—中小形 內燃機關의 低質燃料油 使用에 關한 分析 및 展望—

主任檢査員 金 聖 福

1. 序 言

오늘날을 燃料代라 일컬을만큼 燃料 即, Energy문제때문에 세계적으로 심각한 곤경에 처해 있으며 이 影響이 우리의 經濟, 社會等의 構造까지 波及되어 세상을 들먹이고 있음을 누구나 잘알고 있는 實情이다. 近來 우리나라를 비롯하여 여러나라에서 高價인 輕質油의 소비가 急增하는데 반해서, 兼價인 重質油 消費의 減少추세를 나타내고 있는 統計가 지배적으로 되어있다. 筆者는 當該紙面을 利用하여 몇몇 先進國들의 實例를 들어서 最近에 漁船을 包含한 船舶主補機의 연료對策, 特히 低質연료유에 關하여 어느정도 研究내지는 試用단계를 거쳐 實效를 거두고 있으며 이에 따르는 問題點에 關聯해서 記述하고져 한다.

2. 重質油의 分解

휘발유나 "납사"等의 輕質油留分이나 燈油 輕油, A重油等의 中間留分의 需要增大와 B, C重油需要의 相對的인 減少를 調整하기 爲하여, 日本의 경우는 輕油와 重油의 JIS(일본공업표준) 規格이 앞서 改訂되었으며, 동일目的으로 장래(將來) 燈油에 關하여도 家庭用 石油스토부에 사용하는데 있어서 문제가 없는 範圍內에서 JIS 규격의 煙點(煙氣가 나지않고 完全燃消 할 수있는 最大의 불꽃크기)을 낮추는 것이 檢討되고 있다. 그러나 이와같은 需給均衡의 문제해결 보다 有利한 手段은 重質油를 分解하여 輕質留分이나 中間留分으로 變化시키는 技術을 確立하는 것으로 믿어진다. 다른나라에 比하여 휘발유의 需要率이 極히 큰 美國에서는 分解裝置가 精製設備로서 분리 導入되어 있다. 일본이나 유럽 선진국에서는 아직 그 比率은 적으나 「重質油 分解委員會」를 設置하여 이 問題를 다루기 始作하였다.

3. 石油精製過程

燃料低質化의 문제에 關하여 理解를 주지시키고져 石油精製過程에 對하여 簡單히 言及코져한다. 2種類이상의 成分을 內包한 混合液體를 그 性分의 沸點差를 利用하여 各各의 成分으로 分離하는것을 蒸留라 한다. 石油精製의 基本은 圖-1에서와 같이 蒸留이며 改質, 調合等의 過程을 거쳐 製品이 된다.

常壓에 있어서는 原油를 350°C이상으로 加熱하면 分解되므로 常壓蒸留殘渣油로부터 윤활유가 되는 留分等을 採取할때에는 壓力을 50mmHg程度까지 낮추어서 減壓蒸留를 한다. 이때 減壓輕油를 採取, 蒸留塔 밑에 남은 것이 減壓蒸留殘渣油이다. 여기까지가 一般的인 石油精製方法이다.

한편 美國에서는 揮發油의 需要를 充足시키기 爲하여 이 減壓蒸留殘渣油를 더욱더 分解하여 分解휘발유나 分解輕油를 採取하는 方法이 一般化되고 있다. 이 方法으로 휘발유나 輕油를 採取한 後의 分解裝置에는 極히 低質인 分解殘渣油가 남는다. 表-1에서는 現在 일본에서 試用되고 있는 輕油와 重油의 調合例를 나타내고 있다 輕油는 輕油留分을 中心으로하여 燈油留分을 少量 混合하였으나 JIS의 改訂에 依하여 重質輕油留分이나 分解輕油留分의 混合도 可能하게 된다

A重油는 輕油留分을 中心으로 하여 殘渣油等을 조금 加한다. B重油나 C重油는 殘渣油를 輕油留分等으로 粘度調整하여 製造한다. 減壓蒸留殘渣油는 道路의 舖裝에 사용하는 아스팔트에

