

船舶内における冷凍室の位置

船舶の冷房 及び冷凍設備

田 宮 眞

冷房設備

板子一枚下は地獄と恐れられた船の旅が、造船技術の進歩とともに漸次安全となり、現代では旅行のうちでももつともゆつたりと楽しいものとなつた。これは船が交通機関中最大であり、その乗船期間の長い（せつかな人には有難くないかもしれないが）ことと相俟つて、船内設備に萬全の處置がとられている結果である。事實現在の大型客船の一二等船客などは、陸上にあつてはごく限られた人々のみが享有する豪華な生活を、船上において簡単に營むことができるのである。船も一つの商賣道具であれば、客に對するサービスとしてそれも當然であるかも知れないが、戦後は一般乗組員の待遇改善にとともに、客船のみならず貨物船においてもその居住設備は高級化されてきている。

船における居住設備の重要なものに通風設備がある。船體は第一要件として水密でなければならない。外部から水が入らぬことは内部の水も容易に外へ出ないことになる。水密であることは或る程度の氣密性を意味する。特に船舶にあつては、極力全體容積の減少をはかるから居室の廣さは許しうる最小限度におさへられ、それだけ風とほしが悪くなる。その上荒天時を考へると換氣通風ということは非常に大切なこととなつてくる。陸上建築でもそうであるように、船の冷房設備も、この通風に關

船における居住性をよくするためには、冷房及び冷凍設備はかくことができないものである。これには船室の通風、食品の冷蔵ないし冷凍などが含まれる。なお貨物船には食品輸送のため、冷凍、冷蔵専門のものもある。捕鯨船團に加はるものなどはその著しい例である。これらは船中という特殊性から、いかなる設備を有しており、いかなる點に問題を持つているものであろうか。今後の發達の方向とあわせて考案してみよう。

聯して發達してきた。昔は通風といつても、甲板上に多數の通風筒を立て、これから外氣を導入する自然通風がもつばら行われ、停船中は居室は窓を開放し、罐室などへは帆布をひろげてこれから自然風を利用して通風を行つていた。暑さをまぎらすためには扇風機を使つていたもので、現在でも船員室にはこれを備えるものがある。通風装置に送風機を備えた機械的通風が行われるに及んで、このファンによつて送られる空氣を一箇所で熱したまたは冷却することによつて各室の冷暖房を行う考案が實現し、船上生活の快適さは大いに増進した。この際通風管を二系統とし、自然外氣とサーモタンクを通じて暖めまたは冷却した空氣とを並べて供給すれば、これを吹出口で調整することにより任意の温度の空氣を採入れることができる。しかしながら、空氣状態の調節には、空氣のみの調整では不十分なことがわかつてきた結果、空氣温度、湿度、及び送入速度の三者をもつとも適當に組合せることによつて常にもつとも快適な状態をあたえるような装置が實現した。いわゆる Air Conditioning 空氣調和法といはれるのがこれであつて、この言葉を使用しはじめたのは 1906 年米人 S.W. Cramer であるといわれている。これが船舶に採用されたのはロイドトリエスチ社線の汽船ヴィクトリヤで、食堂その他若干の公室に空氣調和を行つた。空氣調和法においては外界から取入れた空氣を濾過し、冷却器または加熱器を通して温度を

調整しさらに適量の水蒸氣を混和して各區劃へ送るのである。船にあつては船自體が世界各地を航海するということ（周圍條件の變化）と、種々の使用條件を備えた大小の區劃が密集していることのために装置の實施に相當複雑な條件を考慮する必要がある。このため、調節すべき區劃を適當に分類し、それぞれの用途、位置に従つて最適の方式をとらねばならない。特に個室の場合は、個人的好みにも合致することが望ましい。讀書室や婦人社交室の空氣系統と、喫煙室、バーなどの系統とは混合しては困るであろう。

