

# 燃料油中 黄分이 實車機關에 미치는 影響 試驗研究

崔熙俊·李弼載\*·金在珉\*\*

鐵道技術研究所 理化研究科長

工業研究官\*

工業研究士\*\*

## 目 次

- 1. 序 論
- 2. 實 驗
  - 가. 實驗準備
  - 나. 實驗方法
  - 다. 實驗結果
- 3. 考 察
- 4. 結 論

### 1. 序 論

韓國鐵道에서는 現在 約 450 輛에 가까운 Diesel 機關車를 保有하고 있으며 機關의 精密 檢査를 爲한 Engine 의 Overhaul은 2 Y檢査로 2年마다 實施하고 있다.

元來 Engine 의 Overhaul 周期間隔은 Liner Bore와 Piston Ring等 動力裝置 組立體의 構成部品의 體驗的인 磨耗率을 勘案하여 決定되며 가장 經濟的인 면서도 無障碼運轉을 可能케 하는 것은 磨耗率이 最低로 維持되고 있을 때이다. 따라서 機關의 磨耗를 最大로 抑制하는 것이 바람직스럽다.

機關의 磨耗要因은 基本的으로 腐蝕磨耗와 擦過傷磨耗의 두 가지로 分類되며 이들 磨耗는 單獨 또는 複合的으로 惹起되어 相乘的으로 加速 進行된다.

Diesel 機關에 있어서는 正常狀態에서도 壓縮 点火 燃燒過程에서 많은 副生物을 生成하면서 空氣中에서 輕油가 燃燒한다. 이 가운데 腐蝕 磨耗의 要因이 되는 副生物은 물, 2 酸化黃 및

3 酸化黃 等이며<sup>(1)</sup> 이것은 燃料油中에 含有된 黃分이 空氣中의 酸素와 化合하여 生成된다. 이들은 또 물과 反應하여 大概 모든 金屬에 對하여 強腐蝕性을 갖는 黃化合物과 黃酸을 生成하며 또 不完全燃燒에 依한 副生物로서 많은 끄름(Soot)을 生成하는데 機關의 Piston 壓縮 Ring部位와 Upper Liner Bore는 이와같은 腐蝕性 酸霧圍氣에 繼續露出되어 있게 된다. 酸이 直接 또는 金屬表面에 酸을 運搬하는 끄름 粒子에 吸收되어 Piston과 Liner 表面에 到達하여 腐蝕作用을 惹起시키며, Liner Bore 에 對한 Piston의 正常滑動에 依하여서도 腐蝕生成物質層은 물질러 脫落되어 侵蝕이 容易한 새 金屬層을 露出시켜 Liner와 Piston Ring 表面의 磨耗를 促進한다. 腐蝕磨耗는 人爲的으로는 調整할 수 없는 濕度와 調節이 可能한 濕度 두 가지 運轉條件에 依하여 크게 影響된다. 即 높은 相對濕度는 水分發生率을 增大하여 燃燒副生物과 反應하여 酸의 生成을 增加시킨다. 一般的으로 Diesel 機關에 있어 燃燒油中의 黃分이 0.4%에서 1.0%로 되면 堆積物의 生成量도 約 2倍로 늘어나며<sup>(2)</sup> 또 같은 量의 黃分을 含有한 境遇에도 相對濕度가 45%와 100%일때의 Piston Ring磨耗率을 比較하면 Fig. 1<sup>(1)</sup>에서 볼 수 있는 바와 같이 後者가 前者의 約 2倍以上을 示現하고 있다. Fig. 1에 依하면 高黃油에 있어서 그 差는 稼動時間增加에 따라 甚하게 變化되고 있음을 알 수 있다. 또한 溫度가 너무 낮은 空氣의 吸入이나 너무 冷却된 물 등으로 冷却系統의 溫度가 떨어진 狀態에서 運轉되는 低燃燒溫度는 燃燒副生物로서 물의 生

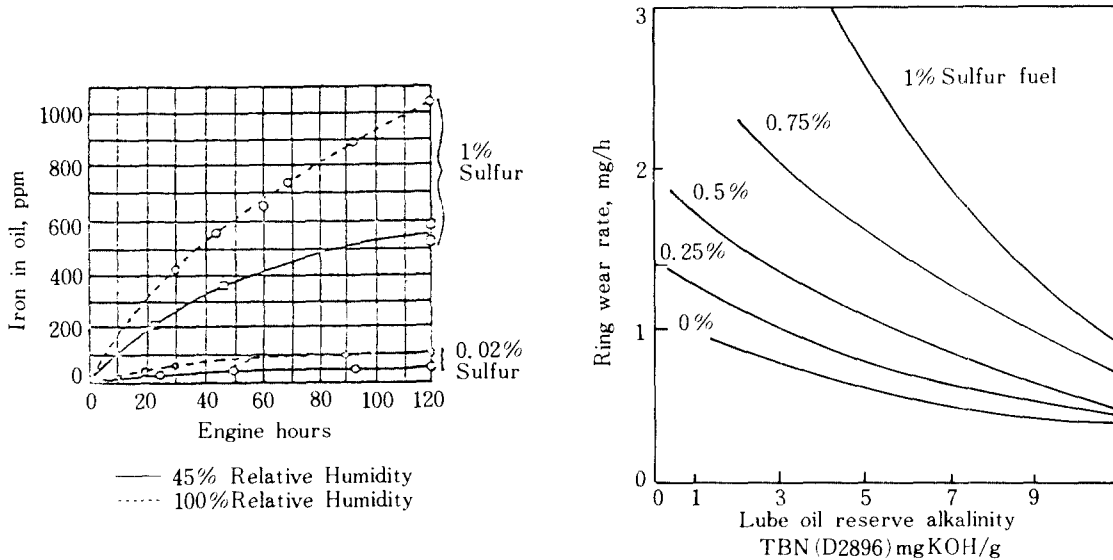


Fig. 1. 燃料油中 黃分과 吸入空氣中 濕度가 Ring의 腐蝕磨耗에 미치는 影響

成을 增加시켜 더 많은 酸과 더 많은 끄름을 生成하는 原因이 되며 여기에 附加하여 보다 많은 堆積物을 生成하는 原因이 되는 潤滑油의 燃燒를 增大시킨다.

