(昭和十二年三月三十一日造船協會創立四十年記念講演會に於て講演)

三菱複働二衝式MSD型機關に就て

正員 工學士 鈴木 彌 太 郎

Abstract.

Mitsubishi Double-acting Two-cycle MSD Type Diesel Engine.

By Y. Suzuki, *Kogakushi, Member.*

As a result of the experience gained with the Mitsubishi two-cycle single-acting airless fuel injection MS type Diesel engine, Messrs. Mitsubishi Jukogyo K. K. have developed a new double acting MSD type Diesel engine of a similar principle at their Nagasaki Works, and the first two engines were installed in a couple of cargo liners for Messrs. Nippon Yusen Kaisha, further three sets for the same owners being now under construction.

The first engined vessel "Akagi Maru" has completed her first round voyage after 4 months at sea, and we are informed that the engine has shown remarkably good results and many novel characteristics.

This paper deals with the prominent features and some of the trial and service results of the engine.

(1) 序 言

過般竣工したる日本郵船會社李浦航路貨物船赤城丸及び有馬丸の主機は三菱複働二衝式無空氣噴油 MSD 型ディーゼル機關であつて、目下建造中の姉妹船 3 隻の主機と同型である。

三菱長崎造船所が昭和 7 年に三菱單働二衝式無空氣噴油 MS 型ディーゼル機關を完成し、其の獨特の構造竝に成績は昭和 9 年春の本會に於て發表されたが、爾來益々改良せられて其の眞價を發揮し、今日迄の完成及び製造中のものは合計 16 隻分 20 臺、8 萬軸馬力に及んで居る。

此の MS 機關完成に引續き斯界の趨勢に鑑みて、單働より複働への進出のため昭和 8 年より MSD 機關の計畫に着手し同時に必要なる實驗研究を開始したが、複働式機關に於て先づ問題となるのは下部筈の燃燒であるから、此の方面の實驗を掃除法模型實驗機關竝に單筈實驗機關により施行し、本問題の解決に努力した。尙ほ計畫に當りては構造の全般に互り MS 機關の長所を出来る限り採用する事とし、之に國際汽船會社鹿野丸級及び日本郵船會社能登丸級に採用せられし三菱 Sulzer 複働二衝式無空氣噴油ディーゼル機關製作により得たる經驗を織り込み、機運の熟するを待ちつゝありしが、偶々前記赤城丸、有馬丸の 2 隻に採用せらるゝ事となり、計畫着手より 3 年半を経たる昭和 11 年 9 月に其の第 1 機船赤城丸を、又同 11 月に第 2 機船有馬丸を無事處女航に送り出すを得、茲に本邦最初の

純國產複働ディーゼル機關の完成を見るに至つた。願れば 5 年前大阪商船會社の英斷により純國產單働 MS 型機關の完成を見し如く、今回も純國產複働 MSD 型機關の誕生を見し事は之を採用せられし日本郵船會社の一大英斷と鞭撻とに負ふ處大にして、躍進日本の姿を此處にも見出す事を得、本邦斯界の爲めに誠に欣快に堪へない次第である。

赤城丸は去る 1 月 19 日横濱着を以て 4 箇月間の處女航を無事に終へ、本機が發揮せる幾多の優秀なる性能に關する報を齎したので、以下其の報告を兼ね本機の概要を述べることとする。

(2) 赤 城 丸 主 機 關 の 要 目

型 式	三菱複働二衝式無空氣噴油船用ディーゼル機關 8MSD 72/120 型
筧數×筧徑×行程	8 筧×720 耗×1,200 耗
回轉數×軸馬力	110 r.p.m. × 8,000 B.H.P.
全 長	16,570 耗
幅(臺盤取附面)	3,600 耗
高さ(クランク軸中心より上部筧蓋上面迄)	7,500 耗
掃除唧筒型式	複働往復式
同 筧數×筧徑×行程	8 筧×840 耗×1,200 耗

(3) 構 造 の 大 要

(第 1、2、3、4 及び 5 圖参照)

筧、架構及び臺盤は長い tie rod で一體に締付けられ、筧は互に螺釘で結合されて 1 つの堅固な cross beam を形成し、更に架構も亦中央部に於て互に頑丈な柵板を以て強固に連結されて居る。

