

정유제품 생산공정의 유틸리티에 대한 환경측면평가

정종연, 곽종명, 허 탁

(건국대학교 화학생물공학부)

An Assessment of Environmental Aspects of Utilities in the Production Process of Petroleum Refinery Products

Jongyeon Jung · Jongmyung Gwak · Tak Hur

(School of Chemical and Biological Engineering, Konkuk University)

ABSTRACT

While there may be many different goals involved in the LCA study of a product, the goal of the present study is to construct LCI databases of petroleum refinery products(oil, diesel, naphtha) and to identify the key issues associated with the product system. One of the key issues identified is the use of utilities in the process of petroleum refinery products. Utilities associated with the product system are examined in more detail to find out the main unit processes which require relatively large amounts of utilities.

Key Words : LCA, gasoline, diesel, naphtha, utility

요 약 문

한 제품에 대하여 전과정평가(Life Cycle Assessment; LCA)를 수행하는 목적에는 여러 가지가 있을 수 있는데, 본 연구에서는 석유화학산업의 최상위공정인 정유산업에 대한 국가 환경데이터베이스를 구축하고, 공정의 개선점을 찾기 위한 연구 수행시 유용한 정보를 제공하기 위해서 각 제품에 대해 어떤 유틸리티가 환경영향을 많이 유발시키는가를 파악하고, 이렇게 규명된 유틸리티들을 대상으로 각 제품에 대해 어떤 단위공정이 가장 큰 기여를 하는가의 key issue를 규명하였다. 이는 향후 관련 연구에 참고사항으로 이용될 수 있을 것이다.

주제어 : 전과정평가, 휘발유, 경유, 납사, 유틸리티

I. 서 언

최근 환경에 대한 관심이 증대되고 있으며, 환경 개선을 위한 다양한 노력들이 이루어지고 있다. 이러한 환경개선에 대한 관심과 노력은 최근의 경향이 아니라 과거부터 다양한 형태로 이루어졌었지만, 현재에 나타나는 여러 환경파괴 현상들로 인해 기존의 환경개선의 노력들에 대한 재검토가 이루어지게 되었다. 이러한 재검토를 통해 나타난 문제점 중의 하나는 기존의 환경개선 노력들이 사용 및 폐기 단계

와 같은 단일 단계에 대한 평가와 개선이 주류를 이룬다는 것이다. 그 결과, 그 환경영향이 다른 단계로 이동하는 현상이 종종 발생하여 총량적으로는 환경 개선이전과 동일하거나 오히려 악화되는 경향이 발생한다.

이러한 문제점을 보완하기 위해서 최근 각광을 받고 있는 환경영향평가방법이 전과정평가(Life Cycle Assessment)인데, 이 방법은 제품이나 서비스의 전 과정 즉, 원료획득에서부터 생산, 수송, 폐기 및 재활용까지를 걸쳐서 발생하는 환경영향을 분석하고 이를 토대로 환경개선 기회로 삼는 방법이다. 이 방법

은 국제표준화기구(ISO)에서 환경성을 평가하는 방법으로 채택하고 있으며, 국내에서도 환경부에서 추진중인 환경성적표지제도(Type III)의 평가도구로 활용되고 있는 등 국내외적으로 많은 적용과 활용이 이루어지고 있는 실정이다.

전과정평가는 제품이나 서비스에 대해 단위공정별로 투입/산출물에 대해 정량화하여 각 단위공정별로 환경성을 평가하고 중요도를 판단하여 개선의 우선순위를 설정하기도 한다. 하지만 실제 산업현장에 적용하는데 여러 어려움이 존재하는데 그 이유는 제품이 여러 경로를 통해 생산되고 공정이 복잡한 경우, 하나의 제품을 기준으로 원료와 유틸리티의 사용량을 단위공정별로 정량화하는 것이 어렵다는 것이다.

