

1. 第十とよた丸 の完成まで

1.1 本船開発への前段階——自動車専用運搬船・”第十とよた丸”の開発経過については、先ずその建造に先立ち、兼用船である Car/Bulk・”第1とよた丸”建造に始まる前史がある。文献 1)、2)

自動車運送に注力し、船隊整備に取り組む”K”LINE 川崎汽船株式会社(以下川汽)との連携に於いて 1968 年以降”第1とよた丸”より順次”第2、第3とよた丸”が川崎重工・神戸工場で建造された。

第1図 Car Bulk 型(多層 Car Dk 型)兼用船 第1とよた丸 同型3隻の主要目、竣工日

Car/Bulk Carrier	竣工	Lpp x Bmld x D x d	GT	自動車積載台数
第1とよた丸	1968.11.21	148.0x22.2x13.0x9.25	12,412	1,250
第2とよた丸	1969.02.20	同型船		
第3とよた丸	1969.03.22	同型船		

これら同型船は、トヨタ自動車を北米(主として太平洋岸)に輸送し、復航には小麦などのばら積み輸送に従事する Car/Bulk Carrier と通称される兼用船であった。その後、輸出 Car 台数の増加につれて兼用船の非効率性が次第に顕在化する中で、トヨタ自動車販売(トヨタ自販)は輸送形態の効率化を強

(*1950年4月~1982年7月の間存在。製造部門のトヨタ製造と共に、32年間販売を担当した会社)

く模索する事となる。そのパートナーと選ばれたのが、トヨタ自販に優れた提案が認められた川汽であった。文献 3。川汽は従来から自動車輸送に熱心に取り組んでいた背景がある。その結果、トヨタ自販→川汽→川重の流れで輸送効率向上のための自動車専用運搬船の建造に向けての検討がはじまった。その成果として、川重における新開発船型、”第十とよた丸”の起工(1969.12)、竣工(1970.7.9)となる。自動車専用運搬船 Pure Car Carrier は川汽のネーミングとされる。

1.2 新船型の開発——自動車運搬船の形態は次の3段階を経て”第十とよた丸”の専用運搬船形式へと進んだ。

- 1) Car Bulk 型(Car Dk 型)兼用船 ; Car 積載時は船倉内に仮設の「蚕棚形式の Car Dk.」を釣りおろし展開して車搭載 Dk.とする。通常の Bulk 船としての使用時は、Car Dk.は Dk.裏に吊り上げ畳み込んで収納する。Car は、クレーンで積みこまれ、この Dk.上に誘導収容する Lift on Lift off 方式。この Car Dk.は KAWASAKI/BLOHM&VOSS 方式*として開発され国内独占として当時のこの種船舶にすべて販売採用された。1966~1976年10年間に合計101隻分製造販売された⁵⁾。*フロム・アント・ホス社(Blohm + Voss.ドイツ・ハンブルク)との提携。
- 2) Car Bulk 型(多層 Car Dk 型)兼用船 ; Car 搭載にも重点をおいて、Dk.高さ=1.65m 等とした多層船型。Car 積み込みは、船体中央部に設けたカーラダーによる Roll on Roll off 方式。船内では4基のエレベーターなどで各 Dk.へ。”第1とよた丸”はこの形式。ただ復航の小麦積みの残りが北米向けの新車に傷を付け、又小麦輸送の為に自動車輸送スケジュールに支障をきたす等の難点が顕在化してきた事と、輸出台数の増加から次の専用船へと移行する。
- 3) Pure Car Carrier, PCC 型専用船 ; 多層(”第十とよた丸”は9層)の固定 Dk.を設け、船体にカーポートを両舷に、船内の各 Dk. 間に固定ランプウェイ等を設け積み下ろし、船内共に完全自走 Roll on Roll off 方式。復航は空荷とする完全に自動車専用運搬船に特化した船型。

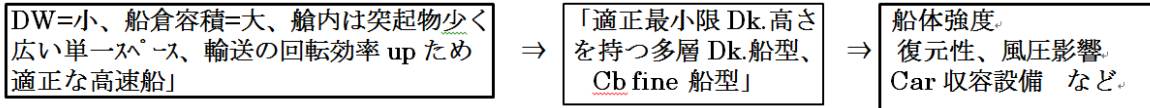
1.3 自動車運搬専用船”第十とよた丸”船型の具体的な技術開発と成果——

我が国初の自動車運搬専用船となった”第十とよた丸”の主要目は以下の通り

第2図 Pure Car Carrier, PCC型専用船 第10とよた丸 主要目、竣工日

Pure Car Carrier	竣工	Lpp x Bmld x D x d	GT	自動車積載台数
第十とよた丸	1970.07.09	150.0x23.40x20.4/14.3x7.5/7.0	12,517	2,082(トヨペットコナ)