筧の一侧には各筧毎に 1 箇宛の複働往復式掃除唧筒が取附けられて居るのは MS 機關同様であつて、かく掃除唧筒を配置する事によりクランク軸駆動の掃除唧筒を有する他式機關に比し機關据附面積の節約、機關運動部分の完全釣合ひの役目を果すは勿論、獨立掃除送風機を有するものに比し一般に經濟上及び機關室裝備上多大の利益を生ずる事は今更喋々を要せない。筧の他側には防熱劑を以て被覆された排氣管が設けてある。

カム軸は排氣側中段にありて機關中央部に於てクランク軸より齒車にて驅動せられ、燃料及び起動空氣管制瓣を作働する。

ピストン冷却用伸縮管は掃氣側に配せられ、cross head pin に取附けられた掃除唧筒驅動用腕により往復運動を爲す。

機關前端には MS 機關と同様、燃料油唧筒及び操縱臺が設けられ、夫等の構造も亦 MS 機關と殆んど全く同様であつて、操縱装置は起動空氣自働塞止瓣及び起動空氣管制瓣等の起動装置に作用すると共に、燃料油管制瓣の開度竝に燃料油唧筒の有効行程を調整する機構を有するを以て、燃料壓力計

及び回轉計を注視し乍ら 1 箇の操縱 handle を動かす事により起動を簡單確實に完了するを得、出力調整も此の handle にて行ふ事が出来る。即ち操縱 handle を停止の位置より起動空氣の位置に廻せば下部筭が起動空氣にて作動を開始し、更に handle を廻せば上部筭が燃料にて作動し始め、次いで作働の位置迄廻すと下部筭も起動空氣より燃料へ切換へられる。出力を増すには handle を更に進むればよい。

crosshead は兩 guide 式としクランク室兩側に扉を設け、クランク室内の檢定開放を樂にした。

内筭の掃除孔及び排出孔は上部内筭に設け、下部内筭を短縮する事に特に考慮が拂はれて居るので下部内筭は容易に解放出来る様になつて居る。

(4) 筭 掃 除 方 法

上部筭に對しては MS 機関の掃除方法⁽¹⁾と全く同様である。即ち筭壁の片側に左右 2 組の掃除孔群を設け、各掃除孔の方向を是等から吹き込まれた空氣が一束に纏まつて掃除孔と同じ側の筭壁に沿ふて上昇する如くし、斯くて上昇した空氣は筭蓋に衝突して上向運動の energy の大部分を壓力に變じ、筭内の廢氣を掃除孔と反對側に設けられた排出孔から押し出して、高い掃除效率が得られる様にしてある。左右 2 組の掃除孔群の孔数は 6 : 5 にして、排出孔閉塞後筭内に充填せられた空氣に筭中心軸の周りに最も適當なる旋回運動を與へ燃焼を助ける様にしてある。

下部筭に對しては實驗結果に基き空氣の旋回運動を避ける事とした。依つて左右 2 組の掃除孔群の孔数は同一でよき理なるも、構造上上部筭と同様 6 : 5 としたので孔の傾を適當に按配する事により其の目的を達してゐる。實驗の結果下部筭の掃除效率は上部筭に劣らない事が確められたが、完全燃焼困難なる下部筭に對しては空氣量比(掃除空氣量/筭行程容積)を上部筭の 1.32 に對し 1.5 に増加した。

第 6 圖は内筭の寫眞である。

(5) 燃 燒 室 形 狀

上部筭に對しては MS 機関の燃焼室⁽²⁾と略々同様である。下部筭に對しては第 7 圖に示す如き簡單なる形とし、之に最も適する燃料油瓣噴口を實驗機關にて決定したのである。此の燃焼室の形狀は將來尙ほ實驗研究の結果によりては改良の餘地あるものと思つて居る。

(6) 燃 料 油 噴 射 方 法

(第 8、9、10 圖参照)

MS 機関にて經驗済の管制瓣附自働式噴油法⁽³⁾を採用した。燃料油唧筒は機關前端に配置し、

(1) (2) (3) 造船協會々報第 53 號(昭和 9 年 4 月) 119 頁

燃料油管制瓣は中段排氣側中央に4組に分割設置した。燃料油瓣は上部筈に對しては1箇とし、MS型と同じ噴口(8×徑0.67 mm×70°)を採用し、下部筈に對しては2箇とし共通の1箇の管制瓣より出たる吐出管を途中にて分岐せしめた。而して下部燃料油瓣噴口の位置、噴射角度、噴口面積等に就ては長期間多數の噴口を實驗比較し、第7圖に示す如きものを最も適當と認め之を採用する事としたのである。