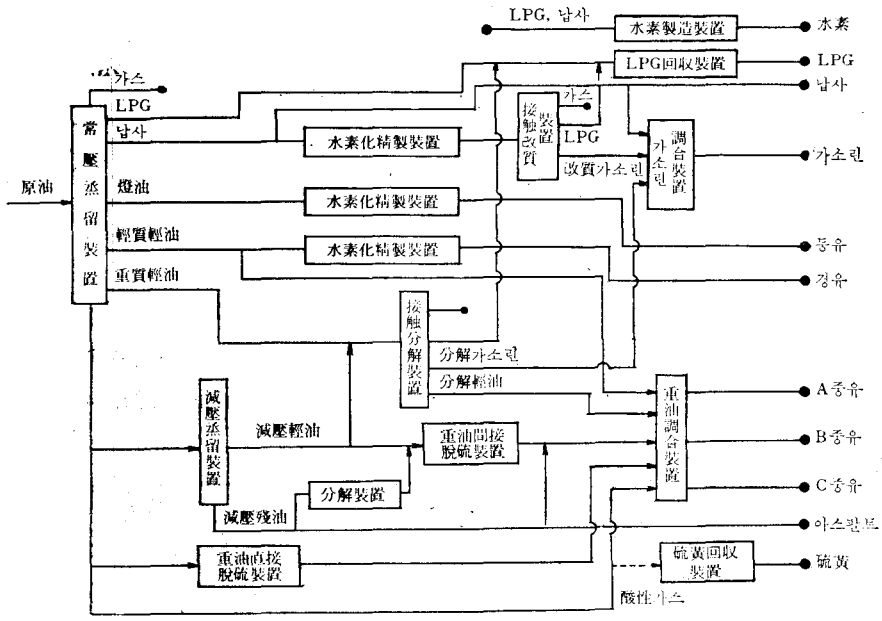

表-1. 輕油重油의 調合

留分	輕油	A重油	B重油	C重油
常壓蒸留燈油留分	○	○		
〃 輕油留分	○	○	○	○
〃 重質輕油留分	※	○	○	○
〃 殘渣油		○	○	○
減壓蒸留輕油留分			○	○
〃 殘渣油			○	○
接觸分解輕油留分	※	○	○	○
〃 殘渣油				○

註) ※表는 지금까지 거의 使用되지 않았다. 上記는 代表例로써 이와 다른 것도 있다.

가까워 極히 粘度가 높은 것이므로 粘度調整用의 輕油를 大量으로 加할 必要가 있다. 그래서 이것을 分解하여 粘度를 낮춤에 따라 混合하는 輕油留分을 節約하는 方法이 取하여 지려고한다. 이것을 "피스프레킹"法이라 하지만 粘度는 從來의 重油와 같이 되어도 그質은 "아스팔트"와 같은 정도로 極히 炭素分이 많은 低質 C重油가 된다.

4. 重質油의 分解方法

石油製品의 主成分은 炭素와 水素이다. 炭素의 數가 적은것, 例컨데 炭素 가-1 水素 가-4의 "메탄"은 都市가스에, 炭素가-3 水素가 8인 "푸로판"은 家庭用의 燃料나 택시等 一部의 自動車燃料로서 使用되고 있다. 휘발유는 炭素가4~12 輕油는 11~22程度의 炭化水素化合物의 混合體이다. 重油는 炭素가 20에서 30 或은 그以上의 길게 連結된 炭素水素로 되어있어 其他 硫黃이나 金屬을 위시한 不純物을 많이 內包하고 있다 이 길게 連結된 炭素를 途中에서 分斷하면 分斷된 炭素의 연결길이에 依하여 分解휘발유나 分解輕油를 얻을 수 있다. 이때 分斷된 切口의 處理를 하지 않으면 않된다. 切口에 水素를 密着시키는 方法과 남는 炭素를 取除하는 方法이 있다 前者의 方法은 水素化分解이고 後者에 屬하는것으로는 熱分解나 接觸分解가 있다. 重質油의 水素化分解는 殘渣油에 包含되는 重金屬이나 "아스팔텐等"에 依하여 觸媒活性이 短時間에 低下하는것, 添加하는 水素가 高價인것, 分解에 상당한 에너지를 必要로 하기때문에 에너지效率이 나쁜것 等, 또한 技術的으로 確立된것은 아니다 그러나 中間留分의 增産에는 適當한 方法이므로 石油製品의 需要 바란스 上으로는 將來 相當規模로 必要하게될 可能性도 있다. 그래서 日本의 경우 重質油分解委員會에서는 中間留分增産형식의 觸媒開發을 行함과 同時에 觸媒毒이 되는 金屬分等을 經濟的으로 除去하는 技術開發을 시도하고 있다. 熱分解에는 비스브레킹法과 "코-킹"法이 있다. "비스브레-킹"法은 앞에서 記術한바와 같이 輕度의 熱分解에 依한 粘度低下方法이

