CI-M-AVI船의 主機에 低質 重油를 使用할 때 燃料費 節約과 그 性狀 限界

姜 京 昱

=目 次=

Ⅰ 序 論
Ⅱ 燃 料 油
Ⅲ 低質 重油 使用을 爲한 "목포호"에서의 燃油系 改造
Ⅳ "목포호"에서 低質 重油 使用 時의 燃料費 節約額 分析
Ⅴ "목포호"에서 使用할 수 있는 低質 重油의 性狀 限界
Ⅵ 燃油系 裝置 改良에 對한 考察
Ⅶ 結 論

Ⅰ 序 論

이 論文은 CI-M-AVI船에 從事하는 機關士, 이 船舶의 運營을 擔當하는 陸上 職員 및 DIESEL船에서 低質 重油의 使用에 興味를 갖는 분들을 爲하여, CI-M-AVI船에서 低質 重油를 使用할 때 어느 程度 燃料費를 節約할 수 있으며, 어느 程度의 重質 重油까지 使用할 수 있나 하는 限度를 考察하였다.

DIESEL 船에서 低質 重油(現在 使用하고 있는 DIESEL OIL 以下의 重質油 卽 一般的으로 殘渣 重油·BOILER用 重油·BUNKER C·或은 粗惡油라고도 부르는 것들)의 使用은 20數年의 歷史를 갖고 있으며 1935年 佛國의 어떤 TANKER會社는 傘下 全 DIESEL 船에 BOILER用 重油를 使用하였고 1938年~1940年 伊太利의 某 汽船 會社에서는 FAIT ENGINE에 表1(1)과 같은 重油를 使用한 實績이 있다.

特히 이 問題는 1952年을 前後하여 本格的으로 取扱되었으며, 其間 많은 論文이 發表되었다. 1952年 5月에는 이미 歐洲大陸 및 英國에서 BOILER用 重油를 爲한 舶用 DIESEL 機關을 各各 3,250,000 BHP(4,500,000 總屯) 및 2,000,000 BHP(3,400,000 總屯)의 建造를 計劃하였으며(2), 1953年 4月에 伊太利 MILANO에서 開催된 "INTERNATIONAL MARINE CONFERENCE"에서는 이에 關한 많은 論文이 發表되었다. 1955年에는 BOILER用 重油를 使用하는 大型 DIESEL船이 500隻 以上(3)에 達하였으며 그 所要 燃料油量을 보면 表2(4)와 같다. 1957年에는 GENERAL MOTER社 製 900 H P, 750 R P M의 高速 DIESEL인 12—567 A(우리나라의 L·S·T·主機 및 機關車用 DIESEL와 같은 型)에도 重油를 使用하는데 成功하였다(5).

---

(1) スタンダード・ヴアキユーム 石油會社 本社技術部, Technical Memo(TM-57-110), 1959, P. 1.

(2) London Correspondent, "New High-Powered European Diesels Are Designed to Burn Boiler Oil", Marine Engineering and Shipping Review, May 1952, PP. 68~71.

(3) W. A. Konrad and J. L. Philips, "The Economics of Low-Cost Fuels", The Log, November 1955, P. 40.

(4) Ibid., P. 40.

(5) E. Renshaw and R. N. Larson, "Heavy Fuels in Diesel Engines on River Towboats", Maritime Reporter, August 15, 1960, PP. 39~41.

表1　重油를 FAIT ENGINE에 使用한 例

船型 또는 船名		BARBARIGO 級 (4 隻)	M. S. LEME	M. S. FEDE M. S. LAVORO
機關 (FAIT)		2 Cycle 單動 空氣噴射式 3500 H. P.	2 Cycle 單動 無氣噴射式 3000 H. P.	2 Cycle 單動 無氣噴射式 4000 H. P.
重油	積地	SUEZ	北美	MEXICO
	A P I	12~19	12~14	17
	比重	0.94~0.98	0.97~0.99	0.95
	粘度 100° F SSU	460~4,500	2,200~12,500	5,500
	122° F SSF	28~170	90~370	200
	殘留炭素 %	8~14		14
	硫黃分 %	0.8~1.2	1.4~1.6	3.6
	灰分 %	0.009~0.08	0.18~0.20	0.16

表2　DIESEL'S SHARE OF MARINE FUEL REQUIREMENTS

FUEL	1951	1952	1953	1956(EST)
Residual	250.3	249.5	254.1	285.3
Distillate	63.5	71.5	76.8	86.5
Low Cost Diesel①	2.0	3.6	7.2	20.0
Total Marine Diesel②	65.5	75.1	84.0	106.5

International marine fuel requirements, Millions of barrels

① Included in the figures for residual fuels

② Distillates plus low cost diesel fuel

우리 나라에서는 1961年 7月 海公 所屬 "목포호"에 低質 重油를 試驗的으로 使用하여 多大한 成果를 거두어, 1962年 8月 海公 政策委員會에서는 同社 所屬 全 CI-M-AVI 船에 低質 重油를 使用할 것을 可決하여, 現在 一部 船舶에 燃油系 裝置 改造를 着工 中에 있다. 이는 海公 一線 機關士들의 꾸준한 努力의 成果라 믿어, 其 業績을 讚揚하여 마지않는 바이다.

그러면 低質 重油를 使用할 때 CI-M-AVI 船에서 燃料費를 어느 程度 節約할 수 있을까? 이 問題

dCollection

를 分析하여 보는 것이 本文의 目的의 하나이며, 이에 對하여는 使用 重油 및 機關의 種類에 依하여 다르며 ERNESTO COTTI 氏는 多年間 6,000 HP·의 FAIT ENGINE의 運轉을 分析한 結果, 年 6,000 時間 航走할 때 1,000馬力—時間 當 1.49弗을 節約하였다는 事實을 發表하였다.(6) 또한 J. L. PHILIPS 氏는 "ESSO LITTLE ROCK" 船(18,000 DWT, 7,500 SHP의 油槽船)에서 年 6,000 時間 航走할 때 69,500弗을 節約한 實績을 發表하였(7)으며, 우리나라 "목포호"에서는 年 2,885時間 航走할 때 約 5,429弗을 節約할 수 있으며, 全 海公 所屬 CI-M-AVI船(9隻)에 "목포호"와 같은 裝置를 하고 低質 重油를 使用하면, 年間 48,860弗을 節約하게 되는 것이다.

여기 低質 重油라 함은 石油 精製 工程에서 各種 溜出油를 빼낸 나머지의 釜殘油 或은 이 釜殘油와 溜出油를 適當한 比率로 混合한 重油를 말하며, 그 種類는 大端히 많고 그 性狀도 各各 다르다. 더욱히 船舶은 恒常 港口에서 港口로 移動하므로, 燃油 補給港도 一定치 않을 뿐만 않이라, 設使 同一港에서 供給한다 치드라도, 其 性狀은 同一하지 않다.(8)(9)(10) 表3 表4는 이 事實을 如實히 보여주며, 表5는 日本 DIESEL船에 使用한 低質 重油의 性狀 範圍를 表示하였다.

表3 日本 某 DIESEL船(B-W ENGINE)이 世界 周航 間에 使用한 低質 重油의 分析 結果

補給港	CRISTOBAL	SINGAPORE	NEW YORK	NEW ORLEANS	淸水
然料名	ESSO BUNKER-C	SHELL FUEL OIL	LIGHT FUEL OIL	FUEL OIL	重油
比重 60°/60° F	0.9826	0.9820	0.9718	0.9806	0.9315
API度 60° F	12.5	12.5	14.1	12.8	20.4
引火点 (P/M)° F	194	178	184	180	190
流動点 °F	25	75	45	25	60
粘度 SSF 122° F	171	40	62	222	—
粘度 RED-I 50° C	1436	313	528	1869	194
殘留炭素%	13.8	9.95	8.77	12.7	5.91
灰分%	0.07	0.03	0.02	0.04	0.02
灰黃分%	2.15	0.58	3.33	1.55	1.92
硫分%	0.1以下	0.1	痕跡	痕跡	0.1
水分及沈澱物 %	0.4	2.0	0.2	0.2	1.6
ASPHALTEN %	9.30	5.35	2.62	8.54	1.75

(6) Ernesto Cotti and Agostino Mari, "Thechnical and Economical Comments on Heavy Oil Use on Diesel Engines", International Marine Conference, Milano, Italy, April, 1953.

(7) W. A. Konrad and J. L. Philips, op. cit., P. 41.

(8) スタンダード・ヴアキユーム 石油會社 本社技術部, 前揭書. P. 4.

(9) 同 上 書, P. 5.

(10) 同 上 書, P. 5.

dCollection

表4　　Los Angeles 積載 Light Fuel의 性狀

補給年月	6/52	12/52	8/53	9/53	2/54	4/54	10/54	3/55	4/55
比重 60°F/60°F	0.9765	0.9779	0.9752	—	0.9844	0.9806	—	0.9951	0.9854
API 度	—	—	—	13.2	12.3	—	11.6	—	—
引火点 (P/M)°F	194	204	186	—	170	184	164	182	154
流動点 °F	32	22	—	—	—10	—6	—	0	—15
粘度 SSF 122°F	33	35	33.5	—	—	31	—	—	—
RED-1 50°C	—	—	—	298	291	—	386	551	373
殘留炭素 %	—	—	8.8	—	12.1	8.8	12.4	14.7	14.0
灰分 %	—	0.8	0.04	—	0.07	0.04	0.2	0.05	0.07
硫黃分 %	0.2	—	0.93	1.36	1.9	0.97	1.8	1.7	1.7
水分 %	0.2	0.8	0.1	—	Trace	0.2	Trace	Trace	Trace

表5　日本 Diesel船에 使用된 低質 重油 性狀의 範圍

	最少値	最大値
API 度	8.3	23.2
粘度 RED-I 50°C	60	1869
粘度 SSF 122°F	72	222
引火点 (P/M)°F	164	316
流動点 °F	—5	75
殘留炭素 %	5	15
灰分 %	0.02	0.9
硫黃分 %	痕跡	3.7
總發熱量 Kcl/kg	8223	10728

表5에서 보는 바와같이 Diesel 船에 使用한 低質 重油는 그 性狀 範圍가 大端히 크다. 그러면 果然 우리 "목포호"에서는 어느 程度의 低質 重油까지 使用할 수 있으며, 같은 CI-M-AVI 船에서 燃油系를 如何히 改良하므로 그 性狀 限界가 如何히 變化하느냐 하는 것을 考察하는 것이 또한 本文의 目的의 하나인 것이다.

Ⅱ 燃　料　油

1　石油를 構成하는 炭化水素의 種類

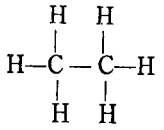
石油는 大端히 많은 그리고 서로 組織을 달리하는 化合物의 混合体로서, 化合物의 大部分(98 % 重量)은 炭素와 水素의 二元素로 이루어지고, 남어지(2%)는 硫黃 窒素 酸素 其外 微量 元素로 이루어 졌다.

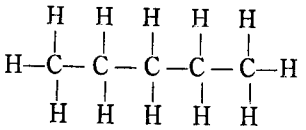
石油를 構成하는 炭化水素의 種類는 其 數가 많으나, 이를 大別하여 다음 五種으로 나눌 수 있다

Collection

STRAIT—CHAIN PARAFFINES (直鎖파라핀系)

炭素 原子가 直線狀으로 配列된 것.

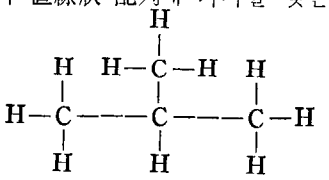


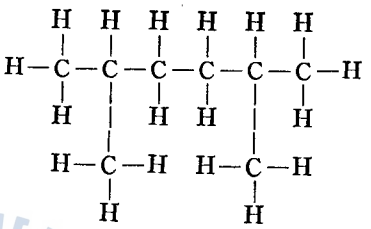


CHAIN은 任意의 길이로 炭素 原子는 몇個라도 繼續한다.

BRANCHED-CHAIN PARAFFINES(有技鎖파라핀系)

炭素 原子가 直線狀 配列에 가지를 갖는 것.

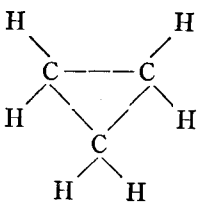


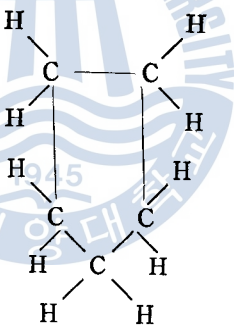


炭素 原子 數에 制限이 없다.