본 연구에서는 정유산업에서의 복잡한 유틸리티 흐름을 대상으로 각 단위공정별로 투입/산출되는 양을 정량화하여 각 제품에 대해 유틸리티별 환경영향을 분석하고 어떤 단위공정이 key issue가 되는가를 밝힘으로써 공정개선시 유용한 정보를 제공하게 될 것이다. 또한 multi-product system에서의 단위공정별 유틸리티의 산출방법도 설명하였다.

II. 정유제품의 전과정평가

1. 목적 및 범위 정의

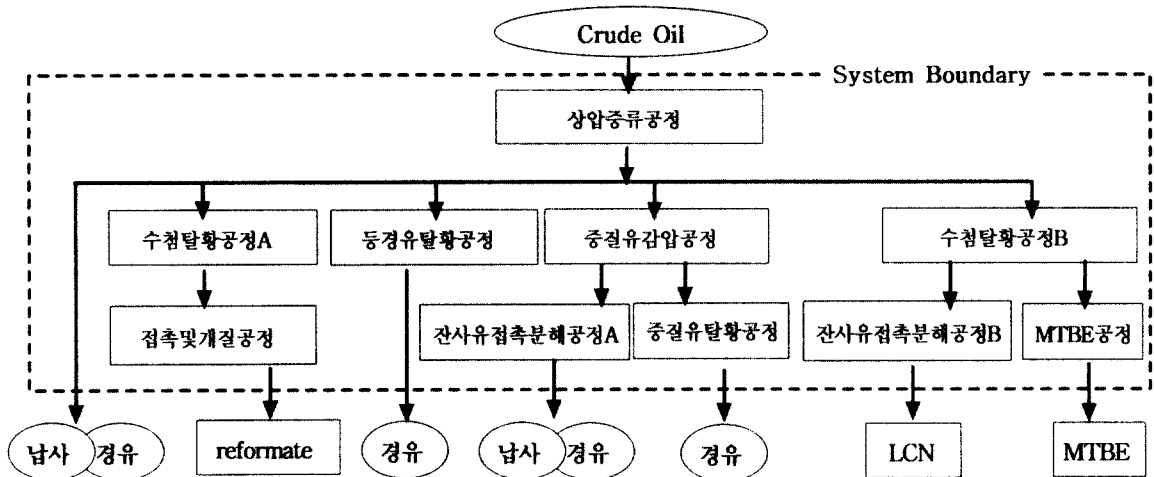
본 연구 목적은 대표적인 화석연료인 gasoline과

diesel, 석유화학제품의 기초원료인 naphtha에 대한 전과정평가를 수행하는 것으로, 단위공정별 및 생산제품별 데이터를 정량화 한 후 발생하는 환경영향을 평가하여, 공정 개선을 위한 정보로 활용한다.

대상제품의 기능을 살펴보면, gasoline 및 diesel은 자동차용 및 공업용, 항공용 연료, 석유버너 및 오일가스 연료, 기계 세척용 등으로 구분되며, naphtha는 석유화학제품의 기초원료인 에틸렌, 프로필렌, 부탄, 방향족 등의 제조에 이용된다. 이러한 많은 기능 중에서 gasoline은 승용차용 연료, diesel은 트럭 및 선박 등 diesel기관용 연료, naphtha는 석유화학제품의 기초 원료를 주요 기능으로 설정하였다. 기능단위는 각 제품 1톤을 생산하는 것으로 정하였다. 기준흐름은 기능단위와 동일하게 설정하였고, 시간적, 공간적, 기술적 경계는 Table 1과 같고, 시스템 경계는 Fig. 1 과 같이 설정하였다.

Table 1. Data quality requirements

	대상업체 내부	대상업체 외부
시간적 경계	2000년도	• 최근 5년 이내의 데이터
공간적 경계	데이터 수집 대상업체	• 국내 통계자료 및 데이터베이스 • 생산지 환경과 유사한 지역의 데이터
기술적 경계	각 제조업체의 License	• 원료물질을 제조하는데 적용된 기술과 유사한 기술의 데이터



* gasoline은 reformate와 naphtha, LCN, MTBE 등의 혼합 제품으로 혼합비율은 제조사마다 상이

Fig. 1. System boundary and process flow diagram.