元來 EMD-MI의 Fuel Oil Specification<sup>13)</sup>에는 黃含有率이 0.5%以下로 되어 있으나 國內精油業界의 實情에 따라 高黃油(約 1%)를 使用하여 왔다. 그러나 近來에는 亜黃酸가스等의 公害問題로 高黃油 使用이 制約을 받게 됨에 따라 漸次 低黃油의 國內生産이 增加되고 있는 추세에 있어 當 研究所에서는 Diesel 機關車用 燃料油를 低黃油로 代替하므로써 이의 機關에 미치는 影響을 究明하기 爲하여 實驗研究計劃을 樹立하였다.

本 實驗은 試驗車로서 4輛(低黃油 2輛, 高

黃油 2輛)의 機關車를 選定하여 現車에 依한 性能을 實驗키로 하였으며 試驗機關의 諸元은 Table 1과 같다.

## 2. 實 驗

### 가. 實驗準備

本 實驗을 爲하여 다음과 같은 事項을 準備하였다.

- 1) 試驗機關車選定 (4輛)  
 低黃油車 : 7515號, 7517號  
 高黃油車 : 7522號, 7534號
- 2) 專用低黃油用 槽車配定 (3輛)  
 45161號, 45120號, 45211號
- 3) 試驗車用 機關潤滑油

Table 1. 7500號台 機關의 諸元

機關形式	燃燒方式	Cylinder 數 Cycle 數	內徑 × 行程	壓縮比	平均有效 壓力 (kg/cm <sup>2</sup> )	連續定格 出力 / 回轉數	피스톤 速度 (m/s)
16-645 E 3	• 연소실형식 : 직접분사식 • 연소방식 : 무기분사식	16 Cylinder 2 Cycle	230 × 254 mm	14.5 : 1	폭발압력 600 Psi (1000 F°)	4200 Amp <del>900 rpm</del>	7.62 m/sec

단위 : in

Table 2. 동력장치 계측결과

차호명	부품명 시린더번호 추장개수	Cylinder Liner Bore Dia					
		2	7	10	15		
7 5 1 7	2"	A	0	0	0	0	
		A'	0	0	0	0	
	6"	A	0	0.0005	0	0	
		A'	0.0010	0	0	0.0010	
	12"	A	0	0	0	0	
		A'	0.0015	0	0.0010	0.0010	
	16"	A	0	0.0010	0	0	
		A'	0.0010	0	0.0010	0.0005	
	계	A	0	0.0015	0	0	
		A'	0.0035	0	0.0020	0.0025	
	7 5 3 4	2"	A	0.0030	0.0075	0.0025	0.0010
			A'	0.0005	0.0075	0.0015	0.0010
		6"	A	0.0002	0.0005	0.0025	0.0015
			A'	0.0027	0.0015	0.0030	0.0010
12"		A	0	0	0.0010	0.0005	
		A'	0.0005	0.0010	0	0	
16"		A	0	0	0.0005	0	
		A'	0	0.0005	0	0	
계		A	0.0032	0.0080	0.0065	0.0030	
		A'	0.0037	0.0105	0.0045	0.0020	

차호명	부품명 시린더번호 추장개수	Piston Outer Dia.					
		2	7	10	15		
7 5 1 7	C E	A	0	0	0	0	
		A'	0	0	0	0	
	A C R	A	0	0	0	0	
		A'	0	0	0	0	
	B B C R	A	0.0002	0.0008	0.0001	0.0004	
		A'	0	0.0013	0.0002	0.0004	
	B T O R	A	0.0015	0.0003	0.0010	0.0005	
		A'	0.0007	0.0008	0.0010	0.0010	
	계	A	0.0017	0.0011	0.0010	0.0009	
		A'	0.0007	0.0021	0.0012	0.0014	
	7 5 3 4	C E	A	0	0	0	0
			A'	0	0	0	0
		A C R	A	0	0	0	0
			A'	0	0	0	0
B B C R		A	0.0023	0.0032	0.0010	0.0016	
		A'	0.0002	0.0015	0.0010	0.0007	
B T O R		A	0.0023	0.0012	0	0.0005	
		A'	0.0001	0.0007	0	0.0015	
계		A	0.0046	0.0044	0.0010	0.0021	
		A'	0.0003	0.0022	0.0010	0.0022	

비고) CE : Crown edge.    ATCR : Above top compression ring groove.    BBCR : 1/2" Below bottom compression ring groove.    BTOR : 1/2" Bottom top oil ring groove.

RPM Delo 4000P Oil: 70,000l

- 4) 低黄 Diesel油 (S; 0.3%) : 1, 500, 000l
- 5) 試驗所屬 : 運營 : 서울 및 釜山機關車 事務所  
 整備 : 釜山車輛整備廠
- 6) 列車種 및 運行區間 : 京釜線 統一號

나. 實驗方法

1) 現車性能試驗

가) 部品の 計測 및 計量

部品の 計測은 鐵道標準規格 鐵道-9150-6023 潤滑劑 性能試驗方法 4. 2. 2의 (2)項 및 實用試驗方法<sup>14)</sup> Table 2 및 3에 따라 各 試驗車 Engine #2, #7, #10 및 #15의 4個 氣筒을 指定하여 Piston Ring Groove Width, Ring Wi-

dth, Ring Gap, Cylinder Liner Bore Diameter, Piston Diameter를 測定하였으며 Ring Weight는 Solvent로 깨끗이 닦아서 乾燥後 天秤에 依해서 秤量하였다.

나) 堆積物과 變色度評價<sup>15), 16)</sup>

기름의 劣化生成物에 依한 Piston Ring Groove의 堆積狀態와 Piston表面의 變色度 評價는 前項 가)의 4. 2. 2의 2)項 Table 5 및 6에 依하여 施行하였다.

다) 使用油의 採油

前記와 같이 試驗車는 京釜線 統一列車를 牽引運行하도록 하여 서울 및 釜山機關車事務所에서 15日間隔으로 試驗油를 Engine 遊轉時에 採取하도록 하였으며 運行中 Engine에 異常이