燃料油は燃料油唧筒の唧子で壓せられ管制瓣に送られ管制瓣はカムの作働により銘々の筈の適當なる時期に燃料の通路を開閉するから、管制瓣を通過した燃料油は吐出管を経て噴油瓣に至り、此處より適當な時期に燃燒室に噴射される。燃料油壓力は常に回轉に應じ一定に保たれ、又燃料油瓣開放壓力は上下部共燃料油瓣發條調整裝置により燃料油壓力に應じて自動的に加減せられる様になつて居るので、燃燒は凡ゆる負荷に對し常に確實である。

本式に於てはカム、カム軸等の機構が受ける力が小にして且つ衝擊が無い爲め故障皆無なること及びカム竝にカム軸が極めて小型にて済むため、逆轉の際之れを移動するのに人力にて充分にして逆轉把手との間に servo-motor を要せないから、逆轉が迅速確實に行はれる事は MS 機關に於けると同様、本式の性能と共に看過出来ない長所である。

(7) 陸 上 試 運 轉 成 績

赤城丸及び有馬丸主機陸上試運轉に際しては種々の試験を施行し、夫々昭和11年6月及び8月に終了した。

兩機の公試運轉成績は第1、第2表及び第11圖に示す通りである。

第 1 表 赤城丸主機械陸上運轉成績表

試 驗 施 行 期 日				年 月 日	昭. 11. 6. 9.		昭. 11. 6. 10.		
負 荷 種 類					115%	4/4	3/4	1/2	1/4
繼 續 時 間					3	6	1	1	1
平 均 回 轉 數	每 分				115.9	110.4	99.8	77.4	67.8
氣 筈 内 平 均 壓 力	{ 上 部 下 部	每 平 方 糎 (瓩)			6.24	5.75	4.84	3.68	2.57
					5.14	4.68	3.92	3.17	2.20
指 示 馬 力					10,678	9,325	7,079	4,287	2,615
軸 馬 力					9,248	8,031	5,988	3,546	1,957
機 械 效 率			%		86.6	86.1	84.6	82.7	74.8
燃 料 消 費 量*	每時每軸馬力(瓦)				173.2	170.0	168.8	171.7	190.1
掃 除 空 氣 壓 力	每 平 方 糎 (瓩)				0.106	0.093	0.070	0.043	0.033
排 出 瓦 斯 溫 度	攝 氏				266	237	190	139	94

第 2 表 有馬丸主機械陸上運轉成績表

試 驗 施 行 期 日				年 月 日	昭. 11. 8. 17.		昭. 11. 8. 18.		
負 荷 種 類					115%	4/4	3/4	1/2	1/4
繼 續 時 間					3	6	1	1	1
平 均 回 轉 數	每 分				115.3	111.4	100.9	78.8	65.8
氣 笛 内 平 均 壓 力	{ 上 部 下 部	每 平 方 糎 (疋)			6.31	5.70	4.72	3.72	2.46
					5.15	4.81	4.03	3.09	2.13
指 示 馬 力					10,703	9,462	7,134	4,342	2,441
軸 馬 力					9,200	8,098	6,054	3,611	1,900
機 械 效 率	%				86.0	85.6	84.9	83.2	77.8
燃 料 消 費 量*	每 時 每 軸 馬 力 (瓦)				173.4	170.4	170.4	174.3	190.1
掃 除 空 氣 壓 力	每 平 方 糎 (疋)				0.090	0.081	0.063	0.033	0.024
排 出 瓦 斯 溫 度	攝 氏				323	290	235	178	128

使用燃料油 { 赤城丸 タラカン油 發熱量(正味) 9,854 キロカロリー/疋
 有馬丸 タラカン油 發熱量(正味) 9,914 "
 * 發熱量 10,200 キロカロリー/疋に換算す