다. 한편 "코-킹"法은 스-팀 存在下에서 殘渣油를 所定의 溫度까지 加熱하여 一部는 輕質留分으로 나머지 重質油를 "코-크스"化하는 方法이다. 이때 副生品인 石油코-크스의 用途開發이나 利用技術의 開發을 할 必要가 있다. 分解方法中에 將來 가장 有望視되고 있는 것은, 接觸分解法이다. 그중에서도 流動接觸分解法(Fluid Catalystic Cracking ; 通稱 FCC라 한다)이 代表的이다.

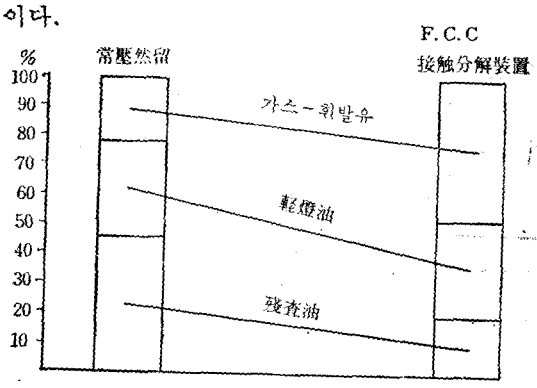

圖-2. 아라비안라 이트原油의 留分得率

"아라비안라이트" 原油를 FCC로 分解하였을 때의 得率의 變化를 常壓蒸留의 境遇와 對比하여 圖-2에서 표시하였다. 여기에서 아는바와 같이 現狀의 FCC는 휘발유의 增產에 알맞는 分解方法으로 中間留分의 得率에 限界가 있으므로 몇몇 先進國에서는 자기 나라의 製品需要에 合致하도록 改良을 推進하는 것이 檢討되고 있는 것으로 알고있다. 또 水素分解를 同一方法으로 原料油中의 重金屬에 依한 觸媒被毒의 問題나高硫黃分 原油의 殘渣油는 먼저 脫硫를 하지않으면 分解되지 않는等의 解決하여야할 얼마간의 問題도 남아있다.

5. 分解輕油 分解重油의 問題點

연료에 있어서 着火性의 標準이되는 "세탄"價는, 常壓蒸留輕油留分에 있어서 60程度있어 充分한 着火性을 가지고 있다. 그러나 分解輕油留分에는 세탄價 20이하의 것도있어 보기에는 같은 輕油라도 이것을 單獨으로 高速디젤기관에 使用하면 始動이나 着火의 늦어짐에 依한 問題가 生길 것으로 본다. A重油의 境遇에도 分解輕油留分을 粘度調整基材의 主體로서 使用되면 같은 狀態가 된다.

한편 分解殘渣油를 베이스로 하는 C重油의 境遇는 比重의 增大에 依한 遠心淸淨機에서 水分分離의 困難性, 粘度增加에 依한 加熱溫度上昇의 必要性, 바나듐, 나트륨, 유황等의 不純物의 濃縮에 依한 惡影響의 增大, 着火性 및 燃燒性의 惡化, 金屬이나 고무에 對한 腐蝕性 等이 있을것으로 生覺된다.

