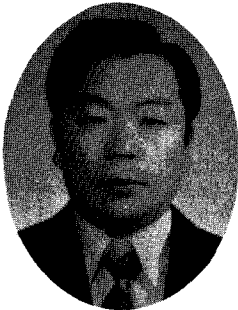


鐵道潤滑



鐵道機關車 內燃機關油의 進展

鐵道技術研究所
理化研究科長 崔 熙 俊

目 次

1. 概 要
2. 鐵道潤滑油의 性能向上
 - 酸化安定性
 - 清淨性
 - 分散性
 - 潤滑性
3. 動力裝置의 摩耗管理

1. 概 要

內燃機關 潤滑油로서 機能과 需要層이 多樣한 一般 陸用內燃機關油에 關한 性能等級과 分類에 關한 事項은 API가 中心이되어 需要家의 選擇에 便利하도록 規定되어 널리 普及되고 잘 알려져 있으나 特殊하게 制限된 需要層만을 갖는 鐵道機關車用 內燃機關油의 性能에 關한것은 公式的으로 拳論된것도 日淺하며 別로 알려져 있지 않는 實情이다.

따라서 本稿에서는 1977年 LMOA(美國 機關車 補修管理者協會)에서 發表되었던 John G. Haffman (General Electric Co., Diesel Engine Evaluation Engineering)의 이에 關한 論文을 紹介하고자한다.

鐵道用 機關車는 主動力源이 蒸氣機關 으로부터 디젤機關으로 轉換된 以來 오늘날까지 機關의 크랭크케이스油는 끊임없이 發展되어왔다. 機關의 出力과 信賴性을 이토록 向上시킨 括弧 할만한 이와같은 發展은 持續的인 研究와 開發

努力없이는 不可能한 일이다. 그 理由는 한꺼번에 巨步의인 發展은 期待하기 어렵기 때문이다.

事實上 1950년부터 1977년까지 사이 鐵道內燃機關油의 發展內容은 範圍를 넓게 잡아 3個 群만으로 認定되어 여기에 分類된 群을 LMOA에서는 Generation 이란 이름으로 命名하였다.

이무렵에 또 다른 한가지의 새로운 潤滑油製品이 開發되어 商業的으로 利用할수있는 段階에 있었는데 이것은 G.E.Co.에서 "Extra Performance"라는 이름으로 分類된 最初의 기름이며 이 기름의 性能水準은 LMOA Generation 4級油와 같은것으로 알려져 出現하였다. 表 1을 보면 1950年以來 鐵道機關潤滑油의 組成配合의 進展에 關한 概念을 얻을수 있을것이다.

Generation 1級油와 4級油 사이에는 灰分量 水準에 나타난 바와같이 有機金屬鹽 添加劑의 含量이 5倍로 增加되어 있는것으로 나타나 있다. 그 結果 알카리価는 4倍 가까이 增加되었으며 Generation 1級油와 Extra Performance 油사이의 分散性은 5倍로 增加되었다.

表 1. 內燃 機關油의 分類

等 級*	灰分水準 (%)	알칼리価 (TBN)	分散指數
GENERATION1	0.3~0.5	3.5~5.0	1
GENERATION2	0.5~0.7	5.0~6.5	3
GENERATION3	1.0~1.2	7.0~8.0	3~4
"EXTRA PERFORMANCE"	1.5	10~11	5
GENERATION4			

* LMOA에서 GENERATION이라 命名.

2. 鐵道潤滑油의 性能 向上

內燃機閥의 크랭크케이스油에는 多樣한 機能이 要求된다. 그것은 適當한 두께를 形成 할수 있는 充分한 粘度의 流体를 必要로 하는 外에 冷却, 淸淨, 및 腐蝕抑制과 같은 作用을 遂行한다.

이 모든 設割을 遂行하는 가운데 潤滑油는 熱의 猛威와 燃燒過程에서 生成되는 有害 化學物質의 影響을 받게된다.

이와같이 運轉過程에서 多樣한 役割을 遂行하고 有害環境與件에 견딜수 있도록 하기 爲하여 石油系 潤滑油에는 많은 化學物質이 最終配合過程에서 添加된다. 이 모든 化學物質의 綜合物을 흔히 複合添加劑(Additive Package)라 부른다. 表 2 에는 鐵道디젤 크랭크케이스油의 性能을 向上시킨 5 가지의 主要機能을 說明하였다.

