戦前の船用補機械発達史

(その 1 甲板機械その他)*

日本船用機関史編集委員会
補機専門委員会

The History of Marine Machinery before World War II
(Part 1. Deck Machinery and etc.)

By The Editorial Committee for Marine Engineering History in Japan

This paper is an excerpt from the manuscripts written by the marine auxiliary equipment sub-committee of the marine Engineering history committee of the MESJ. The manuscript was completed after 10 years of hard work. But has not yet been published because of various adverse conditions. This paper is one of the serial papers which will appear in this Journal twice a year to introduce the content of the manuscript to members of MESJ.

This paper are consist of Deck machinery, Steering gear systems, and refrigerator and air conditioning systems.

Marine machinery equipment developed according to ship building progress. They were almost imported from foreign country in Meiji and Taishou Era, but a some of large sized passenger vessels used the imported products on account of a lack of reliability in Japanese products.

The marine machinery equipments developed rapidly own design and unique products by the World War II.

1. 緒 言

この報告は、日本船用機関学会の船用機関史編集委員会の事業として、補機小委員会において日本船舶振興会の援助を得て十年の歳月を経て完成したものであるが、残念ながら、単行書として発刊できないまま今日に至り、この程、本学会誌に掲載することが決定されたのでここに補機編として紹介することにした。なお、この報告書の原稿は、係船及び荷役機械(佐藤、池田担当)、操舵機(福永、鈴木担当)、冷凍機及び空調装置(豊中、桑崎担当)から構成され、小川、吉田が総括とりまとめをおこなったものである。

2. 係船及び荷役機械

船舶の甲板上に装備される機械は船を係留するための係船機械と、荷物を揚げ卸しするための荷役機械に分類されるが、海運初期にあつては両機を併用したこともあった。船を係留するための設備として錨を取扱うものは、はじめ人力にたよっていたのが船の大形化とともに簡単な機械力となり、のちに蒸気機関の発明により原動機として使用されるようになった。

*原稿受付 昭和61年2月28日

明治初期すでに、可なり大きな鋼鉄製蒸気船が運航され、係船及び荷役機械が搭載されていたものと考えられるが、当時は外国で建造された中古船を購入したものであった。我が国では、明治20年に至り、ようやく鋼鉄製蒸気船が建造されはじめたが、何れも甲板機械については未詳である。おそらく明治30年代までは輸入にたよっていたものと考えられる。

明治39年(1906)に三菱神戸造船所で汽動カーゴ・ウインチが製作されてから、明治末期にかけて自給されるようになった。大正3年ごろより汽動カーゴ・ウインチは製作の容易さもあって小規模工場に適した製品として評価され、第一次大戦のころはその需要は著しく増加したため小規模工場での生産量も飛躍的に増大した。

大正5年(1916)三菱神戸造船所で汽動ウインドラス(シリンダ径9吋×ストローク11吋)が初めて製作されて以来、他造船所でも前後して製作をはじめ自給するようになった。しかしながら、第一次大戦後大正10年(1921)進水の日本郵船の貨客船楽洋丸(9,419 GT)及び箱根丸(1,042 GT)等の高級船には再び外国製品が輸入、搭載された。

大正15年(1926)、油谷工作所がシリンダ寸法6吋×7吋、アンカーチェーン径2 $\frac{7}{16}$ 吋、荷重17 t、捲上げ

速度 9.5 m/min の汽動ウインドラスを製作し、三菱長崎造船所建造の九州商船の長福丸(526 GT)に納入・搭載した。これにより専業メカによる生産体制がようやく確立されたものと思われる。

昭和の時代になってから、我が国の造船業も盛んになり、大形客船が建造されるようになると、甲板機械にも次第に電動形式が使用されるようになるが、初期には輸入製品が数多く用いられた。甲板機械の専門メカが育成され、その技術水準も向上するにつれ、蒸気式、電動式とも大形のものが製作できるようになると次第に国産品が充当できるようになり輸入品は激減した。

昭和12年(1927)から16年(1941)にかけて建造された10,000 GT以上の大形客船大阪商船のあるぜんちな丸(12,760 GT)、ぶらじる丸(12,752 GT)等のウインドラスはすべて国産品が搭載された。船舶のほとんどが国産化されるようになって、商船は通信省、軍艦は海軍省というように二元的な官庁の監督のもとに造船所は商船と軍艦を建造して来たが、昭和16年(1941)12月太平洋戦争の勃発を機に一元的監督のもとにおくことが合理的で、便利であるとの考えから、船舶改善協会が設立され設計の統一化、資材の節約、工数の節減等をねらって標準船型の制定が行われたため、甲板機械も逐次標準化されることになった。

2.1 係船機械 係船機械はアンカーの揚げ下し用ウインドラス、及び係留索の巻込用のムアリング・ウインチとキャプスタン等に大別され、その駆動方式も汽動式・電動式あるいは一部電動油圧式のものもある。なかでも電動式は直流式及び交流式があり、電動機メカそれぞれの特性をもった多種類のものが製作された。

2.1.1 ウインドラス ウインドラスはその構造上横型と立型に分類され、横型は一般に商船用に使用され、暴露甲板上に設けられたが一部二重甲板形構造の船では甲板下に設置されたものもある。一方、立型は大形客船や軍艦に使用された。

横型は水平主軸に普通2個のアンカーチェーン用の鎖車を配置して、それぞれクラッチ及びブレーキを付して鎖車を単独あるいは2個同時に使用できるようにされており、主軸端には係船索の巻取りに使用するワーピング・エンドを備えて、一台の機械で揚錨と係船作業を賄うことができるようになっている。

ウインドラスの力量算定は、古い時代は別として明治17年(1884)制定のロイド船級協会の規則に基づきアンカーの重量とアンカーチェーンの長さがきめられ、鎖車上の定格荷重と捲上速度によって表示された。

定格荷重は、アンカー及びアンカーチェーン重量の合計値に海水中における浮力ならびにアンカーチェーンの走通路の摩擦抵抗等を考慮して決められている。

我が国では、昭和10年ころまでに建造された商船では定格荷重はアンカーの重量の約4.5倍、捲上げ速度は8~10 m/min が平均的な値であるが、船主または造船所

の意向によって多少の違いはあった。一方、海軍では、昭和10年以前計画のものは、すべてアンカー重量の6倍を定格荷重としていたが、同年度艦隊演習の経験から、その後の計画のものから排水量3000 t未満のものはアンカー重量の7倍、排水量3000 t以上のものは7.5倍とし、捲上速度は9 m/min と定められた。

古い時代には、アンカーの揚げ下しは、すべて人力にたよっていた。現在でも小形の船では手動式ウインドラスが用いられている。その後、船が大形化するにつれて、動力として蒸気機関の発明により、往復動ピストンを備えた蒸気シリンダによる汽動式がもっぱら使用されるようになった。汽動式はその動力源としての蒸気の確保、機械としての連続制御が円滑で、操作も簡単で、生産が容易で、安価なことから今日に至るまで採用されている。

明治31年(1898)三菱長崎造船所で建造された日本郵船の常陸丸(6,172 GT)には英国ネピア・ブラザー社の立てシリンダの汽動式ウインドラスが輸入され搭載された。明治34年(1901)には英国クラーク・チャップマン社の横シリンダの汽動式ウインドラスが輸入され、引き続きカールドウェル、ブラウン及びエマーリン・ウォーカー各社のものが輸入された。明治37年(1904)建造の日本郵船の貨客船丹後丸(6,893 GT)に搭載されたネピア・ブラザー社のシリンダ径12吋×ストローク13吋のものがそれまでの最大力量であったが、明治41年(1908)建造の東洋汽船の貨客船天洋丸(13,445 GT)にはさらに大容量のアンカー109 L/T、アンカーチェーン径2 $\frac{7}{8}$ 吋、シリンダ径14吋×ストローク12吋のクラーク・チャップマン社製が搭載された。大正5年(1916)建造の日本郵船の貨物船秋田丸(3,717 GT)には、三菱神戸造船所が我が国で始めて製作した立てシリンダの汽動式ウインドラスが搭載された。アンカー重量33 L/T、アンカーチェーン径1 $\frac{11}{16}$ 吋、シリンダ径9吋×ストローク11吋のものであった。引き続き、大正6年(1917)に三菱長崎造船所はアンカー重量63 $\frac{3}{4}$ L/T、アンカーチェーン径2 $\frac{1}{4}$ 吋、シリンダ径11吋×ストローク12吋の横シリンダの汽動ウインドラスを辰馬汽船の貨物船梁殿丸(5,154 GT)に搭載した。

