近海貨物汽船 Propulsion の新舊

正員 工 學 士 小 野 暢 三

Abstract.

Old and New of Coasting Cargo Steamer Propulsion.

By C. Ono, *Member*.

Comparison is made between two designs of coasting cargo steamers of about 3,700 ton deadweight and $9\frac{1}{2}$ knot sea speed. Design "T" represents a steamer designed in the last years of Taisho era and completed in the beginning of Showa, namely the year 1927. Design "X" has been prepared for the purpose of illustrating the rapid progress, made within recent few years, in the mercantile steamer designs, and it involves every improvement undertaken by the Uraga Dock Co., since the completion of the first named steamer. It is described that "X" will burn about half the quantity of coal as that of "T", for an equal load of cargo and equal speed of $9\frac{1}{2}$ knots, and further details are given as to how such highly economical results are to be arrived at.

近海貨物汽船 Propulsion の新舊

吾邦の海運界及び造船界では、數年前より Diesel engine 萬能の時代を現出し、「優秀船」などと云ふ語が流行すると共に、優秀船=motorship の如く考へて居る人さへも少くない様な狀勢を呈して居る。然し是等の人々の考の様に Diesel engine 或は motorship は萬能な者ではなく、海運界の一部にはまだ steamship が motorship に經濟的に優れて居る場合のある事は、實務に當つて居る識者の認める所である。

motorship の performance が年々歳々躍進的に改善せられつゝある事は、普く知られて居る所である。然しながら近時の steamship は如何であるか、一方に於て motorship の改良が目醒しく、又新造船の中に steamship の噸數が比較的少ない爲に、或る人々は steamship の進歩は既に到達す

べき最高點に達して居り、之以上の進歩は期待する事が出来ぬと考へて居る者も少なくない。歐米諸國では一つには高壓力の蒸氣を用ゐる geared turbine と、又一つには reciprocating engine と exhaust turbine との combination, 此の二つの異なつた方法に依る steam engine の能率増進は、既に早くより企てられて居るが、吾邦では商船用としては未だ 1 隻も high pressure steam を用ゐる者が建造せられて居らない。combination system もまだ僅々 4 隻現存するに止まり、未だ一般的に重要視せらるゝに到らない。然し石炭を燃料として運航されつゝある近海の汽船は、現在の重油と石炭との間の價格の差がある間は、稍舊式の steamer でさへも motorship を經濟的に凌駕し得る場合が少くない。従つて是等の汽船中、新造船を以て舊式船と代換する場合が少くないと考へるが故に、斯様な場合の参考に資せらるゝ若干の data を供給すべく、此の稿を草した次第である。

表題に於て新舊と書いたが、舊とは決して何十年も前の事を謂はんとするのではない。唯稍舊式なる者の、其舊の字である。即ち爰に述べんとする所は、大正末年頃に設計せられ、昭和二年に就航した或汽船の data を取り、夫と同一の要求に基づいて今日設計せらるゝ船は、propulsion の問題に就て、如何に相違した者であるかを比較對照し、最近數年間に於ける各方面の進歩が如何に船の設計に影響して居るかの實狀を明にせんとする者である。前者を爰に design “T” と名づけ、後者を design “X” と名づける事とする。design “X” は實在の船ではない。唯 “T” に對して直接同一の base の上に新舊設計の相違を比較する爲に、拵上げた假想船である。假想船ではあるが決して架空的のものでは無く、其 data は “T” 船完成以後、浦賀船渠會社が汽船の設計及び建造に關し一步一步向上しつゝあつた進歩と改良の實蹟の凡てを具體化した、實際の經驗より得た者である。殊に今年四月完成した combination system の汽船新京丸の實蹟は、此の design の基礎をなして居る者である。“T” 船は九州方面より東京灣への航海に多く従事して居る single screw steamer であつて、北九州の安價な粉炭を燃料として使用して居る。下記の比較表に於て “T” 船の速力を 9 ½ 浬としてあるが、新造當時多くは 9 浬以下の速力で運航されて居つたと聞いて居る。“X” の速力 9 ½ 浬は機關の設計要領より言へば、容易に超過され得る見込である。又 “T” 船も其完成後世に現れた新案である所の、船尾諸裝置の改良、propeller の新替等を施せば其 performance は著しく改良せらるゝ事と思ふが、此處には新造當時の狀態の儘を紹介する事とした。