1)設計要件と特徴——普通乗用車は小麦などの重量バルクに対し、容積は大きいのに反し重量は約1ton前後/台に過ぎない。従って、開発設計の特徴は次の様になる



以上の構造、流力、設備等広範囲の課題に対し開発研究が進められ、実船設計に採用された。概要を以下に示す。

2)構造—薄肉、広い空間、隔壁への一部開口等特殊構造の為、横揺れ時に横断面にラッキング(菱形のせん断変形)変形が生じやすく横隔壁に亀裂損傷が発生しやすい。文献7)

更に振動対策にも対応にも留意した構造としこれらをクリアーするものとした。本船は、9層 Dk. 但し4船倉の内、1番船倉は8層、機関室直上の4番は5層。

第5 Car Dk.を乾舷甲板に、第7 Dk.を強力甲板とした。第1 Car Dk.(二重底)は縦通梁方式,他は横肋骨方式が採用された。多層 Dk. 構造では歪を抑えて強度・振動に考慮した構造とした。

この種の初代として開発された新船型実績は問題なく船主から好評をえた。

3)流力—川重の明石船型試験水槽創業以前の為、諸施設の協力を得て①船型改良試験(船舶技術研究所目白水槽)、②動揺試験、風圧影響試験(同三鷹水槽)、③係留時の風圧による触れ回り試験(東京商船大学・風洞水槽)等を実施した。①に於いては fine 船型対応の薄型突出バルブスクリューを初めて開発、②③の試験からは具体的な知見・データが得られた。

風圧側面積/水中側面積が通常コンテナ船等の約2倍の本船に於いても、GoM、N係数、針路保持限界風速等に着眼して、従来船と略同等の動揺復元性・保針操縦性をもつ最終船型の設計を可能にすることが出来た。特に保針性については、大舵角で針路保持可能な限界風速に着目し、在来青函連絡船と同等性能に持たせる事等で、水に浮かんだ風船と極論される新船型に於いても、風圧に敏感な用船者の理解を得ながら慎重に最終船型を纏める事が出来た。強風横風の時化の中を既存の港湾の関門通過、所定の着棧。空船時のブイ係留時風のようにを受け使用成績は良好であった。

4)設備—積み降ろしの本船完結・完全自走、車両の安全固縛、ガソリン燃料車の安全等の諸方策—

(1).Car の積み降ろし、荷役設備の本船完結化対策—①陸上からの積み下ろし用には、各弦2個、計4個のカーポートを設け、これに対応する、幅3.2m x 長さ17m x 2個、同幅 x 8m x 1個のカーラダーを本船設備として保有、②船内では完全自走で2番及び3番船倉には第6Dk.から第2Dk.まで交通可能な固定式ランプウェイが船倉中央部に設けられている。

(2).Car 固縛装置、通風装置、照明装置、消火・火災探知などについて、詳細は省くが、十分な機能を持つ設備を設置した。詳細 1),2),3),5)資料参照

2.”第十とよた丸”のその後

1)以上、新船型開発についての技術的問題点と取組、成果について記した。

我が国最初の自動車専用運搬船 PCC として、成功裡に世に出た”第十とよた丸 “はその後続船型に引き継がれ、トヨタ自販・川汽によって発展し、国内関係各社に踏襲された。

就航から既に 40 数年を経て、川汽グループの完成車総輸送台数は 317 万台で日本からの総輸出台数は 428 万台に達しているが、日本郵船、商船三井各外航船社もトヨタ自販との関係から、本船方式が採用され発展した。現在、世界の中で日本専用自動車船・船腹量はトップである。”第十とよた丸 “の技術開発はこれらの意味からも画期的なものといえる。

2).現在の自動車専用船

「第十とよた丸」は 9 層 Dk.2,00 台積みであるが、現在の最大船型は 13 層 Dk.6,00 台積みまで大型化している。近年では省エネ・環境汚染要求に応じて、風圧抵抗減少を考慮した上部船体形状の採用や排ガス対策に対応した各種省エネエンジンシステムの工夫等を加えた「エコシツプ」に進展した。