このころから、川崎造船所等他造船所でも前後して自給するようになったが、一部大形船用のものは外国製の輸入品があった。その後、昭和16年に至り、戦時標準船としてA・B・C・D・E・Fの6種の貨物船、K型の鉾石運搬船、TL・TM・TSの3種の油槽船の合計10種類の船舶が制定されるに及んで汽動式ウインドラスもそれぞれ標準化された。

電動式ウインドラスは第一次大戦終了後船舶の主機のディーゼル化が進むにつれてウインドラスの駆動源として電動機が使用されるようになった。

大正13年(1924)日本郵船が英国より購入したディーゼル貨物船飛鳥丸、愛宕丸(7,525 GT)の2隻にはクラーク・チャップマン社製の抵抗制御方式の電動ウインドラ

スが搭載されていた。また昭和4年(1929)建造の日本郵船の貨客船秩父丸(17,498 GT)には、ローレンス・スコット社製の抵抗制御方式の電動ウインドラスが搭載された。昭和初期時代の電動ウインドラスは、ほとんど英国から輸入されたものであったが、昭和4年(1929)浦賀ドックで建造された昭和商船の貨物船幸和丸(5,847GT)に初めて国産品が搭載された。機械部分は浦賀ドック製で、電気部分は富士電機製である。その後、三菱電機、芝浦製作所でも国産化され、昭和8年(1933)広海商事の貨物船広盛丸(6,666 GT)に三菱電機が初めて55HP×220Vの抵抗制御方式のウインドラス電動機を製作し、機械部分は三菱彦島造船所が製作して搭載された。昭和7年(1932)建造の鉄道省宗谷丸には明電舎製50HPのウインドラス電動機が搭載された。昭和9年(1934)建造の日本郵船の貨物船能登丸(7,185 GT)、昭和14年(1939)建造の日本郵船の貨客船新田丸(17,150 GT)には三菱電機製のウインドラス電動機が搭載されたが、その制御方式はいずれもブースタ方式であった。昭和10年(1935)建造の川崎汽船の油送船建川丸(13,691 GT)に搭載された電動式ウインドラスの速度制御方式にはモータ・リデュース方式が採用された。

ワード・レオナード方式は、昭和10年(1935)軍艦最上に英国より購入し、新計画の減速装置及び帯ブレーキ付鎖車を組合せて搭載され、機能・取扱い等の実地試験の結果、良好であったので、その後の建造の艦艇には主として本形式が採用された。また、昭和11年(1936)鉄道省関釜連絡船金剛丸、興安丸(7,081 GT)には、我が国の建造船として初めての電源交流化の商船で、ワード・レオナード方式の制御方式が採用されている。

昭和4年(1929)海軍は軍艦妙高型、最上型、及び千歳型の後部ウインドラスに操舵機用電動油圧ポンプをそのまま原動機として利用した油圧ウインドラスを英国ビッカース社より購入して搭載している。

2.1.2 ムアリングウインチ及びキャプスタン

船舶を岸壁または桟橋に係船索で係留するために、大形船では独立したムアリングウインチが搭載された。ムアリングウインチには索巻取り用のワーピング・エンドを備えたものもある。横型配置と立型配置と2種類があり、立型配置のものをキャプスタンと称している。

大正時代までは独立したムアリングウインチを搭載した船舶は客船及び特殊船以外にはなく、ウインドラスとの兼用、又はカーゴ・ウインチを代用していた。

昭和時代に入り、船舶が大形化するにつれて、独立したムアリングウインチが用いられるようになったが、機構上とくに新しい試みはなく、原動機の変遷も汽動式から電動式へとウインドラスと全く同じ経過をたどっている。

2.1.3 荷役機械 帆船時代から機帆船時代まで、荷役はもっぱら人力荷役にたよっていて、昭和30年代まで一部にみられたものである。

荷役機械の発達過程をふりかえってみると、他の甲板機械と本質的に異なる面がある。すなわち、船舶の運航に際して船内に装備の機械等の操作、処理は乗組員の手によって行われるが、貨物の荷扱い作業だけは荷役業者によって行われるのが国の内外を問わず通例のようである。荷役装置は貨物船にとって最も重要な装置の一つであり、取扱い容易で、故障のないことが乗組員及び荷役業者よりみて要請されていることは、各国の港湾によって荷役に関する安全規則が定められていることからみて当然といえよう。荷役機械といえば、古くからカーゴ・ウインチで代表され、原動機によって性能、構造も変ってきたが、明治の初期から今日に至るまで、最も多く使用されているものが汽動カーゴ・ウインチである。明治以前に汽動カーゴ・ウインチは実在していたようであるが、明治・大正時代は外国からの輸入にたよっていた。船の貨物の荷役はマストまたはデリック・ポストに装着したデリック・ブームに必要な索具を配して、その荷役方式に適する数のカーゴ・ウインチの組み合わせによって行われ、1本のブームに複数のウインチが配置されていた。

明治・大正時代に多数輸入された汽動カーゴ・ウインチは英国クラーク・チャップマン製のもので、明治24年(1891)ノルウェー国プスネス社が初めて汽動カーゴ・ウインチを製作している。我が国では昭和5年(1930)浦賀ドックで、従来の鑄鉄製歯車を鑄鋼製機械仕上げ歯車に改良して汽動カーゴ・ウインチを製造したが、昭和7年(1932)熊谷造船鉄工所が使用蒸気圧力を 7 kg/cm^2 から 8.5 kg/cm^2 に上げ、歯車比を減じて、スピード・アップした荷役効率の高い革期的改良を加えた汽動カーゴ・ウインチを製造して業界の注目を浴びた。

昭和16年(1941)標準型貨物船、さらに戦時標準船が制定されるに伴い、戦標型8吋×12吋汽動カーゴ・ウインチが標準化され、その生産確保のため船舶用機械統制組合が組織されて、全国で40社に及ぶメーカで多数生産された。

船舶の推進主機がディーゼル化されるようになると、カーゴ・ウインチの原動機も電動機が採用されるようになった。大正4年(1915)海軍では巡洋艦棒名に、英国ローレンス・スコット社より輸入した電動揚炭機が初めて装備された。大正13年(1924)日本郵船の貨物船飛鳥丸(7,523 GT)、愛宕丸(7,542 GT)の2隻にも同社の電動カーゴ・ウインチが輸入搭載された。当時のカーゴ・ウインチは暴露甲板の上に装備されるため、運動部はもちろん、ブレーキ等は水密のケース内に納められ、刷子部のドア、カバー、ジョイント等のボルトは防錆上全部ブラス製とし、電動機の刷子部には内部がみれるよう硝子窓が考慮されていた。大正14年(1925)三菱長崎造船所建造の大阪商船向南洋移民船さんとす丸(7,267 GT)には輸入品が搭載されたが、翌15年(1926)竣工の同型船もんでびでお丸(7,267 GT)には三菱電機が我が国で初

めて製作した2t×135呎/分×220VDCの電動カーゴ・ウインチが搭載された。昭和4年(1929)大阪商船のぶえいのすあい丸にも三菱電機製3t×100呎/分×30HP×220VDCの電動カーゴ・ウインチが搭載された。昭和時代になると大形船のディーゼル化がますます盛んとなり、電動カーゴ・ウインチの需要が増大して三菱電機一社程度では賄いきれず、輸入品がその大部分を占める状態であったが、その後三菱神戸造船所、川崎造船所等でも製作されるようになった。

