

## 日本石油精製技術의 現況과 展望 ①

# 石油精製技術의 課題와 対応

- 大韓石油協會 弘報室 -

### 1. 燃料油製品의 需要動向

1970년대에 시작된 OPEC에 의한 잇달은 原油價格인상의 결과 日本의 석유제품수요는 경기침체와 省에너지, 代替에너지에의 전환 등의 요인으로 B-C油, 나프타를 중심으로 급속하게 감소하기 시작했다.

〈表-1〉은 77년 이후 燃料油의 內需動向을 나타낸 것으로 77년 이후 燃料油 전체의 수요는 무려 20%나 감소되고 있다. 이 가운데에서 수요가 증가한 것은 代替에너지가 존재하지 않는 휘발유, 제트油, 輕油 등 이른바 수송용 燃料이며, 燈油와 B-A油는 감소하고 있다.

한편 燃料油 전체에서 차지하는 각 제품의 구성비를 보면, 나프타와 B·C重油외에는 모두 늘어나고 있는데 구성비로 볼 때, 輕質化가 빠른 템포로 진행되고 있음을 알 수 있다.

한편 세계原油시장은 계속적인 수요감소와 非OPEC수출국의 대두로 Buyer's Market로 이행되고 있는 가운데 지난 3월 OPEC의 原油價格인하로 세계원유시장은 새로운 단계로 접어들었다.

다시 말하면, 원유시장도 일반시장과 마찬가지로 수급균형을 기초로 한 經濟原理에 지배를 받게 되었다. 한편 앞으로 신규油田발견량도 계속 늘어날 것으로 기대되고 있으며, 油田의 회수율도 기술혁신에 의한 향상이 이루어지고 있고, 適正한 가채연

〈表-1〉 燃料油內需実績과 展望

〈其1〉 77年度指數=100으로 한 경우의 各 製品의 需要變化

		揮発油	나프타	제트油	燈油	輕油	A重油	B·C重油	燃料油 計
實績	77年度	100	100	100	100	100	100	100	100
	78	107.5	100.0	108.7	106.2	110.9	108.7	97.8	102.5
	79	109.5	95.8	118.1	102.1	119.0	108.3	96.1	101.7
	80	109.6	75.2	123.2	98.1	118.9	102.5	81.0	91.2
	81	112.0	66.0	118.6	98.4	120.0	97.9	69.3	84.8
	82	112.1	61.0	114.3	92.2	121.9	92.9	60.8	79.6
推定	83	113.3	57.5	111.4	93.3	123.1	88.1	55.1	76.4
	84	116.2	58.8	115.9	95.0	127.4	89.0	55.2	77.7
	85	118.8	60.0	119.9	96.4	131.4	91.2	54.6	78.7
	86	121.2	61.0	123.7	97.7	135.1	93.5	53.5	79.4
	87	124.0	62.2	127.4	99.1	138.6	95.7	52.4	80.1

〈其2〉內需構成比率의 變化

		揮發油	나프타	제트油	灯 油	輕 油	A 重油	重 油	燃料油 計
實 績	77年度	13.7	15.2	1.0	10.5	7.9	9.0	42.7	100
	78	14.4	14.9	1.1	10.9	8.5	9.5	40.7	100
	79	14.8	14.4	1.2	10.5	9.3	9.5	40.3	100
	80	16.5	12.6	1.4	11.3	10.3	10.1	37.8	100
	81	18.1	11.9	1.5	12.2	11.2	10.4	34.7	100
	82	19.3	11.9	1.5	12.2	12.1	10.4	32.6	100
推 定	83	20.3	11.6	1.5	12.8	12.7	10.3	30.8	100
	84	20.5	11.5	1.6	12.8	13.0	10.3	30.3	100
	85	20.8	11.6	1.6	12.8	13.2	10.4	29.6	100
	86	21.0	11.7	1.6	12.9	13.5	10.6	28.7	100
	87	21.3	11.7	1.7	13.0	13.7	10.7	27.9	100

수는 앞으로도 장기간 유지되리라는 것이 일반적인 견해라는 점에서 볼 때, 현재의 회수기술을 기준으로 볼 때, 원유의 可採年數는 30년을 훨씬 넘어서고 있으며, 회수기술의 진보에 따라 이 수치는 더욱 증가할 것으로 알려지고 있다.