表 2. 鐵道用 潤滑油의 持統的으로 向上되는 特性

1. 酸化安定性 1) 粘度維持能力向上 2) 堆積物의 減少 3) 베어링腐蝕의 減少 4) 기름壽命延長	3. 分散性 1) 冷却器와 汙過器의 堆積物 減少 2) 기름의 粘稠化 減少 3) 汙過器의 生命延長 4) 기름의 壽命延長
2. 淸淨性 1) 堆積物의 改善 2) 피스톤 링 固着 減少 3) 피스톤 크라운의 冷却	4. 알칼리価 1) 動力裝置의 摩耗 改善 2) 기름의 壽命延長
	5. 潤滑性 1) 耐 融着性 向上

그 5 가지 機能은 酸化安定性, 淸淨性, 分散性, 알칼리性 및 潤滑性이다.

●酸化安定性

石油가 熱과 酸素에 露出되었을때 酸化라는 化學反應이 일어나며 그 結果 形成되는 化合物은 기름의 粘度를 높이며 重要한 機閥部位에 堆積物을 生成하고 납成分 등으로된 베어링 物質을 腐蝕시키는 酸을 生成할수 있다. 크랭크케이스油를 周期的으로 更換하지 않으면 안되는 理由中의 하나는 過度한 粘度增加를 防止하기 爲한 것이다. 表 3 은 해를 거듭할수록 鐵道潤滑油의

表 3. 鐵道用 潤滑油의 酸化安定性 (粘度 增加率 測定*)

OIL 等 級	粘度 增加 率
GENERATION 1	15%~20%
GENERATION 2	10%~15%
GENERATION 3	5%~15%
"EXTRA PERFORMANCE"	5%~8%

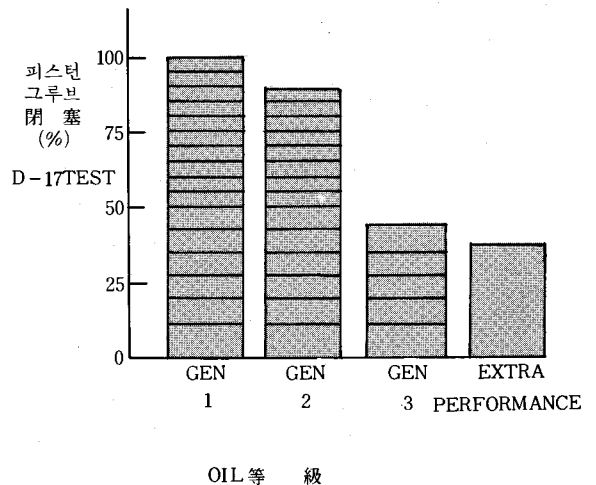
*48Hrs at 330° F

酸化安定性이 크게 向上되어 있음을 確實하게 보여주는 것으로 "Extra Performance"油는 極히 優秀한 製品이다.

●淸淨性

淸淨性이란것은 피스톤링 벨트나 피스톤 크라운의 下部와 같은 취약성이 內在된 部位에 炭素質物이나 락카 등이 過渡하게 堆積되어 가는 것을 防止하는 特性을 말한다. 萬一 이러한 特性이 改善되지 않았다면 피스톤 그루브에 링을 固着시켜 終局的으로는 피스톤링에 依한 擦過傷을 惹起하는 結果를 가져올 것이다. 그리고 또 過量의 堆積物이 피스톤 크라운의 下部에 形成되어 피스톤의 高溫障礙의 原因이되는 熱의 適切한 分散을 妨害할것이다. Generation 3級 潤滑油는 이 特性面에 있어서 Generation 2級 油와 比較하여 顯著하게 向上되어 있는것이 注目된다. 그림 1 에 依하면 Extra Performance 油가 現在까지로서는 加一層 向上되었음을 보여준다.