Table 3. 동력장치 계측결과

차호	측정계소 시린더번호	G·R width (in)				Ring width (in)				Ring gap (in)				Ring weight (g)			
		2	7	10	15	2	7	10	15	2	7	10	15	2	7	10	15
7517	1	0.002	0.002	0.006	0.006	0.0010	0.0010	0.0012	0.0011	0.0039	0.0205	0.0143	0.0123	1.6	1.66	2.31	1.22
	2	0	0	0.001	0	0.0005	0.0007	0.0004	0.0001	0.0072	0.0008	0.0054	0.0053	0.04	0.45	0.48	0.24
	3	0	0	0.001	0	0.0003	0.0003	0.0005	0.0001	0.0010	0.0005	0.0019	0.0005	0.96	0.38	0.33	0.21
	4	0	0	0.001	0	0.0009	0	0.0002	0.0003	0.0064	0.0071	0.0095	0.0006	0.61	0.56	0.64	0.44
	5	0	0	0	0	0.0005	0.0007	0.0007	<sup>(0.0006)</sup> <sub>과소</sub>	0.0084	0.0041	0.0012	<sup>(0.0045)</sup> <sub>과소</sub>	0.20	0.13	0.10	<sup>(0.14)</sup> <sub>과소</sub>
	6	0	0	0	0	0.0005	0.0005	0.0003	0.0002	0.0075	0.0055	0.0095	0.0119	0.21	0.18	0.12	0.17
	계	0.002	0.001	0.009	0.006	0.0037	0.0032	0.0033	<sup>(0.0024)</sup> <sub>과소</sub> <sup>(0.0019)</sup> <sub>과소</sub>	0.0344	0.0385	0.0418	<sup>(0.0351)</sup> <sub>과소</sub> <sup>(0.0306)</sup> <sub>과소</sub>	3.62	3.36	3.98	<sup>(2.42)</sup> <sub>과소</sub> <sup>(2.28)</sup> <sub>과소</sub>
7534	1	0.003	0.002	0.003	0.002	0.0022	0.0013	0.0013	0.0011	0.0411	0.0451	0.0289	0.0309	5.6	5.59	3.83	3.18
	2	0.001	0	0	0	0.0005	0.0002	0.0002	0.0003	0.0187	0.0266	0.0186	0.0015	2.48	2.73	2.03	1.05
	3	0.001	0	0	0	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0086	0.0149	0.0945	0.0047	1.34	1.74	0.82	0.59
	4	0.001	0	0	0	0.0003	0.0003	0.0003	0.0001	0.0158	0.0033	0.0193	0.0047	1.31	0.91	1.51	0.90
	5	0.001	0	0	0	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0070	0	0.0035	0.0013	0.21	0.16	0.18	0.25
	6	0.001	0	0	0	<sup>(0.0001)</sup> <sub>과소</sub>	0	0	0.0002	<sup>(0.0070)</sup> <sub>과소</sub>	0.0065	0.0028	0.0117	<sup>(0.38)</sup> <sub>과소</sub>	0.28	0.27	0.29
	계	0.008	0.002	0.003	0.002	<sup>(0.0038)</sup> <sub>과소</sub> <sup>(0.0037)</sup> <sub>과소</sub>	0.0025	0.0023	0.0022	<sup>(0.0982)</sup> <sub>과소</sub> <sup>(0.0912)</sup> <sub>과소</sub>	0.0964	0.0776	0.0548	<sup>(11.22)</sup> <sub>과소</sub> <sup>(10.94)</sup> <sub>과소</sub>	11.41	8.64	0.26

비고 : ( ) 는 과소되어 측정할 수 없는 것을 평균하여 계산한 수치임.

있을 때에는 그 事由를 即時 研究所에 通報 하도록 하였다.

2) 試料油의 試驗

燃料油와 潤滑油에 對한 物理化學的 性狀試驗은 KS에 規程된 試驗方法에 따랐다.

Table 4. 燃燒油의 性狀

試驗項目	高 黃 油 低 黃 油				備考
	規格	結果	規格	結果	
反應	中性	中性	中性	中性	
引火點 (°C) PM	>50	60	>50	62	
流 點 (°C)	<-5	-12.2	<-5	-25	
10% 탄소예석	<0.20	0.1	<0.20	0.12	
灰 分 (%)	<0.01	0.0001	<0.01	흔적	
90% 蒸溜性狀溜出溫度 (°C)	<340	335	<340	315	
動粘度 (cst) 40°C	2.0~5.8	2.62	2.0~5.8	2.67	
黃 分 (%)	<1.0	0.92	<0.4	0.29	
銅板腐蝕 (100°C, 3h)	<1	1a	<1	1a	
Cetane Value	>45	57.5	>45	50	

다. 實驗結果

1) 動力部品の 磨耗

各 試驗機関車의 動力部品の 測定結果 Table 2 및 3 같다.

2) 燃料油와 潤滑油의 性狀

高黃 및 低黃燃料油와 內燃機関油에 關한 性狀試驗結果는 Table 4 및 5와 같다.

Table 5. 潤滑油의 性狀

試驗項目	規 格	結 果	備考
引火點 (coc. °C)	215 이상	248	
粘 度	40°C	156.4	
(cst)	100°C	14~16	14.5
粘 度 指 數	90~110	99	
流 動 點 (°C)	-16이하	-24	
Zn (PPM)	10이하	1	
TBN (KOHmg/g)	10이상	10.8	
黃酸灰分 (wt %)	0.5 이하	0.46	
Ca (wt %)	0.25이상	0.30	

Table 6. 試驗車 運行 実績

區 分 \ 車 号	7515	7517	7522	7534	備 考
試 驗 期 間	83' 3. 19 ~84' 2. 6	83' 3. 16 ~84' 2. 7	83' 2. 28 ~84' 2. 23	83' 2. 22 ~84' 2. 22	
運 行 區 間	京 釜 線	京 釜 線	京 釜 線	京 釜 線	
索 引 列 車	統 一 号	統 一 号	統 一 号	統 一 号	
走 行 距 離 (km)	207.810	220.809	220.741	214.673	
運 轉 時 間 (Hr)	5240	5543	6283	6585	
遊 轉 時 間 (Hr)	1302	1526	1218	949	
潤 滑 油 消 費 量 (l)	8164	8120	7750	8086	
燃 料 消 費 量 (l)	720,300	778,440	741,886	780,413	
距 離 當 燃 料 消 費 量 (l/km)	3.47	3.53	3.36	3.36	
距 離 當 潤 滑 油 消 費 量 (l/km)	0.0393	0.0368	0.0351	0.0376	
月 数	10個月18日	10個月22日	11個月26日	12個月	

참고: 低黃油消費量은 釜棧所, 遊轉時間은 서棧所, 其外項目은 電算所 統計임.

3) 試驗車의 運行実績

4輛의 試驗用 機關車에 對한 運行実績은 Table 6과 같다.

4) 使用油의 性狀

試驗機關車別 採油日, 走行距離別 使用油의 物理化學的인 性質의 變化 및 污染狀態는 Table 7 및 8과 같다.

5) 試驗終了後의 Piston表面의 變色度 및 Piston Ring Groove의 劣化生成物의 堆積狀態를 評價한 結果 Table 9와 같다.