昭和3年(1928)三井物産の貨物船高見山丸(1,992GT)に東京芝浦電機が初めて製作し搭載した。また昭和4年(1929)大阪商船の貨物船しどに丸(5,426GT)には富士電機が3tウインチを初めて製作し搭載した。

交流電動カーゴ・ウインチは昭和11年(1936)三菱電機により関釜連絡船金剛丸、興安丸に初めて搭載された。電動機はかご型極数変換方式誘導型で、その容量は2t及び3tの2種類であったが、運転の際ラッシュ・カーレントが大なるため、電源電圧の変動が多いので、カーゴ・ウインチには交流は不適當であると判断され、その後はワード・レオナード方式が採用されることになった。

3. 操 舵 機

水上交通の足として舟が考案されてから、古代はおそらく、水鳥の如くかひなで操っていたが、舟が生活の手段としてその役割を果たす時期には人類の智恵も発達して竿とか櫂で操ってきた。交易が盛んになると舟も大きくなり、従来の手法ではとてもこれを操つことができなくなり、舵を必要とするようになった。はじめは人力にたよって櫂を漕いでいたころは舵は操舵手により操つられていたが、船が大きくなり、推進機関が機械化されるにしたがって、人力で舵操つことは困難で、且つ危険となってきたので、人力から機械力にかえて操つられるようになってきた。英国軍艦ミノター号(Minotaur)では舵輪に78人を要し、25度舵をとるのに1分半もかかったそうで、当時大きな船では100人も舵輪にとりつくことが必要で、時化のときはみんな疲れはて、しばしば人死さえたことが述べられている。そのころは、操舵手は船尾の舵軸近くで操っていたが、船の長さが長くなり、船尾から操つことが不便になってくると、舵を前方の見通しのよい所から操つる必要が生じてきて、色々な方法が考えられたが、これは舵の遠隔操縦のはじまりということができよう。13世紀に操舵機が発明されてから帆船が大形化し、蒸気機関の発明により汽動操舵機が考案された。一方、電気発明により船舶の技術革新は顕著で電動操舵機が普及しはじめたが、船の大形化、高速化に対しては出力の限界があり、あらゆる面で優れた性能をもつ電動油圧操舵機が開発されるに及んで、これにとって代られ今日に至っている。

3.1 汽動操舵機 汽動操舵機は、1859年米国人シッケルスにより考案され、1862年ロンドンで開催さ

れた万国博覧会に出品され、米国の一汽船会社に採用されたが、世人の注目をひくにいたらず発表しなかった。これは操舵輪を回している間だけ舵が動き、操舵輪を止めると自動的に機械も止まる追従機構のはじめて採用された巧妙なものであった。その後、1866年に至り、スコットランド人グレイによって実用化された。彼はリヴァープールのジョージフォレストアースト会社に注文して汽動操舵機を完成し、グレート・イースタン号に装備した。翌1867年(慶応3年)3月に運転が行われ大成功であった。この操舵機は、横置きシリンダ2個を有し、クランクは互いに直角に設けられた蒸気機関で、操舵室にある操舵輪から制御弁を遠隔に操作して、指示でおりに舵をとることができたものである。明治、大正時代は輸入の操舵機がすべてで、なかでも英国カルドウェル社製が多かった。このことは、我が国の艦船技術は、英国より導入されていたので、その搭載機器もいさお英国の製品であったことからもうかがい知ることができる。

明治14年(1881)英国ホーソン製造所で竣工した軍艦筑紫(排水量1350トン)には水圧式操舵機が装備された。水圧式操舵機は、水圧式砲塔旋回装置に類似したもので、明治6年(1873)アームストロング会社で建造されたオランダ国の砲艦ハイドラ号が最初である。また、筑紫には白熱電燈が艦船ではじめて装備された。水圧操舵機は汽力のかわりに水力を利用したもので、明治19年(1886)2月英国ホーソン造船所で竣工した軍艦浪速及び同年4月同所で竣工した軍艦高千穂にも搭載された。

明治39年(1906)6月三菱長崎造船所で起工された日本郵船貨客船賀茂丸(8,524GT)には英国カルドウェル製操舵機が搭載された。これはシリンダが従来の横型から立型に配置され、その操縦方法も、操縦桿及び歯車式からテレモーター式に、操舵方法も操舵鎖及び鋼索による巻胴の方法からコドラント直動型に改良進歩したもので、大正3年(1914)三菱長崎造船所で進水した日本郵船貨客船諏訪丸(1,092GT)にも搭載された。諏訪丸は伏見丸、八坂丸と三姉妹船で、当時欧州航路中最新鋭の客船で、操舵機はブラウンブラザース製の水圧式テレモーターで制御されていた。

大正3年(1914)9月英国ラッセル・エンド・コンパニー造船所で進水した日本郵船貨客船対馬丸(排水量9,103トン)には英国カルドウェル製操舵機が搭載された。対馬丸は三船楼を有し、操舵機は船尾楼内に配置され、機側及び船尾楼甲板上的手動舵輪でも操舵することができるようになっており、汽機はコドラントの歯に直結しているが、有事のときには汽機を前方に滑动させてコドラントと絶縁して船尾甲板上的手動操舵輪を使用して操舵できるようになっている。

東洋汽船の貨客船桑洋丸(9,419GT)及び日本郵船の貨客船箱根丸(10,423GT)には英国ジョン・ヘスチ製の汽動操舵機が、鉄道省の景福丸(3,619GT)クラス3隻には英国ウィルソン・ピーゼ製の汽動操舵機が搭載され

ている。

大正2年(1913)4月川崎神戸造船所で竣工した鉄道省の高麗丸(3,028 GT)新羅丸(3,028 GT)は、当時関釜連絡船として最大、最新を誇った貨客船で、英国ジョン・ヘスチ製汽動操舵機が搭載された。

大正10年(1921)に青森、函館両港の輸送敏活を図るために旅客輸送兼用貨車渡船の建造が鉄道省内で企画され、浦賀ドックに翔鳳丸(3,460 GT)、飛鸞丸(3,460 GT)が、翌大正11年(1936)に三菱長崎造船所に津軽丸(3,432 GT)、松前丸(3,485 GT)がそれぞれ発注されたが、いずれもジョン・ヘスチ製横型2シリンダ汽動操舵機が採用された。この船は、日本における最初の旅客輸送兼用貨車渡船で、船体・汽機・汽缶には特筆すべきものがあるが、なかでも操舵機は、船首・船尾にそれぞれ設けられ、前舵・後舵を操舵室よりテレモータにより操縦することができ、さらに、後部舵は両舷のキャプスタンからも操縦することができるようになっている。大正5年(1916)8月帝国海事協会の要請により竣工した帝国義勇艦さかき丸にはブラウン・ブラザース製汽動操舵機が搭載され、テレモータで操縦できるとともに、手動でも操縦できるようになっていた。この船は、当時の世相を反映して、戦時には仮装巡洋艦、もしくは通報艦として、平時には南満洲鉄道会社のシベリヤ鉄道連絡船として使用された。

我が国における当時の建造船にはそのほとんどに輸入品が搭載された。それは海運造船業の先進国である英国等欧州各国で船用機械の専門工場が発達し、その市場を単に国内にとどめず世界を相手に商売して来たためと思われる。これら外国の専門工場は最善の設計法と工作法をもって標準形を多くつくり、年々改良を加へながら優秀な機械を経済的に生産して来たので、我が国における造船所や専門の工場がこれらの製品を真似して国産化しても外国製品を凌駕することはできなかった。船舶の助成法、その他によって国産品の需要が高まってきたが、建造される船舶の数はさほどでなく、供給先も邦船にかぎられる状況から船用補機の専門工場も育たない時代であったが、浜田工場では中村氏の考案によるスチームチラー型操舵機がつくれ、その大半が戦時標準船に搭載された。