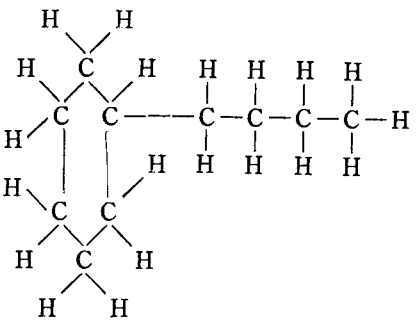
NAPHTHENES(나푸텐系)

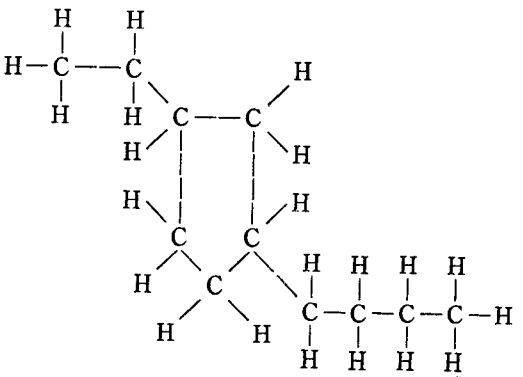
炭素 原子가 環狀 配列을 이룬 것.





이 環에 炭素 原子가 몇個라도 달리나 其 數는 五, 六個 或은 七個의 것이 가장 安全한 것으로, 普通 石油 中에 包含되는 것은 이들에 限한다. 이 環에는 側鎖(直線 或은 有枝型)가 連結되였을 때가 있다.



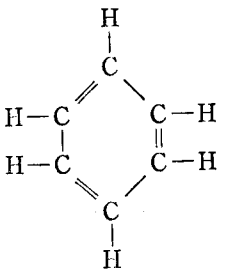


KOREA MARITIME UNIVERSITY 1945 한국해양대학교

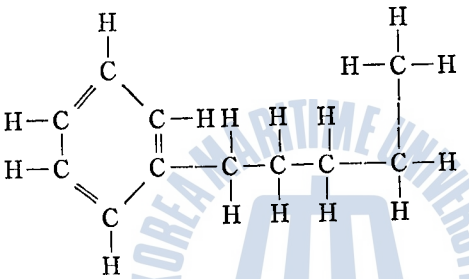
dCollection

AROMATICS (芳香族系)

炭素 原子가 環狀 配列을 하고 있으나, 其 數는 六個로 限定되여 있으며 또한 不飽和 狀態를 이루고 있으므로, 하나 뛰어서 二重 結合으로 되어 있다.

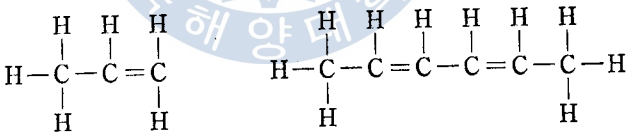


이것도 NAPHTHEN系와 같이 直鎖 또는 有枝鎖型의 側鎖가 連結되여 있다.



OLEFINES (오레핀系)

炭素 原子는 PARAFFIN系와 같이 直鎖型으로 配列되여 있으나, 不飽和의 部分이 적어도 一個所 있어 炭素 原子가 二重 結合으로 되어 있다.



이것도 炭素 原子의 數에는 制限이 없으며 또한 直鎖型의 것과 有枝鎖型의 것이 있다.

(2) 原油의 種類

炭化水素의 組成에 依하여 原油는 普通 다음 四種으로 分類된다.

PARAFFIN 基 原油

多量의 直鎖 및 有枝鎖 PARAFFIN과 比較的 少量의 NAPHTHEN 및 芳香族을 갖는 것으로, 固形 PARAFFIN과 良質의 潤滑油 製造에 適合하며, 比重이 가볍고 GASOLINE分을 많이 包含한다. 此種 原油는 PENNSYLVANIA, SUMATRA에서 産出한다.

NAPHTHEN 基 原油(一名 Asphalt 基 原油)

多量의 NAPHTHEN 및 芳香族과 極少量의 PARAFFIN을 包含한 것으로, GASOLINE分을 少量 包含하고 蒸溜하여도 固形 PARAFFIN을 얻을 수 없으며, 殘留油에 많은 ASPHALT, PITCH를 包含한다.

此 種 原油는 美國 CALIFORNIA, TEXAS에서 많이 産出된다.

KOREA MARITIME UNIVERSITY 1945 한국해양대학교
dCollection

混合基 原油

上記 PARAFFIN基 原油, NAPHTHEN基 原油의 中間性狀을 갖는 것으로, 前述의 炭化水素 中 OLEFIN系를 除外한 四種을 거의 같은 程度로 包含한다.

이 原油부터는 PARAFFIN, ASPHALT를 다 같이 얻을 수 있으며, 潤滑油 重油 等의 製造에 適合하다.

此 種 油는 中南美의 VENEZUELA, COLOMBIA, MEXICO, 中近東의 IRAN, SAUDI ARABIA, IRAQ, EGYPT, KWAIT等에서 産出된다.

特殊 原油

PARAFFIN 及 NAPHTHEN系 以外의 卽 芳香族 炭化水素等을 比較的 多量 包含하는 것으로, BORNEO, 台灣産 原油가 이에 屬한다.

原油를 成分上으로 보면, 以上 四種으로 區別할 수 있으나, PARAFFIN, NAPHTHEN基 原油의 性狀을 比較하면 表6(11)과 같다.

表6 PARAFFIN, NAPHTHEN 基 原油別 性狀 比較表

	PARAFFIN	NAPHTHEN
比重	小	大
直溜 GASOLINE 收量	多	比較的少
GASOLINE의 OCTANE 價	低	高
潤滑油收量	多	少
潤滑油粘度指數	高	低
蠟分含量	比較的多	거이 없음
臭氣	若干薄香	刺戟性의 臭
硫黃分	比較的少	많음
色	比較的밝음	暗色

(3) 石油의 精製

常壓 蒸溜

原油는 沸点을 달리 하는 多數의 炭化水素의 混合体로 이루어 졌다. 그런 故로 大氣壓에서 그 沸点의 差를 利用하여, 數種의 溜分으로 나누는 方法을 常壓 蒸溜라고 부르며, 表7(12)은 常壓 蒸溜에서의 溜分과 蒸溜 範圍를 表示한다.

(11) 鮎澤萬年, 舶用 燃料油と 潤滑油, 1961, P. 24.
(12) 同 上 書, P. 31.

dCollection

表7　常壓 蒸溜에서 溜分과 蒸溜 範圍

溜分	蒸溜範圍 °F	蒸溜範圍 °C
Gasoline	86～392	約 30～200
Kerosene	284～536	140～280
Gas Oil	392～662	200～350
釜殘留物	662	350

眞空 蒸溜

石油를 構成하는 炭化水素는 662°F(350°C) 以上에서 分解하기 始作한다. 炭化水素는 分子가 클수록 (沸点이 높은 것) 分解하기 쉬우며, 炭化水素가 分解하면 分子가 작은 (沸点이 낮고 蒸發하기 쉽다) 炭化水素가 된다. 그래서 662°F(350°C) 以上에서 蒸溜되는 潤滑油, PARAFFIN 等을 取하려면 眞空 蒸溜(減壓 蒸溜)에 依하여 溫度를 나추어 蒸溜하지 않으면 않된다. 卽 液体는 壓力을 減하면 低溫에서 沸騰하는 까닭이다.

精油 工場에서는 572°F(300°C)以上의 沸点을 갖는 것은 眞空 蒸溜하고 있다.

分解 蒸溜

眞空 蒸溜와 反對로 分子가 큰 炭化水素가 熱을 받아 分解하여 分子가 작은 炭化水素로 되는 것을 利用하여, 燈油 GAS油 重油 等에서 GASOLINE을 製造하는 方法을 分解 蒸溜(CRACKING)라 한다.

이 方法은 GAS의 生成을 적게하고 GASOLINE의 收量을 많이 하기 爲하여 高壓 (10～50氣壓)에서 油類가 液狀에서 熱 分解하도록 考案되었다.

熱 分解 以外에 接觸 分解라하여 炭化水素의 分子를 단지 작은 分子로 만들뿐만 않이라 同時에 質的으로도 變化를 주어 同一 原料부터 OCTANE價가 높은 GASOLINE을 얻는 方法이 發明되어 널리 實行하게 되었다. 卽 觸媒를 使用하여 炭化水素의 分解를 일으키는 것을 接觸 分解 (CONTACT CRACKING)라 한다.

(4) 重油의 規格

重油는 石油 精製 工程에서 燃料로서 얻을 수 있는 最終 製品이며 燈油 輕油 (GAS OIL)等의 溜出油에 對하여, 重油는 直溜 或은 熱 分解 等에서의 殘留油 或은 이들과 溜出油(例輕油)를 混合 調製한 것이다.

重油의 規格은 粘度 其他 性狀에 依하여 數種으로 區分되며, 表8[13]은 美國의 COMMERCIAL STANDARD (CS 12—48)에 依한 燃料油의 規格을 表示하며, 表中 No. 1, No. 2는 溜出油로서 燈油 輕油

(13) Theodore Baumeister, Mark's Mechanical Engineers Hand Book, 1958, P. 7-29.
山根幸造, シリンダライナの 摩耗と C重油・潤滑油, 1961, PP. 34～35.

dCollection

에 該當하며, No. 4～No. 6가 重油에 屬하게 된다. 其 中 No. 4는 加熱器를 裝置하지 않은 BURNER 裝置에 使用되며 No. 5는 舊稱 A 重油 No. 6는 舊稱 B, C 重油에 屬하며, BOILER用 重油인 BUNKER C는 No. 6 OIL에 屬한다.

表 8　美國 ASTM 燃料油 規格 (CS 12—48)

種別	引火点 °F 以上	流動点 °F 以下	水分및沈澱物 (遠心分離) % 以下	殘留炭素 % (10% BOTTOM) 以下	灰分 % 以下	蒸溜温度 °F 以下 10% 点	90% 点	乾点	粘度 cSt 100°F ①	122°F ②	API 以上	銅片腐蝕試驗 以下	硫黃分 以下
No 1	100	0	痕跡	0.15	—	420		625	1.4～2.2		35	No 3	0.5
No 2	100	20	0.10	0.35	—		675		≦4.3 (≦40)		26	—	1.0
No 4	130	20	0.50	—	0.10				5.8-26.4 (45-125)			—	制限없음 但使用者의 要求에 依함
No 5	130	—	1.00	—	0.10				≧32.1 ≦≦ (150)	≧≦81 (40)		—	〃
No 6	150	—	2.00	—	—					92～638 (45-300)		—	〃

(註) : ①에서 ( )內는 SSU
②에서 ( )內는 SSF

(14)
表 9는 重油의 日本 工業 規格(JIS K 2205—1958)을 表示하며, 이 中 一種, 二種, 三種은 各各 舊稱 A, B, C 重油에 該當한다.

表 9　日本 JIS 重油 規格 (日本 工業 規格 JIS K—2205　1958年 改訂)

種類 \ 性狀		反應	引火点 °C	粘度 動粘度 cSt 50°C	粘度 RED① 50°C秒	流動点 °C	殘留炭素量 %	水分体積 %	灰分重量 %	硫黃分重量 %	主用途
一種	一號	中性	≧60	≦20	≦85.8	②≦5	≦4	≦0.3	≦0.05	≦0.5	窯業 金屬製鍊用
	二號	〃	〃	〃	〃	② 〃	〃	〃	〃	≦2.0	小型內燃機關用
二種		〃	〃	≦50	≦205	②≦10	≦5	≦0.4	〃	≦3.0	內燃機關用
三種	一號	〃	≧70	50～150	205～612	③—	—	≦0.5	≦0.1	≦1.5	鐵鋼用
	二號	〃	〃	〃	〃	—	—	〃	〃	≦3.5	大型 Boiler 用 大型 內燃機關用
	三號	〃	〃	150～400	612-1630	③—	—	≦0.6	〃	≦1.5	鐵鋼用
	四號	〃	〃	≦400	≦1630	—	—	≦2.0	—	—	一般用

(註) ①Redwood秒는 cst부터 換算한 値　② 1種, 2種의 寒候用의 것은 流動点 0°C 以下
③ 3種 1號 및 3號에서 流動点이 15°C를 넘는 것은 容器 其他에 流動点을 明記하지 않으면 않된다

(14) 日本ボイラ協會編, ボイラ技士教本, 1962, P. 224.

dCollection

(15)
表10은 重油에 對한 U·S·Navy 및 Pacific Specification을 表示한다.