그림 1. 鐵道潤滑油의 피스톤 堆積物 制御

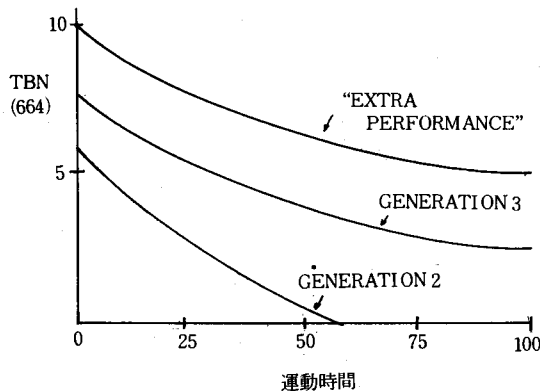


●分散性

1964年 새로운 鐵道潤滑油의 概念이 G.E.社로부터 紹介되어 現在 LMOA Generation 2級油로 알려져 있는 기름으로서 初期에는 特殊한 全有機無灰分 添加劑가 分散劑라는 이름으로 그 機能을 갖는 것으로 알려져 使用되었다. 이것은 機関의 油冷却器, 油調節링 및 潤滑油 汙過器를 閉塞하지 않는 潤滑油로서 끄름(Soot)을 極微細 分散하여 潤滑油中에 維持시켜 주는 機能을 갖는다. Extra Performance油는 이 性能이 最大로 向上되어 있다. 潤滑油를 크랭크케이스에 滿油位로 維持하여 運轉을 繼續할때에 增加되어 가는 끄름物質을 모아 懸濁시켜 주는 이 能力은 機関이 제아무리 그것을 繼續 生成한다 하더라도 점차적으로 그 量을 줄여준다. 油中에 懸濁된 끄름의 量은 펜탄不溶分이란 實驗室的 試驗에 依하여 測定된다. Extra Performance油의 펜탄 不溶分은 最大 水準이 5%까지의 增加가 許容되어 堆積物의 調整機能이 滿足스럽게 維持된다.

複合添加劑中에 들어있는 몇가지 化學物質은 完全히 精製된 基油에 對하여 그 液性을 本質의 으로 알칼리性을 떠우게 한다. 이러한 性質은 中和價라는 項目의 試驗으로 測定된다. 이것을 測定하기 爲한 가장 共通의 으로 使用되는 方法은 ASTM D664이다. Extra Performance油 即 Generation 4級油는 Generation 3級油의 中和價가 8인데 比하여 10과 11사이의 알칼리價를 나타낸다. 이것은 黃分을 含有하고있는 디젤燃料油의 燃燒에 依하여 生成되는 黃酸을 中和시키는 責任을 다 할수있는 潤滑油의 機能을 갖는다. 萬一 酸이 動力裝置部分에 蓄積된다면 이 部分의 腐蝕摩耗의 結果를 가져 온다. 또한

그림 2. 鐵道潤滑油의 알칼리價의 減少



油中の 알칼리性은 기름의 酸化結果로 生成되는 其他의 酸에 對抗하는데 도움을 준다.

그림 2는 Extra Performance潤滑油가 보다 높은 初期 中和價를 갖고있다는 것 뿐만 아니라 같은 運轉條件下에서 運轉하였을 때 다른 製品보다 더 많이 殘存하고 있다는 것을 說明해 주고 있다.

●潤滑性

現代의 高出力 디젤機関車用 크랭크케이스潤滑油는 피스톤링과 시린더라이나 사이의 融着摩耗를 防止할수 있는 能力을 갖지 않으면 안된다. 해를 거듭하여 이룩한 많은 研究成果는 潤滑基油와 添加劑配合의 兩者關係가 이 部分에 있어서의 潤滑性能에 影響을 미치고 있는 것으로 實証되고 있다. 1960年代에 있어서 보다 높은 出力의 機関이 採用된 以來 鐵道潤滑油가 持續的인 發展을 하는데 맞추어 이分野에 있어서의 性能도 着實하게 發展되어왔다.

前述한 5가지 特性分野中 3가지 分野에 對한 Extra Performance潤滑油의 性能向上은 關에 보다 좋은 潤滑作用을 可能케 하였을 뿐 아니라 기름의 壽命을 보다 더 延長하여 決定的인 石油資源의 節減初果를 가져왔다. 여기에 말하는 세가지 性能特性은 酸化安定性, 分散性 및 알칼리性이다.

3. 動力裝置의 摩耗管理

自然機関 動力裝置의 部品이 摩耗되는데에는 네가지의 基本的인 메카니즘이 있다. 그것은 凝着(Adhesive), 擦過傷(Abrasive), 被勞(Fatigue), 腐蝕(Corrosion)摩耗等이다. 表 4에 나타난바와 같이 被勞機構는 2次的인 原因에 가까우며 凝着과 腐蝕摩耗의 두個機構는 潤滑劑에 直接 關聯되어 있다. 1975年 1月 GE 會社는 世界的인 石油의 價値評價의 轉換期를 맞이하

表 4. 動力裝置의 摩耗機構

○凝着	潤滑劑에 關聯된 融着
○擦過傷	潤滑劑에 關係없는 空氣 또는 油中の 먼지
○腐蝕	潤滑劑 關聯
○被勞	普通 潤滑劑에 關係없는 2次的인 것.