大正時代に建造された艦船のほとんどは操舵室から操舵機を制御するのに水圧式テレモータが採用された。水圧式テレモータの発明は大形化する船舶の遠隔操縦を可能なものとした。水圧式テレモータは英国人ブラウンの特許で明治38年(1905)に完成された。また、マクガード・スコット社のテレモータもほとんど同時期に完成され、その後大正6年(1917)川崎重工が技術提携をおこなった。

マクガード・スコット社の水圧式テレモータは明治41年(1908)4月三菱長崎造船所で竣工した東洋汽船客船天洋丸(13,454 GT)に当時最新型の英国ブラウン・ブ

ラザース社のスチーム・チラー型操舵機とともに装備された。水圧式テレモータは、当時未経験であったために操舵不能のトラブルがあり艦装上の問題点を明確にすることができた。それは、海上公試後の帰港時に次第に舵がきかなくなったもので、原因究明の結果、操舵室から操舵機までの長い導管の途中、接手のメタリックパッキンが弛んで液がもれたためと判り、後続姉妹船の地洋丸、春洋丸では、できるだけ温度変化のない回路をとって事故の再発防止がなされた。後の春洋丸にはブラウン・ブラザーズ製のテレモータが採用された。当時、テレモータの使用液は凍結を防ぐために「グリセリン」の割合を約等分以上とするよう推奨されていた。水圧式テレモータは我が国でも研究され、九州帝国大学工学部小川頼甫氏の考案した小川式操縦テレモータは輸入品に劣らぬ機能を備え、特許権は英国、米国にも及び邦船にも少なからず採用された。大正13年(1924)に至り浦賀ドックは独自のテレモータの研究をおこない、多数採用されて中村・浦賀式テレモータとして今日に至るまで広く愛用された。

3.2 電動操舵機 電気による操舵方式は大正末期から昭和にかけて我が国に影響をもたらした。当時、ヨーロッパではすでに半世紀に亘る歴史をもっており、その優れた点については異論のないところであった。汽動操舵機は寒冷地での蒸気の凝結、システム系からの蒸気漏洩により全体的な効率低下や、蒸気配管等の艦装上の不備を伴うなどの多くの不利な点があった。一方、電動油圧操舵機は汽動式より優っているが、油の如き媒介物を必要とし、電気式が直接電動機で舵を動かし、電動油圧式に劣らぬ円滑自在な操作をおこなうことができ、艦装上でも有利で、操舵機全体の価格は高くても、維持費は相対的にみて電気式が経済的であるとの評価があった。

大正13年(1924)に三菱電機が抵抗制御方式操舵機を三菱神戸造船所建造の大阪商船向早柄丸、三原丸(697 GT)にそれぞれ搭載した。操舵機用電動機は5HPで、本邦最初の電化ディーゼル船で甲板機械類も汽動式から電動式への変遷のはじまりとなったものである。電動操舵機には抵抗制御方式操舵機と可変電圧制御方式操舵機とがあり、抵抗制御方式操舵機は小形船舶用または、大形船舶の非常用操舵機として使用され、可変電圧制御方式操舵機は大形船舶に使用された。

電動操舵機は三菱、川崎、富士電機、芝浦電気、日立、明電舎等の諸工場で、それぞれ特徴をもったものが製作された。

富士電機は昭和3年(1928)に電動操舵機の研究に着手し、翌4年昭和汽船幸和丸(5,847 GT)に20 HPのものを完成した。これはコドラント・ギヤ型でセルシンモータによる自動追従方式を採用したシーメンス式可変速度レオナード制御である。富士電機は大正12年会社創立当初より船用電気の権威者 Dr. J. Bahl をドイツ国のシーメンス社より招聘し電気品の研究ならびに製造をは

じめたものである。可変速度レオナード方式は昭和10年までに国際汽船貨物船10,147GT鞍馬丸等11隻に納入された。可変速度レオナード方式と異なる定速度レオナード方式の電動操舵機も小形船用として製作され、1HPから58.5HPのものが満州国及びタイ国等の軍艦2隻をふくめ、神戸棧橋会社の兵庫丸他計17隻分に納入された。なかでも昭和12年(1937)に農林省水産講習所神鷹丸に納入されたものは、航行中万一停電した場合にでも直ちに手動操舵にきりかえ、同一操舵輪で操舵できるいわゆる電動・手動操舵機で、第2次世界大戦中に、日本海軍の高速魚雷艇用として2HP鋼索形操舵機を併用したものが約250台製作された。

ワード・レオナード式全電動操舵機は三菱電機株式会社でも開発された。初号機は、昭和8年(1933)に東京湾汽船丸に2.5HPのものが納入された。これは独自の国産機で、川崎・芝浦・その他のものがMotor-generatorの発電機を励磁するのに、1個の励磁材を用い、その分捲界磁には逆に反対の磁界をつくる2線の線輪を用いて、正・負方向の励磁を発電機に与えるようにしていたが、三菱式電動操舵機は2個の励磁機を備え、操舵輪を急速に回転しても励磁機発生電圧が一定値以上にならないようになっているので主操舵機に有害な衝撃を与えることなく、安定した運転状態が得られ、実際舵角と設定器の指示角度との間に誤差を生ぜず常に正確に一致するので舵角指示器を必要としない特徴があった。最大舵角は、三菱・川崎式では35度、他のメーカーのものは40度となっていた。三菱のワード・レオナード式電動操舵機は、昭和9年(1934)に進水した日本郵船7,185GT貨物船能登丸に出力16.5HPのものが納入されて以来、ひきつづきこのクラスの能代丸、野島丸等6隻に納入され、終戦までに約60隻分が製作された。なかでも日本郵船の欧州航路6,646GT貨物船吾妻丸にはワード・レオナード式電動機が2個設けられ、1個を常用とし、他の1個を予備として、随時切替へ可能にし、従来必要とされていた手動装置は設置されなかった。手動予備装置をとりやめた例は、外国では当時すでに実績があったが、我が国では本船が最初で、電気品の信頼性が高く評価される契機となった。また、これによって大形船で、従来手動予備操舵装置の操舵が多数の人手を要し、床面積も大となるなどの不都合な諸点が改められた。昭和9年(1934)三菱神戸造船所で建造された大阪商船別府航路に登場した1,847GT新鋭客船に志き丸に3.5HPのものが装備されている。

川崎式電動操舵機は、主操舵装置の配置、構造等はほぼ三菱式と同様であるが、直接操舵管制装置が装備されている。初号機は、川崎汽船13,000DWT油槽船建川丸に装備され、その後終戦までに約20基製作された。建川丸の主操舵電動機は直流分捲全閉自通風形、電圧220V、回転数500rpm、出力25HPである。電動発電機の電動機は、直流複捲防滴形で220V、1,000rpmの

とき32HP、同発電機は直流差働複捲防滴形で同電圧、同回転数で21kW、その励磁機は他励分捲防滴形で100V、1,000rpmにて0.5kWである。以上電機の定格は10分間であった。

明電舎では昭和5年(1930)より研究開発をして、昭和8年(1933)に国際汽船鹿野丸に初号機を納入した。この形式はAEG形に類似したものである。

芝浦式電動操舵機は川崎式と大同小異で、三井物産那智丸に初号機が装備された。

最後に登場した日立式電動操舵機は、非常用直接管制器を有し、切替開閉器によって直接管制を行い得るようになっており、手動操舵も可能なものであった。

3.3 電動油圧操舵機 汽動操舵機及び電動操舵機は大形の艦船には適さないため大正末期ころより電動油圧操舵機が製作されるようになってきた。電動油圧操舵機は、構造が堅牢で、その性能が確実であったことは永年の使用実績により高く評価され、軍艦にはほとんど採用され、商船においても大形の客船には大体この方式が採用された。