表10　　重油 規格 (U. S. Navy 및 Pacific Specification)

規格	油名	引火点 °F 以上	流動点 °F 以下	粘度 Red 1 50°C	粘度 SSF 122°F	粘度 SSU 122°F	殘留炭素 % 以下	灰分 % 以下	水分 % 以下	水分十沈澱物 % 以下	抽出沈澱物 % 以下
U. S. Navy	Navy Special	150	15	168~404	—	110~225	15	0.10	0.5	0.5	0.12
	Navy Heavy	150	50	<3675	<150	—	—	0.12	0.5	—	0.15
Pacific Specifi-cation	PS-300	150		400~715	25~40				1.0		
	PS-400	150		>1225	>60				2.0		

Ⅲ 低質 重油 使用을 爲한 "목포호"에서의 燃油系 改造

Diesee Oil(溜出油) 代身에 低質 重油를 使用하기 爲하여 考慮되어야 할 点은

(a) 低質 重油가 갖는 水分, 灰分 및 其他 不純物에 依한 障害와

(b) 低質 重油는 Diesel Oil 에 比하에 Viscosity가 大端히 크다는 点이다.

(a)에 對하여는 Purifier, Clarifier를 直列로 連結하여 水分, 灰分의 一部 및 其他 不純物을 除去한다. 이때 Purifier, Clarifier에서의 分離 能力을 增進시켜 주기 爲하여, 燃油를 加熱하여 준다. (b)에 對하여는 Viscosity를 減少시켜 주기 爲하여 加熱하여 준다. 여기에 Viscosity가 적어야 하는 理由는 Cylinder 內에 噴射하는 燃油는 充分한 噴霧狀을 이루어 空氣와 充分히 混合되어 完全 燃燒를 하도록 하여 주어야 할 것이다. 이를 爲하여는 Nozzle을 噴出하는 油流가 亂流를 이룰 것이 噴霧 狀態를 良好히 하는 基礎 條件이며, Reynold's Numeer가 3000~4000(16)을 넘을 때 充分한 亂流를 갖는다. Reynold's Number는

$$R=\frac{L\ V}{u}$$

R : Reynold's Number

L : Nozzle의 口徑(m)

V : Nozzle 噴口에서 Oil의 速度(m/sec)

u : Oil의 絶對粘度 (m^2/sec)

로 表示되며, L 및 V가 一定할 때 R는 u에 反比例 하므로 亂流를 갖기에 充分한 Reynold's Numeer를 갖이려면 Viscosity는 充分히 적어야 한다. 그래서 燃油를 Nozzle에 보내기 直前에 充分히 加熱하여 Viscosity를 減少시켜 줄 必要가 있다.

以上의 原則에 依한 噴油系 改造의 一例를 "목포호"에서 들면 다음과 같다.

---

(15) スタンダード・ヴアキユーム 石油會社 本社技術部, 前揭書, P. 3.

(16)　同　上　書,　P. 8.

dCollection

(1) 燃油槽의 變更

從前에 使用하던 DIESEL OIL TANK의 大部分을 第1圖(17)에서 X線을 그은 部分과 같이 低質 重油槽로 變更하고, 남어지 部分은 DIESEL OIL TANK로 남겨두었다. (主機에서 動始 및 操縱할 때 그리고 發電機에는 從前과 같이 DIESEL OIL을 使用하는 故로)

(2) 遠心分離機를 爲한 電熱式 燃油加熱器(18) 一台 新設

30 K·W·의 DE- LAVAL 型

容量 264.2 G. P. H. (1000 L.P.H)

燃油 温度 入口 : 104°F (40°C) 出口 : 185°F (85°C)

燃油 壓力 14.22 PSIG (1 kg/cm² GAGE)

(3) PURIFIRE(19) (從前의 DIESEL OIL 用) 一台 改設

DE-LAVAL 型

容量 300 G·P·H·(1136 L·P·H·)

燃油 粘度 100°F에서 125(max) SSU

電動機 2 H·P·, D. C. 230V, R. P. M 1725

(4) CLARIFIER(20) 一台 新設

SHARPLES 型

容量 264.2 G·P·H·(1000 L·P·H·)

(5) 主機를 爲한 電熱式 燃油加熱器(21) 一台 新設

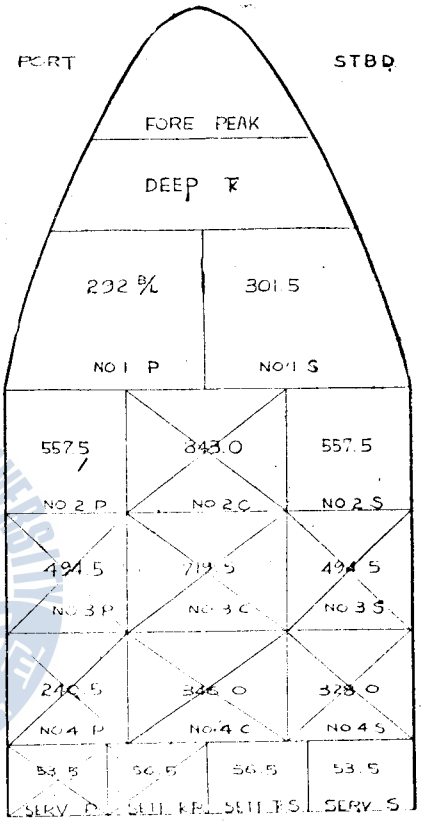
9 K·W의 DE-LAVAL 型

容量 92.47 G·P·H·(350 L·P·H)

燃油 温度 入口 : 140°F (60°C) 出口 : 185°F(85°C)

燃油 壓力 64 PSIG. (4.5 kg/cm² GAGE)

以上의 것의 配置 및 配管 裝置를 表示하면 第2圖(22)와 같다.



單位 BARREL

斜線을 그은 部分은 RESIDUAL OIL

第一圖

(17) 大韓海運公社, 釜山支店 工務課 資料

(18) 大韓海運公社 釜山支店 工務課 資料

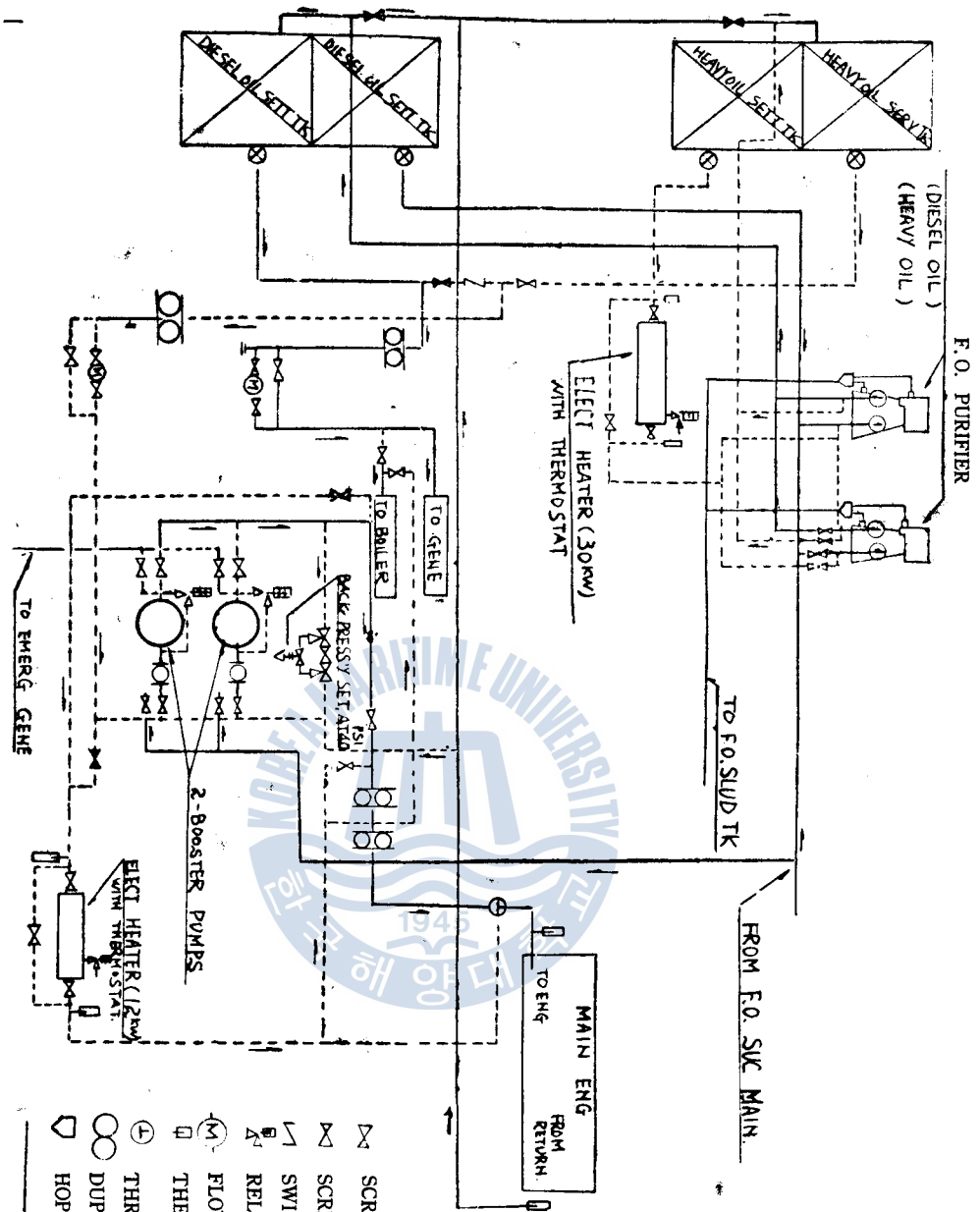
(19) The De-Laval Separating Co., Operating and Maintenance Instructions For Diesel Oil Purifiers Built For U S Maritime Commission, January 1945, P. 1.

(20) 大韓海運公社 釜山支店 工務課 資料

(21) 大韓海運公社 釜山支店 工務課 資料

(22) 大韓海運公社 釜山支店 工務課 資料

dCollection



第 二 圖

dCollection

끝으로 CI-M-AVI 船의 主機에서 本 論文에 關係되는 資料를[23] 表示하면 다음과 같다.

製作會社	NORDBERG MANUFACTURING Co.
S・H・P・(NORMAL)	1700
CYLINDER의 數	6
CYCLE	2
R・P・M・	180
CYLINDER 內徑	21 1/2 INCH
STROKE의 길이	29 INCH
NOZZLE의 INJECTION	MECHANICAL INJECTION

Ⅳ "목포호"에서 低質 重油 使用時의 燃料費 節約額 分析

(1) "목포호"에서 現在 使用하고 있는 燃料油

表11은[24] "목포호"에 使用하고 있는 低質 重油(H・O・)와 其他 CI-M-AVI 船에 使用하고 있는 DIESEL OIL (D・O・)의 性狀 및 屯當 價格을 表示한다.

表11 海公 CI-M-AVI 船에 使用하는 燃料油

油種	API 度	粘度 RED-1 50°C	LONG TON 當 U.S. 弗
D. O.	32	35~45	32
H. O.	18.7	230~250	16.8

(2) Diesel Oil에 比한 低質 重油 (H. O)의 消費量 增加와 屯當 價格 修正.

表12 海公 CI-M-AVI 船 燃油 消費量

船名	부산	마산	여수	장항	인천	제주	포항	묵호	平均	목포
航走中燃料消費量 BAL/DAY	49.368	45.264	48.936	47.568	49.392	50.16	47.04	47.808	48.192	D. O. 9.456 H. O. 39.504
〃 〃 BAL/HR	2.057	1.886	2.039	1.982	2.058	2.09	1.96	1.992	2.008	D. O. 0.394 H. O. 1.646

表12[25] 中 "목포호"의 H. O. 는 主機에서의 低質 重油를 그리고 D. O. 는 補機에서의 DIESEL OIL을 表示하며, 其他는 全部 "목포호" 以外의 船에서의 燃油 消費量 卽 主機및 補機의 合計分이며 DIESEL OIL을 表示한다. "목포호"의 H. O. 에 該當하는 他船의 主機 燃油는 各其 消費量에서 9.456 BAL/DAY 或은 0.394 BAL/HR를 差引한 것이 된다. 至今 "목포호" 以外의 船의 平均値를 "목포호"

(23) Nordberg Manufacturing Co., Instructions For Operating and Maintaining Nordberg Marine Diesel Eng. (Type-TSM), 1944, P. 1.

(24) 大韓海運公社 釜山支店 資材課 資料

(25) 大韓海運公社 釜山支店 海務課 資料

dCollection

에서 D·O·를 使用하였을 때의 燃油 消費量이라 假定하면, 48.192—9.456=38.736 (BAL/DAY)가 "목포호"의 主機에서 消費하는 D. O. (BAL/DAY)에 該當하게 된다. 兩油의 消費量을 比較하면 表 13과 같다.