具体的には輸送効率向上のための大型船化と汚染対策・省エネのエンジンシステム・自然エネルギー利用・LED 採用などが大きな傾向となっている。

川汽では、Drive Green Project として

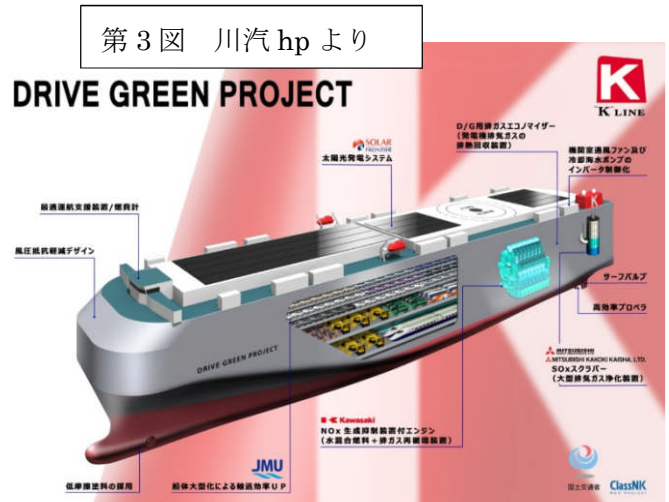
Loa=199.99m,77,000GT 型 7,500 台積み の”Drive Green Highway”が 2015.2 に就航した(川崎重工業株式会社製の水混合燃料と排ガス再循環装置を組み合わせることで CO2 と NOx の排出削減を両立させる NOx 生成抑制装置付きエンジンを搭載。SOx については本邦新開発の三菱重工業株式会社および三菱化工機株式会社が共同開発した船舶用大型排気ガス浄化装置を搭載—川汽 hp)。日本郵船、商船三井に於いても同様の取り組みがみられるが、

一方世界最大としてはノルウェイ・Hoegh 船主

の 8,500 台積み”Hoegh Target”が中国で竣工、日本、イタリア等経由で英国に入港(Dailymail.2015.8.25)。

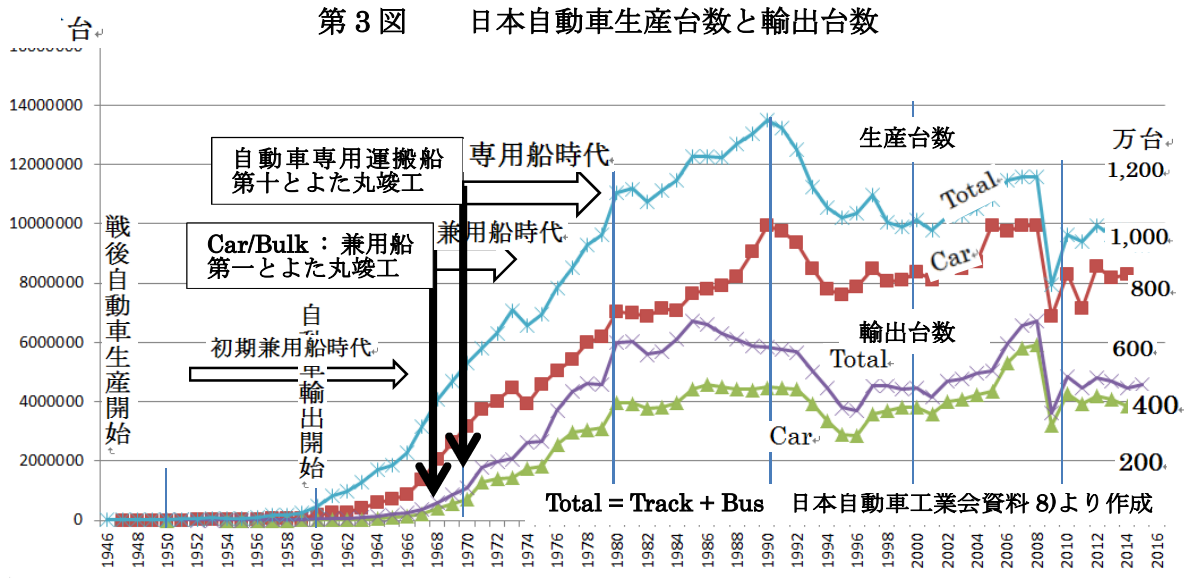
3.自動車産業からの視点

3.1 戦後の自動車産業の発展と輸出—戦後の復興において、造船産業は戦後 11 年の 1956 年に建造量は世界第 1 位となったが、自動車産業の立ち上がりは稍遅く、乗用車の生産は 1947 年に、輸出は 1954 年頃よりはじまった。その後生産の急増と共に輸出台数も増加し 1971 年には百万台を超える増加ぶりであった 8)*。*日本自動車工業会資料。



