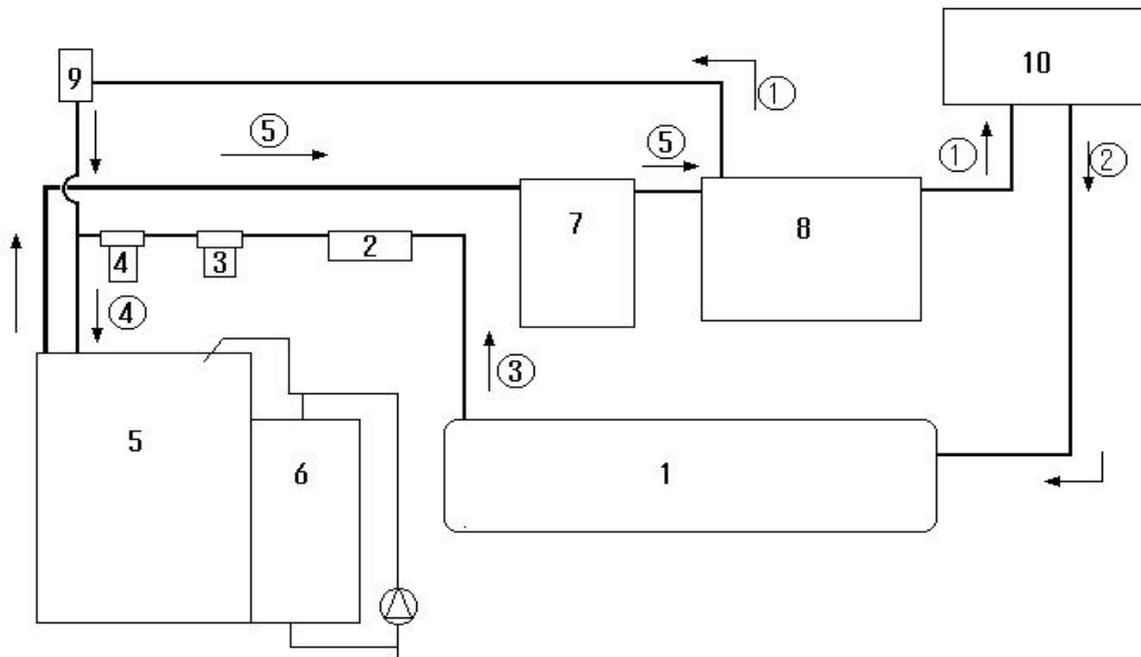


図 17 横型円筒内壁攪拌装置内の海水の動き



1. レシーバ・タンク(ガス R - 22 フロン)
2. 乾燥剤(ドライヤ)
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)
5. 装置 (蒸発器)
6. 実験対象の水を入れる水槽。
7. アキュムレータ
8. 圧縮機
9. 高温高压ガスを高温低压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

高温高压ガス

低温高压の液体

高温高压の液体

低温低压の液体 (装置の中で になる)

低温低压ガス

図 18 冷媒の流れ、冷凍機の概要

表 5 二つの装置の比較

	縦型掻き取り方装置	横型円筒内壁攪拌装置
氷の生成法	製氷板に海水を流下させ、その間に凍結した氷を掻き取り刃で掻き取る。	リボンスクリューによる攪拌。
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パラパラしている。塩分が含まれるとそれより少し柔らかくなる。横型円筒内壁攪拌装置に比べ、流動性は低い。	真水で生成すると、塩分が無い ため、氷が硬くなりシャーベット氷を製造できない。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。流動性が高い。
シャーベット氷の生成量	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。	海水 12L 分しか、シャーベット氷にする事ができない。一回生成するたびに時間がかかる。
連続性	生成量は少ないが、可能。	今は不可能。だが、装置を大きくし、改良する事によって、可能になる。
コスト	熱倍剥離法、過冷却法、直接熱交換法に比べ、最も経済的であると考えられる。	現時点では、縦型掻き取り法より経済的であるか分からない。
今後の改良点	・製氷板に海水を流下させるのではなく、吹き付ける様に海水を製氷板に流すと、凍りつく時間の短縮でき、氷の厚さが均一でなく、粒径が粗いという問題解決になるのではないか。	<ul style="list-style-type: none"> ・装置を大きくし、海水の量が増え、シャーベット氷生成時間が変わってくるため、より細かいデータが必要。 ・装置を大きくせずに連続的にシャーベット氷を生成できる方法を考える必要がある。