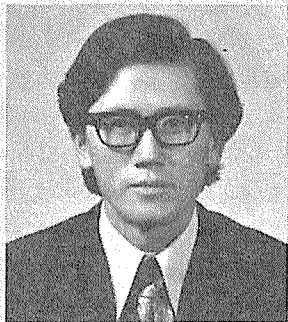


特輯

# 精油社의 에너지消費節約

## 우리會社는 이렇게 에너지節約을 하고있다

### 湖南精油 麗水工場



文 豐 吉  
〈湖南精油 技術部長〉

## I. 머리말

**精**油공장 제조원가 중에서 加熱費가 차지하는 비중은 50%를 넘는다.

매일 수천 드림의 기름을 加熱爐에서 연소시켜야 석유제품을 생산할 수 있다. 加熱爐 크기에 따라서 다소 다르기는 하지만, 加熱爐 1基에서 사용·소비하는 연료는 하루 약 200드림이나 된다. 그러므로 가열로의 열관리는 精油工程의 비용절감에 가장 큰 영향을 미친다. 가열로의 열관리를 제대로 하느냐 못하느냐에 따라 그 정유공장이 제대로 돌고 있느냐 없느냐를 판가름할 수 있다.

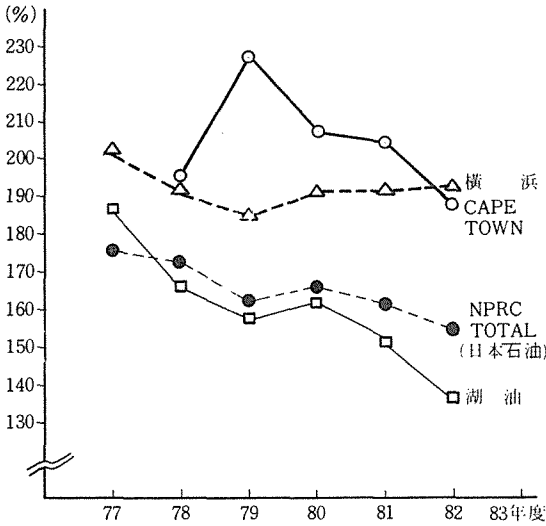
湖南精油 麗水工場에는 工程 가열로가 17基, 폐키지(箱形) 보일러 가열로가 3基, 모두 20基의 가열로가 가동중이다. 17基의 工程 가열로는 2個群으로 나누어져 있다. 그중 1群은 6基의 加熱爐로서 연소한 가스를 第1 廢熱보일러에 보내 가스의 폐열로 水蒸氣를 대량 생산하고 있다.

2群은 11基의 가열로로서 연소한 가스를 第2 페열 보일러에 보내, 역시 수증기를 대량 생산하고 있다. 第1, 第2 페열 보일러를 향해 누비고있는 대형 덕트속으로 폐열을 모아 시간당 30-50톤의 수증기를 廢熱 보일러에서 생산하고 있는 것이다. 웬만한 크기의 장치보다도 더 큰 덕트가 온 공장의 가열로에 모두 연결되어 있다.

이와 같이 거대한 시설을 갖추고 있는 湖油의 페열 보일러는 석유제품의 原価 절감에 큰 공헌을 하고 있다. 圖表에 나타난 바와 같이, 湖油는 칼텍스社의 어느 정유공장에 비하여서도 가장 모범적 熱管理를 하고 있음을 알 수 있다. 圖表 그래프에서 湖油의 熱管理 指數는 73년의 제1차 석유위기 이후 계속 내려가 획기적 향상을 거듭하고 있음을 알 수 있다. 湖油의 열관리 기술은 매년 國際 工程技術會議에 참석, 발표를 통하여 상호 발전상황에 대한 정보를 교환함으로써 合理的, 실용적으로 택하여 소화시키고 있다.