試運轉中行つた特性試験結果の中數種を選び第 12 圖～第 16 圖に掲げて置いた。是等の結果に關し次の 2 點を附言して置き度い。

(イ) 排氣壓が燃料消費量に及ぼす影響：——

第 12 圖に見る如く燃料消費量は排氣壓を水柱にて 250 耗より 450 耗に増加しても約 1 瓦位しか殖えない。此の増加は主として掃除空氣壓力の上昇の爲め機械效率が低下する爲であつて、燃燒狀態は殆んど變りが無い。之れは一般に往復式掃除唧筒の特長である。

尙ほ本機の如く exhaust manifold 出口が端に在る場合は、其の出口と奥との壓力差大となり、加之偶數笛の複働なるが故に各笛間の掃排氣中の干涉も甚しく、普通の往復式掃除唧筒を一箇所に集中し其の吐出空氣を掃除空氣筒で笛に導く型式では、各笛の掃除空氣の分配が著しく均等を缺くに至り燃燒に影響するのは免れないが、本機に於ては掃除唧筒が各笛に分布せる故、其の吐出側を機關中央にて仕切り、掃除空氣の分配を均等ならしめ得る故斯かる憂がない。従つて本機は排氣壓力差減少のため exhaust manifold を異常に太くしたり、其の出口の位置を制限したりして、機關室配置上過重の犠牲を拂はなくとも充分良好の燃燒を保ち得るのである。

(ロ) 回轉速が排氣壓力及び掃除空氣壓力に及ぼす影響：——

第 14 圖を見るに排氣壓力及び掃除空氣壓力は負荷には殆んど無關係にして回轉速にのみ關係する結果を示して居る。是等の壓力と回轉速との關係を示す實驗式を本圖より求むれば

$$\text{排氣壓力} \quad P_b = 0.000374 \times N^{2.94},$$

$$\text{掃除壓力} \quad P_s = 0.0294 \times N^{2.22}, \text{ 但し } N = \text{r.p.m.}$$

(8) 赤城丸初航の主機成績

赤城丸は約4箇月の處女航を終へ去る1月19日横濱に入港し解放検査を行つた。

本船の報告によれば處女航にて起り勝な故障は殆んど特筆すべきものなく、故障のための出帆延期又は航海中機關停止は1回もなく、操縦も終始極めて迅速確實に行はれて1回も失敗せし事なく、燃燒も終始完全燃燒に近き状態を持續し、素晴らしき成績を挙げつゝ極めて順調な航海をしたとの事で本機が豫想通り優秀なる性能を遺憾なく發揮した事は欣快に堪へざる所である。

尙ほ横濱に於ける解放の結果、内筧の排出孔、掃除孔共4箇月間放置せるに拘らず殆んど炭化物の附着を見ず、未だ掃除の必要を認めざる程度であつた。又ピストン環が炭滓のため溝内に固着せるものなく、磨耗量も至つて少く、今回3本取替へたのみで他は全部新造當時のものを引續き使用する事とした。内筧は潤滑状態が頗る良好にして、1航海の最大磨耗量(徑にて)上部筧0.13~0.21耗、下部筧0.19~0.35耗で之亦稀な好記録である。以上述べた筧内の諸状態は本機の掃除方法と燃料油噴射方法との卓越せる事を物語るものであらう。

(9) MSD 型機關標準型

MSD 型機關標準型には赤城丸級主機の MSD 72/120 の外に MSD 60/100 型がある。是等の暫定的最大許容常用出力は第3表の通りである。

第3表 MSD 標準型最大許容常用出力表

型	回 轉 數	筧 數 4 ~ 12
MSD 72/120 {	110	4,260~12,780
	135	5,040~15,120
MSD 60/100 {	130	3,050~9,150
	160	3,500~10,500

(10) 結 語

以上述べたる如く MSD 型機關は幾多の優れたる性能を有し、是等は赤城丸一航海の結果で確められたが、何を云つても誕生後日尚ほ淺く、改良を要すべき箇所が多々あるべく、決して現状を以て満足しては居ない。恰も MS 機關が其の誕生より5年後の今日漸く完全の域に達せんとしつつあるを思へば、MSD 機關も完全の域に達する迄には尚ほ相當改良に精進する事が必要なるべく、其の健全なる成長を切望して止まない次第である。

第 1 図 赤城丸主機関外観（前部より排気側を観る）

第 2 図 赤城丸主機関外観（後部より排気側を観る）

第3圖 全體裝置圖(斷面)

第 4 圖 全體裝置圖 (排氣側正面)

第 5 圖 全體裝置圖 (掃氣側正面)

第 7 圖 下部筒燃焼室及び燃料噴射口

第 6 圖 内 筒

1.6726

第 8 圖 赤城丸主機燃料油管制機附近

第 9 圖 赤城丸主機關上部箱蓋附近

第 10 圖 赤城丸主機關下部箱蓋附近 (掃氣側)

第 11 圖 赤城丸及び有馬丸主機械陸上運轉成績曲線

第 12 圖 赤城丸主機特性試験結果 其の一

BACK PRESSURE
SCAVENGING PRESSURE

R.P.M.