電動油圧操舵機は、電動機によりジャネーポンプまたはヘルショウポンプをまわし、この油圧ポンプからの作動油圧によって油圧シリンダのラムを働かして操舵するもので、当時英・米両国に数種の形式があった。英国ではジャネー式を使用したものにブラウン・ブラザーズ式及びヴィッカース式があり、ヘルショウ式を使用したものにジョンヘスチ式があった。ブラウン・ブラザーズ式はエジンバラ市のブラウン兄弟会社で製作され、ジョンヘスチ式はジェームス・ウォットの出生地であるスコットランドのクライド河口グレノックにあるジョンヘスチ社で製作された。電動油圧操舵機はこれらの会社が始祖で、その後、世界各国のメカがこの両者のいずれかより製作権を得て製作した。我が国ではブラウン・ブラザーズ式のものを三菱造船所で、ジョンヘスチ式のものを川崎造船所がそれぞれ製作した。

ジャネーポンプとヘルショウポンプの優劣について徹底的な結論を与えることは困難で、当時英国においては、軍艦用操舵機を注文するとき、ある艦にはジャネー式を、ある艦にはヘルショウ式を指定していた。また、大形商船においても、クイーン・メリー号はジャネー式を、ノルマンジー号はヘルショウ式を採用した。

クイーン・メリー号の操舵機は、当時世界最大で、操舵機はブラウン・ブラザーズ社の設計・製作で、ジャネーポンプはヴァリアブル・スピード・ギヤ社、電動機はローレンス・スコット社より供給され、4個の油圧シリンダ及び3個の250HPの電動機及び油圧ポンプを備え、各舷に最大舵角35度、合計70度を30秒間にとり得るものであった。油圧ポンプの送出油制御用として起動装置(Servo Gear)が備えられている。これは電動油圧式で丁度小形の操舵機に類似したもので、4HPの電動機で運転される油圧ポンプ2台を備え、2個の起動用油圧

シリンダに圧力油を送り、主操舵機の主油圧ポンプの制御をおこなうもので、起動装置の油圧ポンプはテレモータにより操舵室から制御されるものであった。なお、起動装置にはスペリー式自動操舵装置が取り付けられ、船は一定方向に自動的に走っている。4個の油圧シリンダと3個の油圧ポンプは全速力で片舷から片舷へ舵を一杯にとるときだけ働かせ、普通の航走時には2個の油圧シリンダと2個の電動油圧ポンプで充分であった。これらの切換えは迅速、且つ容易におこなわれるように設計されていて、テレモータ等の装置も二重になっており、操舵機室の起動装置作用ハンドル及び起動装置が不具合時に主操舵を管制する独立操舵輪が設けられて、非常に安全にできたものであった。この操舵機の全重量は約180トンといわれている。一方、ノルマンディー号の操舵機はクイン・メリー号につぐ大きなもので、マルセイユのデュークローズ社がブラウン・ブラザーズ社と協力して製作したもので、75HPの電動機3台とヘルシウポンプ3台を備え、重量は60トンであった。操舵機構はクイン・メリー号の主操舵機とほぼ同様であるが、電動油圧式の起動装置は別に備えられていなかった。

我が国における電動油圧式操舵機は、大正13年(1922)起工された軍艦青葉・衣笠にはじめて装備された。青葉にはブラウン・ブラザーズ社製が、衣笠にはジョン・ヘスチ社製のものが輸入装備された。ブラウン・ブラザーズ社製のものは英国V・S・G社のアキシナル・プランジャー形の油圧ポンプを採用した漸新なものであった。この油圧ポンプは明治40年(1907)米国のウィリアム・ジャネー氏によって液体による動力の可変速伝達法として考案されたものである。これは従来の動力伝達方法と異なり、回転方法や回転速度を正確、微細に変化させる点で当時、他の追随を許さなかったもので、後に英国V・S・G社によって改良されジャネーポンプとして後世にその名をとどめることになったものである。

三菱重工は、昭和9年(1934)に英国V・S・G社とジャネーポンプの製造技術(二重自在接手の特許権)の導入をおこない、国産化を図りつつ高压に耐え得るよう材質、機構の面から研究を重ねさらに改良した。ジャネーポンプは、外国においては古くから軍艦の砲塔旋回用の油圧駆動装置として使用され、その性能が高く評価されていたものである。

一方、ジョン・ヘスチー製のものは油圧ポンプにヘルシウポンプが使用されている。ヘルシウ式電動油圧操舵機は、英国ジョン・ヘスチー社により明治42年(1909)に製作された。ヘルシウポンプは電動機によって一定回転に駆動されながら、油の吐出量と流れの方向を任意に変えるラジアル・ピストン形の油圧ポンプで大正5年(1916)川崎重工が英国ヘルシウ社と技術提携し大正13年(1924)から製作を開始した。ヘルシウ式電動油圧操舵機は商船用として大正14年(1925)川崎造船所が建造したストックポート9,114 DWt貨物船ふろりだ丸に

初めて装備された。当時、外国で建造された本邦の艦船にはジョン・ヘスチー製電動油圧操舵機が装備された。主なものとしては、英国において大正4年2月建造された駆逐艦浦風及び大正11年6月米国ニューヨーク・シッピルディング社で進水した19,500排水トン給油艦神威がある。神威は当時珍らしく電気推進艦で、8,000 HP GE製TUBO-GENERATOR 1 set, Motor 2 set, Babcock製ボイラ4缶(265 lb/in²)が装備されている。また、商船では大正10年(1921)進水した日本郵船会社の欧州航路用10,413 GT貨客船箱崎丸に装備された。操舵機容量は35 HPで、10吋複式油圧シリンダとヘルシウ形油圧ポンプ2台より構成されている。農林省(当時、農商務省)が北洋漁業の調査船として、大正11年(1922)に建造した白鳳丸にも装備されており、この船は復原性能自動調整タンク(タンク式スタビライザ)が装備され、当時としては画期的な試みが施されたものである。昭和初期に竣工した一等巡洋艦足柄・摩那にヘルシウポンプが使用されたが、圧力上昇時に管制軸の撓みが生じ、回転筒の焼損事故が相つぎ、起動管制力の減少対策の必要があった。ヘルシウポンプはその構造から高压に耐え、取扱いも容易でジャネーポンプに劣らぬものであったが、起動管制時の反力が大きいことが最大の欠点であったため、艦艇では当時、10 HP以下の小力量の操舵機に使用され、大容量のものは専ら、ジャネ式電動油圧操舵機が採用された。しかし、寝食を忘れた技術者の8年間にわたる黙々とした実験、研究の末、故障皆無の大容量のものができるようになった。この成果は高く評価され、昭和17年(1942)竣工した24,140排水トン空母飛鷹(日本郵船の客船出雲丸を改装)に使用されることになった。

三菱ジャネ式電動油圧操舵機は昭和10年(1921)佐世保工廠にて軍艦霧島に初号機が装備された。本艦用のジャネーポンプは大容量のサイズ24形で陸上試験時、従来の海軍制式テレモータでは操縦困難なことが判明し、種々研究の結果、油圧ポンプにバランスピストンを設置することで解決した。

商船用には、昭和11年(1922)三菱長崎造船所で建造された関釜連絡船金剛丸(7,105 GT)に装備された。本船の操舵機は通常、油圧テレモータで操作されるが、非常用としてクラッチの切換で操作できるよう50 HP可変電圧制御装置が装備されている。本船は鉄道省の英断により世界にもまれな交流化を実施し、我が国在来の蒸気船に一新紀元を画したものである。その後昭和12年(1937)完成7,103 GT興安丸にも装備された。このころから、電動油圧操舵機にラブソン・スライド式が用いられるようになった。ラブソン・スライド式は当初英国ヴィッカーズ社で計画された。我が国では軍艦問官、厳島に川崎重工製のものが、また利根には三菱重工製のものが装備された。ラブソン・スライド式は接合棒方式に比べ構造が多少複雑となるが利害得失を考慮の結果、その