이와 같은 정세하에서 日本石油連盟은 지난 8월에 「石油는 머지 않아 고갈되고 공급이 불안정하다는 인식하에 이루어진 성급한 脫石油정책을 재검토, 앞으로도 계속 石油의 主宗에너지源으로서의 위치를 견지해 줄 것」을 건의한 바 있다. 그런데 원유의 전망에 대한 불안감은 없으며, 수입原油의 重質化와 低質化의 경향도 단기적으로는 큰 문제가 아니다.

여기에서 참고자료로 美國의 석유제품의 수요동향에 관해 지난 3월 NPRA에 발표된 2개의 보고서가 있는데 이것을 〈表-2〉에 소개한다. 이 표에서 보면, 수치의 차이는 있지만 美國에서의 특징은 총수요의 감소추세 속에서 수송용 연료로서는 휘발유가 감소하고 輕油는 증가추세를 보이고 있다. 석유정제 측면에서의 처치방법에도 이것이 그대로 반영되고 있다.

또 앞으로의 수요예측에 있어서 큰 變數로 작용할 것으로 보이는 產油國의 하류부문진출(Export Refinery)에 따른 제품수입압력의 증가문제가 있으나 최근의 逆요일쇼크로 產油國의 정유공장건설계획은 연기되거나 중단되고 있어 80년대에는 큰 문제가 되지 않으리라는 견해가 지배적이다. 예를 들면, 1990년에 가서 290만B/D(81년 실적 170만B/D) 정도로 알려지고 있다.

〈表-2〉 美國의 燃料油製品의 需要予測

SRI International (單位: 10<sup>6</sup> bbl/d)

	1980	1982	1990	2000
揮 發 油	6.6	6.4	5.0	4.5
제 트 燃 料 油	1.1	1.1	1.3	1.5
加 熱 油	1.8	1.6	1.6	1.4
디 젤 輕 油	1.1	1.1	1.6	1.8
殘 渣 重 油	2.6	1.7	2.0	1.8
其 他	3.7	2.9	2.9	3.3
合 計	16.9	14.8	14.4	14.3

The Pace Company Consultants & Engineering Inc.  
(單位: 10<sup>6</sup> bbl/d)

	1978	1985	1990	2000
揮 發 油	7.4	5.9	6.0	6.3
제 트 燃 料 油	1.04	1.15	1.24	1.27
디 젤 輕 油	1.26	1.66	2.21	2.1
No.2 燃料油(加熱油)	2.0	1.9	1.9	2.0
殘 渣 重 油	3.7	2.7	2.3	2.4
(揮發油 / 中間溜分比)	1.72	1.24	1.12	1.0

이상이 지금까지 정제기술의 환경추이와 장래예측인 바, 이를 정리하면 다음과 같다.

① 日本에서 수요증가가 확실히 기대되는 석유제품은 휘발유, 제트油, 輕油 등의 수송용 연료뿐이다.

② 灯油, A重油 등의 代替에너지와 공존하는 분야에서는 경쟁할 수 있는 가격이 되지 않을 경우 수요증가는 기대할 수 없다.

③ 수입원유가 앞으로 重質化된다는 우려는 단기적으로는 중요하지 않으며, 원유의 공급안정은 앞

으로도 계속될 전망이다. 그러나 원유의 조달면에서 우위에 서기 위해서는 어느 정도의 重質原油도 처리할 수 있는 체질이 필요하다.

이와 같은 전제를 기초로 앞으로 日本의 석유정제기술을 전망해 보고자 한다.

## 2. 精製工程上の 초점

가동률의 저하와 B—C油의 收率감소를 基調로 한 최근의 정제공정은 10년전 B—C油 低硫黃化를 중심으로 한 그것과는 초점이 상당히 다르다.

현시점에서의 주역은 接觸分解(FCC)이다. 1960년대에 水素化分解가 美国에서 화려하게 등장했을 때 제품收率의 플렉시빌리티와 액체제품수율을 높이기 위해 接觸分解를 대체할 수 있는 주역의 기술로 기대되었으나, 美国에서는 그 후에도 접촉분해가 주역의 자리를 차지해 왔고, 日本에서도 최근에 접촉분해장치가 정제장치중에서 최고의 가동률을 보이고 있다.

接觸分解프로세스는 라이저 크래킹, 제오라이트 촉매의 사용, 原料油의 수소화정제, 再生방법의 진보 등에 의한 액체제품 수율의 대폭 증대가 이루어지는 등 기술면에서의 진보가 현저하고, B—C油 收率을 낮추는 것도 경제적인 방법으로 하여 日本에서는 앞으로도 主役으로서의 지위가 계속될 것으로 보인다.