세브론은 美國의 제2위의 精油會社로 칼텍스의 母會社이다. 이번에 세브론은 美國 屈指의 精油會社인 걸프를 흡수, 합병하고 있다. 세브론의 경영, 기술은 세계 최고수준이다. 세브론은 매년 工程技術會議를 개최하고 있고, 칼텍스 傘下 精油會社인 각국의 精油工場 엔지니어가 참석하고 있다. 세브론의 이 기술공정회의에는 數十 精油工場, 연

에너지 消費指數 比較



구소가 각자 발전시킨 기술의 실현 결과를 발표하고 비교평가를 받는다. 湖油의 巨大 熱回收 장치인 폐열 보일러도 이 회의에 상정하여 큰 관심을 끌었던 것이다. 廢熱 보일러를 설치하게 되었던 배경을 상술하겠지만, 폐열 보일러는 우리 실정에 가장 이상적이며, 실질적이며, 효과적인 熱管理시설이다. 工場 全域을 누비는 湖油의 대규모의 廢熱 보일러는 세계적으로 그 類例가 드문 획기적 시설이다. 湖油는 이 시설로서 칼텍스 傘下에서 가장 뛰어난 熱管理 실적을 내고 있다.

두차례의 석유위기 이후, 熱管理 기술은 급진전하고 있다. 여러가지 많은 기술, 아이디어가 쏟아져 나오고 있다. 湖油는 이러한 여러가지 기술을 우리 실정에 합당 여부를 신중히 고려하고, 분석하고, 검토하여 廢熱 보일러의 경제성을 명확히 계산하여 설치를 결정하였던 것이다.

## II. 加熱爐의 熱損失

沸騰點이 낮은 LPG와 나프타는 낮은 온도에서 蒸溜가 가능하므로 加熱源으로서 加熱爐보다는 低壓 蒸氣加熱器가 경제적이다. 그러나 原油의 蒸溜, 燈油, 輕油, 重油, 아스팔트, 溶劑, 航空油 등의 무거운 石油成分은 비등점이 높아 보통 압력의 蒸氣加熱로는 精溜할 수 없으므로 加熱爐를 써서 蒸溜해야 경제적이다.

加熱爐의 열전달은 輻射部와 對流部의 두 부분에서 이루어진다. 輻射部는 불꽃이 보이는 곳에서 불꽃의 輻射熱을 받아 가열되며, 이 輻射部의 온도는 매우 높다. 輻射部 가열후에도 연소가스는 온도가 600~700도나 되므로 다시 對流部에서 가열로에 들어오는 低溫의 原料油를 가열한다. 對流部에서 가열후 굴뚝에서 나오는 燃燒 가스의 온도는 아직도 300-500도나 된다. 이렇게 높은 굴뚝 가스를 대기중에 그냥 내버리면 열손실이 막대하다. 굴뚝 가스의 온도가 每 20도 높아짐에 따라 加熱爐의 열손실이 1% 증가한다. 굴뚝 가스의 온도가 300도이면 열손실이 대략 15%이며, 500도이면 열손실이 25% 정도이다. 加熱爐 1기에 하루 200드럼(평균) 사용하므로 열손실이 20%일 때, 대기중으로 버리는 폐열은 40드럼의 重油를 버리는 결과가 된다. 이와 같이 버리는 굴뚝 가스의 加熱爐 1기만의 廢熱中에서 半만 회수하더라도 하루 20드럼의 重油를 절감하는 것이다. 하루 20드럼의 重油는 연간 7300드럼에 이르며, 금액으로 2億원이 넘는다. 加熱爐가 20기이면 연간 40億원을 절감하는 것이다.

加熱爐의 열손실은 두 가지 요인으로 발생한다. 그 하나는 공기를 燃燒에 필요 이상으로 注入하지 않으면 연소가 이루어지지 않는 것이고, 다른 또 하나는 굴뚝 가스가 加熱爐에 들어오는 대기온도보다 항상 높은 온도로 빠져 나간다는 데에 있다. 굴뚝 가스에는 過剩 酸素가 보통 4~6% 정도 들어 있다. 過剩 酸素 1% 증가에 열손실도 1% 정도 증가한다. 굴뚝 가스가 400도의 온도로 過剩 酸素 5%를 함유하면 熱損失은 25%에 이른다. 과잉산소를 5%에서 2%로 줄이면 열손실이 3% 감소한다. 湖油 加熱爐의 과잉공기는 全工場의 지속적인 노력으로 현재 평균 2.5% 정도까지 향상하였다. 세브론 精油工場의 과잉공기 4-5% 정도에 비하면 대단히 우수한 수준이다. 自然通風式인 湖油의 加熱爐의 과잉공기 2.5% 수준은 세계 어느 精油工場, 石油化學工場에 내놓아도 가장 우수한 수준이다. 湖油는 이 수준의 固守 및 향상을 위해서 최선의 노력을 계속할 방침이다.