有利性が認められ、陽炎形以降の駆逐艦、巡洋艦、戦艦等にも搭載され、その主流を占めるに至った。また、このころ海軍では、停止中の油圧ポンプの逆転による舵作動の不具合をなくすために、逆転防止の実艦試験を駆逐艦雷でおこなった。

逆転防止には、機械式のもの(爪形逆転防止装置)と電気式なもの(電磁弁式)とがあり、その逆転防止性能の優劣を比較試験した結果、機械式のは電気式のものに比べ、機構簡単、作動確実、信頼性、大なりと判定されたが、本装置は、同時に順転加速防止の役を果たさないので、結局、順転及び逆転の防止機能を有する電磁弁方式が標準として採用されることになった。

昭和13年(1924)国策の大計に寄与するために、三菱長崎造船所で建造された大阪商船の南米航路豪華客船あるぜんちな丸(12,760 GT)、ぶらちる丸(12,752 GT)は全船ごとく純国産資材が使用され、その電気設備は、運航用各種補機類から娯楽器具類に至るまで高度に電化された優秀船で操舵機は三菱ジャーネー式が使用され、後にあるぜんちな丸は空母海鷹に改装された。翌年、建造された日本郵船会社の欧州航路用客船新田丸(17,150 GT)には三菱ジャーネー式電動油圧操舵機が装備され、はじめて自動起動器が採用された。電化することにより船内が静穏となり、清潔となるばかりでなく能率の増進が一段と向上された。同形姉妹船に八幡丸、春日丸があるが、後に戦雲急を告げるにつれて、それぞれ空母雲鷹、大鷹に改装された。

三菱ジャーネー式電動油圧操舵機の最大容量は 359 t-m で昭和16年(1941)空母翔鶴に装備された。

また、商船用では280 t-m で昭和14年(1939)起工の日本郵船の客船樺原丸(27,700 GT)に装備されたが、後に空母隼鷹に改装され、昭和17年に竣工した。

4. 冷凍機及び空気調和装置

我が国で冷の利用がはじまったのは、かなり古くからで、年代については明瞭でないが、はじめは雪を用いたようで、この雪をできるだけ長く貯蔵するために設けられたのが「氷室」のはじめであるといわれている。

我が国に残る最も古い記録として日本書記のくだりにその事が出ており、また延喜主水式(延喜元年(901)につくられた法律)によれば、山城国(現在の京都府)に6箇所、大和国(奈良県)、河内国(大阪府)、近江国(滋賀県)、丹波国(京都府から兵庫県にまたがる地域)にそれぞれ1箇所ずつの氷室があったと記録されている。氷室のおこりは、狩りをして得た獲物を保存することであったようである。和銅元年(708)に、まず朝廷御料の氷室がつくられ、その後山城国を中心に各地で大いに栄えたが、鎌倉時代(1180~1333)に入って一時衰微した。儀式に必要な氷池の利用は明治のはじめまで続けられたが、明治維新の改革によってすべて姿を消した。

幕末以来、途絶えていた天然水の採取が再び盛んな

ったのは、明治に入って以後のことで、中川嘉兵衛によって北海道函館の五稜廓ではじめられた。その後、明治3年(1870)ごろより、一般にも売られるようになった。同じ年、大学東校(現東京大学)の宇都宮三郎教授が、輸入冷凍機を用いて、我が国ではじめて機械による氷をつくり、病人の下熱用に用いた。これはアンモニア吸収冷凍機であった。我が国で本格的な機械製氷がおこなわれるようになったのは、明治5年(1872)ごろからで、横浜、大阪、神戸と、すべて外国人経営のものであり、販路が外国人に限られていたこともあって、これらはたちまち経営不振に陥り、1~2年のうちに閉鎖されてしまった。機械製氷がはじまって以後、天然水との間には十数年にわたる競争が続いたが、明治30年(1897)には全国の製氷能力が一日150トンに達し、ここに機械製氷が天然水を凌駕するようになった。使用された製氷機械は、ほとんどがアンモニア吸収式であった。

外国においては、古くは英国のジャコブ・パーキンスをはじめ、多くの人によって、冷凍機の開拓がおこなわれている。とくにパーキンスは、天保5年(1834)、ガスを圧縮、液化、蒸発させる機械を発明した。また、米国のゴリーは嘉永3年(1850)、冷空気式の特許を取得した。冷空気式とは、圧縮により温度の上がった空気を水で冷し、つぎにこれを膨張させると低温になるという原理を応用した冷却機である。他に冷空気式は、ギファード、ベル兄弟、及びコールマン等によっても考案された。また、炭酸ガスを用いる冷凍機がウインドハウゼンによって明治9年(1876)に考案された。一方、明治5年(1872)ダビッド・ボイルが蒸気圧縮式アンモニア冷凍機を発明し、翌6年(1873)ドイツ人カール・フォン・リンデが同機の工業化に成功し、広く一般に普及し、同年我が国にも輸入された。

4.1 船舶での製氷のはじまり 船舶に製氷装置が設けられたのは、明治9年(1876)フランス人シャルル・テリエが、フリゴフィック号に冷凍機を備えてフランスとアルゼンチンとの間を運航したのが最初である。我が国では、海軍において軍艦筑波が明治10年(1877)12月に熱帯地方巡航に際し、艦内に製氷機械を備えたのが最初である。筑波は嘉永4年(1851)東印度ボンベイにおいて建造され、明治4年(1871)に購入したものである。以来、軍艦三笠に至るまで、海軍では、製氷機械の積極的な採用はなかった。また、明治14年(1881)英国のストラスレーブン号が、はじめてベル・コールマン冷空気式冷凍機を利用して34トンの冷凍肉をオーストリアのメルボルンからロンドンに海上輸送した。初期の船用冷凍機製造者のうち、もっとも成功したのは、ハスラムで、彼はベル・コールマンの特許を用いた。他に、船用冷凍機を専門にしていたのは、英国のJ & E・ホール社で、それはウインドハウゼン式を採り入れた炭酸ガス式のものであった。我が国では、明治18年(1885)帆船を使用して、氷結魚の水蔵海上輸送が朝鮮一下関間で

試みられたが、まだ冷凍機を利用した輸送ではなかった。冷凍機を利用した冷蔵輸送がおこなわれるようになったのは、これより二十数年も後のことである。

4.2 船舶での冷暖房のはじまり 我が国で船舶に空調装置が備えられたのは、明治34年(1901)英国のフェアフィールド造船所において進水した日本郵船の4703GT貨物船熊野丸が最初であり、サーモタンク式暖房装置を装備していた。

冷房には冷凍機を使用していたが余り効果はなかったという。明治36年(1903)三菱長崎造船所において進水した日本郵船の5539GT貨物船日光丸は、国内で建造した船としては初めてサーモタンク式暖房装置を採用している。また、明治41年(1908)同じく三菱長崎造船所において竣工した東洋汽船の13454GT客船天洋丸には、食堂、喫煙室、読書室など広範囲にステュワード式サーモタンク形暖房装置が取付けられた。送風機8台、蒸気加熱式サーセタンク4台を備え、また、吹出口にはパンカールパが取付けられ、広く通風暖房をおこなったのは本船が最初であったという。当時、一流客船でも送風機といえば、天井からのれん状のものを食卓上におぼさげて、その端に紐をつけて給仕が2人で、早やからず遅からず引張っては何十人という客をあおぎたてたものであった。これを送風機と呼んでいたそうで、天洋丸の通風装置はまさに時代の先端をゆくものであった。

4.3 漁船の冷凍のはじまり 我が国の漁船ではじめて、冷凍設備を備えた船は、明治41年(1908)大阪藤永田造船所において、木造貨物船より改装された有漁丸(137GT)であった。

リンデン式アンモニア冷凍機で、蒸気機関直結、立形圧縮機、30冷凍トンを使用し、朝鮮一内地間の鮮魚輸送に従事したが、冷凍能力不足で所期の成績は得られないうちに海難で沈没してしまった。その後、葛原猪平が冷蔵運搬に積極的に乗り出してくるまでの13~14年の間、漁船において冷凍機の積極的採用はなかった。