爰に注意すべきは一般船主側に新造計畫でもある時、motorship versus steamship の運航經濟より見た比較が今でも屢問題になるのであるが、新造さるべき motorship と比較さるべき new steamer は design “T” の如き者では無くして、design “X” の種類の者でなければならぬ事である。

最初に兩者の數字的要目等を並列して記載し、後に其相違の因つて來たる所を明かにし様と思ふ。

Elements of designs	Design “T”	Design “X”
Length	300'—0''	295'—0''
B e a t h, moulded	43'—6''	44'—0''

Depth, moulded	22'-3"	22'-3"
Gross tonnage	2423 tons	2380 tons
Nett tonnage	1423 tons	1380 tons
Cargo capacity, grain	180,000 c.ft.	180,000 c.ft.
Draught, summer	18'-8 $\frac{3}{4}$ "	18'-9 $\frac{1}{2}$ "
Displacement = Δ	5330 tons	5160 tons
Light weight = W_l	1540 tons	1460 tons
Deadweight = W_D	3790 tons	3700 tons
Ratio $W_l + W_D$	0.406	0.395
Ratio $W_D + \Delta$	0.711	0.718
Sea speed at full load	9 $\frac{1}{2}$ knots	9 $\frac{1}{2}$ knots
注 — 兩方の design は grain cargo capacity と sea speed とを同一に取つたのである。燃料と補給水の搭載量は "X" の方が少い爲に cargo deadweight は少しく多くなる筈である。		
Propelling engine, Triple expansion cylinder dia and stroke	$\frac{19'' \times 31\frac{1}{2}'' \times 52''}{39''}$	$\frac{14\frac{1}{2}'' \times 23'' \times 39''}{33''}$
Valves of main engine	piston valves to H. P. and I. P. and D valve to L. P.	poppet valves to H. P. and I. P. and D or piston valve to L. P.
Pumps attached to engine	air, feed & bilge	bilge pump only
Exhaust steam turbine		3 stage, impulse
Condenser cooling surface	1506 sq. ft.	800 sq. ft.
Circulating pump	1 independent	1 independent
Feed pump	1 "	2 "
Air pump		1 "
Forced lubrication oil pump		1 independent and 1 geared
Vacuum augmenter condenser		1 set
Boilers, single ended cylindrical	2 = 13'-6" dia $\times$ 11'-0"	1 : 14'-0" dia $\times$ 11'-3" or 2 : 11'-0" dia $\times$ 10'-6"
Grate area, total	100 sq. ft.	60 sq. ft.
Working pressure	200 lbs. per sq. in.	210 lbs. per sq. in.
Superheat		50° ~ 60° F
Propeller dia. & pitch	14'-0" $\times$ 16'-0"	13'-6" $\times$ 12'-0" ~ 14'-0"
Normal I.H.P. of main engine	1,110	650
R. P. M.	71 $\frac{1}{2}$	75
$\frac{\Delta^{\frac{2}{3}} \times V^3}{I. H. P.}$ at full load = C_A	236	375
Coal consumption per day, for all purposes = C_t	23 tons	11.1 tons
I.H.P. per ton coal per day = C_H	48.3	61.3
Coal constant, $\frac{\Delta^{\frac{2}{3}} \times V^3}{\text{coal, ton per day}} = C_A \times C_H$	11,400	23,970
Coal per I.H.P. per hour, lbs = $93.3 + C_H$	1.93	1.52

燃料消費量に關する數字は“T”船にて實驗せられし所を基礎とす。使用炭は此の方面に航行する貨物船が普通使用する安價なる粉炭にして火力強からず、灰分 18 %乃至 20 %を含むものなり。歐洲に於て此の様な coal burning steamer の實驗記事などに現れ居る 13,500 B.T.U. 程度の石炭を以てすれば 1.93 及 1.52 の數字は、夫々 1.50 及び 1.18 以下となるならん。外國の諸記事と比較する場合此の點注意を要す。design “T” の主機には air pump 及び feed pump を連結せる故、同一軸馬力に對し“X”に比し約 2 %大なる I.H.P. を要す。故に消費量を軸馬力を基として算出するならば、design “X”の方それ丈小なる consumption rate の數値を得べし。