여 機関 動力裝置의 摩耗에 對한 集中的인 調査研究에 着手하였다. 이 調査研究에는 運行中인 機関에서 回收되어 되돌아온 部品の 調査試驗, 廣範한 全項目의 實驗室의 試驗 및 室内 定置機関에 依한 試驗結果에 對한 大대의 (25個機関車 以上)인 運行現車에 依한 評價室이 令舍되었다. 여기에서 摩耗에 關한 두가지의 原理的인 메카니즘이 擦過傷(空氣 또는 기름中의 먼지에 依한)과 腐蝕摩耗이었음을 發見하였다. 이 擦過傷은 空氣의 汙過와 潤滑油의 汙過的 予備補修에 依하여 抑制되는데 空氣汙過器 또는 潤滑油汙過器의 不實에 關聯되는 그 影響을 이겨 낼수 있는 디젤機関車用 潤滑油의 組成을 어떻게 하여야할지 아직은 알수가 없다. 潤滑油組成의 適正한 選択과 適切한 維持를 하므로서 腐蝕摩耗을 抑制하는데 도움이 된다.

機関의 吸入空氣中에 모래를 添加하고 高含黃 燃料油로서 低温에서 機関을 稼動하는 等の 操作이 包含된 機関의 實驗室內 台上試驗에 있어서 相異한 메카니즘이 시린더라이나에 關한 特有的 摩耗浪跡으로 나타났것을 觀察하였다. 이 特有的 摩耗浪跡을 그림 3에 表示하였다.

1975年과 1976年사이에 GEco.에서는 美聯邦 以外的 鐵道에서 高含黃 燃料油로서 輕荷重으로 運行한 機関車로 부터 回收된 여러個의 시린더라이나 部品에 對하여 調査하였다. 여기에서 摩耗形態가 그림 3의 오른쪽 그림에서 보는바와 같이 큰 痕跡을 나타내고 있는 라이나의 Top End部分에서 높은 摩耗를 確認하였다. 이것은

그림 3. 摩耗形狀의 特徵

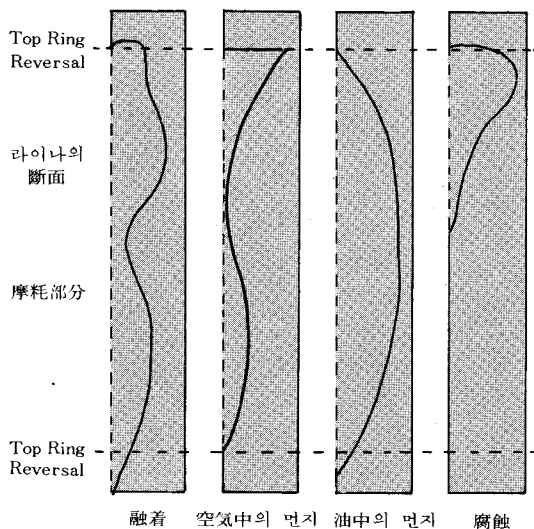


表 5. 動力裝置에 腐蝕摩耗

1. 原因
 - 部品表面에 黃酸의 蓄積
2. 影響
 - 1) 燃料油中の 黃含量
 - 2) 部品の 表面溫度
 - 3) 潤滑油의 알칼리價 水準
 - 4) 燃料의 過給
3. 制御
 - 1) 燃料油中の 黃含量 減少
 - 2) 자켓의 水溫上昇
 - 3) 潤滑油의 알칼리價 維持
 - 4) 燃料분사 系統調節.

勿論 腐蝕摩耗를 意味하는 것이다. 이것은 摩耗를 일으킨 部位에 對한 廣範한 冶金學的 室内 實驗結果 實로 위에서 觀察한 시린더라이나 摩耗의 直接的인 原因이었다는것을 確信하게 되었다. 같은 部位에 屬해있는 피스톤링과 피스톤링 그루브의 調査에서는 너무나 많은 腐蝕發生要因이되는 것을 밝혀내었다. 表 5에 나타낸 바와 같이 動力裝置에 있어서 腐蝕摩耗의 原因은 燃燒室部分에서 生成되는 黃酸의 濃縮이다. 黃酸은 黃分을 含有하는 디젤燃料油의 燃燒過程에서 形成된다. 이들 酸은 結果的으로 보다 部品이 冷却된 狀態로서 輕荷重運轉時에 動力製置에 蓄積 될수있다.