4.4 船舶用冷凍機の発達 明治40年(1907)前後から、これまで冷凍機の採用に積極的でなかった海軍が、積極的に乗り出してきた。まず、明治35年(1902)英国ヴィッカース造船所において進水した戦艦三笠に、はじめて空気を用いる横置き複式冷凍機(一日の製氷能力1トン)が一基装備された。つぎに、明治37年(1904)英国アームストロング造船所において起工した戦艦鹿島には、J&Eホール式炭酸ガス冷凍機2基が、また明治39年(1905)横須賀海軍工廠において起工した戦艦薩摩には、製氷機械として直立単筒式2基、冷却機械として電動式2基が備えられた。当時の帝国海軍機関史につきのような記述が見られる。

『軍艦弾薬庫の冷却機械は従来J&Eホール式の使用をみたりして、同式の夏季もしくは熱帯地方海水温度上昇の際に困難の弊ありし、英・仏海軍においては盛んにルブラン式を使用するに至りしに鑑み、我海軍にも之が

実験を必要とし、明治45年(1912)4月をもって出雲火薬庫冷却装置にルブラン式、リンデン式を併置し、これらを従来のホール式との比較研究をなさしむに至れり』。

明治の末より大正末期にかけて、冷凍機国産化の機運が高まり、外国メーカとの技術提携が相ついだ。明治44年(1911)川崎重工業はフランス、ルブラン社と蒸気噴射式冷却機について技術提携をおこなった。

大正2年(1913)三菱神戸造船所は、英国、パルソメーター社とパルメソーター式電動・汽動炭酸ガス冷却、製氷機の技術提携をおこなった。大正8年(1919)(株)神戸製鋼所は、英国・シーガー社と多効式炭酸ガス冷凍機について契約を結び、製作に先立って、技師2名を英国に派遣し、シーガー社の冷凍機について実地研究させた。翌9年(1920)には、シーガー社からもチャールズ・バーノン・ハートレー技師を招いて、船用多効式炭酸ガス冷凍機の製作を開始した。

まず、三菱神戸造船所は、大正4年(1915)三菱長崎造船所において進水した日本郵船の7386GT貨物船富山丸に15,700BTUのパルソメーター式汽動製氷機をはじめて納入した。続いて同年、三菱長崎造船所で進水した大阪商船の9,506GTまにら丸にも160,000BTUの三菱神戸造船所製パルソメーター式汽動製氷機一基が搭載された。また、大正10年(1921)佐世保海軍工廠において進水した二等巡洋艦長良(5,570排水トン)に製氷機械として、海軍ではじめてパルソメーター式汽動製氷機一基が納入された。その後、同造船所は艦艇の火薬庫冷却用として、とくに潜水艦用は特殊な設計をおこなうなどして、製作開始以来10余年間に約200台製作した。一方、川崎重工業は、大正7年(1918)同造船所において進水した日本郵船の5,900GT貨物船長門丸にルブラン式冷却装置をはじめて納入した。

大正後期に至り、ようやく冷凍機の国内自給体制が整い、各メーカもその改善に努め、冷媒ガスの清浄、気・液の分離、安全装置、調整装置の精度の向上等著しく改善され、かつ、ピストンリングが革製から金属製に改められるなどの技術革新がなされた。

海軍では、大形艦においては、製氷及び冷却機械としてJ&Eホール式改良形を使用し、また、ルブラン式はもっぱら冷却用に使用されていた。当時すでに冷媒ガスとしてメチルクロライドが使用されていた。この場合、冷媒ガスの価格が高価であるが、機械が小形であったため、特に小形化を要求される駆逐艦に適するとされ、さらに、電動機駆動はより小形軽量のために砲艦に適していると評価されていた。なお、当時、電動機駆動形は将来を有望視されていた。

大正13年(1924)三菱神戸造船所では、多効式冷凍機に関する特許を取得し、三菱研究所との共同研究で多効式冷凍機を開発し、アンモニアを冷媒とするものを兵神製氷会社に納入した。その後、艦船用にも力を注ぎ、炭酸ガスを冷媒とするものを製造し、大正14年(1925)三

菱神戸造船所で進水した大連汽船の3,748 GT貨客船大連丸に8,000 BTU/hrの三菱多効式炭酸ガス冷凍機をはじめて納入した。その後、大正15年(1926)に、三菱重工業(株)は冷凍機部門を三菱化工機(株)に移譲した。

大正9年(1920)に、英国シーガー社より多効圧縮法の専売権を得て製作に着手していた神戸製鋼所は、播磨造船所において、大正10年(1921)進水した旭石油の6,515 GT オイルタンカ橘丸、同姉妹船清珠丸、千珠丸に10,000 BTUの小形冷凍機をはじめて納入した。この冷凍機は、当時海軍で建造中であった多数の特務艦にも採用され、製作開始から盛況をきわめ、昭和3年(1928)日本郵船が世界に誇り得る優秀客船として三菱長崎造船所で建造する16,955 GT浅間丸、同龍田丸及び横浜船渠で建造する17,498 GT秩父丸の3隻に装備する炭酸ガス式冷凍機6台を受注するに及んで一大躍進をとげた。この冷凍機は電動機直結の高速回転圧縮機を採用し、能力50,000 kcal/hr、回転数400 rpmであった。当時の圧縮機の通常回転数は150 rpmであったものを、400 rpmとした点が新機軸であった。なお、電動機は直流複巻式で、225 V、212 A、55 HPであった。ここで、高速回転とした理由は、船内の限られた面積と重量との制限内にうまくまとめるため、機械を小さく設計する必要があったためである。

昭和14年(1939)に入ってから、従来の能力10,000 kcal/hr~20,000 kcal/hrをはるかに超える50,000 kcal/hr~100,000 kcal/hrの炭酸ガス式冷凍機を海軍から数台受注したが、これが当時1号、2号と呼称して建造されていた戦艦大和及び武蔵に搭載する糧食庫用冷凍機であった。このほか、両艦には、糧食庫用として50,000 kcal/hrの冷凍機が10台、弾薬庫冷却用として、荏原製作所製のターボ冷凍機150,000 kcal/hr 4台が搭載されていた。

4.5 冷凍貨物輸送の発達 明治40年(1907)ころより遠洋航路貨客船が次第に大形となり、冷凍庫容積は大きくなり、また、貨物船においても遠洋航路に就航するものは、蒸気駆動の食糧冷蔵用冷凍装置が設備されるようになった。さらに、冷蔵貨物運搬にも利用されはじめ、本格的な冷凍利用がはじまった。冷却機械は、アンモニアを冷媒とするものは極めて僅少で、主に炭酸ガスが用いられた。そして、ほとんどが英国J&Eホール式で、そのほかに冷媒ガスを用いないフランスのルブラン式を用いるものもあった。当時、我が国における国民生活の洋風化とともに、食肉(主として牛)の需要は著しい増加の一途をたどり、その需要に対応して輸入牛が増加し商船による冷凍輸送の発達の因となった。

大正4年(1915)青島攻略以来、青島肉の日本向冷凍輸送が本格化し、大正14年(1925)には、日本総消費量の4.3%を輸入牛が占めるようになった。

大正10年(1921)三菱長崎造船所で進水した日本郵船の10,423 GT貨物船箱根丸は、青島航路の冷蔵貨物(牛

肉)輸送に就航していたが、冷凍機はシーガー式多効炭酸ガス式であり、それを機関室上段に設置し、ブラインを七つの冷凍庫に供給した。牛肉は、夏期はフック吊り、冬期はベタ積みとし、20°F(-6.7℃)で輸送された。時を同じくして、鮮魚の凍結、冷蔵輸送も葛原猪平によって本格的に開始された。第一次大戦中〔大正3~7年(1914~1918)〕、米国にあって、食品類の加工及び保存に関する研究をつぶさに眺めていた葛原猪平は、米人技術者を帯同して帰国すると直ちに葛原商会を興して凍結、冷蔵の研究を進めた。気仙沼と函館に冷蔵庫を建設した葛原は、さらに海上輸送をおこなうため、冷蔵運搬船の建造に着手し、大正10年(1921)江の浦丸(643 GT)を横浜船渠で石炭運搬船から冷蔵運搬船に改良し成功をおさめた。引き続き、同所で幸光丸他4隻を建造し、北洋鮭鱒運搬に就航させている。最初に建造した幸光丸と海光丸の2隻の冷蔵設備は、ともに米国人技師ハワード・ジェンクス設計のもので、冷凍機は蒸気機関駆動、冷凍能力100トンのフリック製で、凍結装置はブライン循環棚方式空冷法で、一日の冷凍能力18.75トン、冷蔵庫の収容量は1.100トンであった。