CONTOUR LINE OF MECHANICAL EFFICIENCY (η_m)

第 13 圖 赤城丸主機特性試驗結果 其の二

第 14 圖 赤城丸主機特性試驗結果 其の三

HEAT BALANCE DIAGRAM

FOR 8MSD72/120

E-627 MAIN ENGINE OF M.S. ANNAEL MARU

4/4 LOAD STANDARD SERIES R-1104

第 15 圖 赤城丸主機特性試驗結果 其の四

HEAT BALANCE DIAGRAM

FOR 8MSD72/120

E-627 MAIN ENGINE OF M.S. ANNAEL MARU

STANDARD SERIES

第 16 圖 赤城丸主機特性試驗結果 其の五

討 論

○座長(重光 藤君) 唯今の御講演に關し御質問或は御討論がありましたら御述べを願ひます。

○森澤徳太郎君 此の機關に於ては cylinder block を温めてから締めるのですか。其の時の heat に依る expansion の方の關係は如何ですか。

○鈴木彌太郎君 普通の商船の機關は出力に比し頑丈ですし volume も大き過ぎるので其の heat effects に就ては鈍感に扱つて居るのですが、然し high speed engine となれば此の點にも注意しなければならぬと思ひます。

○森澤徳太郎君 さうすると bolt を cold state で締めてしまふのですか。

○鈴木彌太郎君 さうなのです。

○森澤徳太郎君 猶ほもう一つ、茲には種々の運轉成績が載せてありますが、單働の data を今は記憶して居りませんが、複働、單働の mechanical efficiency, thermal efficiency, 馬力當りの weight 等の關係を比較すれば何うなりませうか。

○鈴木彌太郎君 MS との比較ですか。

○森澤徳太郎君 さうです。

○鈴木彌太郎君 先づ mechanical efficiency は類似して居ります。fuel consumption は MS では 10,000kcal/kg で 166gr 内外ですが、茲に書いてある値は 10,200kcal/kg に換算してあります。10,000kcal/kg に直すと 6~7gr 位 MS の方が良く相違が餘り大き過ぎるので不思議に思つて居ります。次に重量に就ては、MSD 機關は初めての design である爲、餘計な面や肉付があるので豫想より重く出来たので發表を差控へました。馬力當りの重量は一寸記憶しませんが、單働の方が軸馬力當り約 70kg、複働の方はもう少し減ると思ふのですが約 60kg で、思つた程軽くありませんでした。

○座長(重光 藤君) 外に御質問は御座いませんか……御質問がない様ですから私から一言申し上げます。茲に純國產 MSD 型 Diesel engine が完成し、鈴木彌太郎君の御講演を拜聴出來ました事は本協會の仕合せとする所であります。船の運航經濟に直接關係のあるのは燃料消費量の問題であります。現代の船を拾數年前の同一大いさ、同一速度の船と比較すると此間に燃料消費量は半分以下になつて居る様に思はれます。斯の如き燃料節約を可能ならしめた主なる原因は主機關の改良でありまして、此の重大なる問題に關係し純國產の機關につき本協會の創立四十年記念講演會に於て御講演を得ました事を一同と共に深く喜ぶ次第であります。茲までの苦心は非常なものと想像されますが、承る所に依つても設計に着手してから三箇年半を經過して居り、當事者は勿論三菱重工業會社の御努力に厚く敬意を表する次第であります。猶ほ三菱に於かれましては Diesel engine に限らず、外の機關に就ても改良進歩が行はれて居る事であらうと思ひますので、あらゆる機會に本協會に御發表あらん事を御願ひ致す次第であります。皆様と共に拍手を以て御禮致し度いと思ひます。(一同拍手)