従來多く行はれた方法はこれらの一系統毎に一組の調和装置があり、これから導管を通じて各室に空氣が供給され、汚れた空氣は還氣管を通じて還元し、これに換氣のため或量の外氣を混じて再調整し、再び送氣管に送るものであつた。この空氣は最低の所要温度に調和され、必要の際は各個室の吹出口に設けられたコイルによつて適當に加熱するようになつてゐる。

以前は空氣吹出口に對する考慮がたりなかつたため、室内に不快な氣流を起し、室温の分布を不均等にしていた。これは吹出管を出た空氣が運動エネルギーを持つているため、すでに 1931 年英國でこれに對する空氣散布器の考案が發表されている。最近ウェザー・マスターの名でよばれる装置はこれに改良を加えたものと思われるが、これを使用するときは導管内で毎分 1,500 呎を起える空氣速度が天井から吹出されて 2 呎も降下する間に毎分 40 呎以下に低下し殆ど無風状態となる。空氣は中央装置で温度湿度を調整し、比較的高壓、高速の状態でご々に供給される。この導管系は従前のものに比しはるかに細いものでたり。空氣は散布器内に吹出される時サイホンの理によつて室内の空氣を一部吸入し、散布器内で第一段の混合が行われ、低速となつて散布器を出て、十分上方で四方へ擴散し、低速常壓快適温度の空氣帯となつて下方に達する。

この方法では混合にともなう空氣攪亂が散布器の近傍に局限されるので、室内の空氣状態はほぼ均一に保たれる。また空氣温度は、器内のコイルの中を流れる温水（冬）冷水（夏）の量を調節することによつて個々に行うことができる、この型式では還氣管を持たないので、汚染空氣の再循環の恐れがない。導管が細くできることは、船にあつては相當重視すべき利點である。重量、容積ともに減少するし、また貫通孔が小さくなつて安全度が増大する。火災に對しても不利の度が減ずる。

われわれが船内でお馴染だつたベンカール・ザルは追々この散布器に變換することであろう。

以上の改良が行われたかげにはわ船上における空氣状態の綿密な調査が行われているのである。Thermoanemometer, Kata 寒暖計, Anemotherm 等によつて温度、微風速、壓力等が精密に調べられたのである。

船舶の冷房装置について一三の例をあげると次のようである。

第 1 表

船名	新 田 丸	Mauretania
航 路	歐 洲 航 路	北 太 西 洋 航 路
冷房範圍	一、二等食堂、一等客室	ケビンクラス、食堂及び大廣間 ツーリストクラス、食堂、映寫室、廣間
能 力	90°F、湿度 70% 外氣に對し 80°F 60% (食堂) に 55°F 50% (客室) に	温度は外氣より 15°F 低く 湿度は最大 35% 低く出来る
調節装置	3 台	6 台
冷 却 器	海水温度 90°F のとき 2 台で合計 100 冷蔵機の能力あり 50HP 電動壓縮機 2 台 冷却器 凝縮器 海水循環ポンプ、冷水ポンプ等よりなる。冷媒はメチルクロライド	主冷却機より冷却水を循環して之により空氣の冷却及び湿度調整を行ふ。1 台につき 45HP 電動ポンプ及び再循環ポンプ各 1 台がある。冷媒は CO ₂

戦後の船については遺憾ながらこの程度の要目のわかつたものがないが、空氣散布方式の改良に従つてその性能は向上していると想像される。

以上は居住區に對する冷房装置であるが、暑熱を減ずる目的で行われる施設をも考えに入れると、艙室や機械室への強制通風はまた一つの冷房装置である。もちろん涼しくはないけれども、これなしでは到底いたたまれないであろう。艙室においては燃焼効率より考えてそう冷却した空氣を送込むことは有利でない。むしろできるだけ自動制御による遠隔操縦を工夫して、このような悪條件の區劃にいる人数及び時間を減少するのが得策ではないかと思われる。その他冷水や冷菓を豊富に供給することや、天井、壁面等の絶緣法及び材料を改善すること、上部構造全體の配置の工夫、塗料の撰擇等、心理的考察まで冷房の目的に一役かうことであろう。

