

かはく技術史大系(技術の系統化調査報告書 第5集、

3. 専用船建造技術発展の系統化調査 8 252~255 頁 2005 年 3 月) 産業技術資料情報センター

<http://sts.kahaku.go.jp/diversity/document/system/pdf/018.pdf>

3. のトップページ と著者 Profile と目次を示す。

専用船建造技術発展の系統化調査

Systematic Survey of the Development of Specialized Shipbuilding Technologies

3

吉識 恒夫 Tsuneo Yoshiki

■ 要旨

昨年実施した大型タンカー建造技術に引き続き、今年度は、多数建造されている専用船建造技術の発展に関し調査した。対象専用船として、コンテナ船、液化ガス運搬船、ばら積み貨物船、自動車運搬船を選び、建造船舶の動向と関連する技術の進展・開発状況に関する調査を実施したので、以下に調査結果の概要を述べる。

対象とした何れの専用船とも、戦後の社会経済が著しく発展した1960年代以降に出現している。1954年鉄鉱石を専用で輸送するばら積み貨物船の建造が、多くの専用船の始まりと言える。経済発展による粗鋼生産量の増加により、鉄鉱石・石炭の輸入が急増し、1960年以降鉄鉱石・石炭・穀物などを専用で輸送するばら積み貨物船(Bulk Carrier:バルクキャリア)の建造が活発化した。1966年には、種々の雑貨類をコンテナ容器に収納し、そのコンテナ容器を直接船に積み込み輸送するコンテナ船が米国船社により運航された。我が国海運界も米国マトソン社のコンテナ輸送提携申し入れを受け、1968年より我が国と米国西岸間のコンテナ船による定期航路を開設、その航路に投入するコンテナ船の建造により、我が国のコンテナ船建造が始まった。経済成長による生活環境の変化などによりプロパンガス需要の急増、或いは環境汚染を防ぐクリーンエネルギーである天然ガス利用への転換が進んだ。その結果、これ等ガスの海外からの輸入が必要となり、ガスを液化して輸送する液化ガス運搬船(LPG船、LNG船)の需要が急増した。自動車運搬船は、自動車業界の目覚ましい進展により、海外への輸出が急激に増大し、対応すべき効率的な海上輸送方法が求められ、自動車運搬専用船が生まれた。1965年頃より自動車運搬船の建造が始まり、1970年以降は自動車のみを効率的に輸送する自動車専用船(Pure Car Carrier:PCC)が多数建造されている。

これ等専用船を建造する造船基盤技術は、戦後の造船業界の努力により1960年始め頃までに充分整備され、各専用船建造に必要な固有技術開発を進める事により対応可能な状況にあった。今回調査した専用船の中で、他の専用船と異なる技術が必要となるのは液化ガス運搬船である。プロパン・天然ガス(メタンガス)の液化は、冷却または加圧によらねばならぬが、貨物を大量輸送する船舶では、通常冷却による液化方法を選んでいる。各々のガス液化温度は、プロパンガス-42℃、天然ガス-162℃で、対応低温技術の開発により、多数の液化ガス運搬船が建造されて来ている。特に天然ガス液化温度は-162℃と極低温で、熱変化に伴う格納容器の収縮問題、断熱対応、低温に適應する容器材料問題などあり、輸送方法基本概念は海外にて開発された。大多数の我が国造船会社は、海外にて開発された基本概念を技術提携し、具体的な建造に関連する細部に亘る技術開発を行う事により、高品質な液化ガス運搬船を建造している状況である。

液化ガス運搬船以外の専用船で、他の専用船に比し高度な技術が必要となるのはコンテナ船である。コンテナ船の導入により、港湾荷役が合理化され、荷主から貨物受け取り先までの一貫輸送方式が実現出来た。コンテナ船需要は急速に高まり、輸送の効率化を目指し船型の大型化が急速に進んだ。コンテナ船は定期航路を定められた時間内の運航が要求されるので、種々変化する波浪海象中での航行速力を維持出来る船型開発が重要な要素である。従って水槽試験と解析技術などを併用し、高速化・大型化する船型開発を行い、多数の大型コンテナ船が建造されている。