데이터 범주로는 원자재의 생산을 위한 투입물의 경우는 원료 및 에너지, 화학물질, 유틸리티, 기타 등으로 구분하였으며, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물, 고형폐기물 등으로 분류하였다.

초기 데이터 요건으로는 Table 2와 같이 대상업체 내부 데이터의 경우, 현장 관리 데이터를 우선으로 하였으며, 대상업체 외부 데이터의 경우는 국내외 발간된 환경 데이터베이스와 관련 소프트웨어 데이터베이스를 활용하였다.

Table 2. collected data

대상업체 내부	개별관리 데이터	원료물질, 화학물질 투입량(연보 또는 구매장부, 세부공정데이터(2000))
	통합관리 데이터	유틸리티, 전기, 연료 투입량 대기 집진설비, 폐수처리설비 배출량(연보, 구매장부(2000))
대상업체 외부	국내 데이터	국내 환경 데이터베이스(원료물질, 공정, 유틸리티, 수송, 에너지, 폐기 등)
	국외 데이터	국외 환경 데이터베이스(원료물질, 공정, 유틸리티, 수송, 에너지, 폐기 등)

적용된 할당방법으로는 생산량비에 의한 방법을 적용하였고, 적용된 가정 및 제한사항으로는 공정데이터 중에서 상위흐름 환경 데이터베이스가 없는 경우와 투입되는 화학물질 중 성분과악이 안되거나 상위흐름 데이터가 없는 경우에는 elementary flow로 가정하였다. 이는 향후 이들에 대한 데이터가 확보되었을 때 상위흐름을 연결할 수 있는 기회를 제공하기 위함이다. 또한, 충전물은 실제 교체주기를 고려하였으며, 교체경력이 없는 경우에는 매뉴얼상의 교체주기를 고려하였다. 연구범위에는 원유저장시설 등에 대해서는 고려하지 않았다.

2. 전과정 목록분석

전과정목록분석을 수행하기 위해서 공정의 유사성, 기업의 문서관리 수준, 할당을 피하기 위한 단위공정의 세분화를 고려하여 대표단위공정을 Fig. 1과 같이 설정하였다. 대표단위공정으로 설정된 각각의 공정은 상압증류공정, 수첨탈황공정A, 접촉 및 개질공

정, 등경유틸황공정, 중질유감압공정, 잔사유접촉분해공정A, 중질유틸황공정, 수첨탈황공정B, 잔사유접촉분해공정B, MTBE공정이고, 고려된 유틸리티는 전기, 스팀, 수소, 냉각수, 원수, 순수, 정수, 압축공기, 질소, 폐수처리공정이다. 전과정목록분석 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. Comparison of LCI results

구분명	물질명	단위	양			
			naphtha	diesel	gasoline	
투입물	원자재	Crude Oil	kg	1.01E+00	1.01E+00	1.02E+00
		He	kg	5.11E-03	6.18E-03	1.57E-03
		Methanol	kg	0.00E+00	0.00E+00	1.45E-03
		소개	kg	1.01E+00	1.01E+00	1.02E+00
	에너지	전기	kWh	1.80E-02	1.36E-02	2.44E-02
		Steam	MJ	1.01E-01	1.20E-01	1.07E-01
		Fuel oil&gas	kg	2.36E-03	3.19E-03	3.90E-03
		화학물질류	kg	1.44E-04	1.04E-03	1.09E-03
		유틸리티류	kg	2.61E-01	2.60E-01	6.00E-01
		제품	kg	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00
산출물	대기배출물	이산화탄소	kg	3.67E-02	3.99E-02	5.26E-02
		일산화탄소	kg	8.73E-06	9.45E-06	1.25E-05
		질소산화물	kg	1.92E-05	2.14E-05	2.82E-05
		황산화물	kg	9.21E-05	9.60E-05	1.27E-04
		기타	kg	6.60E-05	6.88E-05	9.11E-05
	수계배출물	kg	3.41E-02	2.80E-02	8.30E-02	
	고형폐기물	kg	6.97E-05	5.83E-05	3.96E-04	

naphtha, diesel, gasoline 등에 대한 결과를 크게 투입되는 원자재 및 에너지 사용, 화학물질류, 유틸리티류 등과 배출되는 대기 및 수계 배출물, 고형폐기물 등으로 분석하였다.