3. 考 察

가. 試驗車의 運行實態

本 實驗은 1983年 2月부터 1984年 2月까지 約 1年餘동안에 207, 800~220, 800Km의 走行実績을 나타내었다.

實驗期間中 各 試驗機關車의 運行實態를 調査한 結果 7515号車는 빈번한 障礙發生으로 5回나 入廠 또는 入所(機關車事務所)하여 修理하였으며 7月과 11月に 惹起된 障礙는 Engine Oil을 크게 污染시켜 不得已 新油로 更油하였다. 이에 따라 月 2回 使用油를 採取하여 油性變化를 追跡하는 一連의 系統試料의 意義가

半減되었으며 또한 實驗期間中 部品의 一部를 更換하였는바 이러한 現象은 實驗結果에 正常的 機關動力裝置部品の 磨耗傾向을 反映할 수 없을 것으로 보고 이 試驗車의 實驗結果는 主 檢討對象에서 除外키로 하였다. 그리고 7522号車도 實驗期間中 세번이나 入廠 또는 入所하여 補修하였으며 5月 20日에는 #15Cylinder Liner 龜製로 入所하여 鍍金 Liner로 更換補修後 出所하였으나 5月 30日 #15Cylinder Liner Bank에 龜製이 發生하여 Liner는 鑄鐵品으로 代替하고 Bank는 熔接補修後 出廠하였다.

이 障礙로 많은 기름이 漏出되어 200l의 新油를 一時에 補充하여 6月 27日부터 運行에 들어가 이 車輛 亦是 檢討對象에서 除外키로 하고 實驗期間中 機關外의 比較的 輕한 補修만을 받으면서 運行한 7517号와 7534号車의 實驗結果를 主로하여 考察하기로 하였다. 여기서 前者는 低黃輕油, 後者는 高黃輕油로 運行한 機關車이다.

나. 油性的 變化

本 實驗研究의 窮極的인 目標가 燃料油의 品質이 實際로 機關部品の 磨耗에 얼마만한 影響을 미치느냐 하는 것을 判斷하는데 있는 것으로 機關部品の 磨耗는 Engine Oil의 劣化程度

Table 7. 7517号 試料油 性狀表

試料採取日 試験項目	4.1	4.15	4.26	5.8	5.23	6.8	6.21	7.3	7.19	8.4	8.19	9.4	9.25	10.10	10.25	11.14	11.29	12.7	12.26	84' 1.5	1.18	2.3	
走行距離 (km)	6159.3	11028.3	8824.4	10095.3	12414.6	13684.1	11748.6	10979	11521.4	9431	10924.6	13691.3	6056.7	10073.2	11171.2	13344.4	2745.4	7661.5	8618.7	11745.7	9603.2	9719.6	
引火点 (COC, °C)	228	234	238	240	242	237	237	237	240	240	242	243	243	244	244	243	243	244	244	245	246	246	
粘度 40 °C	137.5	152.6	154.6	155.6	157.4	158.0	158.1	158.1	158.0	158.0	157.6	156.8	156.8	157.1	157.8	158.1	158.1	158.1	158.0	157.2	158.2	158.4	
(est)	13.7	14.5	14.7	14.8	14.9	15.1	15.1	15.1	15.1	15.0	15.0	14.7	14.7	14.8	14.8	14.9	15.0	15.0	15.0	14.9	15.1	15.1	
色 (Union)	8 이상	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
水分 (Wt%)	없음	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
TBN (KOH mg/g)	6.6							4.2							4.2								3.9
燃點不溶分 (Wt%)	0.17	0.26	0.31	0.36	0.42	0.43	0.45	0.47	0.49	0.50	0.46	0.41	0.32	0.39	0.40	0.42	0.42	0.43	0.42	0.30	0.29	0.29	
最早不溶分 (Wt%)	0.10	0.20	0.24	0.24	0.28	0.32	0.37	0.38	0.39	0.38	0.34	0.29	0.21	0.29	0.36	0.40	0.40	0.40	0.39	0.24	0.24	0.23	
檢様種別	W	M	W	M	W	3M	W	M	W	M	W	6M	W	M	W	M	D	W	3M	W	M	W	
備考																							

Table 8. 7534号 試料油 性狀表

試料採取日 試験項目	3.11	3.26	4.13	4.29	5.17	5.30	6.18	7.1	7.14	8.1	8.21	9.3	9.19	10.1	10.15	11.3	11.16	12.6	12.30	84' 1.6	1.26	2.7	2.21	
走行距離 (km)	9986.2	6700.7	10683.8	14497.4	14902.1	7543.3	6759.5	11000.7	9519.6	8117.4	9492.4	1947.1	6294.3	8177.5	10390.1	13585.9			9649.5	10953.8	5379.5	6420.8	6740.4	
引火点 (COC, °C)	248	246	240	240	238	238	238	240	240	239	238	238	238	238	240	238	238	239	240	242	242	242	243	
粘度 40 °C	156.3	157.1	159.1	159.2	158.9	157.1	156.9	156.7	156.7	156.7	154.3	152.1	154.6	155.1	154.9	154.9	154.9	156.2	157.0	157.1	157.4	158.4	159.2	
(est)	15.1	15.1	15.1	15.0	14.7	15.1	14.9	15.1	15.0	14.9	14.8	14.9	15.0	15.1	15.0	15.1	15.1	15.1	15.0	15.0	15.1	15.1	15.2	
色 (Union)	8 이상	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
水分 (Wt%)	없음	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
TBN (KOH mg/g)	7.0							3.6							3.0						3.2		3.5	
燃點不溶分 (Wt%)	0.07	0.18	0.18	0.36	0.56	0.70	0.89	1.34	0.39	0.66	0.67	0.61	0.60	0.53	0.67	0.45	0.56	0.64	0.70	0.76	0.70	0.70	0.56	
最早不溶分 (Wt%)	0.04	0.14	0.17	0.26	0.35	0.48	0.62	0.25	0.29	0.23	0.59	0.50	0.50	0.52	0.64	0.26	0.53	0.57	0.58	0.49	0.43	0.46	0.46	
檢様種別	W	M	W	M	W	3M	W	M	W	M	W	6M	W	M	W	M	2W	3M	W	M	A	W	D	
備考																								