当然これ等初期の自動車輸出は、通常型の Bulk Carrier に拠ったが、次には 1.2 項に示した仮設 Car Dk.を設置した次世代の Car Bulk 兼用船に、更に第 1 とよた丸に代表される第 2 世代へと代わり、遂に初の自動車専用運搬船”第十とよた丸”の登場となった。

当然の事ながら、自動車の輸出と自動車運搬船の台頭の深い相関にある。下図



自動車生産開始 1946年 輸出開始 1960年
 生産最大 Total 13,486,796台、Car 9,947,972台 (共に1990年)、
 輸出最大 Total 6,727,091台、Car 5,914,429台 (共に2008年) 8)*

3.2 自動車船腹量の現状

第 3 図に見るような日本自動車の輸出台数の増加は自動車船の増加を求め着実にその船腹量は増加した。当初からこの分野に取り組んだ現在川汽、更に日本郵船、商船三井の外航 3 社は世界第 1、2、3 位を占め、全体としても世界我が国自動車船船腹量は第 1 位となっている。次頁第 4、5 図↓

世界の自動車船は現在約 600 隻、日本の自動車船隊は外国用船を含めて計 347 隻(2014.6.30 現在)である。

世界の自動車船は現在約 600 隻

日本の自動車船隊 347 隻 内訳右図

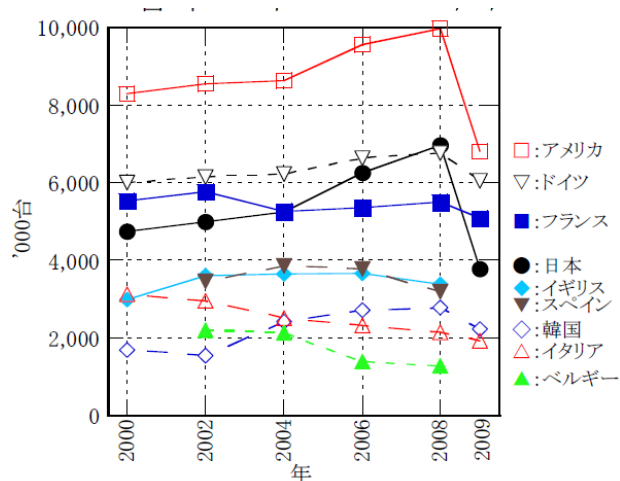
日本船主協会資料

<https://www.jsanet.or.jp/data/pdf/2015data40-2.pdf>

	日本船籍船	外国用船	合計
隻数	26	321	347
万 GT	90.0	1,570.8	1,606.8

第 4 図 主要国自動車船輸送能力

文献 10. 第 4 図 転載



第5図 主要船社 自動車専用船隊ランキング

(2016年1月1日現在)

ランキング	会社名	隻数	シェア(%)	キャパシティ(台数)	シェア(%)
1	日本郵船	112	15.4%	668,000	16.3%
2	商船三井	98	13.5%	573,000	14.0%
3	川崎汽船	84	11.6%	471,000	11.5%
4	EUKOR	76	10.5%	504,000	12.3%
5	GRIM	58	8.0%	247,000	6.0%
6	GLOVIS	57	7.8%	337,000	8.2%
7	WWL	52	7.2%	345,000	8.4%
8	HAL	41	5.6%	264,000	6.5%
9	ECL	10	1.4%	38,000	0.9%
10	NEPTUN	9	1.2%	32,000	0.8%
10	UECC	9	1.2%	37,000	0.9%
12	NMCC	8	1.1%	43,000	1.1%
12	SALLAUM	8	1.1%	35,000	0.9%
12	トヨフジ海運	8	1.1%	43,000	1.1%
15	SCC	6	0.8%	35,000	0.9%
—	その他	67	9.2%	310,000	7.6%
合計		703		3,982,000	

日本外航 3社

日本郵船 ファクトブック

http://www.nyk.com/ir/library/fact01/pdf/2016_factbook01_all.pdf

出典: Hesnes Shipping As "The Car Carrier Market 2015"
備考: キャパシティ2,000 台以上の自動車船のみを対象としております。