전체적으로 naphtha와 diesel의 경우는 그 산출경로가 유사한 가운데 diesel이 1~2 단계 정도를 더 거치는 차이가 있어 투입/산출물의 양은 diesel이 naphtha에 비해 같거나 큰 것으로 나타났다. 한편, gasoline의 경우는 naphtha나 diesel에 비해 다양한 여러 공정을 거치는 관계로 전체적으로 많은 투입/산출물을 발생하는 것으로 나타났다.

에너지의 경우는 전기, 연료로 사용되는 fuel gas 와 fuel oil 등이 gasoline에서 가장 많이 사용되며,

스팀의 경우만 diesel에서 많이 사용되는 것으로 나타났다. 기타 화학물질류와 유틸리티류는 gasoline이 대체적으로 많이 사용된 것으로 나타났다.

산출물의 경우, 이산화탄소와 일산화탄소, 질소산화물, 황산화물 등의 대기 배출물 뿐만 아니라 수계 배출물 및 고형 폐기물이 총량에서 gasoline이 많이 발생하는 것으로 나타났다. 이는 대기배출물에 대한 정량화 기준이 투입되는 연료 즉, fuel oil 및 fuel gas의 사용량에 의한 계산식이 도입되었기에 거치는 공정수가 많고 사용되는 연료의 양이 많을수록 그 발생량도 많이 발생하게 된다.

이상의 결과를 보았을 때, gasoline 단위 생산량에 대해서 전체적인 투입/산출물량이 많은 것으로 나타났다.

3. 영향평가 및 해석

전과정목록분석을 수행한 후, 영향평가를 통하여 각 제품에 대하여 어떠한 원료와 유틸리티가 전체 환경영향에 얼마만큼 기여를 하는가를 파악하였다.

Fig. 2 gasoline의 원료 및 유틸리티의 환경영향지수의 비교에서 알 수 있듯이 gasoline 1 ton 생

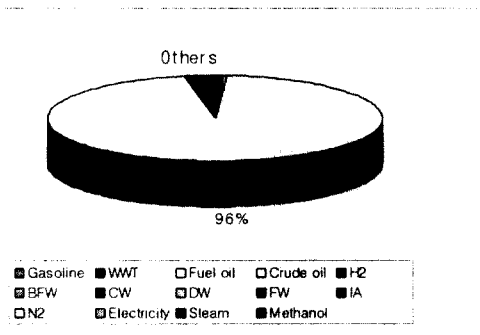


Fig. 2. Comparison of eco-indicator of materials and utilities for gasoline production process.

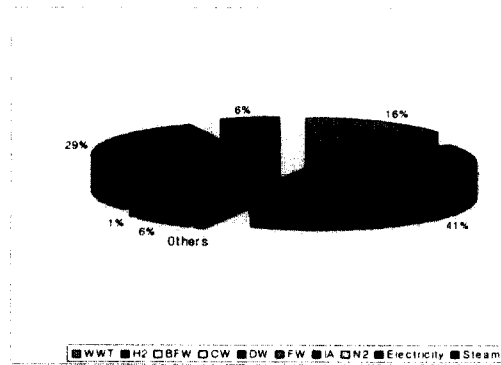


Fig. 3. Comparison of eco-indicator of utilities for gasoline production process.