Table 9. 堆積 및 変色度 評価

車号	部位	G-R Deposit		Ring belt deposit		P-D No/piston discoloration No		Ring condition
		No	Type	No	Type	Skirt	Crown	
7515	2	55	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	260	H <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	240	240	F-6
	7	55	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	260	H <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	220	220	F-6
	10	55	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	260	H <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	80	80	F-6
	15	55	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	260	H <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	60	360	F-6
	계	220	H <sub>8</sub> S <sub>8</sub>	1040	H <sub>7</sub> S <sub>5</sub>	500	900	F-24
7517	2	55	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	260	H <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	200	300	F-6
	7	31.25	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	260	H <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	100	300	F-6
	10	31.25	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	260	H <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	480	480	F-6
	15	31.25	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	210	H <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	340	540	F-6
	계	148.75	H <sub>8</sub> S <sub>8</sub>	990	H <sub>6</sub> S <sub>6</sub>	1120	1620	F-24
7522	2	100	H <sub>4</sub> S <sub>2</sub>	300	H <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	340	540	F <sub>5</sub> T <sub>1</sub>
	7	55	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	290	H <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	370	370	F-6
	10	77.5	H <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	300	H <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	300	500	F <sub>5</sub> T <sub>1</sub>
	15	55	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	280	H <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	160	560	F-6
	계	287.5	H <sub>11</sub> S <sub>5</sub>	1170	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	1270	1970	F <sub>22</sub> T <sub>2</sub>
7534	2	77.5	H <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	280	H <sub>10</sub> S <sub>1</sub>	480	580	F-6
	7	77.5	H <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	300	H <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	480	380	F-6
	10	55	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	280	H <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	360	560	F <sub>5</sub> T <sub>1</sub>
	15	55	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	300	H <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	310	510	F <sub>4</sub> T <sub>2</sub>
	계	265	H <sub>10</sub> S <sub>6</sub>	1160	H <sub>10</sub> S <sub>2</sub>	1530	2030	F <sub>21</sub> T <sub>3</sub>

비고 : H = Hard S = Soft F = Free T = Tight

와 相關關係가 있으며 Engine Oil의 劣化는 燃料油의 品質에 影響을 받는 것이므로 이들 三者는 서로 影響을 주고 받는 函數關係에 있다 하겠다. 그러므로 Engine Oil의 物理化學的인 油性의 變化부터 檢討하여 보기로 한다.

實驗期間中 使用油의 經時 系統試料油에 對한 試驗結果는 Table 7 및 8과 같으며 이것을 알기쉽게 Graph로 作圖한 것이 Fig. 2~5 이고 運行期間中 油質의 最大 變化率을 整理한 것이 Table 10이다.

1) 引火點

引火點은 燃料油의 混入 이나 기름의 熱分解 物質의 生成에 關聯되며 이것은 粘度變化에 있어서도 나타나는 것으로 試驗期間中 兩試驗車의 引火點變化는 極小하여 萬從한 狀態에 있었다.

여기에 7517號車의 運行初期의 引火點이 228℃로 低下된 結果를 示現하여 크게 優慮하였으나 以後에 繼續採油한 試料에 있어서는 完全히 正常數值로 되돌아가 平坦한 추세를 보이고 있는 點으로 보아 試驗車의 組立後 施行하는 Flushing作業過程에서 使用한 Solvent의 一部가 殘留하여 最初試料에 混入된 것으로 解析되었다.

2) 粘度

粘度는 潤滑油의 基本的인 主要性狀의 하나

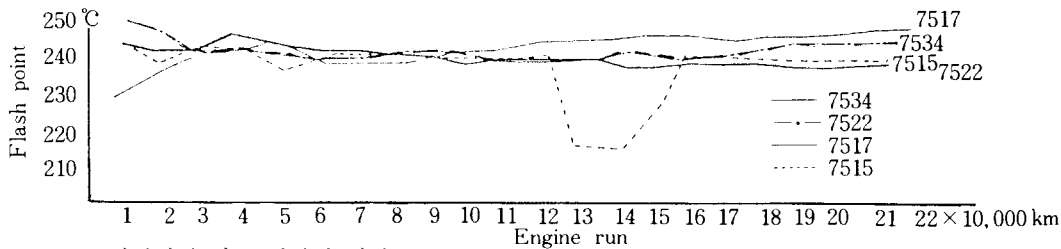


Fig. 2. 주행거리에 따른 인화점 변화

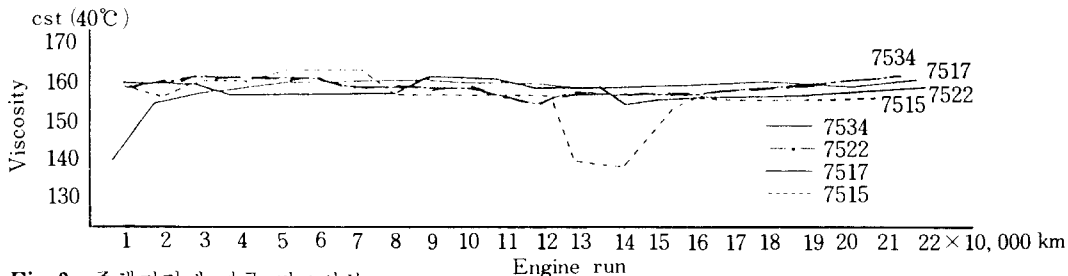


Fig. 3. 주행거리에 따른 점도변화

Table 10. 使用油의 最大變化率

區分 項目	7517號		7534號		
	最大値	變化率	最大値	變化率	
引火點 (coc. °C)	238	4.03	238	4.03	
粘度 (cSt)	40°C	158.4	1.27	159.2	1.79
	100°C	15.1	4.13	15.2	4.82
PI (wt%)	0.50	-	0.89	-	
TI (wt%)	0.40	-	0.62	-	
PI-TI (wt%)	0.14	-	0.33	-	
中和價 (KOHmg/g)	3.9	61.11	3.0	72.22	

로서 前述한 바와 같이 燃料油의 混入 또는 分解生成物에 依하여 低下되고 기름 自身의 酸化 또는 重縮合生成物에 依하여 上昇한다. 따라서 粘度는 有効範圍를 上·下限으로 規制하여 嚴格히 管理하고 있는 項目으로 되어 있다.

이 實驗結果는 Fig. 3에 나타난 바와 같이 1)項에서 言及한 7517號車의 初期粘度의 異常現象 以外에는 極히 緩慢한 增加勢를 보이고 있으며 最大變化率에 있어서도 Table 10에서와 같이 7517號車가 159.2로 1.79%의 變化率

만을 나타내어 至極히 滿足스런 狀態에 있음을 알 수 있었고 兩者를 比較하였을때 後者가 若干 높았으나 限界值인<sup>(5)</sup> 20%에는 훨씬 못 미치고 있음을 알 수 있다.