鉄鉱石など比重の大きい貨物を積むばら積み貨物船、自動車の効率的積み付けが可能となる自走式荷役方法を採用する自動車運搬船は、従来にない船体構造配置が求められ、慎重な船体構造強度の確認が必要となっている。構造強度に関する設計技術は、コンピュータの発展により有限要素法(FEM)技術を早期に採り入れ、安全性を十分に確認し、載貨重量20万トン以上の大型ばら積み貨物船を含め、多数建造されている状況である。

経済成長と共に、海上荷動き貨物の変化と輸送の効率化を求め、多種類の専用船の建造需要が起きて来たが、我が国造船業界は造船基盤技術の構築と、専用化に対処する技術の開発により多数の専用船が建造されている状況が確認出来た。

次頁より「自動車運搬船***」の頁

■ Profile

吉識 恒夫 Tsuneo Yoshiki

国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員

| | |
|---------|----------------------------------|
| 昭和33年3月 | 横浜国立大学工学部造船工学科卒業 |
| 昭和33年4月 | 三井造船株式会社入社 |
| 昭和61年4月 | 船舶・海洋プロジェクト事業本部企画開発部長 |
| 平成3年4月 | 船舶・鉄構総括本部技術開発部長 兼技術総括本部昭島研究所長 |
| 平成3年7月 | 理事 |
| 平成6年7月 | 技監 |
| 平成10年7月 | 顧問 |
| 平成15年4月 | 独立行政法人 国立科学博物館 主任調査員 |
| 平成15年6月 | 三井造船株式会社 退社 |

■ Contents

| | |
|-------------------------|-----|
| 1.はじめに..... | 189 |
| 2.戦後の世界船腹量と我が国の建造量..... | 190 |
| 3.戦後我が国造船技術の進展..... | 192 |
| 4.専用船の概要..... | 202 |
| 5.コンテナ船建造技術と建造船..... | 205 |
| 6.液化ガス運搬船建造技術と建造船..... | 217 |
| 7.ばら積み貨物船建造技術と建造船..... | 242 |
| 8.自動車運搬船建造技術と建造船..... | 252 |
| 9.まとめ..... | 256 |
| 謝辞..... | 258 |

以下の第1とよた丸、
第1とよた丸
関連の場所には赤矢印、下
線をつけた。

8 | 自動車運搬船建造技術と建造船

我が国自動車業界の隆盛は目覚ましい現状であるが、海外へ輸出が始まったのは1955年との記録が、自動車工業会の統計にある⁷⁶。1961年、乗用車の年間輸出台数が1万台を越え、11,152台との記録がある。1970年には、乗用車・商用車合計の輸出台数が1,000,000台を突破している。その後も自動車の輸出台数は急激に増加し、1985年には総計6,700,000台を越えている。しかし、余りにも急激な輸出増大により、貿易摩擦の要因となり、対米輸出規制が行われ輸出台数は減少する事となった。乗用車の輸出台数が100,000台を越える1965年頃より、多量に積載可能な専用船による輸送が望まれ、外航自動車運搬専用船の建造が始まった。

輸出台数の急増に対処すべき自動車専用船（Pure Car Carrier : PCC）の建造技術と建造実績の状況を以下に述べる。

8.1 自動車運搬船の概要

輸出台数が少数の時代は、その当時定期航路を運行していた一般貨物船の船倉に、1台ずつ船に装備されたデリックポストにより、積みおろしを行う方法であった。貨物船には船倉内に中間デッキがあるので、積み付け台数には限界があり、他の方法を考案せねばならぬ状況にあった。船倉構造内部に突起構造物が少なく、広いスペースのあるバルクキャリアを利用する案があった。バルクキャリア船倉内に、乗用車を搭載する移設甲板を仮設する案が生み出された。ばら積み貨物と兼用にする事により、空船の航海を避けることが出来るので、当初この方式による自動車運搬船が建造された。初期の荷役方法は、一般貨物船の場合と同様クレーンなどの荷役装置による積み込み/積みおろし（Lift On/Lift Off : LO/LO）方式であった。しかし、LO/LO方式は荷役時間がかかり、車に損傷を起こす事もあり、車の自走による荷役方式（Roll On/Roll Off : RO/RO）が考案された。自走による積み込み/積みおろしは、岸壁と船の間に自動車自走出来るランプ（Ramp）を渡し上甲板に上がり、上甲板から船倉内にはエレベータにより仮設自動車甲板へ走行する方法によった。ばら積み貨物との兼用船は、殆どこの方式によっている。