前記の比較數字に依れば今日の新造船は、大正末年の設計に成れる汽船に比し、同一速力にて同一量の貨物を運搬するに、半分額以下の燃料を消費するに過ぎず。一見甚だ無理なるが如く見ゆるも決して然らず、世間一般の傾向に連れて近海貨物船の速力も漸次に増加しつつありて、優秀なる新船は高速にて運航せられつつある間に、舊船は coal per mile per ton cargo を少くする爲に、比較的低速を以て運航されつつあり。今假に“T”船を 8 ½ 浬、“X”船を 10 knot とす時は、daily consumption は夫々 16 ½ ton 及び 12 ¾ ton となる。兩船各 3400 ton の重量の貨物を積んで居るとすると coal per mile per ton cargo は夫々 0.6533 lbs 及び 0.035 lbs となり、即ち 9 ½ 浬の同一速力に對して消費の比が 10 對 5 であつた者が、此の異なる速力に於ては 10 對 6.57 と接近して来る。即ち此處に運用の方法及狀況如何に依つて、舊式船も猶或程度の營業上の競争に参加し得る場合を見出すのである。

design “T” と “X” との要目比較は之れ限りとし、僅に七八年の間に coasting cargo steamer の fuel economy に、斯くも大なる差異を生ぜしめたる主因を列擧すれば、大約次の如きものである。

- (1) Hull form.
- (2) Propeller design.
- (3) Propeller 附近の船尾部諸裝置及舵の形狀等
- (4) Superheated steam.
- (5) Poppet valves of main engine.
- (6) Exhaust steam turbine.
- (7) Minor details の改良。

此の諸項目の中 (1)より (3)迄の各項の綜合に依つて、消費量節約の割合大約 35 %位は可能であるらしく、(4) から (7) 迄の各項に於て 23 %位は可能であると考へられる。此の二つを合せば $1 - (1 - 0.35) \times (1 - 0.23) \div 0.50$ 即ち約 50 %となる。以下に前記の各項目に就て夫々簡単な説明を加へる事とする。

- (1) Hull form: 前掲の通り design “X” は“T”に比し遙かに fine lines を持つ。finer

lines の船は frictional 及び wave making resistance 共に一般的に小さくなる。又假に等しき coefficient of finness を持つ場合にも、longitudinal distribution of buoyancy の改善に依つて、近時の船は以前の者より漸次に抵抗を減少しつつある。“T” は模型試験を行はなかつた者であるから naked hull E. H. P. を知る事は出来ぬが、今日同じ finness の船形を設計するとしても、“T” の場合よりは餘程 E.H.P. を少くし得らるゝ事と思はれる。然して“X”が“T”よりも著しく fine であり得る事の主因は、第 1 に bunker coal, reserve feed 及び weight of machinery が餘程少くなつた事、第 2 には船體構造が最近數年間に漸次合理化され、此種の船では船體の重さが少しく輕くなつた事、electric welding の採用範圍の擴張に依つて overlap part が減じ、夫丈船體の重さが減じつつある事などである。

(2) Propeller design: 螺旋推進器の改良は世界的に近年の著しい現象で、吾邦は寧ろ立ち遅れの感がある。“T”の推進器は uniform pitch を持ち、blade section は通常の ogival form, boss は球形で、detachable blade を取付ける螺桿を掩ふ cement は瘤狀の隆起を作つて居る。“X”の推進器は radially increasing pitch を持ち、blade section は航空翼型とし、boss は浦賀パテント型とし、其外形は大鼓胴の如く、且つ船尾の膨出部と fair curve にて連續する stream line form を爲して居る者である。此の種の翼を有する推進器の能率等に就ては 1930 年 A. S. N. A. Taylor 氏の paper 等を参照せられ度い。

(3) Propeller 附近の船尾部諸装置及舵の形狀等: “T”船は在來通り counter stern で、矩形斷面を有する船尾材を持ち、通常の單板舵を採用して居る。“X”の船尾は所謂 cruiser stern で、下部の stern end を浦賀式 guide vane form となし、rudder post はなく、流線形の水平斷面を有する ballanced rudder を持つて居る。

single screw の船の船尾及び夫に關連して舵の形狀に關する研究は、近年に到つて特に歐米造船技術家の注意を喚起した主題であつて、最近の流行語の一つである pro-propeller principle、及び種々の形の舵の構造及び作用に關する patent は非常に多數ある。吾國の造船所の中、豊富な資本を擁して居らるゝ所では、是等の外國の patent 中の有數な者の製造權を買収して居らるゝ者もある。是等の patent の多くに就て其 propulsion に對する効果を見るに、在來の rectangular stern post & single plate rudder の者に比較しての能率増進の程度は、概括的に謂へば殆ど皆同程度の者であるが、一つ一つの場合を取ると隨分大なる差を見出す事がある。又何れの system でも研究は凡て模型試験と、實物に應用されたる經驗に依つてのみ遂行されつつある。或學者は幾年か前に理論的研究を發表して居る者もあれど、夫等の所説と其後の實物の發達とは一致して居ない様に考へらる。浦賀の design は外國の patent には一切無關係の者であつて、今日迄實施された範圍に於ては、propulsion に於ける影響及利益は、他の良好な型式の者と大體似た様な者である。