表13 "목포호"에서 D. O. 와 H. O. 使用時의 燃油 消費 比較

油 種	API 度	LONG TON/BAL①	主機燃油消量 BAL/DAY	主機燃油消量 LONG TON/DAY	燃油消量 比率
D. O.	32	0.13512	38.736	5.23	1
H. O.	18.7	0.14710	39.504	5.60	1.071
INDUSTRIAL② OIL	17	0.14879	39.504③	5.8778	1.123

註 : ①ASTM-IP Petroleum Measurement Table에 依함
② 第六章에서의 計算을 爲한 것이며 表24 參照
③ "목포호"의 H. O. 때와 消費量 同一하다고 假定하였을 때 임.

表13에서 보는 바와 같이 低質 重油(H. O.)를 使用할 때 DIESEL OIL에 比하여 7.1% 消費量 增加를 나타내며, 屯當 價格 16.8弗(表11參照)을 修正하면 屯當 17.99弗이 된다.

그래서 燃料 每 屯當 節約額은 32—17.99=14.01弗이 된다.

(3) 1000馬力— 時間 當 節約額 $/1000 HP-HR

至今 分析의 便宜上 1000馬力—時間 當의 燃油 消費量 및 節約額을 計算하면, 다음과 같다.

"목포호"의 每日 燃油(D. O.) 消費量 (屯) 5.23

"목포호"의 主機 馬力 (H. P.) 1700

1000馬力—時間 當 燃油 (D. O.) 消費量 (屯) $\frac{5.23}{24} \times \frac{1000}{1700} = 0.12818$

1000馬力—時間 當 節約額 ($) $0.12818 \times 14.01 = 1.7958$

(4) 低質 重油 使用으로 因한 附加 維持 및 運轉費 $/1000 HP-HR

(a) 燃油 加熱 및 遠心分離機 運轉을 爲한 費用

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS의 SUBCOMMITTEE ON OIL ENGINE POWER COSTS OF THE OIL AND GAS POWER DIVISION에서는 表14(26)와 같은 燃料를 使用하고, RUNING CAPACITY FACTOR가 60%일 때 MEDIAN DIESEL PLANT에서 10.5 K.W.H.에 對한 燃油 消費量은 I GALLON이라고 發表하였다(27).

(26) Archer E. Knowlton, Stadard Handbook for Electrical Engineers, 1949, P. 945.
(27) Ibid., P. 946.

dCollection

表14　ASME의 F. O. 와 海公의 F. O. 와의 比較

油　別	引火点 °F(°C)	灰　分 %	硫黃分 %	水分 (容積)%	粘　度 100°F SSU
ASME의 F.O.	150 (65.5)以下	0.05以下	2以下	0.5以下	35~150
海公의 F.O, ①	176~212 (80~100)	0.001	1.0~1.4	微　量	43~62

註 : ①은 CI-M-AVI船 發電機에 使用하는 Diesel Oil (海公 釜山支店 資材課)

表14에서 보는 바와 같이 海公에서 使用하고 있는 DIESEL OIL은 引火点을 除外 하고는 ASME의 燃油 規格에 適合하며, 다만 ASME DATA는 中型 DIESEL 에 對한 것이 라는 点만이 相異하다. 至今 이 点을 無視하면 ASME의 10.5 KWH/GAL의 DATA를 CI-M-AVI 發電機에 適用하여도 큰 誤差가 없을 것이다.

30 K·W·HEATER 運轉에 該當하는 燃油 消費量　　GAL/DAY

每日 使用 時間[28)]　6.5

$\frac{30}{10.5}\times 6.5=18.571$ (GAL/DAY)

9 K·W· HEATER 運轉에 該當하는 燃油 消費量　　GAL/DAY

每日 使用 時間　24

$\frac{9}{10.5}\times 24=20.568$ (GAL/DAY)

PURIFIER 및 CLARIFIER 運轉에 該當하는 燃油 消費量　　GAL/DAY

馬力 (2×2)　4

K·W·[(745.7(WATT)×4=2983(WATT)]　2.983

每日 使用 時間　6.5

$\frac{2.983}{10.5}\times 6.5=1.847$ (GAL/DAY)

以上을 合算하면,

18.571
20.568
1.847
40.986

卽 2台의 燃油 加熱器 및 2台의 遠心分離機의 運轉에 要하는 發電機에서의 燃油 消費量은

40.986 GAL/DAY다.

只今　1 BAL = 42 GAL

表13에 依하여　1 BAL = 0.13512 TON

表11에 依하여　1 TON = 32 $

(28) 大韓海運公社 釜山支店 工務課 資料

dCollection

이므로

$$\frac{40\cdot 986}{42}\times 0\cdot 13512\times 32=4.2194 \quad (\$/\text{DAY})$$

$$\frac{4.2194}{24\times 1.7}=0.1034 \quad (\$/1000 \text{ HP-HR})$$

그래서 2台의 燃油 加熱器 및 2台의 遠心分離機 運轉을 爲한 費用은 1000馬力一時間 當 **0.1034** $이다.

(b) CYLINDER LINER 磨耗 增加에 對한 維持費 $/1000 HP-HR

CYLINDER LINER 磨耗量에 關한 DATA는 "목포호" 自身의 것과, DIESEL OIL을 使用하는 CI-M-AVI 船을 代表하여 "포항호"의 것을 選定하였다.

이에 關한 資料는 "목포호" 및 "포항호"에서 海公 釜山支店에 報告된 LINER 內徑 測定値와 前記

表15 "포항호" CYLINDER LINER

CYLINDER No	No. 1		No. 2	
測 定 日 (29)	1961 6. 22.	1962 10. 3.	1961 10. 16.	1962 7. 9.
LINER 內徑 (INCH)(29)	21. 5925	21. 5981	21. 6187	21. 640
LINER 磨耗 (INCH)				0. 0227
航 走 時 間 (30)				2516
磨耗(INCH)/1000時間				0. 00902
備 考		新替日字未詳		

表16 "목포호" CYLINDER LINER

CYLINDER No	No. 1			No. 2				No. 3		
測 定 日 (31)	1961 3. 7.	1961 10. 16.	1962 3. 4.	1961 7. 24.	1961 11. 17.	1962 3. 4.	1962 9. 24.	1961 7. 25.	1961 11. 17.	1962 3. 4.
LINER內徑 (INCH) (31)	21. 597	21. 604	21. 625	21. 504	21. 5075	21. 509	21. 5215	21. 620	21. 632	21. 646
LINER磨耗 (INCH)		0. 007	0. 021		0. 0035	0. 0015	0. 0125		0. 012	0. 014
航 走 時 間 (32)		1318	1225		1068	751	1217		1068	751
磨耗(INCH) /1000時間		0. 00531	0. 01716		0. 00328	0. 002	0. 01027		0. 01124	0. 01864
備 考							Ab. Log 關係로航走時間은 1962. 8. 30 까지分임			

(29) 大韓海運公社 釜山支店 海務課 資料 (30) "포항호" Abstract Engine Log

dCollection

兩船의 ABSTRACT ENGINE LOG에서 航海 時間을 算出하여, 每1000 時間에 對한 磨耗量을 計算하고, 이를 平均하여 各船의 磨耗量으로 定하였다. 表15 및 表16은 各各 "포항호", "목포호"의 LINER 磨耗量을 表示하며, 表15中 No. 1 및 No. 5 CYLINDER에서는 LINER 新替 日字 未詳이므로, 磨耗量 및 航走時間을 算出할 수 없어, 磨耗量 平均에서 除外하였고 表16의 No. 1 CYLINDER에서는 LINER 新替 時 (新替日字 1962. 3. 4) 舊 LINER의 測定値는 없고, 新 LINER의 測定値만 報告되였기에, 舊 LINER BORE는 WEAR LIMIT인 21.625 INCH로 看做하고 磨耗量을 算定하였음.

또한 表16의 No. 3 및 No. 4 CYLINDER에서 1962年 9月 24日字 測定 分은 LINER BORE의 減少를 表示하고 있으나, 이것은 測定 方法 或은 計器가 不正確하였던 것으로 生覺되며, 磨耗量 平均에서 除外하였음. 表 中 磨耗量은 LINER의 TOP에서 2 INCH, 4 INCH, 8 INCH 部分에서 軸과 平行한 곳 그리고 이와 90°를 이룬 곳에서 測定한 結果를 總平均한 것이다.

磨耗量

No. 3		No. 4		No. 5			No. 6		平 均
1961 8.21.	1962 8.23.	1961 8.20.	1962 5.1.	1962 1.30.		1962 10.2.	1961 10.16.	1962 7.10.	
21.5873	21.6093	21.590	21.608	21.561		21.5995	21.6045	21.6145	
	0.022		0.018					0.01	
	3401		3047					2516	
	0.00647		0.00589					0.00397	0.00634
					新替日字 未 詳				

磨耗量

	No. 4				No. 5			No. 6			平均
1962 9.24.	1961 3.29.	1961 10.30.	1962 1.11.	1962 9.24.	1961 6.30.	1962 3.4.	1962 9.24.	1961 2.28.	1961 10.31.	1962 4.21.	
21.642	21.503	21.5085	21.514	21.512	21.6175	21.653	21.655	21.5585	21.604	21.6142	
(-0.004)		0.0055	0.0055	(-0.002)		0.0355	0.002		0.0455	0.0102	
1217		1351	397	1552		1924	1217		1554	1258	
		0.00407	0.01389			0.01846	0.00164		0.0293	0.00811	0.01103
				Ab. Log 關係로航 走時間은 1962. 8. 30 까지分임			Ab. Log 關係로航 走時間은 1962. 8. 30 까지分임				

(31) 大韓海運公社 釜山支店 海務課 資料 (32) "목포호" Abstract Engine Log

dCollection

表17은[33] 海公 所屬 CI-M-AVI 船에서 1962. 1. 1~1962. 6. 30 까지의 航走 時間을 表示한다. 이 表에서 보는 바와 같이 CI-M-AVI 船의 半年 間의 平均 航走 時間은 1,144**時間 18分**이며, 따라서 1年間의 平均 航走 時間은 2,884時間 36分 卽 **2,885時間**이다.

表17 海公 CI-M-AVI船의 航走 時間 自1962. 1. 1 至1962. 6. 30

船名	부산	마산	여수	목포	장항	인천	제주	포항	묵호	平均	年平均
航走時間	1396時 45分	697時 00分	1777時 40分	1181時 00分	781時 05分	708時 40分	2005時 30分	1628時 00分	2268時 54分	1442時 18分	2885時

至今 上記한 資料를 綜合하여 보면

"포항호" LINER 磨耗 0.00634 INCH/1000時間

"목포호" LINER 磨耗 0.01103 INCH/1000時間

LINER WEAR LIMIT[34] 0.125 INCH

年 航走 時間 2885

LINER 單價[35] 日製 1300 $ 6 個分 7,800 $

美製 5400 $ 6 個分 32,400 $

ㄱ) "목포호" LINER 磨耗와 "포항호" LINER 磨耗와의 比

$$\frac{0.01103}{0.00634}=1.74$$

卽 磨耗量 增加 **74%**

ㄴ) "포항호" LINER의 수명

$$\frac{0.125}{0.00634}=19.717$$

卽 **19,717** 時間

ㄷ) "포항호" 1000時間一馬力에 對한 LINER 維持費 (日製基準)

$$\frac{7800}{19717}\times\frac{1}{1.7}=0.2327 \quad (\$/1000\ \text{HP-HR})$$

ㄹ) "목포호"에서 低質 重油 使用으로 因한 磨耗量 增加 (74%)에 對한 LINER 維持費

$0.2327\times0.74=0.1722$ ($/1000 HP-HR)

그래서 "목포호"에서 LINER 磨耗量 增加(74%)에 對한 維持費는 **0.1722 $/1000 HP-HR**다.

(c) 遠心分離機 및 PISTON (RING를 包含한다)의 維持費와 附加裝置에 對한 減價 償却

ERNESTO COTTI氏가 FAIT ENGINE(6000 HP, 年 航走 時間 6000)에서 低質 重油를 使用할 때 그

(33) 大韓海運公社 釜山支店 海務課 資料

(34) Nordberg Manufacturing Co., Instructions for Operating and Maintaining Nordberg Marine Diesel Eng. (Type-TSM), 1944, P. 3.

(35) 大韓海運公社 釜山支店 資材課 資料

dCollection

維持費를 分析한 結果,

遠心分離機 維持費	0.0167	$/1000 HP-HR
PISTON 維持費	0.0125	$/1000 HP-HR
附加 裝置 減價 償却	0.0500	$/1000 HP-HR

를 發表하였다.(36) 上記 項目에 關한 CI-M-AVI 船의 DATA는 海公에서는 갖고 있지 않으므로, 여기서는 이 FAIT ENGINE DATA를 그대로 採用하기로 한다.