4. “K” LINE 川崎汽船株式会社 事業紹介 自動車船

<https://www.kline.co.jp/service/car/history.html> より引用(部分)

1970年に日本初の自動車専用船(PCC:Pure Car Carrier)"第十とよた丸"を完成車輸送サービスに投入して以来、自動車輸送のパイオニアとして乗用車やトラックなどの完成車の安全かつ迅速な輸送サービスを提供しています。積極的に船体整備を進め、輸送品質の向上に努めています。——従来の Bulk との兼用船を利用していたものから抜本的に輸送効率の改善を意図した"とよた自販"は関連各船社より、そのアイディアを募ったが、その中で川汽の提案は群をぬいてすばらしいものであったという。その結果、第1とよた丸以来の知見に加え、川汽-川重の関係者による新船型のブラッシュアップが進められ、第十とよた丸にけっじつした。文献1。——

40余年の足取り

"K"Line の40余年に渡る自動車海上輸送の足跡を辿ってみます。

1968年、"K"Line は多層積自動車運搬船『第一とよた丸』(1,250台積)を竣工させました。以来、"K"Line は常に完成車輸送の分野においてパイオニアとして情熱とエネルギーを注ぎ続けております。1970年には日本で初めての自動車専用船(PCC - Pure Car Carrier)である『第十とよた丸』、続いて1999年には当時世界最大型で最速のスピードを誇った『European Highway』*(4,200台積)を投入し、業界での地位を確固たるものと致しました。*川崎重工・坂出工場建造

2014年の自動車専用船の年間世界海上輸送量(欧州近海を除く)は約1,700万台となりましたが、"K"Line はこのうち約15%となる約250万台を輸送致しました。2015年1月1日現在、"K"Line は約85隻の自動車専用船を運航しており、全世界に広がるサービスにこれら船舶が投入されております。

1968年以来"K"Line は日々変化する世界の自動車市場のニーズに対応すべく、安全運航と輸送中のダメージ防止とともに、船隊の拡大と技術革新に力を注いでおります。今後も世界のお客様のニーズにマッチしたサービスを続けて参ります。



以上引用終わり



主要引用文献。 各引用文献には更に詳細な参考文献が示されている。

1. 「自動車兼ばら積運搬船第1 とよた丸の自動車積み関係諸装置について」川崎重工業株式会社
神戸造船事業部 関西造船協会誌 132号 1969.06.30
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110003873543>
2. 「自動車専用運搬船「第十とよた丸」の運航性能と自動車積み設備について」
川崎重工業株式会社 神戸造船事業部 関西造船協会誌 137号 1970.09.30
http://ci.nii.ac.jp/els/110003873575.pdf?id=ART0005196569&type=pdf&lang=jp&host=cini&i&order_no=&ppv_type=0&lang_sw=&no=1480413551&cp=
3. 「自動車(PCC)専用船の開発について」 亀谷日出彦 「航跡」一匠たちから次世代への伝言—p.150
~197. 関西造船協会 平成14年(2002)3月31日
<http://www.jasnaoe.or.jp/zousen-siryokan/2016/160113-kouseki/kouseki-41.pdf>
4. 「進水記念絵葉書に見る自動車運搬船の発達」 碓崎貞雄
<http://www.jasnaoe.or.jp/zousen-siryokan/2014/140725-sinsui/sinsui-06.pdf>
5. 「自動車運搬船建造技術と建造船」* 吉織恒夫 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>
6. 「技術への挑戦の軌跡」川崎重工 船殻設計 戦後50年史 川崎重工(株)船殻設計史編纂委員会
平成7年8月15日 非公開
7. 「自動車運搬船のラッキング強度評価ガイドライン」 日本海事協会 2016.12.02
https://www.classnk.or.jp/hp/pdf/research/seminar/2014/2014_04.pdf
8. 「MOTOR VEHICLE STATISTICS of Japan」2016 JAPAN AUTOMOBILE MANUFACTURERS ASSOCIATION, INC
<http://www.jama-english.jp/publications/MVS2016.pdf> の
Motor Vehicles Production 10page, Motor Vehicles Export 16 10page,
9. 「日本造船技術百年史」仁保造船学会 1997年5月13日、第VII部 写真集 381頁 第十とよた丸
10. 「完成自動車輸送の動向及び自動車専用船の船型分析」瀬間基広、赤倉康寛 土木学会論文集
Vol.6, No.2, 2012 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejoe/68/2/68_I_1169/_pdf
1,170頁 第4図

以上