大型船舶의 主機關에서는 이 分解殘渣油를 主體로한 C重油를 直接 燃料로 하여 使用하기 爲한 硏究가 先進國에서는 推進되고 있다. 한편大型船舶의 補機關이나 漁船의 主機關되는 시린더經 200~300mm의 機關에서는, 從來에는 船內의 設備나 機關의 整備 關係에서 重油의 使用은 困難하다고 生覺되어 一般的으로는 A重油가 一部에서는 B重油가 使用되어 왔다. 그러나 昨今의 연료사정의 惡化에 따라 이웃나라 일본을 위시하여 몇몇 선진국에서는 內航船의 主機關 또는 大型船의 一部 補機關에서는 從來의 A重油에서 粘度 1500sec의 C重油로 移行이 되어지고 있으며, 圖-3의 實例(일본)에서 보는바와 같이 大型船 補機關의 大部分은 船內에서 A重油와C重油를 混合하여(混合한 燃料를 一般的으로 「A·C 브랜드油」라 부르고 있다) B重油 相當의 연료를 만들어 使用하므로써 燃料代의 節減을꾀하고 있다. 같은 目的으로 이 方法을 漁船에 應用하는 것이 檢討되고 있다. A重油 使用에서 A·C브랜드油 使用으로 代替할 境過 B重油 使用할때와 같이 C重油의 加熱裝置나 淸淨裝置가 必要하게 되는 外에 「A·C 브랜더」라 불리우는 混合裝置를 機關室에 設置하지 않으면 아니된다 또 A重油 使用時 以上으로 機關의 燃料系統이나 排氣弁의 保守에 유의함과 同時에 라이너나 피스톤링의 腐蝕摩耗, 潤滑油의 汚損 增加에 注意하지 않으면 아니된다. 지금까지는 B重油 使用時와 같으나 A·C 브랜油의 根本이되는 C重油가 分解系의 것일때 親和性의 問題가 크게 크로즈-업 된다. 現在 日本地域에서 入手되는 舶用 C重油는 거의가 常壓蒸留殘渣와 減壓蒸留殘渣를 베이스로 하고있어(이것을 直留系라 한다) 分解系의 것은 거의 出荷되지 않고있다. 一般으