(d) CYLINDER OIL 消費額 增加

CYLINDER OIL은 DIESEL OIL 使用 時는 MOBIL D. T. E. No. 5를 使用하였으나, 低質 重油 使用과 同時에 MOBILGARD 593을 使用하게 되었다. "목포호"에서 DIESEL OIL 使用 時의 CYLINDER OIL의 消費量을 表18(37)에서 平均値로 假定하면, 그 消費量 및 價格 等은 表19(38)와 같다.

表18 海公 CI-M-AVI船에서 CYLINDER OIL 消費量

船名	부산	마산	여수	장항	인천	제주	포항	묵호	平均 (D. T. E. 5)	목포 (MOBILGARD 593)
消費量 GAL/HR	0.199	0.279	0.227	0.217	0.210	0.131	0.265	0.238	0.224	0.351

表19 CYLINDER OIL 消費量 및 價格

CYLINDER OIL 名	燃油名	消費量 GAL/HR	消費比率	價格 $/GAL	修正價格 $/GAL (消費率×價格)
MOBIL DTE No. 5	D. O.	0.224	1	0.936	0.936
MOBILGARD 593	H. O.	0.351	1.567	1.035	1.622

每 GAL當 消費$ 增加는 表19에 依하여 1.622—0.936=0.686 ($/GAL)

每 1000馬力—時間 當 消費$ 增加는

$$0.686\times0.224\times\frac{1}{1.7}=0.09039 \quad (\$/1000\ \text{HP-HR})$$

(e) F. O. TREATMENT 消費額

低質 重油 使用으로 F. O. TREATMENT를 表20(39)과 같이 使用하게 되었다.

(36) Ernesto Cotti and Agostino Mari, op. cit.
(37) 大韓海運公社 釜山支店 海務課 資料
(38) 大韓海運公社 釜山支店 資材課 資料
(39) 大韓海運公社 釜山支店 海務課 및 資材課 資料

dCollection

表20　F. O. TREATMENT 消費量 및 價格

製作會社	消費量	價格 $/GAL	價格($)/1000馬力-時間
GAMLEN	0.8295 GAL/DAY 0.03456 GAL/HR	2.3585	0.04794
備考	低質重油 消費量의 $\frac{1}{2000}$ $\frac{39.50\times42}{2,000}=0.8295$	DRUM 當 125$ $\frac{125}{53}=2.3585$	$\frac{0.03456\times2.3585}{1.7}$ $=0.04794$

卽 F. O. TREATMENT 使用으로 因한 消費額은 **0.04794** $/1000 HP-HR 다.

以上 a), b), c), d), e). 項을 綜合한 卽 低質 重油 使用으로 因한 附加 維持 및 運轉費는

(a)項을 爲한 費用　0.1034 $/1000 HP-HR
(b) 〃　〃　0.1722 〃
(c) 〃　〃　0.0167 〃
　　0.0125 〃
　　0.0500 〃
(d) 〃　〃　0.09039 〃
(e) 〃　〃　0.04794 〃
合計 0.49313 $/1000 HP-HR

卽 低質 重油 使用으로 因한 附加 維持 및 運轉費는 **0.49313 $/1000-HP-HR** 다.

(5) 1000馬力—時間 當 燃料費 純 節約額　$/1000 HP-HR

(3)項에서　1.7958 $/1000 HP-HR
(4)項에서　0.49313 〃
差額 1.30267 $/1000 HP-HR

卽 1000馬力—時間 當 燃料費 純 節約額 **1.30267 $/1000 HP-HR**

(6) 年 航走 時間 2885에 對한 節約額　$

$1.30267\times2885\times\frac{1700}{1000}=6388.95$ ($)

卽 年間 航走 時間을 2,885 時間으로 볼 때 低質 重油 使用으로 "목포호"의 燃料費 節約額은 **6,388.95$** 이다.

(7) 人件費 增加額　$

"목포호"에는 低質 重油 使用으로 機關士 一名을 增員하였으며, 이에 對한 人件費를 月 80$로 假定할 때 年 **960$**이 消費된다.

(8) 燃油系 改造 및 附加 裝置 費用　$

dCollection

"목포호"에서 低質 重油 使用을爲한 燃油系 改造 및 附加 裝置 費用은 10,197.35$(日貨3,671,050圓)[40]이 所要되었으며, 이를 補充하기 爲하여는 純 節約額 年 5,428.95$ (總括參照)일 때 1年 11個月이 걸린다. 以上을 總括하면 다음과 같다.

—總 括—

①	DIESEL OIL	$/L. TON	32.00
②	低質重油(UNION OIL CO. 의 LIGHT FUEL OIL : 表24參照)	$/L. TON	16.80
③	DIESEL OIL에 比할 때 低質 重油의 消費量 增加(7.1%)에 對한 修正價格	$/L. TON	17.99
	◎ 節 約 額	$/L. TON	14.01
④	1000馬力—時間 當 燃油(D. O.) 消費量	L. TON/1000 HP-HR	0.12818
	◎ 1000馬力—時間 當 節約額	$/1000 HP-HR	1.7958
⑤	附加 維持 및 運轉費	$/1000 HP-HR	
a.	燃油 加熱 및 遠心分離機 運轉費用	$/1000 HP-HR	0.1034
b.	CYLINDER LINER 磨耗 增加(74%)에 對한 維持費	$/1000 HP-HR	0.1722
c.	遠心分離機 維持費	$/1000 HP-HR	0.0167
d.	PISTON 維持費	$/1000 HP-HR	0.0125
e.	附加 裝置 減價 償却	$/1000 HP-HR	0.0500
f.	CYLINDER OIL 消費 增加額	$/1000 HP-HR	0.09039
g.	F. O. TREATMENT 消費額	$/1000 HP-HR	0.04794
	◎ 附加 維持 및 運轉費 合計	$/1000 HP-HR	0.49313
	◎ 1000馬力—時間 當 燃料費 純 節約額	$/1000 HP-HR	1.30267
	◎ 航走 時間 2,885에 對한 節約額	$	6,388.95
⑥	人件費 增加額	$/YEAR	960.00
	◎ 航走 時間 2,885에 對한 純 節約額 (6,388.95—960=5,428.95)	$	5,428.95
⑦	燃油系 改造 및 附加 裝置 設置 費用	$	10,197.35

※ 註 : ⑦項은 日本 日立造船所가 見積한 것.

卽 低質 重油 使用을 爲한 裝置를 改造하고 約 1年 11個月 後부터 每年 (2,885時間 航走할 때 **5,428.95**弗의 節約을 가져오며, 海公의 全 CI-M-AVI 船 (9隻)에 對하여는 年間 **48,860.55**弗의 燃料費 節約을 가져오게 된다.

V "목포호"에서 使用할 수 있는 低質 重油 性狀 限界

(1) 比重 (또는 API度) 및 引火点

(40) 大韓海運公社 釜山支店 工務課 資料

dCollection

重油의 比重은 工學에서 60°F (15.6°C)를 標準으로 하며, 石油 製品에서는 比重 代身 API度를 많이 使用한다.

API度와 比重과의 關係는 다음과 같다.

$$\text{API度} = \frac{141.5}{\text{比重 } 60°\text{F}/60°\text{F}} - 131.5$$

重油에서 比重이 問題가 되는 境遇는 購入 時 容積 換算할 때 熱量 計算할 때 그리고 遠心分離機에서 重油 中의 不純分을 除去할 때이며, 本文에서는 後者에만 關係되므로 이에 關하여서만 取扱하기로 한다.

重油에서 不純分을 除去하려면 油分과 不純分과의 比重의 差가 적어도 3 %[41] 以上이면 遠心分離 效果를 充分히 거둘 것이므로, 이 比重에 關하여 考察하기로 한다.

重油의 價格은 比重이 클수록 (API度가 적을수록) 싸며, 60°F에서의 重油 比重은 純水의 比重보다 큰 것도 있으나, "목포호"의 主機用으로서는 純水보다 작은 範圍에 屬하며, 重油를 加熱할 時는 油分의 膨脹 係數가 水分의 그것보다 크므로, 重油를 加熱하면 兩液의 比重의 差는 따라서 커진다. 그러나 이 加熱 溫度는 引火点에 依하여 制限을 받게 되며, 遠心分離機의 安全한 進轉을 爲하여 普通 引火点의 10°F(5.6°C) 以下로 加熱하면 安全한다. 卽 引火点 150°F (65.5°C)일 때 加熱 溫度는 140°F (60°C)가 되며, 이때 純水의 比重은 0.9850[42] 이므로 重油의 比重은 0.9850×0.97=0.95545 인 때 3 %의 差를 갖는다. 그러나 "목포호"의 PURIFIER(DE-LAVAL TYPE)는 MINIMUM DISCHRGE RING SIZE가 60.5 INCH 때 RELATIVE SPECIFIC GRAVITY (輕液体의 比重/重液体의 比重)가 0.95[43]인 故로 이 以上의 値에 對하여는 燃油의 損失을 가져오게 된다. 그래서 純水의 比重과 燃油와의 比重의 差는 적어도 5 % 있어야 한다.

至今 加熱 溫度 t°F인 重油의 比重을 r_t, 60°F(15.6°C) 때의 것을 r_{60}, α를 重油의 膨脹 係數라 하면, 다음과 같은 關係式의 成立된다. 故로 이 式에 依하여 引火点과 重油의 比重 및 API度를 60°F에서 求하면, 表21과 같다.

$$r_{60} = r_t\{1 + \alpha(t-60)\}$$

α[44]: 0.00035 60°F에서 API 0~14.9

0.00040 〃 〃 15~34.9

0.00050 〃 〃 35~50.9

計 算 例

引 火 点	150°F(65.5°C)
加熱 溫度	140°F(60°C)
140°F(60°C)에서의 純水의 比重	0.9850

(41) W. A. Konrad & J. L. Philips, "Selecting Your Low-Cost Fuel", The Log, January 1956, P. 34.

(42) De-Laval Steam Turbine Co., De-Laval Handbook, 1955, P. 66.

(43) De-Laval Separating Co., Operating and Maintanance Instructions for Diesel Oil Purifiers, 1945, P. 5.

(44) ASTM-IP Petroleum Measurement Table.

dCollection

140°F(60°C)에서의 重油의 比重(純水의 比重과 5% 差를 갖임) 0.93575

γ_{60}=0.93575{1+0.00040(140—60)}

=0.965694 或은 60°에서 API度 15.0

表21 "목포호"에서 使用할 수 있는 重油의 引火点과 比重限界

引火点 °F (°C)	加熱温度 °F (°C)	①加熱温度에서의 純水의 比重	加熱温度에서의 重油의 比重	60°F(15.6C)에서의 重油의 比重	60°F(15.6°C)에서의 API度
150 (65.5)	140 (60)	0.9850	0.93575	0.965694	15.0
155 (68.4)	145 (62.8)	0.98355	0.93437	0.966139	15.0
160 (71.1)	150 (65.5)	0.9821	0.93300	0.966588	14.9
165 (73.9)	155 (68.4)	0.9806	0.93157	0.966968	14.8
170 (76.7)	160 (71.1)	0.9790	0.93005	0.967250	14.8
175 (79.5)	165 (73.9)	0.97775	0.92886	0.967872	14.7
180 (82.2)	170 (76.7)	0.9755	0.92675	0.967527	14.8
185 (85)	175 (79.5)	0.9738	0.92511	0.967665	14.7
190(87.85)	180 (82.2)	0.9720	0.92340	0.9677232	14.7
195 (90.6)	185 (85)	0.9702	0.92169	0.967745	14.7 ②
200 (93.3)	190 (87.7)	0.9684	0.91998	0.967819	14.7
205 (96.1)	195 (90.5)	0.9667	0.918365	0.967956	14.7
210 (98.9)	200 (93.3)	0.9649	0.91665	0.967982	14.7

(註) ①은 Properties of Water at Various Temperatures : De-Laval Handbook, 1955, P. 66.

② "목포호"의 加熱器 加熱 溫度 限界線

即 表21은 "목포호"에서 使用할 수 있는 低質 重油의 引火点에 對한 比重 및 API度의 限界를 表示하며 重油 購入 時는 이 表의 加熱温度 限界線內의 것을 選擇하면 된다.