그러나 그 내용은 종래는 低分解率로 分解輕油를 증산하는 데에 큰 의의가 있었던 점에 대해 앞으로는 揮發油 増産型의 본래의 형태로 돌아가는 경향이 강해질 것으로 예상된다. 그것은 휘발유제조업의 주역인 접촉개질장치의 원료나프타(HSR)의 量이 低原油처리량이나 灯油증산의 정유계획을 위해 충분히 확보하지 않고, 휘발유제품중의 分解휘발유의 비율을 늘림으로써 균형을 유지하는 경우가 많아지고 있기 때문이다.

한편 美国에서는 휘발유수요가 정체되고 있어 접촉분해장치를 신증설하는 경우는 적고, 오히려 原料油에 殘渣油를 사용하는 시도가 많이 보고되고 있다. 日本에서도 殘渣油의 혼합처리에 의한 원료유의 물량확보를 꾀하는 경우도 추진되고 있어 앞으로 접촉분해의 원료重質化에 관련된 기술개발과 실용화가 더욱 진전될 것으로 보인다.

接觸分解와 함께 각광을 받고 있는 것이 重油수소화탈황장치(직접탈황, 간접탈황)의 분해율의 향상이다. 이것은 탈황장치의 負荷가 낮아지는 것을 이용하여 운전조건을 過酷하게 하여 분해율을 높이는 데서 시작하여 현재는 사용촉매를 脫黃型과 分解型을 혼합한 방법이나 反應塔을 증설하여 대응하는 방법 등 여러가지가 있는데 직접탈황장치의 경우에는 原料油를 常壓殘油單體에서 減壓殘油를 더하는 등 원료重質化도 추진되고 있다. 그러나 重油탈황장치에 분해기능을 추가한다는 것은 촉매의 개량이나 水素分壓을 상승시키는 방법 등 기술진보가 기대되는 분야이다.

이 밖에 정제공정상의 문제로서는 灯油收率 향상의 문제가 있다. 灯油수요는 오히려 감소추세에 있지만, 원유처리량의 감소율이 크기 때문에 對原油收率은 향상시킬 필요가 있다. 따라서 灯油의 初溜點을 가볍게 다루는 경향이 해마다 진전되고 있어 접촉개질원료(HSR)가 경질화되고 또 수량도 감소추세를 보이고 있다.

휘발유제조장치의 능력을 접촉개질장치에서 접촉분해장치로 전환시켜야 하는 이유의 하나는 이때문인데, 원료경질화에 의한 접촉개질장치의 過酷度의 상승은 앞으로 無鉛고급휘발유제조와도 관련되어 중요한 초점이 될 것으로 예상된다.

## 3. 重質油分解에의 기대

重質油分解의 필요성이 지적된지 오래지만, 그동안 접촉분해장치의 신증설, 重油水素化탈황장치의 분해능력향상 등의 實장치의 개조로부터 VRDS나 열분해장치 등의 신설에 이르기까지 이미 重質油分解는 현실화되고 있다. 또 重質油分解研究組合의 연구개발도 實証化단계에 이르고 있다. 일반적으로 말하는 좁은 의미의 重質油分解는 아스팔텐분이 적 으면서도 대부분을 분해하는 보틀리스 프로세스를 가리키지만, 여기에서는 B—C油 溜分을 감소시키는 프로세스 全体인 넓은 의미의 重質油分解를 대상으로 생각해 보고자 한다.

간접분해는 접촉분해나 수소화분해의 대표적인 방법으로 기술적으로는 완성된 방식이다. 常壓殘油를 베이스로 B—C油를 제조하는 경우에 비해 간접분해 원료채취 후의 減壓殘油分을 分解輕油로 커트

백하여 B-C油를 제조하는 방식은 B-C油 제조량을 70% 정도 감소시킬 수 있다. 이 방식은 직접분해에 비하면 물론 B-C油收率의 감소효과가 적지만, 분해코스트가 저렴하고 특히 기존 분해장치의 확장이나 개조로 대처할 수 있는利點이 있다. 게다가 직접분해의 경우에서 볼 수 있는 原油의 종류·性狀의 영향이 적다는 점도 유리하다. 그래서 대부분의 정유공장에서는 우선 간접분해로 輕質化를 추진하는 사례가 많다.