산에 있어서 crude oil과 관련된 공정 즉, 원유채취, 수송과 같은 일련의 공정과 자원소모가 전체 환경영향의 96% 이상을 차지하여 key issue 규명되었다. naphtha와 diesel의 경우도 gasoline과 거의 비슷한 결과를 보여 crude oil과 관련된 공정이 key issue로 규명되었다. crude oil을 제외한 유틸리티의 환경영향지수의 비교는 Fig. 3에 나타나 있다. 하지만, 이는 원료로 사용되는 원유로 인한 것으로 향후 개선의 여지가 적다고 할 수 있다. 따라서 공정의 개선을 위한 정보를 제공하기 위해서 gasoline, diesel, naphtha의 생산에 사용되는 유틸리티의 환경영향을 비교분석 할 필요가 있다.

Table 4에 각 제품에 대한 유틸리티별 환경영향의 결과가 나타나있고, Fig. 4는 도식화한 결과이다. 각 제품에 대한 유틸리티의 환경영향을 보면, gasoline의 경우 WWT(Waste Water Treatment : 폐수처리공정)와 IA(Instrument Air : 압축공기), Electricity의 환경영향이 diesel, naphtha보다 크게 나타났고, 수소는 오히려 diesel과 naphtha가 gasoline에 비해 큰 것으로 나타났다. BFW(Boiler Feed Water : 보일러 공급 용수)는 gasoline에서

Table 4. Eco-indicator of utilities of each product

unit : Pt

	WWT	H2	BFW	CW	DW	FW	IA	N2	Electricity	Steam
gasoline	7.66E-07	2.03E-06	2.56E-11	8.33E-09	2.76E-08	4.65E-09	3.18E-07	2.56E-08	1.43E-06	2.93E-07
diesel	1.61E-07	2.50E-06	5.94E-09	4.02E-09	4.55E-09	4.36E-10	1.13E-07	7.22E-09	7.68E-07	1.40E-06
naphtha	1.78E-07	2.16E-06	4.02E-09	2.84E-09	8.22E-09	7.18E-10	8.58E-08	4.23E-09	1.04E-06	1.40E-06

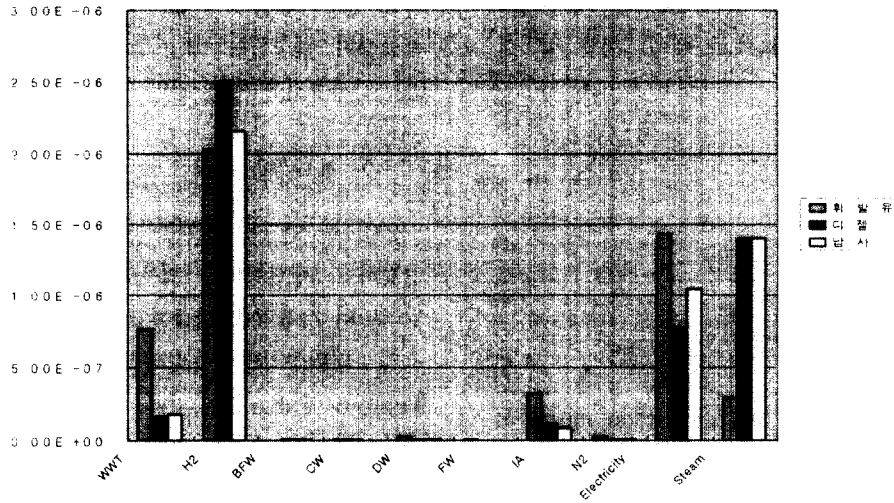


Fig. 4. Comparison of eco-indicator of gasoline, diesel and naphtha.

CW(Cooling Water : 냉각수), DW(Demi Water : 순수), FW(Filtered Water : 정수)는 diesel과 naphtha에서 상대적으로 적은 양이 사용되는 것으로 조사되었다.