(2) 粘 度

燃油가 NOZZLE을 噴出할 때의 VISCOSITY는 CI-M-AVI船 主機에서 100 SSU[45]이며, 또한 "목포호"의 HEATER는 185°F(85°C)까지 加熱할 수 있으므로, HEATER에서 NOZZLE까지의 TEMPERATURE DROP를 9°F(5°C)로 보면, NOZZLE에서의 燃油의 温度는 176°F(80°C)가 된다. 至今 VISCOSITY—TEMPERATURE CHART[46]에 依하여 176°F(80°C) 때 100 SSU가 되는 重油는 100°F에서 700 SSU 또는122°F (50°C)에서 REDWOOD No 1으로 300인 燃油다.

故로 "목포호"에서 使用할 수 있는 低質 重油의 VISICOSITY 限界는 100°F에서 700 SSU 또는 122°F

(45) Nordberg Manufacturing Co., op. cit., P. 12.

(46) ASTM Standard Viscosity-Tmperature Charts (D341-39)

dCollection

(50°c)에서 REDWOOD No 1으로 300이다.

(3) Pump 動作 可能 溫度

重油의 流動点은 前回와 次回의 測定値間에 큰 差異를 나타낼 때가 있다. 이것은 重油의 流動点에 對한 異常한 性質로서, 過去에 있어서의 熱効果 및 機械的 處理와 그 狀態로 놓여진 時間 等에 對하여 影響을 받는다. 故로 實際에 PUMP 動作 可能 溫度는 流動点이 그 限界를 表示하지 못하며, ASTM의 VISCOSITY— TEMPERATURE CHART에서는 FREE AND EFFICIENT PUMPING LIMIT를 5000 SSU[47]로 定하였으므로, 이에 依하면 100°F에서 700 SSU인 重油의 PUMPING LIMIT는 53.6°F (12°C)에서 VISCOSITY 5000 SSU를 갖게 된다. 卽 100°F, 700 SSU의 重油는 53.6°F(12°C)가 PUMPING에 支障을 느끼지 않는 最低溫度다.

(4) 殘留 炭素

殘留 炭素는 ASPHALT分을 主로한 其他의 成分을 包含한 것으로서 그 量으로 難燃性의 多少를 推定할 수 있다. 이것은 炭化하여 CYLINDER 內에 堆積하고 磨滅劑로서 作用하며, 또한 燃料 噴射弁을 汚損하여 燃油의 噴射를 妨害한다. 殘留 炭素의 一部는 遠心分離할 수 있으나 그 大部分은 低質 重油에서 分離되지 않는다.

殘留 炭素의 量은 機關의 種類 및 運轉 狀態, 遠心分離機의 効用 및 F. O. TREATMENT의 選擇等에 依하여 一律的으로 그 限度를 決定하기 困難하다.

CI-M-AVI 船 主機의 INSTRUCTION BOOK에서는 最大 5%까지의 燃油를 推薦하고 있으나 ENGINE BUILDER에 따라 다르며 10%까지 許容하는 製作所도 있다.[48] 또 DIESEL 燃料의 規格에는 500 r. p. m. 以下의 低速 DIESEL에서 最大 10%로 되여 있으나, 實際에는 이 以上의 것을 無難히 使用한 例가 數多하다. 卽 表5에서 日本의 DIESEL船에서는 MAX. 15%까지 使用한 實績이 있으며, W・F・CONRAD 氏는[49] "ESSO LITTLE ROCK"에서 13.7%인 低質 重油를 無難히 使用하였다. "목포호"에서 現在 使用하고 있는 低質 重油는 5%～9%의 殘留 炭素를 갖는 것이며, 山根幸造氏는[50] 大形 低速 DIESEL에서 殘留 炭素의 限度를 12%～14%로 定하였다.

以上으로 CI-M-AVI 船에서도 殘留 炭素의 量은 이에 準하여 12% 以下로 生覺하면 無難할 것으로 본다.

(5) 灰　分

低質 重油 中의 灰分은 原油 中에 包含되었던 것, 製油 過程에서 드러온 것, 貯藏 및 輸送 中에 侵入한 것 等이며, 그 量은 大略 0.1%에서 0.01% 程度이며 (CI-M-AVI 主機의 INSTRUCTION BOOK에서는 最大 0.1%인 OIL을 推薦함) 問題가 되는 것은 그 量보다도 그 成分에 있다.[51] 表22는 No. 6 OIL (U. S. COMMERCIAL STANDARD)의 灰의 成分을 表示하였다.

---

(47) ASTSM Standard Viscosity-Temperature Charts (D341-39)

(48) 山崎毅六 및 其他, 燃燒・燃料・潤滑・潤滑油, 1956, P. 176.

(49) W. A. Konrad & J. L. Philips, "Selecting Your Low-Cost Fuel", The Log, January 1956, P. 35.

(50) 山根幸造, シリンダライナの摩耗と C重油・潤滑油, 1961, P. 23.

(51) The Babcock And Wilcox Co., Steam, 1955, P. 3-8.

dCollection

表22 ASH ANALYSIS OF SOME No. 6 FUEL OILS

COLUMN No	1	2	3	4	5	6	7
OIL ANALYSIS, %							
ASH	0.2	0.14	0.04	0.10	0.11	0.01	0.02
SULFUR	3.0	—	—	2.4	0.90	2.5	3.2
Ash analysis %							
Silica as SiO_2	1.8	8.8	24.0	2.3	1.6	—	—
Iron as Fe_2O_3	3.9	7.6	54.0	1.5	4.3	—	—
Aluminum as Al_2O_3	3.0	4.1	5.7	0.1	0.1	—	—
Calcium as CaO	6.0	9.5	3.0	0.1	2.4	—	—
Magnesium as MgO	1.2	3.3	8.9	1.9	2.0	—	—
Sulfur as SO_3	45.7	43.3	0.6	13.9	51.8	—	—
Nickel as NiO	2.1	—	1.0	6.4	1.3	—	—
Vandium as V_2O_5	13.0	0.6	—	63.2	0.7	none	39.6
Alkalies as Na_2O	20.5	23.5	0.6	12.4	30.5	—	—
Cu, Sn, Pb etc, as Oxides	—	—	—	—	0.3	—	—
Undetermimed	—	—	—	—	2.9	—	—

※註 1 Source Unknown 5 East Texas Crude
2 Source Unknown 6 Arabian Crude
3 Source Unknown 7 Irarian Crude
4 Venezuelan Crude

灰의 成分 中 DIESEL ENGINE에서 問題가 되는 것은 VANADIUM 및 SULFUR며 VANADIUM는 油分子와 有機 化合物로서 化學 結合하고 있는 故로 分離가 不可能하며, SULFUR 亦是 高分子 炭化水素와 化學物로서 存在하는 故로 遠心分離에 依하여 거의 除去되지 않는다.

Vanadium : 表22에서 보는 바와 같이 VENEZUELA 原油부터의 重油는 VANADIUM을 가장 많이 含有하고 있으며, GAS TURBINE 및 高溫 BOILER에서 VANADIUM을 含有하는 燃料를 燃燒할 때 V_2O_5는 그 熔融 狀態에서 가장 甚한 腐蝕性을 나타내는 要素가 된다.

V_2O_5의 熔融 溫度는 1275°F(690°C)[52]로서 그 自体의 熔融 溫度는 DIESEL ENGINE 內部의 金屬 溫度보다 높아 別問題 없으나, SODIUM METAVANADATE ($NaVO_3$) 或은 SODIUM SULFATE (Na_2SO_4)와 共融 混合할 時는 各各 1050°F(565°C), 1000°F(538°C)[53] 以下로 되어, BOILER, GAS TURBINE에서는 甚

(52) John J. Mcmullen, "Boiler Problems Associated with Use of Bunker C Fuel", Marine Engneering and Log, January 1960, P. 54.

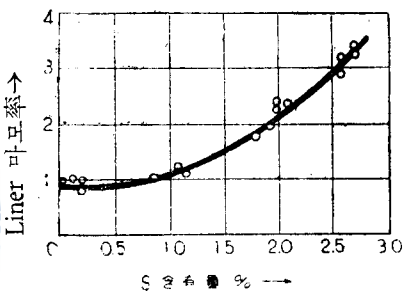
(53) Ibid., P. 54.

dCollection

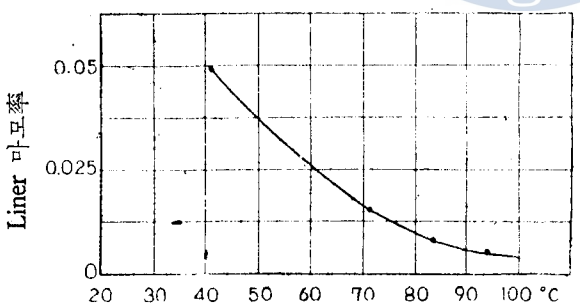
한 SLAG를 形成하고, DIESEL ENGINE에서 燃燒 不良 其他에 依하여 排氣 溫度가 上昇하거나 或은 PISTON CROWN에서 一部 重油가 燃燒할 때는 TURBOCHARGER의 IMPELLER 및 PISTON CROWN의 侵蝕을 받을 可能性이 많다. 또 DIESEL ENGINE에서 VANADIUM의 큰 害는 間接的이며 SO_2가 SO_3로 酸化할 때에 化學的 觸媒 作用을 한다. 卽 SO_2는 V_2O_5의 觸媒에 依하여 SO_3로 되어, 低溫에서 H_2O와 結合하여 H_2SO_4가 된다. 이것이 低溫部에서 腐蝕 作用을 하게 된다. DIESEL 燃料의 VANADIUM 成分 限界는 機關의 良好한 維持와 LINER의 經濟的 見地로 0.002% (54) 以下가 適當하다.

SULFUR : SULFUR는 燃燒 溫度에서 酸化하여 SO_2 或은 SO_3로 되고 이와 같이 發生한 無水物은 1200°F(649°C) 以下에서는 高溫 金屬과 反應을 일으키지 않으나, 金屬 表面에 附着한 酸化物과는 反應을 일으킨다. 또한 SO_2의 酸素의 存在에 依한 SO_3에의 酸化 作用은 1) 高溫 金屬 2) 燃燒 GAS 中의 活性 分子 3) 表面 附着物의 活性 分子 等의 觸媒 作用에 依하여 이루어지며, 그 結果 SO_3의 濃度를 增加하게 된다. 이리하여 發生한 SO_3는 前記와 같이 H_2SO_4로 되며, 이것이 露点 以下에서 液化되어 CYLINDER LINER의 腐蝕을 일으킨다.

第3圖 (55)는 SULFUR와 CYLINDER LLINER의 摩耗 關係를 表示하며 CYLINDER LINER의 摩耗量은 SULFUR 量의 增加에 따라 增加하며, 이에 依한 被害를 減少하기 爲하여서는 CYLINDER WALL의 TEMPERATURE를 H_2SO_4의 露点 以上으로 維持함에 있다. 따라서 低質 重油를 使用하는 DIESEL ENGINE에 있어서는 CYLINDER의 COOLING WATER TEMPERATURE를 上昇시키며 淸水 冷却의 것은 CYLINDER COVER의 出口 溫度를 158°F(70°C) 乃至 176°F(80°C) (56)까지 높이는 것이 좋다. CENERAL MOTOR社製의 12—567A ENGINE (900 HP, 750 rpm)에서는 VAPOR PHASE COOLING으로서 250°F(121°C)까지 上昇하여 준다 (57) (58). 第4圖는 CYLINDER LINER 摩耗率과 冷却水 出口 溫度와의 關係를 表示한다.



第三圖



第四圖

CI-M-AVI船 主機 INSTRUCTION BOOK에서는 最大 2%의 SULFUR를 包含하는 燃料를 推薦하고 있으나, SULFUR의 許容量은 機關의 運轉面에서 보다 主機 維持費와 燃料 價格과에 依하여 決定될 問題라고 보며, 可能한 限 적을 것을 要한다. 大型 低速 DIESEL ENGINE에서

(54) 山根幸造, 前揭書, P. 40.
(55) 同 上 書, P. 22.
(56) 同 上 書, P. 16.
(57) E. Renshow & R. N. Larson, op. cit., P. 39.
(58) 山根幸造, 前揭書, P. 16.

dCollection

3 % 까지를 限度라고 生覺하면 無難한 것이다.[59]

(6) Asphaltene

ASPHALTENE은 NAPHTHA에不溶解하고 BENZENE에 溶解하는 燃料 中의 化學成分으로서, NAPHTAHA 不溶解 試驗이 ASPHALTENE 成分 測定에 使用된다. ASPHALTENE은 耐火性으로서 難燃性이므로 DIESEL ENGINE에 따라서는 大端히 困難을 느낀다. 卽 氣化性이 極히 나쁘므로 不完全 燃燒하기 쉽고, 排氣 GAS의 高温化, 그리고 PISTON CROWN, 噴射 NOZZLE 等에 CARBON의 堆積을 일으키기 쉽고, 또한 堆積物이 RING GROOVE 附近에 形成되여 RING의 STICK를 招來하고 CYLINDER LINER 油膜에 混合되여 LINER 摩耗를 促進하는 要素가 된다.