船形、propeller design 船尾形狀等の propulsion に對する影響、bilge keel の propulsion に對

する影響等に対し、昭和三年以來 逕信省の試験水槽の事業は吾邦の造船界に非常に役立ち、著しき發達を促した事は感謝に堪えない次第である。殊に船主側の人々の中には可成りに固く保守的傾向を持つて居らるゝ方が有るが、夫等の人々でも此の水槽試験の結果に基いた recommendation には、無條件に賛同せらるゝ場合が多いと云ふ事を聞く事は、頗る快心の事である。著者は此の機會に於て當局の方々に満腹の謝意を表せんとする者である。

(4) Superheated steam: superheated steam は、從來近海の汽船には種々の理由で殆ど用ゐられて居らない。design “X” の場合は poppet valve 及 exhaust turbine の採用に伴ひ、superheated steam の採用は當然である。attendance の簡單の爲に、此の場合には waste heat type を採る事にしてある。

(5) Poppet valves: 吾國に於て船の main engine に poppet valve を採用したのは、大阪商船會社の首里丸の Lentz engine に於ける者が始めである。Lentz marine engine は此種の valve を用ゐる compound engine の two unit を結合し、各 unit の crank angle を 180° unit と unit との間の crank angle を 90° とし、H. P. exhaust valve が L. P. inlet を兼ねるが爲に、各 unit には上下 3 對の poppet valve を有し、Hackworth gear に依りて作動する事を特長とする者である。浦賀船渠に於ては首里丸の汽機を輸入するより前から、fan engine, centrifugal pump engine などに poppet valve を採用した者多數を製作して居つたが、新京丸の main engine には高壓及中壓汽笛に此の種の valve を採用する事にした。之は此の船の完成後の成績から見れば大體成功であつたと思はれる。

poppet valve 採用の利益に關しては、既に多數の文獻があり、普通の三聯成汽機の高壓 valve のみを poppet valve に改裝する事を Lentzification と稱するなど、新しい語が出来て居る程であるから、其作用效果等を爰に述べる必要はないと思はれる。之の機關の valve 及び valve gear 等は第 1 圖を見て大體を知りたい。

(6) Exhaust steam turbine: reciprocating engine と exhaust turbine との結合は今日迄に知られて居るのは Bauer-Wach system, Parsons system, Brown. Boveri system, White system 等である。どの system でも、但し White system を除く、始めは既存汽機の效率増進の爲に計畫せられた者と思はれるが、今日では斯様の場合の外に、新に計畫される船の主機にも此の combination が考慮される事となつた。marine engine では回轉數と出力とが一定に近く保たれ得る船、例へば吃水の變化なき純客船の如き場合には all gear.d turbine の方が經濟的に適當であるべき筈である。然し近海貨物船では就航中に吃水にも著しき變化あり、速力も種々に變化あり、夫に應じて機關出力に wide variation のある者に於ては此の combination system は最も有效なる機關と考へられる。design “X” の汽機は浦賀船渠株式會社建造の新京丸の夫と同一種類のものを採る事としてある。此の汽機は前記外國の諸式の何れにも屬せざる、純國產の設計である。其大體の要領は第 2 圖に示さ

れた如き者で、three stage impulse turbine を double reduction gear に依つて reciprocating engine の shaft line に結合した者であつて primary wheel の中に緩衝装置を備へ、其直後に自動掛外し装置を連結して居り、主機が後進の方に向けられる場合には自動的に turbine が切離される様になつて居り、又出入港の時などに頻繁に前進後進を繰り返す様な時には機関士の意志に依り、任意に turbine を分離する事も出来る様になつて居る。自動掛外しの動力としては hydraulic ram を使用する。此の機構の詳細に關しては別の機會に於て發表して、會員諸君の高教を仰がうと思つて居る。

Design “X” に於て此の system を採用する時には、他の諸元の効率増進と相俟つて、“T”と比較して engine の大きさが非常に小さくなり、且 steam consumption が少い爲に boiler が小さくなり、boiler water, reserve feed 及び石炭の重量が少い爲に、船の満載排水量を小さく取る事が出来る。