現在われわれの日常生活はこのような方向には縁遠い有様であるが、世界の主要造船國に肩をならべて競争するためには、冷房設備一つにしても廣い視野に立つた研究が必要である。

冷 凍 設 備

船舶の冷凍設備には冷蔵設備を包括するのが普通である。冷凍法や冷却機の原理には別に陸上設備と異なるところはない。ただ船用としては信頼度の高いことが何よりも要求される。洋上で萬一故障を起した時は手の下しよがない。

故障の種類によつては一大不祥事を惹起することもないとはいえないのである。また一般に船用冷凍機に對する要求は相當複雑であり、苛酷である。船用機はすべてその重量及び容積において制限をうける。航路が一定する

船(Liner) はまだよいけれども世界一周航路や、不定期船(Tramper) では極端な氣候の變化を cover できるだけの能力を持たねばならない。また貨物の種類も區々である。わずかな碇泊時間のうちに全く冷蔵條件の異なる貨物を揚陸し新しく積込む必要が起る。

船體がほとんど全部鋼材からなり、その表面は精々塗料數層で被覆されるにすぎず、船内あらゆる場所に連続した梁や縦桁、縦材、柱、肘板が出つぱり、いろいろの導管類が無數に走る船の構造では船内外よりの熱の傳導を遮斷することがまた大きな困難である。これ等の條件を考えると船舶の冷凍設備が或る程度保守的である傾向が認められても止むを得ぬ所と思われる。

冷凍設備が實施されたのは 1880 年とある記録は傳えている。この年 Strathleven 號が冷凍肉をはじめて濠州からロンドンに運んだ。これ以後冷凍工業の進歩とともに船用冷凍設備も發達した。船舶におけるこの種設備にははじめにかいたように一、貨物艙及倉庫の冷凍設備と二、貨物冷凍設備とが含まれる。腐敗しやすい貨物及食料品はそれぞれに適當した空氣溫度、濕度、循環及び通風の下に冷蔵または冷凍せられる。この際以上の四條件の適當な組合せが肝要であつて、氣溫だけを調節しても腐敗に對して有効でないことがある。

冷却装置として多く使用されたのは CO₂ または NH₃。使用の冷却方法で、わが國の船舶はいまだこの装置を多く使つている。CO₂ は無臭無害であるが使用壓力が高い(臨界壓 1071 lbs/□") ため装置が重く、漏洩の恐れも多い、このためブライン循環による間接方法が多く採用された。NH₃ は單位重量あたりの冷却能力が大きく、種々有利な冷媒たる條件を備え、船用として廣く用いられたがそのガスが有害なことが最大の缺點であり、旅客船にはめつたに使用されなかつた。低壓で使用できるため管装置が簡單で、間接式直接式いずれも使用された。

これ等に代るべき冷媒としてエチルクロライド、メチルクロライド、フロン等が使用されたが、現在もつとも有効なガスはフロン系と認められている。フロン 12 は最も一般的で無臭無害、かつ低壓で作動するので冷凍能力一噸あたりの冷凍機重量は大いに輕減される。極低温に對してはフロン 22 が適當しているようである。これ等の冷媒の利用とともに自動調節が發達し、直接膨脹法による冷凍が廣く行われるようになった。わが國ではブライン循環による間接法がもつぱら使用されていてこれにもフロン 12 系は適當しているが、最近では前者が外國で優勢となり 250,000 ft³ の容積にフロン 12 直接方式を使用して成功した例がある。

以前船艙の廣い面積に設けられて、その載荷容積をはなはだしく狭めた一次表面コイルは廢止され、コンパクトなフィン付きのコイルと強制循環通風がこれに代りつつある。さらに冷凍機に遠心壓縮機を使用することも船