以上과 같은 理由로 ASPHALTENE은 可能한 限 除去되어야 하며, 遠心分離機에 依하여 除去할 수 있다. "ESSO LITTLE ROCK"에서는 ASPHALTENE 成分 10%[60]까지 無難히 使用하였으나, , 最大限 5 % 까지를 許容 限度라고 生覺하면 無難할 것으로 본다.

(7) 水　分

淸水이건 海水이건 間에 水分은 重油와 乳化 作用이 强하며, 이것이 많은 境遇는 遠心分離機의 甚한 運轉을 要하게 되며, 또한 主機 運轉에도 困難을 가져오게 된다. 特히 重油에 混入한 海水 中의 Na는 燃燒 時 SODIUM VANADATE (例 $NaVO_3$, $Na_4V_2O_7$, Na_3VO_4等)가 形成되며, 高温에서 VANADIUM ATTACK를 增加하고, 또한 海水는 $2NaCl+H_2SO_4=2HCl+Na_2SO_4$의 反應에서 Na_2SO_4를 發生하고, 腐蝕作用을 갖이며, 排氣弁에 굳은 堆積物을 만들어 高温 GAS의 BLOW-BY 에 依하여 VALVE 損傷의 原因이 된다.

原油 中의 或은 海水 中의 CHLORINE(Cl)은 高温에서 分離하여 FREE CHLORINE을 發生하고, 이 FREE CHLORINE이 HYDROGEN과 作用하여 HCl을 發生하고, 또 NaCl도 前述과 같이 HCl을 發生하게 된다. 이와 같이 發生한 HCl은 低温에서 METAL을 腐蝕한다. HCl은 H_2SO_4에 比하여 腐蝕性이 强하며, LINER 및 PISTON RING의 CHROME PLATE(크롬鍍金)도 效果가 없다. 故로 燃料 中의 海水의 混入은 極力 防止하여야 하며, HCl의 露点은 硫酸의 露点보다 얕으므로 COOLING WATER의 温度를 H_2SO_4의 凝縮이 最少 限度가 되도록 充分히 높이면 HCl의 凝結의 機會는 훨씬 적어진다.[61]

大型 低速 DIESEL 機關에서 水分 0.5%[62]까지 無難히 使用할 수 있다고 하나, CI-M-AVI船에서 遠心分離機 및 主機 等의 事情에 依하여 0.3%[63]까지를 許容 限度라고 生覺함이 可할 것으로 본다.

以上 "목포호"에서 使用할 수 있는 低質 重油의 性狀 限界를 總括하면 表23과 같다.

---

(59) 山根幸造, 前揭書, P. 23.

(60) W. A. Konrad & J. L. Philips, "Selecting Your Low-Cost Fuel", The Log, January 1956, P. 35.

(61) スタンダード・ヴアキユーム 石油會社 本社技術部, 前揭書, P. 13.

(62) W. A. Konrad & J. L. Philips, "Selecting Your Low-Cost Fuel", The Log, January 1956, P. 35.

(63) 山根幸造, 前揭書, P. 24.

dCollection

表23 "목포호"에 使用할 수 있는 重油 性狀 限界

比重 60°F		0.9677 以下
API度		14.7 以上
引火点		195°F (90.6°C) 以上
粘度	100°F (37.8°C) SSU	700 以下
	122°F (50°C) RED-1	300 以下
殘留炭素		12% 以下
硫黄分		3% 以下
水分		0.3% 以下
ASPHALTEN		5% 以下
灰分		0.1% 以下

※ API度와 引火点 關係는 表21을 參照할 것.

Ⅵ 燃油系의 裝置 改良에 對한 考察

(1) 低質 重油에 對한 檢討

表24 海公에서 使用하고 있는 Union Oil

油名	MARINE DIESEL OIL (D. O.)	LIGHT FUEL OIL (H. O.)	INDUSTRIAL OIL	BUNKER FUEL OIL
價格 $/LONG TON	32	16.8	15.5	15
API度 (比重)	32 (0.86±0.05)	18.7 (0.94±0.02)	17 (0.95±0.02)	12.6 (0.98±0.02)
引火点 °F (°C)	194±18 (90±10)	212±18 (100±10)	230±18 (110±10)	248±36 (120±20)
粘度 122°F (50°C) RED-1	40±5	240±10	550±50	1100±100
流動点 °F (°C)	32 (0) MAX.	32 (0) MAX.	32±4.5 (0±2.5)	36.5±4.5 (2.5±2.5)
殘留炭素 %	1.5±0.3	7±2	10±2	12±2
灰分 %	0.001	0.03±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01
硫黄分 %	1.2±0.2	3.0±0.2	3.3±0.2	4.0±0.3
水分 %	TRACE	0.1 MAX.	0.2 MAX.	0.3 MAX.

※ Marine Diesel Oil : "목포호"以外의 船에서 使用하는 Diesel Oil(D.O.)
Light Fuel Oil : "목포호"에서 使用하는 低質 重油(H.O.)

dCollection

表24[64]는 海公에서 現在 使用하고 있는 燃油의 價格과 性狀을 表示하며, "목포호"에서는 同表 中 LIGHT FUEL OIL을 使用하고 있다. 同表 中 INDUSTRIAL OIL 및 BUNKER FUEL OIL은 表23에 表示한 性狀 限界 外에 屬하므로 이의 使用 與否와 燃油系의 裝置 改良 等에 對하여 檢討함으로써 "목포호" 以外의 殘余 CI-M-AVI 船 改造 時에 參考가 되기를 바란다.

(a) INDUSTRIAL OIL 使用에 對한 檢討

比重 또는 API 度:

INDUSTRIAL OIL은 表24에서 API度 17(比重 60°F에서 0.9529)이며, 表23의 限界 14.7以上에 該當되며, 現在 "목포호"의 裝置로 充分히 使用 可能하다. 그러나 萬一 同油 中 API度 14.7보다 얕은 卽 API度 14.6~14.3 (比重 0.9685~0.97)의 것에 對하여는 "목포호"의 裝置로써는 使用할 수 없다(表21 參照). 이의 使用을 爲하여는 遠心分離機 中 DE-LAVAL型을 他型 卽 加熱 溫度에서 純水의 比重과 重油의 比重이 3%의 差(第五章 ① 參照)를 갖일 때 充分한 分離能力을 갖는 것으로 바꾸어야만 한다. 이 때 使用할 수 있는 燃油의 API度 限界는 12.5가 된다.

粘 度:

表24에서 INDUSTRIAL OIL의 粘度는 122°F(50°C)에서 REDWOOD No. 1으로 500~600이며, 이것은 ASTM의 TEMPERATURE-VISCOSITY CHART에 依하여 183.2°F(84°C)~190.4°F(88°C)에서 粘度 100°F (37.8°C), 125 SSU와 같은 粘度로 되어 DE-LAVAL型 PURIFIER에서 要求하는 粘度 (第三章 ③參照)를 나타내게 된다. 그러나 "목포호"의 30KW 加熱器로써는 燃油 出口 溫度가 185°F(85°C) 바게 되지 않으므로 他 CI-M-AVI船을 改造할 時는 燃油 出口 溫度가 194°F(90°C) 程度 갖는 것을 設置함이 必要하다

다음 主機 噴射 時의 燃油 粘度는 100 SSU(第五章 ②參照)로 되어야 하나, 122°F (50°C)에서 REDWOOD No. 1으로 500~600되는 INDUSTRIAL OIL은 195.8°F(91°C) 乃至 204.8°F(96°C)에서 이와 같은 條件을 滿足하므로 主機 燃油 噴射를 爲한 加熱器는 적어도 燃油 出口 溫度가 212°F(100°C) 以上되는 것을 設置하여야 하며, 이 때 燃油의 壓力은 "목포호"의 것과 같은 64 PSIG (4.5kg/cm²GAGE)의 것이나, 或은 그 以上의 것으로서 水分의 沸騰 및 蒸發이 일어나지 않는 것으로 하며, 또한 加熱器는 完全히 密閉된 것으로 燃油 VAPOR에 對한 危險을 느끼지 않는 構造임을 要한다. 그리고 加熱器에서 主機까지의 燃油管은 放熱 및 火傷 等의 防止를 爲하여 必히 LAGGING을 하여 주어야 한다.

硫 黃 分:

硫黃分은 現在 "목포호"에서 使用하고 있는 LIGHT FUEL OIL의 것보다 0.3% 더 많으니, 이에 對한 對備策으로 H_2SO_4의 凝結 機會를 減少시키기 爲하여 現在 "목포호"에서 維持하고 있는 JACKET COOLING WATER의 溫度 140°F(60°C)~150°F(65.6°C)를 160°F(71.1°C)~170°F(76.7°C) 程度로 上昇할 것을 提案하는 바이다.

上述 以外의 INDUSTRIAL OIL의 性狀은 表23의 限界 內에 있으므로 別問題 없을 것으로 思料되나 格別의 下記에 對한 注意를 要한다.

(64) 大韓海運公社 釜山支店 資材課 資料

dCollection

ㄱ). 燃油 噴射를 爲한 加熱器의 出口 溫度의 實際 調整에는 排氣 Gas의 狀態를 參酌하여 完全 燃燒하도록 調整할 것.

ㄴ). 遠心分離機에의 通油量을 減少하여 長時間에 걸쳐 燃油를 淸淨할 것.

ㄷ). 主機의 開放 檢査 및 掃除를 機會 있는대로 자주 할 것.

以上으로 미루어 볼 때 "목포호" 以外의 殘余 CI-M-AVI 船에 燃油系 裝置를 改造할 時는 INDUSTRIAL OIL도 使用할 수 있도록 燃油加熱器는 "목포호"의 것 보다는 加熱 範圍가 큰 것을 必히 設置하고, DE-LAVAL型 PURIFIER도 可能하면 더 分離 能力이 큰 것으로 置換함을 要한다. 萬一 置換치 않고 舊 PURIFIER를 그냥 設置할 경우에, INDUSTRIAL OIL을 使用할 時는 API度 14.7 以上(比重0.9677 以下)의 것을 選擇함을 要한다.

(b) BUNKER FUEL OIL 使用에 對한 檢討

比重 또는 API 度 :

表24에 依하여 BUNKER FUEL OIL의 API度는 15.9~10.0 (比重 0.96~1.00)며 이와같은 重質油의 淸淨은 現在 "목포호"에서 使用하고 있는 遠心分離機로는 不可能하며 (表21 參照), 좀 더 分離 能力의 큰 SELF-CLEANING PURIFIER(MODEL PX—209F)나 CONTINUOUS- NOZZLE TYPE PURIFIER (MODEL AC-VO NOZZLE- MATIC HEAVY-FUEL PURIFIER) 等을 使用하였을 때 비로소 大型 低速 DIESEL 機關에 使用할 수 있는 淸淨度를 갖게 된다. 이 때 加熱器이 燃油 溫度는 195°F(90.6°C)~205°F(96°C) 程度로서 同油의 引火点에도 그리 支障을 느끼지 않는다.(65) 表25 및 表26(66)은 各 各 SELF- CLEANING PURIFIER 및 NOZZLE- MATIC HEAVY-FUEL PURIFIER에 依한 淸淨 結果의 一例를 表示한다.

表25 Results of Purification of No. 6 Fuel Using Self-Cleaning Purifier

ITEM	FEED	EFFLUENT	SLUDGE
Specific gravity 60°F	0.998	0.997	1.003
A P I gravity 60°F	10.3	10.4	9.6
Viscosity SSU 100°F	4306	4308	7410
Flash Point °F	280	285	290
Carbon Residue %	14.96	14.92	15.46
Sediment by hot filtration %	0.18	0.09	0.38
Water by distillation %	0.96	0.20	31.7
Ash %	0.08	0.061	0.137
Sodium %	0.009	0.005	0.0855
Sulphur %	0.880	0.87	0.888
Vanadium %	0.0113	0.0102	0.0213

(65) D. M. Landis, "Purifing Residual Fuel for Diesels", Marine Engineering/Log, February 1957, P. 76.
(66) Ibid., P, 77.

dCollection

表26 Results of Purification of No. 6 Fuel Using Continuous Nozzle-Matic Purifier

ITEM	UNPURIFIED	PURIFIED	UNPURIFIED	PURIFIED
Specific gravity	0.968	0.968	0.952	0.952
A P I gravity	14.7	14.7	17.1	17.1
Flash Point °F	315	320	310	315
Viscosity SSF 122°F	225	224	81	81
Carbon Residue %	15.09	13.73	4.32	1.31
Sediment by hot filtration %	0.063	0.008	0.024	0.006
Water by distillation %	0.04	Trace	Trace	None
Ash %	0.045	0.021	0.033	0.014
Sodium %	0.0018	0.0014	0.0019	0.0006
Sulphur %	1.14	1.07	0.824	0.793

粘 度

BUNKER FUEL OIL의 粘度는 122°F(50°C)에서 REDWOOD No. 1 으로 1000~1200이므로 이 燃油를 100 SSU로 粘度를 低下시키려면 적어도 加熱器에서 244.4°F(118°C)~251.6°F (122°C) 程度로 加熱하여 줌을 要한다. 勿論 이 溫度는 同油의 引火点에 該當되므로 主機를 爲한 加熱器는 密閉式으로서 燃油 GAS가 危險을 招來하지 않는 構造로 할 것은 勿論이려니와, 그 加熱器의 壓力 亦是 "목포호"의 것 以上임을 要한다.