앞으로 간접분해의 초점은 간접탈황장치의 촉매 교환이나 개조에 의한 마일드 하이드로크래킹이 어느 정도 진척될 것으로 예상된다. 이 경우 기술면에서 앞으로 기대되는 것은 水素分圧향상의 방법, 低水素分壓에 견딜 수 있는 촉매의 개발, 원료유의 물량확보대책(溶劑脫瀝 등) 등으로 예상된다.

직접분해에는 여러가지 문제와 이에 대한 여러가지 견해가 있지만, 이를 요약하면, ① 일반적으로 코스트가 높다는 점, ② 原油의 종류에 따라 영향이 크다는 점. (특히 촉매프로세스에 있어서) ③ 분해제품이나 分解殘渣의 품질면에서 문제가 있다는 점, ④ 코크스, 피치, 低칼로리의 가스 등의 부산물의 처리에 문제가 있다는 점등을 지적할 수 있다. 그럼에도 불구하고 계속 직접분해의 필요성이 강조되고 있는 것은 그 경질화효과가 크기 때문이다. 직접분해는 過酷度가 높기 때문에 단독으로는 경질유 제품을 만들기는 어렵기 때문에 직접분해제품을 2次分解하는 방식, 즉, 간접분해와 혼합하는 경우가 많다.

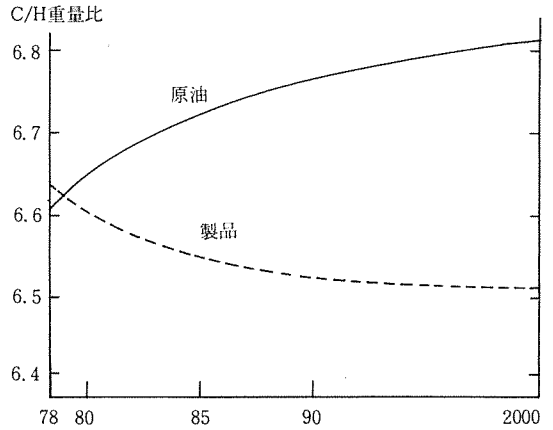
직접분해와 간접분해의 혼합중에서 어느 방식이 앞으로 유망한가에 대해서는 케이스 바이 케이스로 우열을 가리기는 어렵다.

美國에서는 原油의 輕質化가 진행되는데다 輕油 수요가 증가하리라는 전제로 볼 때 코커(직접분해)와 水素化分解(간접분해)의 혼합이 경제적인 방법이라는 보고가 있다.

그것은 原油의 평균 C/H比가 상승하고 또 殘渣重油, 휘발유의 수요가 감소하여 輕油나 제트油가 늘어남으로써 全製品의 평균 C/H比가 감소하는 경향(그림-1) 하에서는 개조나 신설하는 프로세스는 탄소제거(코커)나 수소첨가(수소화분해)의 프로세스가 될 수 있는 것이다.

日本의 경우는 휘발유와 輕油의 2 제품을 중심으

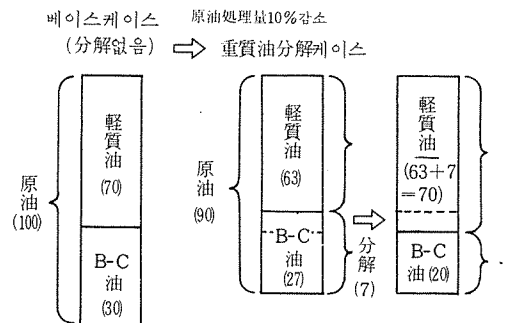
〈그림-1〉 炭素/水素比의 傾向



로 한 프로세스가 되고 있기 때문에 접촉분해와 수소화분해의 균형이 표준적인 견해가 되고 있다.

重質油分解코스트계산에 있어서 유의해야 할 점은 단순히 重油를 줄여 경질유를 생산한다는 卓上의 코스트계산으로서는 안된다는 것이다. 앞으로 수요 증가가 기대되는 것은 휘발유, 輕油뿐(제트油는 量이 적기 때문에 무시한다)이며, 그 증가속도도 완만할 것이다. 따라서 大型重質油분해장치가 확대될 경우 금방 경질유는 공급과잉이 되고 말 것이다. 이런 점을 감안할 때, 경질유수요를 일정하게 유지하면서 B-C油만 감소시키는 경우도 想定할 필요가 있다. 〈그림-2〉는 이를 나타낸 것으로서 이 경우에 원유처리량은 베이스 케이스보다 감소하고, 제조되는 輕質油품코스트는 分解코스트만큼 높아지게 된다. 따라서 원유와 B-C油의 가격차가 페이아웃의 관건이 되고 있다.