III. 단위공정별 유틸리티 비교분석

앞서 수행한 naphtha, gasoline, diesel의 전과정 평가 분석결과에서 알 수 있듯이 환경에 영향을 미치는 대부분은 주원료인 원유와 관련된 원유채취, 자원소모, 수송 등이 차지하고 있으며, 이는 정유제품의 생산을 위해서 반드시 필요한 원료인 원유에 기인하는 것이므로, 개선의 여지가 작다고 할 수 있다. 따라서 정유산업에서 환경을 개선시키기 위해서는 노력의 초점을 원유를 제외한 투입/산출물 즉, 유틸리티에 맞추어야 한다.

정유제품은 하나의 공정을 통하여 여러 가지 제품이 생산되는 대표적인 multi-product system이다. gasoline과 같이 하나의 공정에서 다양한 제품들의 생산으로 인하여 할당이 이루어지고 다양한 경로를 통한 여러 가지 제품들이 일정한 혼합비로 섞여 하나의 제품으로 생산되는 경우 gasoline 1kg을 생산하기 위해서 원료와 유틸리티가 어떤 단위공정에서 얼마만큼이 사용되는가를 밝혀내기는 상당한 어려움이 있다. 따라서 이를 규명하기 위해서는 상위흐름의

명확한 규명과 적절한 할당과 복잡한 절차가 요구된다. 예를 들면, gasoline은 naphtha, reformat, LCN, MTBE 등의 혼합물질로 제조사에 따라 혼합비율이 다르다. naphtha는 크게 상압증류공정에서 직접나오는 것과 상압증류공정과 중질유감압공정, 잔사유점축분해공정A를 통해 생산되는 2가지 경로를 가지고 있다. 하지만, 이렇게 다른 경로를 통한 naphtha는 동일한 제품으로 취급된다. 따라서 naphtha의 환경성은 각각의 경로를 통한 제품의 환경성을 생산량으로 할당함으로써 계산할 수 있다. 그리고 공정개선을 위해서 어떤 공정에서 환경오염 물질을 유발시키는가를 규명하려면 단위공정별 원료와 유틸리티의 사용량을 규명해야한다. 각각의 단위공정별 유틸리티의 사용량을 파악하려면 기본적으로 세분화된 단위공정별 데이터의 수집이 필수적이며, 이렇게 수집된 데이터는 하나의 공정에서 여러 가지 제품이 생산되는 경우 할당이 필요하고 여러 가지 경로를 통해서 생산된다면 각기 다른 공정의 특성을 반영하기 위해서 생산량을 기준으로 한 분율을 고려해야한다. 또한 각 단위공정의 상위공정을 연결하여 데이터를 계산해야한다.

1. 데이터계산 절차

제품의 산출경로가 다양한 제품의 경우 단위공정별 유틸리티를 산출하려면 몇 가지 계산절차가 필요

하다. Fig. 5에서 보여주고 있는 diesel의 산출경로 및 단위공정별 투입원료를 예로 데이터계산 절차를 살펴보면 다음과 같다.

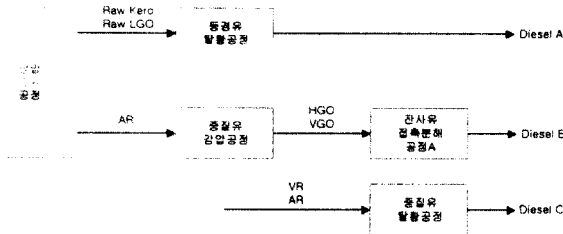


Fig. 5. Input materials and production routes of diesel.

1) 제품이 생산되는 최종단위공정을 파악한다;

diesel이 생산되는 최종단위공정은 Fig. 5에 나타났듯이 등경유탈황공정과 잔사유접촉분해공정A, 중질유분해공정이다.

2) 최종단위공정과 연결된 상위흐름을 파악한다;

등경유탈황공정의 상위흐름은 상압증류공정이고 잔사유접촉분해공정A와 중질유탈황공정의 상위흐름은 중질유감압공정과 상압증류공정이다.