加熱爐의 열손실은 굴뚝 가스 온도와 과잉공기의 두 가지 요인 이외에도 몇 가지 요인이 있다. 액체연료의 噴霧 불량과 通風壓 조절불량을 들 수

있다. 연료와 噴霧 蒸氣의 압력차를 적어도 設計 值 이상으로 항상 점검·유지하여야 한다. 通風 壓은 너무 낮아도 너무 높아도 좋지 않다. 너무 낮으면 加熱 爐 구조물 틈새로 공기가 새어 들어와 열 손실이 증가한다. 너무 높으면 연소 가스가 구조물 틈새로 새어나와 危險하다. 연소 가스는 대단히 有毒性이고 腐蝕性인 黃酸 가스를 함유하고 있기 때문이다. 그러므로 加熱 爐 열손실을 크게 나누어 보면, 다음과 같이 요약할 수 있다.

- (1) 굴뚝 가스 온도: 15-25%
- (2) 過剩 酸素 온도: 3-7%
- (3) 噴霧 不良: 0-1%
- (4) 通風 壓 불량: 0-3%

이와 같이 굴뚝 가스 온도는 加熱 爐 열손실중에서 가장 큰 요인이다. 湖油는 굴뚝 가스 온도를 내려 가열로의 열효율을 크게 향상시킬 수 있었던 것이다.

### III. 加熱 爐 熱回收 장치의 비교

加熱 爐의 열회수를 높혀 열효율을 높이기 위해서는 운전방법의 개선과 투자에 의한 시설개선의 두 가지를 병행하여야 한다. 과잉산소를 줄이고 通風 壓을 規定 值 범위로 조절하고, 연료와 噴霧 蒸氣 압력차를 設計 值 이상으로 조절하는 것은 운전방법의 개선에 속한다. 굴뚝 가스의 온도를 낮추기 위해서는 굴뚝 가스의 폐열을 회수하기 위한 시설 투자를 해야 한다. 가열로 굴뚝 가스의 온도를 낮추기 위한 시설개선 방법에는 다음과 같은 방법이 많이 쓰이고 있다.

- (1) 空氣 豫熱器 설치
- (2) 對流部 傳熱 면적을 늘이기
- (3) 對流部 出口에 廢熱 보일러 설치

이 세가지 방법에는 각각 장단점이 있다. 空氣 豫熱器는 加熱 爐의 열효율을 매우 크게 증가시킨다. 空氣 豫熱器 설치에는 豫熱器 자체 뿐만이 아니라, 空氣 注入 送風機 및 驅動機, 굴뚝 가스 흡입 通風機 및 驅動機, 굴뚝 가스中的 黃酸 凝縮 방지를 위한 공기 豫熱器, 대형 가스 덕트 배관, 緊急 운전 정지를 위한 계기장비등 시설투자가 많다. 이와같이 많은 시설에 대한 넓은 敷地가 필요하다. 장비가 많고 복잡하므로 운전상 문제도 많다. 湖油 麗

水공장의 경우, 빈틈없이 들어찬 주공정 시설안에 空氣 豫熱器 시설을 설치하는 것은 거의 불가능하다.