3) 沈澱價

沈澱價에 있어서는 Pentane Insolubles (PI), Toluene Insolubles (TI) 및 PI-TI의 세가지 項目으로 考察할 수 있으며 新油에 있어서는 모두가 零이다. 여기서 PI는 潤滑油가 使用에 依하여 劣化됨에 따라 變質을 招來하는 모든 生成 또는 混入物(有機物: 기름의 自體의 酸化, 重縮合生成物等, 無機物: 磨耗金屬粉, 空氣中의 먼지, 끄름等)의 量을 나타내며 TI는 이 가운데 有機質物을 除外한 無機質物의 量만을 나타낸다. 따라서 PI-TI는 有機生成物만의 量을 알 수 있게 되어 있으며 이 項目亦是 使用油에 있어서는 重要한 管理項目이다. 實驗結果에 따르면 PI의 境遇 Fig. 4에 나타난 바와 같이 7534號車는 析出值에 多少 屈曲이 보이거나 이것은 運行初期의 機閥狀態에 關聯된 것으로 보이며 約 10萬 km 走行後 부터는 比較的 安定勢를 나타내면서 漸次 增加추세에 있으며 7517

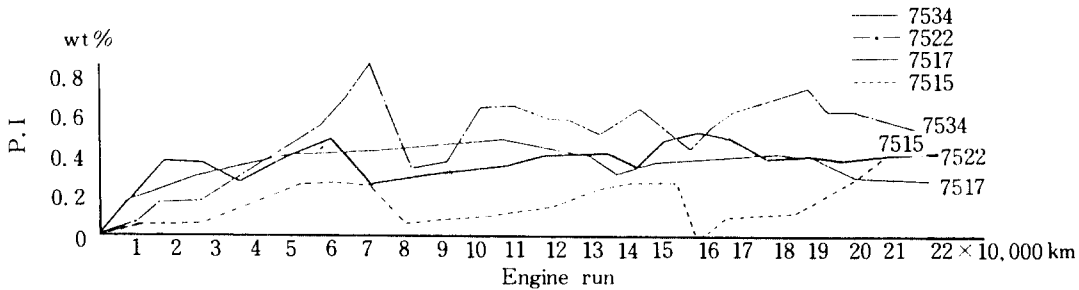


Fig. 4. 주행거리에 따른 PI의 변화

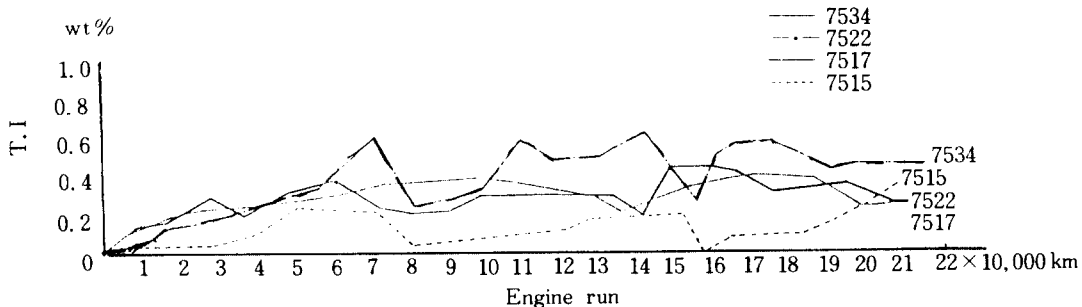


Fig. 5. 주행거리에 따른 TI의 변화



号車는 全般的으로 緩慢한 增加추세를 보이고 있다. TI値는 PI値에서 有機質物만 除外한 數値이므로 大体的으로 絶對値만 적을뿐 Fig. 5에 나타난 바와 같이 Graph의 모양은 PI의 그것과 비슷하다. 7517号車와 7534号車의 最大値를 比較하여 보면 PI에 있어 前者가 0.50인데 比하여 後者は 0.89로 0.39가 많았으며 TI에 있어서는 0.40인데 比하여 0.62로 0.22가 많은 것으로 나타났고 試驗期間中 이들 沈澱發生量의 좀 더 正確한 比較를 爲하여 平均値를 計算한 結果 Table 11과 같다.

Table 11. 平均沈澱値의 比較

車 号 別	PI	TI	PI-TI	備 考
7517 (A)	0.380	0.304	0.076	
7534 (B)	0.540	0.410	0.130	
比 率	42%	34.8	71%	$\frac{B-A}{A} \times 100$

全体的으로 볼 때 前記한 最大値는 一時的인 機關狀態에 따라 非正常値가 나타날 可能性이 予測되기도 하나 Table 10에 나타난 平均値는 比較的 正常에 가까운 使用油의 劣化狀態를 反比하여 PI値가 42%, TI値가 34.8%, PI-TI値가 71% 더 많이 發生한 것으로 나타나 高黃輕油로 運行한 機關에 使用한 Engine Oil의 劣化가 그 만큼 甚하였음을 알 수 있었으며 이에 따라 部品의 磨耗도 甚하였을 것으로 判斷

된다. 特히 여기에 注目되는 것으로 高黃油車가 PI-TI値가 71%로 높은 것은 燃燒油中에 많이 含有된 黃分이 潤滑油中の 酸化生成物을 急進的으로 增加시키고 있음을 나타낸 것으로 解析되었다.

그리고 潤滑油의 液性을 나타내는 中和價(TBN)는 油中에 含有된 添加劑의 殘存의 程度에 關聯된 것으로 運行初期에는 Alkali性이던 것이 기름의 劣化에 따라 中性을 거쳐 酸性으로 變質되어 使用不能케 된다.

實驗結果 Fig. 6에서 나타난 바와 같이 新油 때는 TBN이 10이었던 것이 使用함에 따라 添加劑의 効能이 消滅되어 終末에는 7515号車가 3.9, 7534号車가 3.0으로 떨어져 後者は 更油限界値前 있었으며 이것 亦是 前項에서 考察한 PI-TI値와 密接한 關係가 있는 것으로 低黃油車의 減少率이 크게 적었음을 알 수 있었다.

다. 機關部品の 狀態

現車試驗後 機關을 分解하여 動力裝置部品の 狀態를 評点한 Table 9를 綜合한 것이 Table 12이다.

이 表에 나타난 評点結果는 燃燒室內에서 生成되는 燃燒副生物의 量과 潤滑油의 酸化安定性 및 清淨分散性能에 關聯되는 것으로 이것 亦是 7534号車의 狀態가 相當히 不良한 것으로 나타났다.