ばら積み貨物との兼用船では、積み付け台数・荷役

の効率化には限界があるので、更なる輸送効率向上を目指す専用船が望まれた。専用船は船倉部分に可能な限り多数の車を積載する様、甲板間の高さを積載車種の高さに合わせ多数の甲板を設置し、車を自走により車の間隔を最小となる様配列する。甲板間の車の移動は、甲板間に設けた傾斜ランプウェイを自走により上下移動する。岸壁から船倉内、或いは逆の移動は、先づ積兼用船と同様、船と岸壁間に設けたランプを自走により移動する。ランプと船体との結合箇所は、船側部または船尾部に設置され、結合部船体外板には大きな開口が設けられる。

船倉内部は車が自走するので、出来るだけ突起物・障害物を最小にする様、甲板荷重を支持する柱の配置には細心の注意を払っている。甲板は船体構造に固定するが、一部の甲板は船体へ固定せず移動可能な支持方法とし、乗用車と異なるトラックなどの背高車種の積み付けに備える場合が多い。車積み付け用甲板数は、積み付け台数により当然異なるが、9~13層設置するケースが多い。

甲板上に配列した車は、航海中の移動防止のためラッシングワイヤーにて固縛する。ラッシングワイヤーは、車と甲板上に設けた金具などと連結固着する。

完成車運搬専用船として建造される場合にも、海外生産拠点にて組立を行うノックダウン方式の部品を、完成車と同時に輸送出来る積み付け配置とした船も建造されている。ノックダウン部品は通常コンテナに積み込まれるので、一部の甲板をコンテナ積み付け可能な配置としている。

自動車専用船とする場合は、復航はどうしても空船となるので、運航効率上から最適となる航海速力が選ばれ、石油危機以降も18~19ノットの航海速力とするケースが多い。自動車専用船の搭載台数は、生産規模と輸出需要にマッチさせる関係上か、専用船の建造開始当時の搭載台数と大きな変化は認められない。

8.2 自動車運搬船建造技術

ばら積み船との兼用型自動車運搬船は、ばら積み貨物を積載する船倉内に、移動式自動車甲板を車積載時に仮設搭載する方式による。この移動式車両甲板の一例は図8.1に示す如く、ばら積み貨物搭載時には移動

76 自動車工業会「自動車統計年報」

格納方式をとる。この移動格納方式車両甲板は、川崎重工にてKAWASAKI/BLOHM&VOSS方式として開発され、ばら積み兼用船の車両甲板に広く採用されている。川崎重工では本方式車両甲板を積極的に販売し、1966年～1976年の10年間に合計101隻分製造販売したとの報告がある⁷⁷。

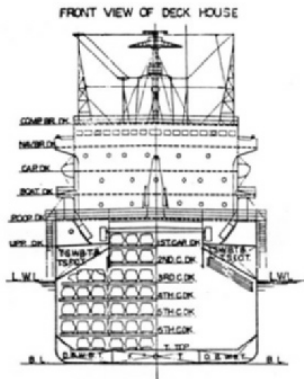


図8.1 移動式自動車甲板配置図（船の科学 Vol.22 No.3）

ばら積み貨物との兼用船は、ばら積み船としての運航に配慮した船型となっている。従って、建造実績の多い小型のハンディーサイズバルクキャリアに、移設式車両甲板を設置したケースが多い。パナマ運河通過最大船型となる中型バルクキャリアにも、移設車両甲板を設けた兼用船の建造例はあるが多数ではない。基本的に兼用船型は、バルクキャリア建造技術に移設甲板設置技術を加味し建造されている。