對流部의 傳熱 면적을 증가시키는 것은 加熱 爐 입구의 原料油 온도가 낮으면 가능하다. 原料油가 加熱 爐에 150-170도 정도로 들어오면 對流部의 傳熱 면적을 대폭 늘여서 굴뚝 가스 온도를 200-220도까지 낮추어 加熱 爐의 열효율을 85%까지 올릴 수 있다. 그러나 湖油공장의 경우, 加熱 爐 入口 原料油의 온도는 대개 250도 이상이기 때문에, 對流部의 면적을 대폭 늘인다 해도, 굴뚝 가스 온도를 300도 이하로 낮추기 어렵다. 對流部에서는 輻射部에 비하여 굴뚝 가스의 온도가 매우 낮고, 熱 傳達 係數가 낮아, 적은 熱 回收量에 대해서도 막대한 傳熱 면적이 필요하다. 이러한 문제 때문에 對流部의 傳熱 면적을 증가시키는 것은 경제적으로 합리화시키기 어렵다.

加熱 爐 각각에 대하여 廢熱 보일러를 설치할 경우에는, 대형 가스 덕트 配管이 불필요하고, 送風機도 불필요하여 시설투자비는 空氣 豫熱器에 비하여 매우 저렴하다. 물은 기름에 비하여 蒸發 潛熱이 10배나 크고, 熱 傳達 係數도 매우 커서 폐열회수에 대한 傳熱 面積을 적게 필요로 하기 때문에 시설규모가 적다. 그러나 20개나 되는 加熱 爐 각각에 20개 폐열 보일러를 설치하는 것은 複雜性, 敷地面積의 제한 때문에 불가능하다. 그러나 여러 개의 工程 加熱 爐에서 나오는 굴뚝 가스를 한군데로 모아서, 폐열 보일러에 넣어 水蒸氣를 발생시키면 裝置數를 크게 줄이며, 동시에 敷地 면적도 줄일수 있으므로, 投資費를 현저히 줄일 수 있고, 운전도 매우 간편해지는 탁월한 장점이 있다. 이러한 배경에서 湖油의 第1, 第2 폐열 보일러 프로젝트가 탄생하였던 것이다.

### IV. 廢熱 보일러의 構造와 능력

第1 폐열 보일러는 6基의 工程 加熱 爐 굴뚝 가스를 받아 맨 먼저 過熱 蒸氣 加熱器를 거친 다음, 증기 발생 加熱管을 거쳐, 이코노마이저를 통해 가스 吸入 通風機에 빨려나와 75미터의 높은 굴뚝을 타고 대기중으로 빠져 나가게 되어 있다. 폐열 보일러의 사고에 대비해서 가스 바이패스가 설치되어 있고, 非常時 긴급조치가 자동적으로 作動 措置되

도록 장치되어 있다. 廢熱 보일러 通風壓 조절은 가스吸入通風機의 回轉數를 조절하던가, 通風機 吸入 배인의 열링도를 조절하면 된다. 工程用 加熱爐의 通風壓은 가열로 각각에 달려있는 탬퍼로 조절한다. 第2廢熱 보일러도 第1廢熱 보일러와 동일한 구조로 되어 있다. 第2廢熱 보일러는 11基의 工程 가열로의 굴뚝 가스를 받고 있다. 폐열에 의한 蒸氣發生量을 비교하면 다음과 같다.

	제 1 폐열보일러	제 2 폐열보일러
廢熱에 의한 蒸氣, 톤/시간	24	32
燃料에 의한 蒸氣, 톤/시간	45	27

공장이 停電이나 어떤 다른 이유로 緊急 정지되었을 경우에는 폐열이 없으므로 폐열에 의한 증기 생산이 줄어든다. 대신에 연료를 버너에 넣어 蒸氣 발생을 할 수 있도록 설계되어 있으므로 매우 융통성있는 편리한 구조를 갖추고 있다. 폐열 보일러는 直火 加熱의 패키지 보일러에 비하여 裝置規模가 크다. 輻射方式의 높은 온도차의 熱傳達 방식이 아니라, 순전히 對流方式에 의한 낮은 온도차의 熱傳達 장치이므로 同一 蒸氣발생능력의 패키지 보일러에 비하여 3배의 傳熱面積이 필요하다. 그러나 廢熱 보일러에 보조능력으로 구비한 直火部 蒸氣발생에 대한 傳熱管은 對流部의 넓은 傳熱面積을 공동으로 使用하므로 매우 경제적인 투자액수로 大容量의 보일러를 2基나 확보할 수 있게 된 것이다.