表6. 디젤 燃料油의 代表的 含黃水準

國名	黃分
U. S. A.	0.35%
BRAZIL	1.0 %
REPUBLIC SOUTH AFRICA	0.50%
MEXICO	1.25%

表 6에서 보는바와 같이 美聯邦을 除外한 余他 大部分의 燃料油의 黃含量은 聯邦鐵道에서 使用되고 있는 代表的인 燃料油에 對하여 높다. 우리는 0.5%보다 낮은 黃分含量 水準에서 일어나는 留意할만한 腐蝕摩耗를 發見하였다. 技術文獻에는 燃料油中の 黃含量과 動力裝置의 摩耗에 對한 相関關係를 보여주는 資料가 豊富하다. 또 그 文獻에는 이와같은 摩耗메카니즘에 對抗하기 爲하여 潤滑油中の 알칼리價의 重要性에 關聯된 情報도 収録되어 있다.

그림 4. 摩耗 燃料油의 黃分 및 TBN의 關係

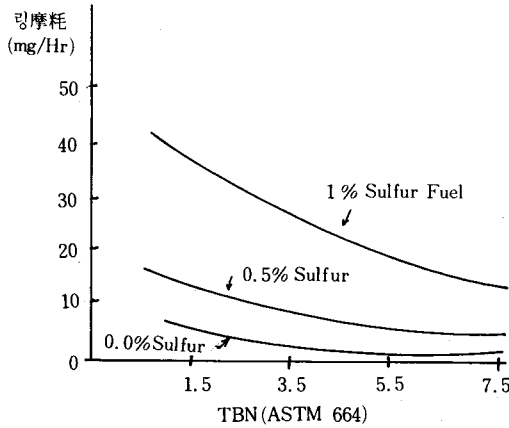


그림 4는 全過程에 鐵道機關車가 使用되어 試驗한 結果中의 하나를 보여준다. 이 境遇에 있어서 即時 摩耗率을 計測할수 있도록 放射性 링들이 機關에 組立되었다. 이 結果에서는 보다 높은 含黃燃料油에는 보다 높은 中和價로 摩耗率을 抑制하지 않으면 안된다는 것에 注目하여야한다. 우리들의 作業에서는 또 動力裝置 摩耗의 抑制에 있어 자켓水溫의 重要性에 關한 다른 研究者들의 報告文을 確認하였다. 그림5는 中位(0.5%)의 含黃燃料油와 두가지 水準의 水溫으로 作業한것에 對한 몇가지 結果를 보여준다.

이 資料에 있어서 따뜻한 (140°F) 자켓水溫에서도 潤滑油의 TBN 2 以下일 때에는 摩耗率이 急激히 增加되고 있는것에 注目하여야 한다. 자켓水溫이 直接的으로 腐蝕摩耗에 關與되는 理由는 問題를 惹起시키는 酸에 依한것으로 이 境遇 金屬의 溫度는 그部位에 酸이 蓄積될수 있

그림 5. 알칼리價에 依한, 腐蝕摩耗의 制御

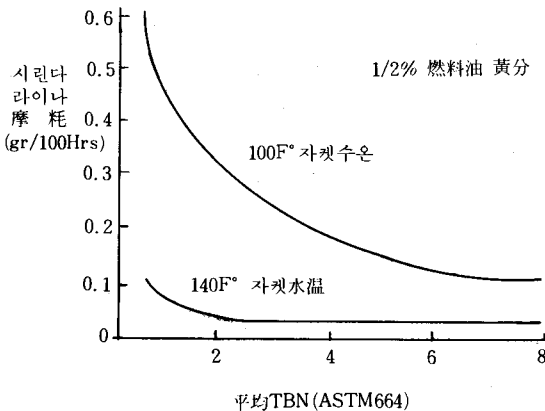
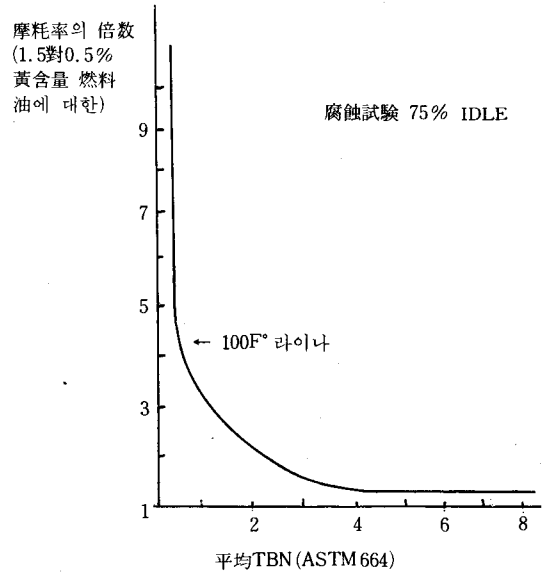