3) 상위흐름으로 규명된 각 단위공정에 대하여 최종 elementary flow가 밝혀질 때까지 또 다른 상위공정의 유무를 파악한다;

등경유탈황공정의 원료로 사용되는 Raw Kero, Raw LGO는 상압증류공정에서 생산되고, 잔사유접촉분해공정A와 중질유탈황공정의 원료인 VGO와 VR은 중질유감압공정, HGO와 AR은 상압증류공정에서 생산되고, VGO를 생산하는 중질유감압공정의 원료는 AR로 CDU로부터 생산된다.

4) 제품의 총량을 기준으로 각각의 상위흐름에 사용되는 원료와 유틸리티의 사용량을 계산한다;

Diesel A, B, C는 각기 다른 공정에서 생산되지만, 품질이 동일한 제품이다. 따라서 diesel 1ton당 단위공정별 유틸리티의 사용량을 산출하기 위해서는 최종제품생산량을 기준으로 할당을 한다. 만약 diesel A, B, C의 생산량이 5:3:2라면 0.5:0.3:0.2의 가중치를 각 단위공정에 부여해야한다. 따라서 상압증류공정의 경우는 세가지 경로 모두에 해당되므로 가중치가 1인 반면, 중질유감압공정은 diesel B를 생산하는 공정으로서 가중치 0.3과 diesel C를 생산

하는 공정으로서의 가중치 0.2의 합이되고, 등경유탈황공정의 가중치는 0.5, 잔사유접촉공정의 가중치는 0.3, 잔사유접촉분해공정의 가중치는 0.2가 된다.

2. 결과 및 해석

2절에서 언급한 절차를 바탕으로 각기 상위흐름을 연결하고, 생산량비를 적용하여 최종 단위공정별 유틸리티의 사용량을 산출하였다. 이렇게 산출된 각 제품의 단위공정별 유틸리티 사용량은 Table 5, Table 6, Table 7과 같다.

공정개선의 기회를 제공하기 위해서 Table 4에서 규명된 각 제품의 유틸리티 비교에서 상대적인 영향이 큰 유틸리티에 대해 어떠한 공정이 key issue로 작용하는가를 조사하였다. Naphtha 1 ton 생산시 전기와 스팀의 영향이 diesel에 비교하여 상대적으로 크게 나타났다. 이들 유틸리티에 기여하는 공정은 Fig. 6과 같이 전기사용량의 58.0%가 상압증류공정, 41.7%가 잔사유접촉분해공정A에서 사용되고, 중질유감압공정에서는 거의 사용되지 않은 것으로 파악되었다. Fig. 7에서 알 수 있듯이 스팀의 경우는 거의 모든 영향이 상압증류공정으로 인해서 발생하는 것으로 파악되었다.

diesel 1ton 생산시 스팀과 수소의 영향이 gasoline, naphtha와 비교하여 상대적으로 크게 나

Table 5. Use of utilities of unit processes for naphtha production

naphtha	단위	상압증류 공정	중질유감압 공정	잔사유접촉 분해공정A	합계
Electricity	KWh	4.58E+00	2.41E-02	3.29E+00	7.90E+00
Steam	Ton	3.60E-02	-2.93E-05	5.26E-04	3.65E-02
H2	Ton	0.00E+00	0.00E+00	1.63E-03	1.63E-03
CW	Ton	3.90E-02	6.37E-05	6.90E-04	3.98E-02
DW	Ton	1.40E-03	4.89E-04	6.84E-03	8.73E-03
FW	Ton	1.56E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.56E-02
IA	MSCF	3.06E-02	2.80E-04	0.00E+00	3.09E-02
N2	Ton	1.86E-04	0.00E+00	0.00E+00	1.86E-04
RW	Ton	9.88E-03	0.00E+00	0.00E+00	9.88E-03
WWT	Ton	0.00E+00	5.78E-03	2.58E-02	3.16E-02

타났는데, 이들 유틸리티에 기여하는 공정을 살펴보면 Fig. 8과 같이 스팀은 상압증류공정과 등경유탈황공정의 영향이 전체의 91.5%로 파악되었고, 수소 제조공정은 Fig. 9에서 알 수 있듯이 등경유탈황공정이 전체의 52.7%를 차지하여 key issue로 규명되었다.