専用船は輸出完成車の輸送のみを目的とするので、復航は完全に空倉となる事もあり、効率的な車の搭載方法の考案も重要である。車の搭載数を増加させるには、船倉内部の空間に車を自走により如何に効率的配列出来るかが、最大の課題である。船倉部分の空間を先ず増大する方法として、通常の船に比べ船の深さ方向で、容積を増大する方法を採っている。車は専有容

積に比し比重が小さい事もあり、船倉部分の増深が可能である。船倉内に車両甲板を9～13層設け、車積載量の増大を図っている。船型の外観は写真4.6に示す様、船の深さが増大した箱型船となっている。

車両甲板の増設により、車積載台数の増大は可能であるが、車を積載した甲板構造の支持方法、突起構造物の最小化など、船体構造部材配置への配慮が重要となる。通常船倉は船長方向に幾つかに分割し、横隔壁が設けられる。しかし、自動車専用船では荷役を自走方法によるので、横隔壁・柱などの配置は最小化が望まれ、船体構造強度維持には細心の注意が必要となる。

車の容積に対する比重が小さい事により、運航時の喫水が浅い。一方、船倉部分の深さが大きいので、水面上の側面積が増し、操船時風による抵抗が他船に比し大きくなる。風圧抵抗の増大に対して、推進抵抗削減策として船倉全面の空気抵抗削減形状の模索、操船対策としては、舵・操舵装置の容量増大を考慮する必要がある。

その他、車荷役時に発生する排気ガスの換気装置、消火装置などに対する安全面での配慮が必要となる。

8.3 自動車運搬船の建造実績

我が国における自動車運搬船の建造が開始されたのは、年間輸出乗用車数が100,000台を越えた1965年からである。建造する自動車運搬船は、ばら積み貨物と兼用するタイプで、1970年自動車専用船による第1船が建造されたが、専用船による運航実績が得られる1973年ごろまでは専らこのタイプであった。その後も兼用船の建造は行われているが、次第に専用船に変わり、1976年以降の自動車運搬船は殆ど専用船型で建造されている。

ばら積み貨物と兼用で建造された自動車運搬船の代表例を下記に示す。

| 船名 | 竣工年 | 建造造船所 | 積載台数 | ばら積み貨物重量(トン) |
|------------------------|------|-------|-------|--------------|
| 追浜丸 ^{*8.1} | 1965 | 日立櫻島 | 1,200 | 16,155 |
| 第一とよた丸 ^{*8.2} | 1968 | 川重神戸 | 1,273 | 18,507 |
| 第五とよた丸 | 1969 | 名村造船 | 1,288 | 18,980 |
| 第七とよた丸 | 1970 | 名村造船 | 2,188 | 30,326 |
| ASIA HUNTER | 1971 | 住重浦賀 | 1,900 | 29,569 |
| 豊穀山丸 | 1971 | 三井玉野 | 3,076 | 52,258 |
| 栃木丸 | 1971 | 舞鶴重工 | 1,900 | 27,156 |

77 船の科学「自動車運搬船の新造および改造について」

| 船名 | 竣工年 | 建造造船所 | 積載台数 | ばら積み貨物重量(トン) |
|-----------------|------|-------|-------|--------------|
| 菱光丸 | 1972 | 佐野安船渠 | 2,172 | 38,082 |
| 白光丸 | 1976 | 尾道造船 | 2,362 | 32,595 |
| 東明丸 | 1977 | 来島ドック | 2,475 | 38,287 |
| WILMONA | 1978 | 三菱長崎 | 4,000 | 63,787 |
| 名豊丸 | 1978 | 佐野安水島 | 2,639 | 37,821 |
| JUPITER No.2 | 1978 | 今治丸亀 | 4,366 | 64,473 |
| CO-OP Express I | 1982 | 日立舞鶴 | 3,670 | 53,532 |