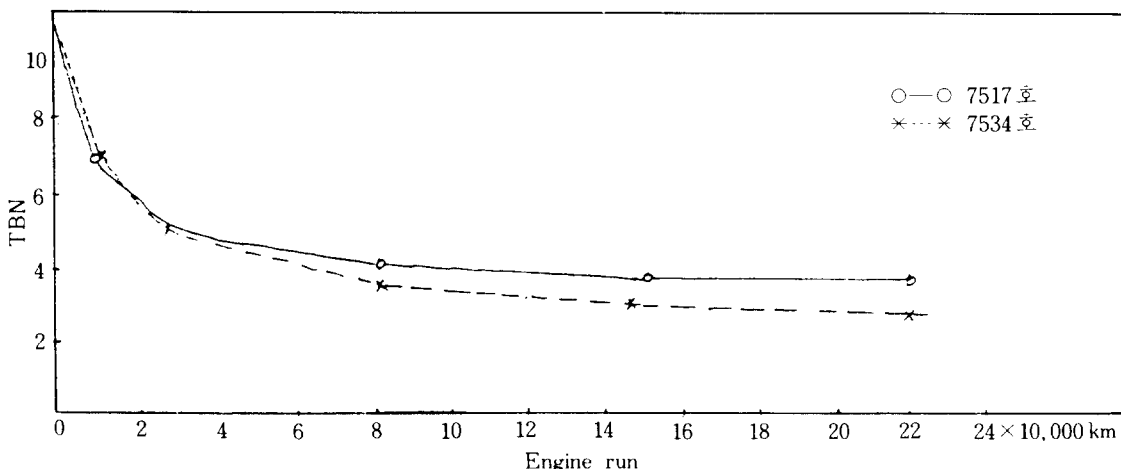


Fig. 6. 走行距離에 따른 中和價의 變化

Table 12. 動力裝置部品の 状態

項目	車号		比率 $\frac{B-A}{A} \times 100$	
	7517	7534		
Ring Condition	F=24	F=21, T=3	78.15	
Ring Groove	No	148.75	264	78.15
Deposit	Type	H=8, S=8	H=10, S=6	
Piston Discoloration No.	Crown	1620	2030	25
	Skirt	1100	1590	44.5
Ring Belt	%	990	1160	17
Deposit	Type	H=6, S=6	H=10, S=2	

비고: F=Free T=Tight H=Hard S=Soft

이는 低黃에 依한 酸化生成物の 減少와 이에 따른 潤滑油의 汚染減少로 7517号車는 潤滑性能이 더 좋은 状態에서 運行되었음을 짐작할 수 있었다. 또 Ring 別로 살펴보면 처음부터 予測하였던 테로 Table 13에서와 같이 1番 Ring Groove가 가장 苛酷한 與件이 露出되어 가장 汚染이 甚하였으며 2에서 3으로 내려 갈수록 輕하였고 5와 6番 Ring Groove는 아주 깨끗하였다.

Ring Belt 部分의 汚染狀態도 위와 마찬가지로 1, 2 및 3番順으로 甚한 程度가 輕減된 傾向을 보였다. 그리고 Piston Discoloration 評点結果도 燃燒室에서 가까운 Crown 部分이 Skirt 部分보다 甚하게 黒化되어 있음을 알 수 있었다. 이와 같은 狀況下에 Piston Ring의 Condition으로서 7517号車는 全部 自由로이(F (Free) 움직여 아직 良好한 状態에 있었으나

Table 13. Ring Groove 別 堆積物의 状態

Ring Groove No.	車号		7534	
	7517	評点 状態	評点 状態	
1	100	H=4	100=4	H=4
2	32.5	H=4	100	H=4
3	10	S=4	55	H=2, S=2
4	6.25	S=4	10	S=4
5	0		0	
6	0		0	
計	148.75	H=8, S=8	265	H=10, S=6

비고: H=Hard S=Soft

7534号車에서는 3個의 Ring이 堆積物에 依하여 固定되어 自由로이 움직이지 못하였으며 (Tight) 이는 繼續運行時 Ring燒着을 일으키는 障碍의 初期段階로 不良한 状態에 있어 이것 亦是 低黃燃料油의 效能을 實減케 하였다.

라. 部品の 磨耗狀態

磨耗程度를 보기 爲하여 前述한 바와 같이 Piston Ring 두께, Ring Groove Width, Ring Gap, Piston徑, Cylinder Bore徑 및 Piston Ring의 무게를 計測하였고 그 結果는 Table 2 및 3에 나타난 바와 같으며 이것을 車号別로 綜合한 것이 Table 14이다.

Table 14. 車号別 計測結果

計測部分	車号		比率 $\frac{B-A}{A} \times 100$
	7517 (A)	7534 (B)	
Piston ring width (in)	0.0126	0.0108	-16
Ring groove width(in)	0.018	0.015	-20
Ring gap (in)	0.1498	0.3270	118
Piston dia (in)	0.0102	0.0178	74.5
Cylinder bore dia (in)	0.0095	0.0414	33.5
Total (inch)	0.2001	0.4070	107
Piston ring weight (g)	13.38	37.53	180

Table 14에 依하면 Ring Width와 Ring Groove Width에 있어서는 7517号車가 조금 더 磨耗된 것을 볼 수 있다. 이것은 Piston Ring의 두께와 Groove의 높이를 測定한 것이며 이는 兩者의 相互磨擦에 依하여 磨耗되는 것으로 그 값은 他部分에 比하여 極少한 곳이다. 全體의인 磨耗傾向을 綜合적으로 考察할 때 7534号車는 Table 12에서 볼 수 있는 바와같이 Ring Groove에 堆積物이 더 많이 發生하여 一部 Piston Ring의 上下運動의 不自由에 基因한 磨擦의 減少가 原因이 되어 조금 적게 磨耗된 것으로 解析되었다. Ring Gap은 Ring의 Gap 크기를 計測한 것으로 이는 Cylinder 內壁과의 磨擦에 依하여 Ring外徑의 磨耗에 依하여 커지며 磨耗가 가장 甚한 部分으로 測定結果에 依하면 高·低黃油車에 있어 各各 0.1498 및

Table 15. Ring別 總磨耗量

측정개소	링번호	시호		비고
		7517	7534	
G. R width (in)	1	0.015	0.010	-50
	2	0.001	0.001	
	3	0.001	0.001	
	4	0.001	0.001	
	5	0	0.001	
	6	0	0.001	
Ring width (in)	1	0.0043	0.0059	37
	2	0.0017	0.0012	
	3	0.0012	0.0014	
	4	0.0014	0.0010	
	5	0.0025	0.0010	
	6	0.0015	0.0003	
Ring gap (in)	1	0.0510	0.1460	186
	2	0.0187	0.0654	
	3	0.0039	0.0327	
	4	0.0236	0.0431	
	5	0.0192	0.0118	
	6	0.0214	0.0280	
Ring weight (g)	1	6.79	18.2	168
	2	1.21	8.29	
	3	1.88	4.49	
	4	2.25	4.63	
	5	0.57	0.80	
	6	0.68	1.12	

0.3270을 示現하여 高黃油車의 그것이 118 % 나 더 큰 것으로 나타나 이것은 Ring Weight 差에 있어서도 이를 뒷받침하고 있다.