硫 黃 分

本油의 硫黃分은 3.7%~4.3%로서 COOLING WATER의 溫度를 160°F(71.1°C)~170°F(76.7°C)로 上昇하여도 그 害는 크게 될 것이 豫想된다.

燃油 噴射 Nozzle

122°F(50°C)에서 REDWOOD No. 1으로 1000~1200 되는 重質油 使用에는 아무리 噴射 噴度가 100 SSU 程度라 할찌라도 그 噴粒은 거칠고 先端이 길어지고 貫通力이 커져 PISTON 頂面이나 CYLINDER WALL에 衝突하게 된다. 故로 噴霧 狀態를 改善하여 주기 爲하여는 燃油弁의 噴口를 若干 小徑으로 하고, 噴口의 數를 1~2個 增加하여, 噴量을 補充하지 않으면 않된다.(67) 卽 이 燃油 使用을 爲하여는 燃油 NOZZLE을 新造하지 않으면 않된다.

이 以外의 性狀에 있어서는 殘留 炭素 및 ASPHALTEN 等의 含有量이 커서 CYLINDER內에 炭素 堆積物이 增加하고, 또한 不完全 燃燒함에 이르러 主機 運轉에 적지 않은 支障이 招來될 것이 豫想된다

(67) 山根幸造, 前揭書, P. 60.

dCollection

以上을 綜合하여 보면 BUNKER FUEL OIL을 使用코져 할 때는 PUIRIFIER의 新設, 加熱器의 溫度增加 그리고 燃油 NOZZLE 新造 等으로 多大한 設置費와 燃油系 裝置 및 主機의 維持費 그리고 運轉費의 莫大한 增加를 豫想하게 된다. 이에 反하여 BUNKER FUEL OIL은 INDUSTRIAL OIL에 比하여 屯當 不過 0.5弗의 價格 差異 밖에 없으므로 이 燃油의 使用은 斷念하는 것이 上策일 것이다.

(2) Industrial Oil 使用 時의 節約額 分析

前述 (第六章①의 (a) 參照)과 같이 CI-M-AVI 船의 燃油系 裝置의 改造에 있어서 "목포호"와 다른 点은 다만 加熱器의 加熱 溫度 範圍가 크다는 点이고, 그 外는 全部 "목포호"와 同一하다는 條件 下에 INDUSTRIAL OIL을 使用하였을 때의 節約額을 第四章에서와 같은 要領으로 分析하면 表27과 같다. 同表 中 (5)의 「附加 維持 및 運轉費」는 第四章의 總括 中 同項에 對한 費用보다 若干 增加할 것이나, 詳細한 DATA는 長時日 間의 試運轉에 期할 수 밖에 없으며, 또한 그리 큰 差는 없을 것으로 豫想되므로, 便宜上 여기서는 第四章의 때와 同一하다는 假定 下에 分析한다.

表27 CI-M-AVI船에서 INDUSTRIAL OIL 使用 時의 燃料 節約額 分析

(1)	DIESEL OIL	$/L. TON	32.00
(2)	INDUSTRIAL OIL	$/L. TON	15.50
(3)	DIESEL OIL에 比할 때 INDUSTRIAL OIL의 消費量 增加(12.30%)에 對한 修正 價格	$/L. TON	17.4189
◎	節 約 額	$/L. TON	14.5935
(4)	1000馬力—時間 當 燃油(D.O.) 消費量	L. TON/1000 HP-HR	0.12818
◎	1000馬力—時間 當 節約額	$/1000 HP-HR	1.8706
(5)	附加 維持 및 運轉費	$/1000 HP-HR	0.49313
◎	1000馬力—時間 當 燃料費 純 節約額	$/1000 HP-HR	1.37747
◎	航走 時間 2885에 對한 節約額	$	6,755.8040
(6)	人件費 增加額	$/YEAR	960.00
◎	航走 時間 2885에 對한 純 節約額 (6,755.8040—960=5,795.8040)	$	**5,795.8040**
(7)	燃油系 改造 및 附加 裝置 設置費用	$	6,642.80

註 : (7)項은 大韓造船公社에서 見積한 費用이다.
(3)項에서 消費量 增加 12.30%는 第四章 (2)에서와 同一한 方法으로 算出한 것임. 表13 參照

表27에서 보는 바와 같이 INDUSTRIAL OIL을 使用하였을 때는 DIESEL OIL을 使用하였을 때에 比하여 年間 **5,795.80 $**을 節約할 수 있다.

dCollection

(3) 改良 裝置에 對한 使用油 性狀 限界

"목포호" 以外의 他 CI-M-AVI 船의 燃油系 裝置에 있어서 다만 加熱器의 加熱 溫度 範圍만 增加하고 卽 PURIFIER를 爲한 加熱器의 出口 溫度를 194°F(90°C)로 또 主機를 爲한 加熱器 出口 溫度를 212°F(100°C) 以上으로 하고 其他 部分은 "목포호"와 同一히 하였을 때 使用할 수 있는 重油 性狀 限界는 第六章 (1)의 (a) 및 表 23에 依하여 表28과 같이 된다. 但 同表 中 比重과 A. P. I 度 欄에서 ( )內의 數値는 DE- LAVAL 型 PURIFIER를 分離 能力이 큰 他型으로 置換하였을 境遇의 限界를 表示한다.

表28 改良 裝置에서의 重油 性狀 限界

比重 60°F	0.9677 (0.9826)	以	下
A P I 度	14.7 (12.5)	以	上
引火点	221°F(105°C)	以	上
粘度 100°F(37.8°C)SSU	1300~1700		
粘度 122°F(50°C) RED 1	500~600		
殘留炭素	12 %	以	下
硫黃分	3 %	以	下
水分	0.3 %	以	下
ASPHALTEN	5 %	以	下
灰分	0.1 %	以	下

Ⅶ 結 論

(1) 燃料費 節約額

第三章에서 記述한 바와 같은 "목포호" 燃油系 裝置를 갖고 LIGHT FUEL OIL(表 24)를 使用하였을 때와 第六章에서와 같은 改良 燃油系 裝置 (第六章①의 (a)및 ③參照)를 갖고 INDUSTRIAL OIL (表 24)을 使用하였을 때의 燃料費 節約額을 比較하면 表29와 같다.

dCollection

表29　燃料費 節約額 比較

燃油系裝置	"목포호" 裝置	改良燃油系裝置	差額
使用油	LIGHT FUEL OIL	INDUSTRIAL OIL	
價格 $/L. TON	16.80	15.50	1.3
1000馬力—時間 當 燃料費 純 節約額 $ (人件費 增加 不考慮)	1.30267	1.37747	0.07480
年航走時間 2885에 對한 純 節約額 $ (人件費 增加 考慮)	**5,428.95**	**5,795.80**	**366.85**
海公 全 CI-M-AVI 船(9隻)에 對한 年間 純 約節額(年航走時間2885) $	**48,860.55**	**52,162.2**	**3,301.65**
年 航走時間 2885를 超過 航走할 때 每 超過 時間에 對한 純 節約額 $	2.215	3.342	0.127
年 航走時間 2885를 超過 航走할 때 每 超過 日에 對한 純 節約額 $	53.15	56.20	3.05
燃油系 裝置 改造費 $	10,197.35 (日本日立造船)	6,642.8 (大韓造船公社)	3,554.55
改造費 補充期間	1年11個月	1年4個月	7個月

(a) "목포호" 裝置로 **Light Fuel Oil**을 使用하였을 때

年 航走 時間을 2885時間으로 보면 燃料費 純 節約額은 隻當 年 **5,428.95 $**이며, 이를 海公 全 CI-M-AVI 船(9隻)에 適用하면 年 **48,860.55 $**이 節約된다.

(b) 改良 裝置 (第六章①의(a) 및 ③參照)로 **Industrial Oil**을 使用하였을 時

年 航走 時間을 (a) 때와 같이 2885時間으로 보면 隻當 年 **5,795.80 $**의 燃料費 節約을 가져오고 이를 海公 全 CI-M-AVI 船 (9隻)에 適用하면 年 **52,162.2 $**의 節約을 가져온다.

(2) 使用油 性狀 限界

第三章에서와 같은 "목포호" 燃油系 裝置를 갖일 때와 第六章에서와 같은 改良 燃油系 裝置 (第六章①의 (a) 및 ③參照)를 갖일 때 使用할 수 있는 低質 重油 性狀 限界는 表30과 같다.

dCollection

表30 "목포호"와 他 CI-M-AVI 船 (改良裝置)에서 使用할 수 있는 低質 重油 性狀 限界

	목 포 호	他CI-M-AVI 船. (改 良 裝 置)
比 重 60°F(15.6°C)	0.9677 以 下	0.9677 以 下 ①(0.9826)
A P I 度	14.7 以 上	14.7 以 上 ①(12.5)
引 火 点° F(°C)	195(90.6) 以 上	221(105) 以 上
粘 度 100°F(37.8°C) SSU	700 以 下	1300~1700
粘 度 122°F(50°C) RED No1	300 以 下	500~600
殘 留 炭 素 %	12 以 下	12 以 下
硫 黃 分 %	3 以 下	3 以 下
水 分 %	0.3 以 下	0.3 以 下
灰 分 %	0.1 以 下	0.1 以 下
ASPHALTEN %	5 以 下	5 以 下

※ (註) : ①의 ( )內 數値는 De-Laval型 Purifier를 分離能力이 큰 他型으로 置換하였을 때의 限界

—參 考 文 獻—

<書 籍>

① スタンダード・ヴアキユーム 石油會社 本社技術部, Technical Memo(TM-57-110), スタンダード・ヴアキユーム 石油會社, 横濱, 1959.

② 鮎澤萬年, 船用燃料油と 潤滑油, 成山堂, 東京, 1961.

③ Baumeister, Theodore, Mark's Mechanical Engineers Hand Book, Mcgraw Hill Book Co., New York, 1958.

④ 日本ボイラ協會編, ボイラ技士教本, 共立出版, 東京, 1962.

⑤ The De-Laval Separating Co., Operating and Maintenance Instructions For Diesel Oil Purifiers Built for U S Maritime Commission, The De-Laval Separating Co, New York, 1945.

⑥ Nordberg Manufacturing Co., Instructions for Operating and Maintaining Nordberg Marine Diesel Eng. (Type-TSM), Nordberg Manufacturing Co., Wisconsin, 1944.

⑦ Knowlton, Archer E., Stadard Handbook for Electrical Engineers, Mcgraw Hill Book Co., New York, 1949.

⑧ De-Laval Steam Turbine Co., De-Laval Hand Book, De- Laval Steam Turbine Co., New Jersey, 1955.

⑨ 山崎毅六외 其他, 燃燒・燃料・潤滑・潤滑油, 山海堂, 東京, 1956.

⑩ 山根幸造, シリンダライナの 摩耗と C重油・潤滑油, 山海堂, 東京, 1961.

⑪ The Babcock and Wilcox Co., STEAM, The Babcock and Wilcox Co., New York, 1955.

dCollection

<雜　　誌>

① Simmons-Boardman Publishing Co., Marine Engineering and Shipping Review, May 1952, Philadelphia, Pa.
② Miller Freeman Publicactions Inc., The Log, November 1955, New York.
③ Maritime Activity Reports Inc., Maritime Reporter, August 15, 1960, New Jersey.
④ Cotti, Ernesto and Mari, Agostno, "Thechnical and Economical Comments on Heavy Oil Use on Diesel Engines", International Marine Conference, Mliano, Italy, April, 1953.
⑤ Miller Freeman Publications Inc., The Log, January 1956, New York.
⑥ Miller Freeman Publications Inc., The Log, January 1960, New York.
⑦ Simmons-Boardman Publishing Co., Marine Engineering/Log, February 1957, Philadelphia, Pa.

KOREA MARITIME UNIVERSITY
1945
한국해양대학교

dCollection