注：*8.1（資料-1078*）写真8.1、*8.2（資料-1079*）写真8.2



写真8.1 追浜丸



写真8.2 第一とよた丸



ばら積み貨物との兼用船は、バルクキャリアとして一般的に利用される船型を基準にされる事が多く、乗用車積載台数の概数が2,000台、4,000台クラスに分かれている。

1970年乗用車2,082台積み自動車専用船（Pure Car

Carrier）が、初めて川崎重工にて建造された。以後自動車の輸出増大に従い、ばら積み貨物との兼用船に代わり専用船が、多数建造されている。国内造船所における建造隻数は多数あるが、今回実施の資料所在調査に提供された建造例を下記に示す。

| 船名 | 搭載台数 | 完成年 | 建造造船所 | 特記事項 |
|---------------------------------|-------|------|--------|---|
| 第十とよた丸 ^{*8.3} | 2,082 | 1970 | 川重神戸 | 我が国初の専用船 甲板9層 |
| 多摩丸 ^{*8.4} | 2,530 | 1972 | 日立舞鶴 | 甲板9層 日立造船PCC型No.1 |
| 相模丸 | 3,000 | 1973 | 日立舞鶴 | 甲板10層 |
| 神悠丸 ^{*8.5} | 6,045 | 1974 | 三菱神戸 | 甲板13層 欧州航路 |
| RIGOLETTO ^{*8.6} | 5,300 | 1977 | 日立因島 | 油圧式移動甲板設置 |
| NISSAN SILVIA | 3,500 | 1978 | 日立舞鶴 | 一部大型特殊車積載 |
| 神明丸 ^{*8.7} | 7,000 | 1978 | 日本鋼管鶴見 | 甲板13層内3甲板移動可 |
| ぐるーりあす えーす | 5,688 | 1981 | 日立有明 | 甲板13層 |
| 神海丸 ^{*8.8} | 4,000 | 1983 | 大島造船 | 重量車両、ノックダウン部品、コンテナ積載 |
| ひゅーむ はいうえい ^{*8.9} | 4,168 | 1985 | 大島造船 | ノックダウン部品、コンテナ |
| OTELLO ^{*8.10} | 6,151 | 1992 | 日立舞鶴 | 4甲板移動可 |
| HUAL CAROLITA ^{*8.11} | 5,715 | 1999 | 常石造船 | 乗用車・トレーラー・コンテナ搭載 |
| SUNBELT SPIRIT ^{*8.12} | 6,100 | 2002 | 住重追浜 | 甲板12層、一部 冷凍貨物倉(面積21,000m ²) |
| PHENIX LEADER ^{*8.13} | 6,500 | 2004 | 今治造船丸亀 | 風圧抵抗低減形状採用 |

注：*8.3（資料-1020）写真8.3、*8.4（資料-1080*）写真8.4、*8.5（資料-1082*）写真8.5、*8.6（資料-1083*）写真8.6、*8.7（資料-1084*）写真8.7、*8.8（資料-1045）写真8.8、*8.9（資料-1043）写真8.9、*8.10（資料-1088*）写真8.10、*8.11（資料-1301）写真8.11、*8.12（資料-1089*）写真8.12、*8.13（資料-1090*）写真8.13

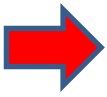


写真8.3 第十とよた丸
(資料-1020)



写真8.4 多摩丸



写真8.5 神悠丸



写真8.6 RIGOLETTO



写真8.7 神明丸



写真8.8 神海丸(資料-1045)



写真8.9 ひゅーむ はいうえい
(資料-1043)



写真8.10 OTELLO



写真8.11 HUAL CAROLITA
(資料-1301)



写真8.12 SUNBELT SPIRIT



写真8.13 PHENIX LEADER

上記に示す様自動車専用船は、乗用車積載を基準に甲板配置を決めるのが一般的であるが、車高の異なる車種の積載台数の変化に対応出来る様、一部の甲板を

が多い。また、完成車のみの積載ではなく、海外生産車用部品の輸送、或いはコンテナの搭載を考慮した建造例も上記に示す如くある。

8. 自動車運搬船 関係は終わり。(次頁 9 まとめに続くが)

以下省略

おわり