用に實現の機運にある。この型の冷凍機がすでに米國で 30 萬噸以上製作されている由である。遠心冷凍機に使用される冷媒にはキャリオン No. 2 すなわちフロン 11 が最も普通である。フロン 11 は無臭の液體で沸騰點は 74.8°C である。そのサイクル効率はフロン 12 及び NH₃ に比し幾分高目でエコマイザーを使用すればさらに高くなる。壓縮機自體及び補助的冷凍サイクル装置のポンプ効率は 80% 以上、機械効率は 99% に近いものまで製作されている。

遠心型装置は壓縮機、凝結器、冷却器が共通の基礎の上に組立てられ、冷媒辨、管系等はなく、運動部は壓縮機の回轉子だけである。これはタービンまたは電動機で驅動され、遠心冷凍機の負荷に應じて出力を變化することができる。これは冷凍負荷の變動的性質に對し重要なことである。

戰前及び戰後のわが國建造船についてその冷凍設備の一例をあげると次のようである。

第 2 表

		A 船 (貨客船)		B 船 (貨物船)	
建 造		1939		1950	
		冷却容積 保持溫度		冷却容積 保持溫度	
能 力	貨物艙	635m ³	12.2°C	—	—
	肉 庫	36	-6.7	400ft ³	-10°C
	魚 庫	37	-4.0	100	-12°
	野菜庫	81	1.7	450	0°
	バター庫	2	—	100	4°

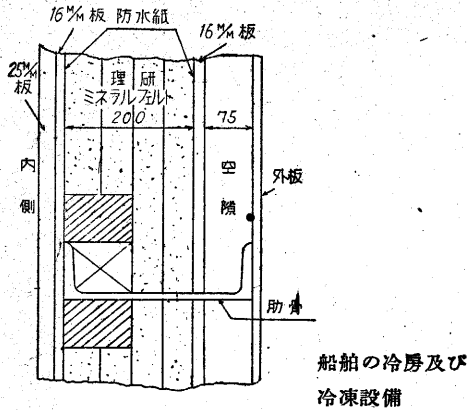
たつしともに熱帯地航行、A 船は 1 日 1 臺 12 時間運轉
B 船は 1 日 1 臺 16~18 時間運轉

冷 凍 機	CO ₂ 式 2 段多効式 2 臺 45,000 kcal/hr. (循環水溫度 32.2°C 濃鹽水溫度 -20°C 機械 室溫度 38°C) 電動	NH ₃ 式 サブロー標準 FWA-20 型 (型別 2 氣 簡單動密閉式) 2 臺 7,300 kcal/hr (冷却水 溫度 30°C 氣化溫 度 -15°C) 電動
冷却水循環ポンプ	電動 2 臺 0.84 m ³ /hr	電動 2 臺 5,000/hr
冷却水格子管長	貨物艙 5793m 食糧艙 1056m	— 680ft

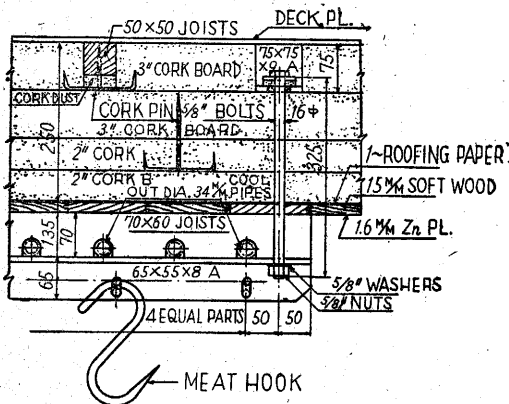
B 船にあつてはフロン式使用の場合も考慮されていて、この時は冷凍機がサブローフリゴア型となり、凝縮機、冷却格子管長に變更があり、自動壓力調整器及びガス乾燥機 2 個が取付けられる。

はじめに述べた通り、船舶にあつてはその構造上冷蔵庫への熱の遮斷が特に大きな問題になる。天井、側壁部の防熱材配置の一例は圖のようである。防熱材としてはコルク粒板が一般に用いられ、最近では鍍綿綿をアスファルト乳劑で處理した理研ミネラルフェルトを用いて好成绩をあげている。これ等の防熱材は防濕性が重要で、10~15% 含水によつてその防熱効果は半減する。このた