그림 6. 上部라이나 摩耗에 對한 燃料油 黃分의 影響



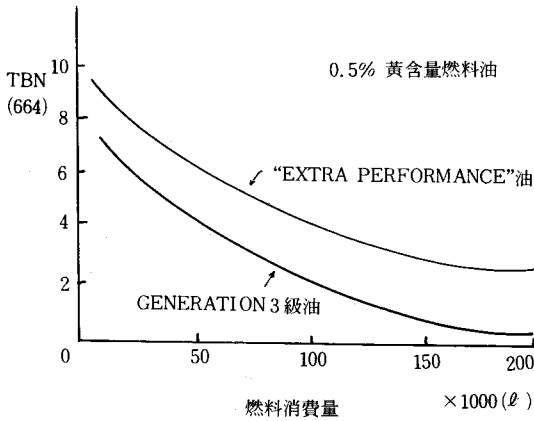
도록 充分히 낮아야 한다. 그림 6은 燃料油中의 黃含量이 0.5% 일때에 比하여 1.5% 일때의 倍數效果를 圖表로서 說明한 것이다. 列事運轉의 形態는 자켓水溫에 直接的으로 影響을 미치므로 腐蝕摩耗에도 影響이 있다는 것을 留意하여 야한다.

遊轉(Idle)이나 또는 低速運轉時에 있어서의 水溫은 全負荷狀態下에서의 冷却水溫보다 낮다. 이와같이 우리들의 作業에서는 燃料油中에 含有된 黃分과 低 冷却水溫에 關한 事實들을 밝히고 높은 알칼리價를 갖는 潤滑油가 腐蝕環境으로 말미암아 惹起되는 摩耗를 防止하는데 必要하다는 事實을 明白히 하였다.

燃料油中 보다 높은 黃含量에는 보다 높은 最少限의 알칼리價가 摩耗管理를 爲하여 要求된다. Extra Performance潤滑油는 燃料油中의 黃分に 依하여 生成되는 酸을 中和하는데 特效가 있는것으로 밝혀졌다. 이것은 中位程度(0.5%)와 높은(1.5%) 黃含有水準의 두가지 燃料油를 使用하여 施行한 全過程 室內엔진試驗에서 確認되었으며 이 潤滑油의 組成에 關한 效果는 여러가지 型의 機關車에 依한 現車試驗結果에서 認定되었다. 또한 이 現車試驗에서 Extra Performance潤滑油에 있어서의 알칼리價의 消耗率이 潤滑油 消費量과 燃料油의 含黃水準의 同一條件下에서 Generation 3級油의 境遇보다 實際로 적었다는 것이 立證되었다.

그림 7. 運轉中の 알칼리価 減少

GENERATION 3級油 對 “EXTRA PERFORMANCE”油



이것을 그림 7에 圖示하였다.

Extra Performance 鐵道機關車用 潤滑油의 使用은 動力裝置의 摩耗減少, 機關部分의 堆積物의 減少, 潤滑油 汙過器의 壽命延長 및 潤滑油의 壽命延長의 效果를 가져 올것이다. 그러므로 可能한限 하루빨리 Extra Performance 油 卽 Generation 4 級油를 採択하여 디젤機關에 使用하도록 勸奨한다. 또한 이 境遇 更油基準에 있어서 알칼리價의 下限許容値를 現在 TBN0.5로부터 2.0으로 올리고 最大 珪탄不溶分 許容値를 現行 3%에서 5%까지 올리도록 勸奨한다.

節約 · 節約 · 節約 ·

에너지 · 에너지 · 에너지