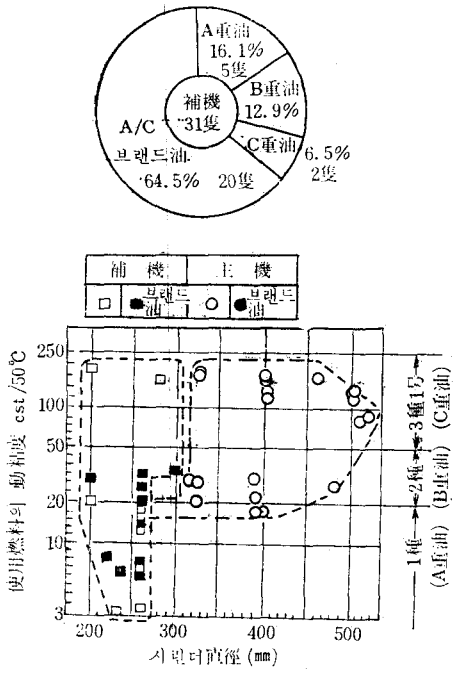

圖-3. 中小型機關의 低質燃料油 使用實態

로 直留系의 重油中에 함유되는 아스팔텐은 均一하게 分散하여 安定된 狀態이지만 分解系 重油에서는 그 狀態가 不安定하여 熱이나 振動 或은, A重油와의 混合이라 刺激을 받으면 急激히 大量의 슬러지를 발생시키는 일이 있다. 그極端的인例로써 粘度 35sec(Red. 1@100°F)度의 輕質油와 3500sec의 重質油를 混合한 때의 슬러지 發生狀況을 圖-4에서 보여주지만 輕質油가 40~50%의 픽크일때 3.5%를 上廻하는 슬러지가 發生하고 있다. 이렇게되면 아무래도 船內에서 處理할 것이 못되어 모두가 손을 들어버리는 상태가 되고 만다. A·C브랜드에 分解系의 重油를 入手할 可能性이 있을때에는 사전에 混合試驗을 하여 安全을 確認한 후 機關에 供給하는 것이 必要하다. 더욱 나쁜 것은 FCC殘渣에는 分解促進을 爲하여 使用하는 觸媒의 一部가 未回收된 채로 殘存하고 있다. FCC의 觸媒는 알루미나, 시리카를 主成分으로하는 粒經 30μm程度以下의 것으로 FCC殘渣를 使用한 C重油中에는 이것이 數百 ppm의 單位로 含有되어 있다고 生覺된다 그硬度는 유리보다 上廻, 그粒經은 機關을 燃料系統이나 라이너와 피스톤링의 硏摩劑로 되는데 에 適當한 크기이다. 따라서 FCC觸媒가 大量으로 混入된 燃料를 그대로 使用하면 短時間에 연료펌푸나 라이너 및 피스톤의 燒付나 異常摩耗가 생겨 運轉不能의 狀態에 빠지는 危險性이 있다.

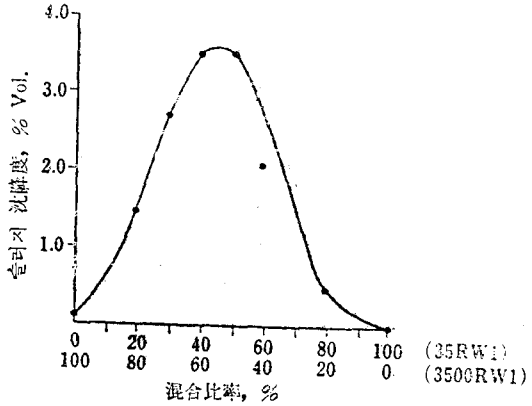

圖-4. 브랜드油의 슬러지 發生例

이와같은 狀態가 되는 것을 避하기 爲하여 遠心淸淨機로서 燃料中의 觸媒를 비롯한 夾雜物을 分離除去하는 實驗을 일본을 비롯하여 先進國에서 하고있다. 圖-5와 같이 通油量을 50~30%로 억제 遠心淸淨을 하므로써 處理前 燃料油중의 夾雜物이 最大粒經 25~30μm였던것이 處理後에는 15~20μm 으로 後退하여, 15μm이상의 大粒經의 것은 어느정도 除去되어 있음을 알수있다. 그러나 表-2에 表示한 處理前後의 燃料중 金屬分析의 結果에서 大體로 보아 觸媒의 절반정도는 除去되지 않고 殘留되어있다고 보고 있다.

圖-6에는 觸媒가 함유된 연료를 사용하였을때의 피스톤링 摩耗率의 實驗結果를 表示하고 있다. 通常의 遠心淸淨으로 연료의 前處理를 하여 30時間 운전한 結果 常壓蒸留殘渣油를 베이스로한 重油의 摩耗率을 1로 하면 減壓蒸留殘渣油를 사용한 A와 "비스브레-커"殘渣油를 사용한B의 摩耗率은 거의 變動이 없으나, FCC殘渣油를 사용한 C와 FCC殘渣油가 들어있다고 推定되는 D의 摩耗率은 뚜렷하게 過大値가 된다. 表-3에 연료유에 起因되었다고 推定되는 障害調査에 依하면, 分解系의 重油 比率이 높은 美國이 보급유량 比率에 對한 障害油 件數比率이 높아져 있다. 또 北美 東岸에서 積込된 C重油에서 FCC觸媒에 起因하는 라이너, 피스톤링의 異常摩耗