(7) Minor details の改良: fuel economy に直接關係する事の 重要な程度は小ではあるが、比較的等閑視され易い。小部分の改良も夫が集積した時には相等に重要な者である。steamer に於ては從來設計の當時から、此の小部分の改良と云ふ様な事は兎角等閑視され易くあつた。然し主機效率に直接影響ある復水装置、給水加熱装置等は近年漸次に進歩しつつある。殊に combination system に於ては high vacuum を必要とするから、此の方面の研究は殊に必要である。

又 thrust block の如きも reciprocating engine の船には從來殆ど凡て horse shoe type を用ゐて居られるが、近年の浦賀建造船には多くは single collar の者を社内で製作して取付けて居る。

steam steering engine は其出力に比して甚だ蒸汽使用量の多い者であるが、善き設計の ballanced rudder の採用に依つて著しく engine power を減じ、又浦賀式船尾は single screw steamer に有り勝ちな操舵不安定の傾向を餘程減する者であるから、操舵の程度を減するのみならず、操舵の回数をも減じ、随つて蒸汽消費量を少くする一助となつて居る。

以上述べ來つた所は甚だ概括的であるが、大體に於て最近設計せらるゝ船は、僅々七八年前に過ぎぬ大正年間の所産の者と propulsion に關する點に於て如何に相違せる者であるかの概念は得られたものと思ふ。近時英國にて發表された所 (I. N. A. Apr. 1933.) の所謂 economy cargo steamer に就ては色々批判すべき點があると思ふが、要するに矢張り Diesel engine 萬能の傾向に反對して modern steamer の經濟的能力を高調した者と思ふ。此の paper は前掲の如き coaster ではなく、航洋船に就て論ぜられた者である。著者も他日大型の貨物船の steam propulsion に就き研究して見たいと希望して居るが、前掲の諸知識を綜合して想像し得る所に依れば、吾國に於ては現在英國にて發表せられたる所謂 economy steamer よりも、より以上に economical な汽船を造り得る可能性は充分にあると考へるのである。

此の粗末な講演が會員中の新造計畫者に對し、幾らかでも御參考となり得れば幸甚である。

第 1 圖

第 2 圖

討 論

○**會長代理(重光 蔭君)** 唯今の御講演に對し御質問又は御意見のある方は御述べを願ひます。

○**田路 坦君** 本論文は一種の概念論の様に思はるゝ。與へられたる data が不充分なる爲め、之を學術的に論議し批判する事が困難である。少くも form の改良された點と云ふ參考として“X”丸及び新京丸の prismatic curve 及び curve of load water line, stern form の rough sketch 並に power calculation の參考として新京丸の E. H. P. 或は I. H. P. curves 等を御提出願ひ度い。然し若し各種の事情から之以上詳細なる data や説明が與へられないとの事なれば止むを得ぬ事であるが、今後著者が學會に論文を發表さるゝ場合には、今少しく科學的に納得し得る様記述せられん事を希望する。

○**小野暢三君** 私は田路君の御希望を満足せしむる事は出来ないと思ひますが、出来る丈の事は致しませう。

(本論文に就ては講演會に於て田路坦君及び石原勵君の討論があり、講演者との間に種々討論質問の應酬があつたが、編輯の都合上講演者、討論者の御同意を得て其要領を記す事になつた。會員各位の御了承を願ふ次第である。編輯主任)

○**會長代理(重光 蔭君)** 他に御發言の方が御座いませなければ私より一言申し上げます。小野君の御講演は主として steam ship の新舊比較であるが尙、之は講演者に御願ひする譯ではないが、新しい型の steam ship と motor ship との比較を明確にされるならば我々はより以上に裨益する所が多いと思ひます。元來 motor ship でなしに石炭を燃料とする steam ship を以て經濟的に運航し度いと云ふ考は英國邊で相當論ぜられて居るのであります。日本の狀況も燃料供給の問題などから考へますと、多少此の點は考慮せねばならぬのではないかと思ひます。又一方軍事上の事を考へると、國家有事の際に日本の商船隊の主たる部分を皆 oil に depend する状態にして置いて差支なきや否や、私は疑を持つて居る次第であります。此の際に之の paper により、無理に oil を使用しなくとも、石炭を使用して經濟的に運航し得る船が出来ると云ふ事を承つて愉快に思ひます。此處に諸君と共に拍手を以て御講演に對し、感謝の意を表し度いと思ひます。(一同拍手)