め冷蔵庫内の水密性を厳にし通氣，排水に注意を要する防熱材の厚さ，重量において優秀なもの出現はきわめて要望されるところで，アルミ箔應用のアルフォル防熱板のようなものは將來をきわめて有望視されている。



外壁部防熱



冷却管（天井部）取付詳細

防熱壁の熱計算は簡単に次式で算出される

$$Q = KF(t_0 - t_1)h$$

ここに Q=貫流熱量 Kcal

K=熱貫流係数 Kcal/m²-hr-°C

F=防熱壁面積 m²

t₀=壁外面の温度 °C

t₁=壁内面 " °C

h=時間

この式の與える熱量にいわゆる熱漏洩を加えたものが冷凍負荷になるのであるが陸上冷蔵庫の場合はこれが約30%と見積られているのに，船舶においては，梁，縦通桁，防熱材等の貫通材の影響が複雑で簡単に見當がつかない。實驗においては200~300%の熱漏洩が測定されている。この方面の問題はさらに關係技術者の努力を要するものである。

船の中で冷凍冷蔵専門のものがある。果物，獸肉の冷蔵運搬に従うものは貨物船の類に入り，外國には果物専用の高速船が多くある。魚肉の運搬に當るものは普通漁船隊に屬し，場合によつては工船と組んで冷凍作業を行い現場から市場へ急行する。捕鯨船團に加わるものは戦後俄に有名になつた。そのうちの第二天洋丸について冷凍設備の要目を述べて本稿を終ることとする。

本船は長さ152.82m，幅20.00m，深11.50m，總噸數10,595，載貨重量12,303噸で航海速度10.5節，主機は5,400 BHP. ザーゼル機關を備える。

その冷蔵艙は5,606 m³の容積があり別に急速冷凍室776 m³を持ちその冷凍能力は一日70噸である。冷凍機械としてはNH₃壓縮機(1×300 HP, 3×150 HP)凝縮器，ブライン冷却器，冷却水ポンプ(2×200 hr, 1×75 hr)ブラインポンプ(1×200 hr, 1×75 hr)を有する本船の目的は南氷洋捕鯨船團に隨伴し，鯨工船より供給される鯨肉を急速冷凍し，冷蔵艙に格納して日本までもち歸るのである。肉の保存に冷凍を施すのであるが冷凍速度が小であると肉の細胞が變化して品質が落ちる。そこでできるだけ急速に冷凍を行う。これに大別してSharp FreezingとQuick Freezingとあるが，本船のはSharp Freezingに屬する。すなわち-10~-25°Fの温度で直接膨脹またはブライン式による冷却管の棚装置した冷凍室内に被冷凍物をおき20~48時間でこれを冷凍せしめる方法である。

Quick Freezingはさらに低温の-25~-30°Fにてブライン液中に被冷凍物をそのまままたは袋に入れて浸漬し4~6時間で凍結させる。第二天洋丸においては直接膨脹冷却管7本で1個の棚をつくり，これを12棚装備し，この上に鯨肉をおいて凍らせる。所要時間約16時間である。これより後に建造せられた第三天洋丸及多度津丸ではクラットタンク式と稱し，扁平なフラットタンク内に冷却ブラインを通じ，これを數個積重ねその間に鯨肉を挿んで締付け凍結させる方法が採用されている。これによると時間は約4時間短くてすむ。米國における冷凍工業は目覺しく，魚肉の急速冷凍にしても，冷却海水と冷ブライン併用の二段凍結法さらには冷却海水により豫冷し，CaCl₂またはMgCl₂の冷ブラインで短時間急速な表面凍結處理を行い，その後食鹽ブラインを使用する三段凍結法も研究されている。

附記 軍艦における彈火藥庫の冷房装置はきわめて重要な問題であるが，本篇は一切これに觸れぬこととした。

☆

☆

☆