즉 Ring 무게는 現車試驗前後의 무게차를 測定한 것으로 低黃油車에 있어서는 13.38g, 高黃油車은 37.53g으로 後者의 境遇 180% 더 많은 減耗量을 나타내었다. 이와같은 磨耗狀況을 Ring Number別로 考察하여 보면 Table 3 및 15에 나타난 바와같이 이것 亦是 各 種類의 計測에 있어서 1番 Ring인 Compression Ring의 磨耗가 極甚하여 餘他 5個의 合算値와 同等以上の 數値를 示現하여 이 Ring이 가장 苛酷한 環境에 露出되어 作動되었음을 알 수 있

다. 特히 Ring磨耗가 甚한 部分에 屬하는 Ring Gap과 Ring Weight 差에 있어서는 1番 Ring의 高低黃油車에 對한 比率은 前者가 186%, 後者가 168%로 高黃油車가 훨씬 더 甚한 磨耗現象을 示現하여 Ring全體의 比率과 恰似한 傾向을 보이고 있다. 그리고 Piston의 磨耗狀態를 보기 爲하여 計測한 Piston의 外徑은 別로 磨耗되지 않은 部分으로 高低黃油車에 있어서 各各 0.0178과 0.0102로 나타나 前者가 74.5% 더 많은 比率로 나타났으며 部分別로는 兩車 共히 CE와 ATCR部分은 거의 磨耗되지 않은 狀態이었고 其中 가장 甚한 部分은 BBCR 部位로 나타났다. 또 Cylinder Linder의 磨耗를 測定한 Bore徑에 있어서는 高低黃油車에 있어 0.0414와 0.0095로 나타나 前者가 0.0319가 더 많아 337% 더 많은 磨耗率을 나타내었다. 部分別로는 一般的인 傾向과는 달리 大體적으로 高黃車에 있어서는 Linder의 上部의 磨耗가 甚한 것으로 나타나 上部로 부터 2", 6" 部位의 것이 컸고 12", 16" 部位는 적은 것으로 나타났으나 低黃油車에 있어서는 上部의 磨耗現象은 거의 없었고 그 外의 部分은 적으나마 高르게 磨耗된 傾向을 示現하였다. Linder Bore의 壁은 一部 Piston과의 磨擦에 依한 것도 있으나 大部分이 Piston Ring과의 磨擦에 依한 것으로 材質上 Ring은 弱하게 設計되어 있으므로 兩者의 磨擦運動에 있어서는 Linder보다 Ring側이 더 많이 닳게 되어 있다. 前述한 바와같이 Ring에 있어서도 磨耗 傾向이 燃燒室에서 가장 가까운 1番이 가장 甚하게 나타난 結果를 보였으나 低黃油車의 Linder Bore 上位部分의 磨耗가 거의 없었던 것은 이 部位에 있어서의 磨耗現象은 機械的인 것보다 오히려 燃燒生成物의 影響에 依하여 腐蝕磨耗가 더 컸던 것으로 判斷되었다.

即 高黃油를 使用한 7534號車 燃料油中에 含有된 더 많은 黃分이 燃燒過程에서 一部가 酸을 生成하여 燃燒室에서 가까운 Linder 部分에 腐蝕磨耗現象을<sup>(7)</sup> 惹起시킨 것으로 解析되었다.

#### 4. 結 論

Diesel機関車用 燃料油로서 黃分含量이 0.92

% (現用)와 0.29%의 두개種類의 기름으로 黃分이 機関에 미치는 影響을 實驗調查하기 爲하여 實用性能을 比較試驗하였으며 그 結果 다음과 같다.

가. 低黃油를 使用한 7517號 機関車와 高黃油를 使用한 7534號 機関車는 實驗期間中 各各 燃料油消費量 3.53 및 3.63l/km, 潤滑油消費量 0.0368 및 0.0376l/km으로서 後者가 各各 2.1 및 2.75%로 若干 더 消費된 것으로 나타났으나 그 差는 僅少하였다.

나. 潤滑油의 劣化程度는 高黃油車가 甚하여 PI-TI值에 있어 71% Ring Groove Deposit에 있어 78%로 더 많 이 나타났고 中和價도 더 떨어져 그만큼 劣化生成物의 量이 많았으며 이에 따라 固着된 Ring도 3個나 發生하였다.

다. 그리고 部品의 磨耗에 있어 가장 磨耗가 많이 일어나는 Piston Ring의 Gap 增加와 重量減少에 있어 高黃油車가 各各 118% 및 180%로 더 甚한 磨耗現象을 보였으며 적은量 이기는 하나 Piston과 Cylinder Liner Bore의 磨耗도 훨씬 큰 것으로 나타났다.

라. 全般的으로 潤滑油의 油質變化, 沈澱物의 堆積狀態 및 部品의 磨耗傾向等으로 볼 때 黃分이 機関에 미치는 影響은 큰 것으로 判斷

되며 低黃燃料油를 使用할 境遇 機関의 淸淨度와 部品의 耐磨耗性能이 크게 改善될 것으로 判斷된다.

#### 參考文獻

1. Locomotive pointers, Factor Influencing Engine Wear, 1978 Electromotive Service Department.
2. 石丸正美, 엔진유의 劣化機構와 交換時期 "潤滑"
3. MI 1750 Vol. 17, No. 4. 1971 "Diesel Fuel Recommendation All EMD and Former CDED Engines," 1977 Electromotive Division, GM.
4. EMD General plan for Conducting Fuel and/or Lubricating oil Tests on Engines in the Field.
5. 崔熙俊, 李弼載, 金在珉 "HVI油 汚染限界設定" 鐵道技術研究所報 Vol. 16, No.1 1982
6. DIN, 51. 361 "Testing of Lubricants, Method for Testing the cleanness of the piston," German standards.
7. John G. Hoffman "progress in Railroad Engine Lubrication" 1977 Locomotive Maintenance Officers Association Meeting.