프로세스 가열로는 공정의 負荷 變動에 따라 변화한다. 廢熱 보일러는 프로세스 加熱爐의 굴뚝 가스를 받아 蒸氣를 발생시키므로 폐열에 의한 蒸氣生産量도 끊임없이 변화한다. 蒸氣 生産量 변동을 일정하게 하는 수단으로서 直火加熱式의 補助 蒸氣 발생장치를 덧붙이는 것은 유틸리티 安定化를 위해서 매우 중요하다. 湖油 麗水공장의 製品 生産능력이 하루 160,000배럴이었을 때, 直火式 패키지 보일러 시간당 45톤 증기생산능력의 3基를 필요로 하였다. 제품생산능력을 크게 늘려 380,000배럴 運轉에 폐열 보일러 시간당 45톤 蒸氣 生産능력의 2基만을 추가함으로써 투자비의 막대한 절약은 물론이고 연료절감에 크게 이바지하게 된 것이다. 精油공장의 폐열 보일러로서 湖油의 폐열 보

일러 규모는 세계적으로 大容量이다. 空氣 豫熱器와는 달리 驅動부분이 別로 없기 때문에 平常 運轉에서 고장을 걱정할 필요가 거의 없다.

廢熱 보일러의 바이패스 配管은 매우 중요한 역할을 한다. 폐열 보일러 爐內 압력이 높을 경우 자동적으로 바이패스 탬퍼가 열려 廢熱 보일러를 보호하도록 作動한다. 吸入가스通風機의 事故時에도 자동적으로 바이패스 탬퍼가 열리게 되어 있다. 보일러 스팀 드럼의 액면이 내려갔을 경우에도, 자동적으로 바이패스 탬퍼가 열리게 되어 있다.

### V. 廢熱 보일러의 性能

79년부터 稼動한지 6년이 되는 第1 廢熱보일러는 별문제없이 安定運轉을 계속하고 있다. 加熱管의 熔接部位에서 물의 漏出 사고가 있었으나, 쉽게 정비할 수 있었다. 第1, 第2 폐열 보일러 共히 가동 직후 이코노마이저 부분에 振動이 심하였으나, 보일러 설계제작회사의 전문가가 數次 방문하여 성공적으로 해결하였다.

굴뚝 가스내의 黃酸 凝縮 온도는 約 150도 정도이다. 黃酸의 凝縮을 방지하기 위해서 보일러 供給水의 온도를 150도 이상으로 유지하여야 한다. 150도 이하에서는 黃酸이 凝縮하여 腐蝕이 심하기 때문이다. 굴뚝 가스가 廢熱 보일러를 다 거치고 나와 240도 정도인데, 設計值인 250도 보다 양호하다. 廢熱 보일러의 설치로서 17개나 되던 工程 加熱爐의 굴뚝이 단지 2개의 굴뚝만으로 충분하게 되었다.

75미터의 높은 굴뚝으로 가스를 높이 擴散시킴으로써 지상의 공기를 맑게 하는 데에도 크게 공헌하게 되었다. 廢熱 보일러에서 생산되는 蒸氣는 37氣壓, 溫度 370度の 과열 수증기다. 既存의 直火式 패키지 보일러와 동일한 압력, 온도의 過熱水蒸氣를 생산해서 同一 配管에 공급되어 터빈 驅動용으로 사용하고 있다. 廢熱 보일러는 여러 加熱爐의 굴뚝 가스를 합해서 받아들이기 때문에, 加熱爐가 불완전연소 상태가 되어 檢甞을 발생할 때에, 어느 加熱爐가 檢甞을 내고 있는지 알아내기가 더딘 불편이 있다. 그러므로 各 加熱爐에 檢甞測定 裝置를 설치하는 것이 좋다.