葛原猪平に刺激されて、他社も相ついで冷蔵運搬船を建造したが、中でも大正11年(1922)相生播磨造船所で建造された帝国汽船の大東丸(1,229 GT)は、在来貨物船を冷凍船に改造したもので、カムチャッカ東岸から内地への、鮭、鱒冷凍輸送に従事させた。当時、世界においてもまれにみる冷凍運搬船で、冷蔵室容積4,900 ft³(改造前180 ft³)、冷却機にシーガー式多効炭酸ガス冷凍機160,000 BTU/hr(神戸製鋼所製)を3台装備していた。甲板上の船橋楼直前にブライン式凍魚タンクを設置し、船橋楼甲板を延長して作業台とした。船内で魚類を冷凍し鮮度を損わないようにし、夏期の長距離の輸送に耐えるように配慮されていた。大正年間(1912~1926)に建造された冷凍装置をもつ漁船は、運搬船を主体として約40隻に達した。また、冷凍機の改良で特筆すべきは、昭和4~6年(1929~1931)にかけて、浦賀船渠で進水した昭和商船の幸和丸他国際汽船の鞍馬丸、葛城子等3隻に“Autofrigor”と呼ばれるメチルクロライド冷凍機の採用である。当時、外国では厨房用冷蔵庫に多く採用されていた模様であるが、その構造は、密閉形電動機圧縮機の下部に膨張弁及び蒸発器を配置した構造で、きわめて漸新的なものであった。

4.6 船舶における冷房装置の発達 大正10年(1921)米国人W.H. キャリア博士が遠心冷凍機(ターボ冷凍機)を発明し、キャリア工業会社を設立した。この遠心冷凍機を装備したのが大正14年(1925)進水した米国軍艦ワイオミングであり、船舶に本格的な冷房装置が採用されたのは、これがおそらく世界最初のものと思われる。この冷凍機は、一日の冷凍能力95トン、冷媒はトリクロールエチレンであった。

我が国ではじめて冷房装置が採用されたのは、これよ

り遅れること11年、昭和11年(1936)三菱長崎造船所において相ついで進水した鉄道省の7,081 GT 関釜連絡船金剛丸及び7,103 GT 興安丸であった。冷凍機及び空気調和装置の一切は、第一船の金剛丸は高砂暖房工事(株)に、第二船の興安丸は東洋キャリアー(株)に発注された。一等から三等までの客室全部とサロン、ロビー等、冷暖房装置を施した室の全容積は、約6,250 m³、空気調和機は6台で、その総送風量は毎分850 m³であった。空気調和機はポート甲板上及び上甲板後部にそれぞれ設置され、各甲板ごとに設置された空気調和機へ冷水を供給し、その空気調和機からの調整空気は送風ダクトにより各室に導かれ、スロットル形吹出口より吹出された。客室系統のエヤハンドリングユニットは単一ダクト方式で、室内温湿度条件は、夏季が27℃、55% RH、冬季が22℃、40~50% RHであった。冷凍機は、冷凍能力140 USRTであり、金剛丸が190 HP、3,510 rpm、3相220 V、60 Hzであったのに対して、興安丸は、170 HP、1,760 rpm、3相220 V、60 Hzであった。冷媒は、金剛丸がメチレンクロライド、興安丸がカーレンNo.2 (CFC1₂)であった。

昭和14年(1939)日本郵船が欧州航路用に建造した一連の豪華客船新田丸、八幡丸、春日丸(いずれも17,150 GT)には、一等船客用の客室、サロン、ラウンジ等に冷暖房装置を完備していた。これらのうち、新田丸の竣工は昭和15年(1940)4月で、当時すでに第2次世界大戦がはじまっていたため、欧州方面を避けてアメリカ航路で処女航海をおこなっている。

これら3船は、金剛丸、興安丸と同様に、新田丸と春日丸は東洋キャリアー(株)に、八幡丸は高砂暖房工事(株)に、2社を競合させてそれぞれ発注された模様である。

冷凍機は、新田丸と春日丸がキャリアー式の往復形圧縮機を採用し、冷媒にメチレンクロライドを使用したのに対し、八幡丸は高砂式の多段式ターボ形を採用し、冷媒にはメチレンクロライドを採用した。空気調和装置は、キャリアー式が、加熱器、給湿器、冷却器を直列に並べているのに対して、高砂式は、加熱器と冷却器とが共通となり、給湿噴霧用ポンプや給湿用タンク、送風機、再熱熱交換器などが一つのケーシング内に納められている。空調方式は客室、食堂別に設けられたエヤハンドリングユニットより送風する単一ダクト方式で、ニューマチックコントロールによる温湿度自動制御がおこなわれるようになっていた。

これよりさき、昭和13年(1938)には、潜水艦の居住区を冷房するため、フロン12を冷媒とする15 HPの冷凍機が搭載されている。その後、航空母艦、重巡洋艦、駆逐艦などにも冷房用として、3 HPないし15 HPの冷凍機が搭載されるようになった。

フロン冷媒は現在では冷凍機用冷媒として主流を占めているが、それはフロン冷媒の、不燃性、非毒性の活性のない安定な性質に着目され、いわゆる《安全冷媒》としての評価を受けていることによるものである。

この性質は船舶用ことに艦艇用としては必要不可欠の条件であるため、海軍では早くから食指を動かし、その開発に懸命であった。この一環として、大阪金属工業(株)は、昭和17年(1942)7月淀川化学工場に海軍の管理の下にフロンガス製造工場495 m² (150坪)を完成させ、8月から本格的生産に入った(当初月産3トン)。この工場の建設以前は同社今宮工場で月平均430 kgと試験的生産にすぎなかった。以来8月~12月に月平均7トンの生産をあげたものの海軍の要求量の約半分であった。これらフロンガスは、もっぱら潜水艦居住区冷房装置、糧食庫冷蔵装置、弾薬庫冷却装置をはじめ、戦艦、巡洋艦など大形艦船のジャイロコンパス冷却装置の冷媒として使用され、今日に至っている。

5. 結 言

船舶機械の戦前史は、まさに日本の造船とともに進歩してきたことを伺い知ることができる。明治、大正時代は船をして外国からの輸入がそのほとんどであったため、船舶機装品は技術導入により国産化されるようになった。しかし、「舶来品」のレッテルは昭和時代でも一部の大型客船に通用するもので、我が国での国産品は、信頼性の面で未熟な時代が続いたが、第二次世界大戦にはいると国家的事業として独自の製品が設計され、急速な進歩を遂げることになった。まさしく海軍により、技・質とも育成されたといっても過言ではないが、船が海上交通の手段であったため、そこにロマンを求めたエンジニアの英智の結晶をかいまみることができた。本稿が、今後船舶機械を志す人々の指針として、また日本船舶機関史関係の諸研究に役立ち得ることを期待するものである。

緒言にも記したように、日本船舶機関史編集委員会の事業は、日本船舶振興会から編集に必要な資料収集及び会議等に多大の資金援助を受けておこなわれたもので、ここに深く感謝の意を表わすものである。

(担当者 東京商船大学 吉田 卓也)