表-2. 遠心淸淨前後의 알루미, 시리카濃度 單位 ppm

金屬	分析法	原液	處理條件					
			200l/h		350l/h		550l/h	
			1段	2段	1段	2段	1段	2段
Al	原子吸光分析	20	13	11	11	11	12	9
Si	弗化水素重量法	248	56	49	68	53	70	71

表-3. 補油地別 補油量比率 및 障害件數比率 ('76年~'78年 實積)

補油地	補油量比率		障害油件數比率
	A油	C油	
일본	47.7%	44.4%	41.5%
P.G(紅海·수에즈 包含)	12.8	22.5	14.6
北美西岸(하와이, 카나다西岸 包含)	11.6	9.3	14.6
歐州	7.6	9.2	6.1
北美東岸(Gulf, 五大湖 包含)	4.8	4.2	11.0
싱가폴	4.3	2.8	1.2
파나마	3.4	2.4	0.0
아프리카(라스팔마스 包含)	3.4	2.2	1.2
기타지역	4.4	3.0	9.8
合計	100	100	100

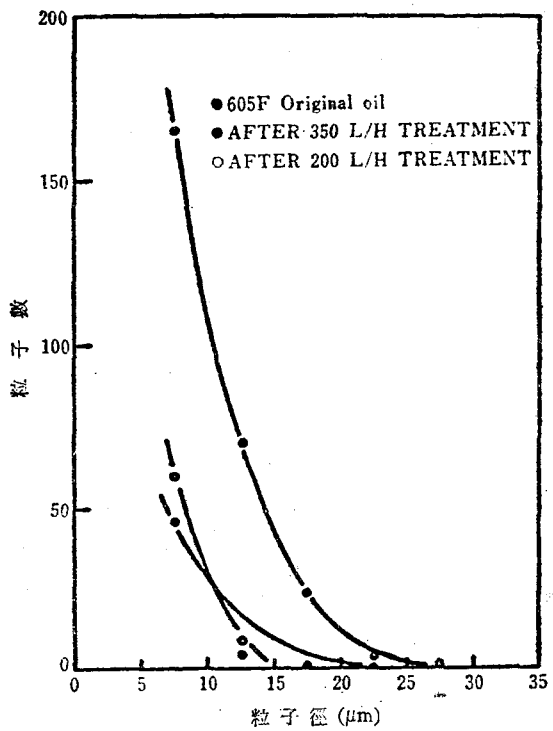

圖-5. 遠心淸淨前後 狹雜物의 粒度分布

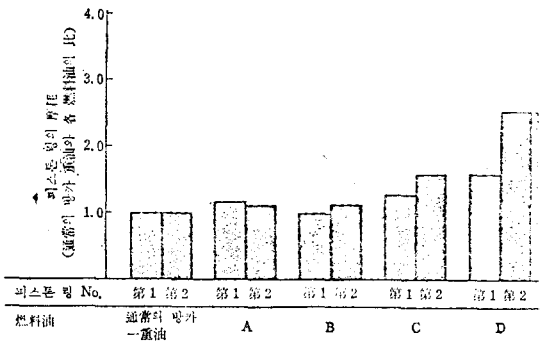

圖-6. 各種低質重油 使用時의 피스톤 摩耗率

나 "스트레나"의 閉塞현상이, 그리고 南美에서 積込된 C重油에서 淸淨障害가 各各 발생한것에서 FCC觸媒가 檢出된 例가있다.

FCC觸媒를 含有한 연료유는 現在에 原則的으로 陸上用 보일러等의 用途에 使用되어 海上用에는 供給되지 않고있다. 그러나 現實에는 舶用機關에 있어 FCC觸媒에 起因하는 障害例가 報告되어 있어 가까운 將來에 石油需給의 바란스를 유지하기 爲하여 FCC裝置가 增設되어 FCC殘渣油의 比率이 增加하였을 때 滑動部分을 많이갖는 舶用 디젤기관에서도 이것을 使用할 必要가 생길 것으로 生覺된다. 現在 그때문에 綜合的인 對應策이 몇몇 선진국에서 檢討되고 있으나 아직 問題解決까지는 相當時間을 要할 것 같다.