## VI. 廢熱 보일러의 經濟性

78년에 준공한 第1廢熱 보일러의 總 投資額은 400万 달러였다. 81년에 준공한 第2廢熱 보일러의 總 投資額은 920万 달러였다. 투자액을 細分하면 보일러 本体 費用이 약 55%이고, 가스配管과 굴뚝 비용이 45%를 차지하고 있다. 압력이 낮은 굴뚝 가스를 대량 통과시켜야 하므로 直徑이 매우 큰 대형 配管이어야 하며, 管 내부에는 耐火物로 보온하였기 때문에 配管費用이 대단히 비싸다. 廢熱 보일러 2基가 가동 이후 발생한 蒸氣의 總量을 금액으로 환산하면 다음과 같이 요약할 수 있다. 그동안에 換率변동이 있어 달러로 表記하였다.

廢熱보일러 投資費 回收実績  
(投資費에 對한 %)

年度	第1廢熱보일러	第2廢熱보일러
1978	\$ 1,274,599 (31)	
1979	\$ 1,711,382 (42)	
1980	\$ 3,390,841 (83)	
1981	\$ 1,496,992 (37)	\$ 3,115,711 (34)
1982	\$ 1,247,732 (31)	\$ 4,040,369 (44)
1983	\$ 697,245 (17)	\$ 3,463,891 (38)
計	\$ 9,818,791 (240)	\$ 10,620,031 (115)

第1廢熱 보일러 投資費 400万 달러는 80년에 회수가 끝났다. 第2廢熱 보일러 投資費 920万 달러는 83년에 회수가 끝났다. 第1廢熱 보일러는 81년부터 純利益 運轉에 들어가 83년까지 이미 600万 달러 이상의 이익을 발생시켰다. 第2廢熱 보일러는 83年 下半年부터 純利益 運轉에 들어가 83年 下半年부터 84年 4월까지 200万 달러 이상의 이익을 발생시켰다. 앞으로 第2廢熱 보일러는 매년 300万 달러 以上の 純利益을 내게 된다.

## VII. 맺는말

湖油 廢熱 보일러는 工程 加熱爐의 廢熱 회수를 實用的, 경제적으로 成功시킨 大單位 프로젝트였다. 廢熱 보일러는 연료를 태우지 않고서도 蒸氣를 발생시킴으로써 燃料節減은 물론이고 대기를 맑게하는 데에도 큰 공헌을 하고 있다. \*

## □ 에너지뉴스 □

### 日本 東京市の 쓰레기發電 事例

東京市는 매일 19,000톤의 쓸만한 쓰레기가 폐물이 되는 것을 방지하지 않고 電力生産에 이용하고 있다. 東京의 13개 쓰레기燒却工場 중 11개 공장은 총 56,400KW의 전력생산능력을 가진 發電機를 갖추므로써 東京市는 82회계연도에 약 7억 5천 4백 9십만엔(335만달러)를 가외로 벌어들일 수 있었다. 한편 같은 해에 3억 9천 1백 5십만엔(174만달러) 상당의 각종 쓰레기 50,369톤을 회수했으며, 回收나 燒却이 불가능한, 연 약 3백만톤의 쓰레기는 공장 및 공원건설부지 마련을 위한 東京灣의 간척공사장에 매립물로서 이용된다.

쓰레기를 돈으로 바꾸는 생각은 82년 12월 8백만달러의 쓰레기 소각 및 발전소가 가동에 들어간 수기나미住宅地에서 가장 인상적으로 찾아볼 수 있다.

여기의 특징은 민간회사에 파는 5천내지 6천KW의 증기발전에너지가 아니라 그 에너지가 公共의 이익에 이용되고 있는 効率性이다. 코토 및 카쓰시카地에 있는 다른 공장들은 각각 15,000KW 및 12,000KW의 더 많은 에너지를 생산하지만, 수기나미는 처음으로 「쓰레기發電」을 통해 현지의 공공복지 및 오락시설을 운영하였다.

매일 3백 내지 6백톤의 쓰레기소각에서 수집되는 잉여에너지는 인접한 수기나미지구의 오락 및 복지센터에 動力, 照明 및 熱을 제공하는데 이용되고 있다. 여기 저기 퍼져 있는 초현대식 시설 안에는 두 개의 대형가열수영탕, 도서관, 체육관, 공중목욕탕 및 노인회관이 들어 있다. \*