〈그림-2〉 重質油分解方法(輕質油製造量이 일정할 경우)



또 한가지 고려해야 할 점은 제품수요구성을 일정하게 유지하는 경우 原油対応(경질원유를 수입정제하는)과의 경제성비교를 하는 것이다. 이 경우에는 輕質原油와 重質原油간의 가격차가 주요 요인이 되지만, 이것은 유동적이다. 예를 들면, 분해장치에 余力이 있는 美国이 값싼 멕시코의 重質 마야原油를 選好하여 처리한 결과, 최근 이 原油는 배럴당 1 달러가 상승했다. 바꾸어 말하면, 重質油분해장치가 없어도 輕質原油가격이 상승하는 요인도 되기 때문에 그 원충적으로 重質油분해장치가 어느 정도는 필요하다.

결국 重質油分解의 코스트계산은 현실의 市況(원유와 제품)과 수요동향에 따라 이루어져야 하지만, 코스트절감을 위해 앞으로 더욱 기술면에서 기대되는 것은 휘발유에서 輕油에 이르는 액체제품의 收率증대를 위한 촉매의 개발이나 프로세스에 대한 연구, 수소의 低코스트化, 부산물의 효과적 이용 등을 지적할 수 있다.

#### 4. 低負荷運轉体制화와 효율화

重質油分解만큼 화려하지는 않지만, 실제로도 중요한 문제로서 정유공장의 低負荷가동체제하에서의 운전효율화의 문제가 있다.

수요감퇴에 따른 과잉설비의 처리에 있어서는 원유처리능력의 16%에 해당하는 97만B/D의 감축이 결정되었으나, 실제 가동률은 더욱 낮아 후속장치나 분해장치 등을 제외하면, 비슷한 추세를 보이고 있다.

현재 정유공장들은 유틸리티설비를 포함하여 高가동률 때에 효율이 높게 설계되어 있어 앞으로 장기적으로 低가동률운전이 계속될 경우에는 그 상태하에서의 효율개선이 필요하게 될 것이다. 구체적으로는 에너지절약형 설비(열교환기등)의 재검토, 精溜塔의 精溜度 향상, 개질장치의 低圧化에 의한 개질휘발유 및 수소발생량의 증가, 컴퓨터에 의한 운전 관리밀도의 향상, 정유공장의 用役밸런스의 재검토와 최적화 등이 지적되고 있으며, 남아 도는 장

치나 설비의 유효이용도 고려대상이 될 수 있을 것이다.

#### 5. 앞으로 期待되는 技術開發

수요감퇴가 장기화하는 정유업계에서 앞으로 기대되는 기술의 연구개발에 있어서는 여러가지 견해가 있는데 이를 소개하면 다음과 같다.

SRI International

- (1) 天然가스에서 中間溜分の 직접 합성(제오라이트 촉매 사용)
- (2) 重質油분해에 있어서 輕油收率의 향상과 殘油수소화탈황코스트의 절감.
- (3) 플렉시코킹 프로세스에 있어서 水素源으로서의 中칼로리 가스의 제조(현재는 低칼로리 가스)

The Pace Company Consultants & Engineers Inc.

- (1) 劣質코크스 및 殘渣油의 취급 및 연소기술
- (2) 접촉분해  
分解輕油收率의 향상  
내메탈성이 높은 촉매  
메탈오염촉매의 재생
- (3) 정유공장 전체시스템의 컴퓨터에 의한 최적화
- (4) 에너지절약형의 분리기술
- (5) 바이오로지컬 프로세스
- (6) 水素化精製, 수소화분해촉매의 개량
- (7) 高부가가치제품의 개발

이러한 기술은 美国을 대상으로 한 것이지만, 日本에서도 바람직한 개발분야가 될 것이다. 이 밖에 日本의 석유정제의 입장에서 본 바람직한 기술개발로서 생각할 수 있는 것은 다음과 같다.

- (1) 重質油분해제품의 품질면에서 약점을 보완할 수 있는 첨가제의 개발.
- (2) 重質油분해로 생긴 라이트 엔드(C<sub>1</sub>~C<sub>4</sub>)로부터의 휘발유~輕油級의 액체제품의 합성
- (3) 석유화학분야와의 원료·반제품의 적극적 상호이용.
- (4) 수소관계기술의 개발(제조 회수, 저장, 수송 등) \*