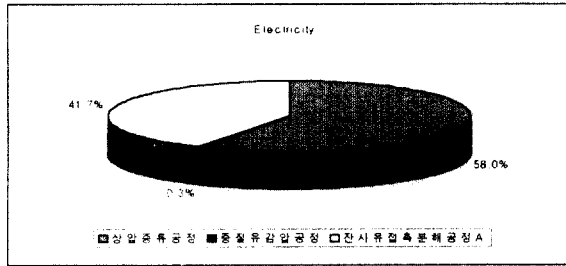


Fig. 6. Electricity use of each unit process for naphtha production.

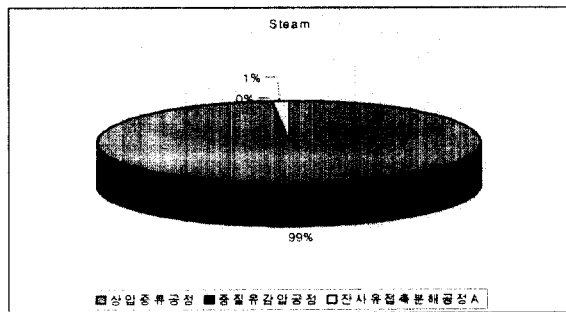


Fig. 7. Steam use of each unit process for naphtha production.

Table 6. Use of utilities of unit processes for diesel production

diesel	단위	등경유탈황공정	잔사유점축분해A	중질유탈황	상압증류공정	중질유감압공정	합계
Electricity	KWh	6.39E+00	7.58E+00	4.99E+00	4.69E+00	3.26E-01	2.40E+01
Steam	Ton	2.57E-02	1.21E-03	4.19E-03	3.69E-02	-3.96E-04	6.75E-02
H2	Ton	7.40E-03	3.75E-03	2.90E-03	0.00E+00	0.00E+00	1.41E-02
CW	Ton	5.14E-02	1.59E-03	2.83E-02	4.00E-02	8.60E-04	1.22E-01
DW	Ton	0.00E+00	1.58E-02	1.09E-02	1.43E-03	6.59E-03	3.47E-02
FW	Ton	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.60E-02	0.00E+00	1.60E-02
IA	MSCF	3.38E+01	0.00E+00	1.36E-02	3.14E-02	3.78E-03	3.39E+01
N2	Ton	8.61E-04	0.00E+00	9.25E-05	1.90E-04	0.00E+00	1.14E-03
RW	Ton	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.01E-02	0.00E+00	1.01E-02
WWT	Ton	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

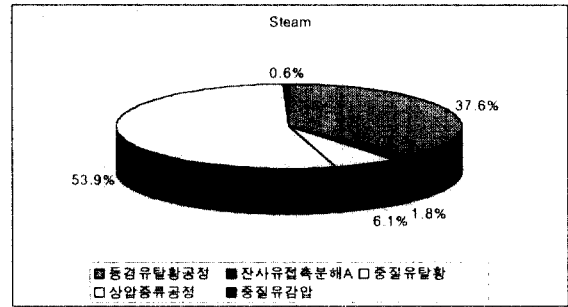


Fig. 8. Steam use of each unit process for diesel production.

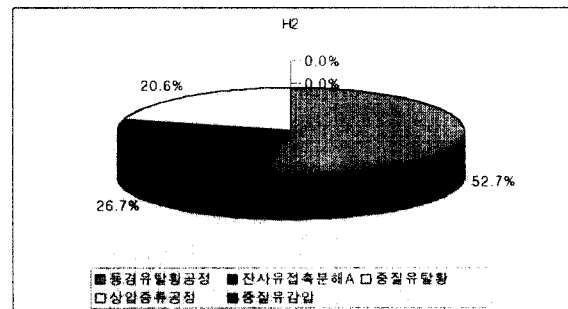


Fig. 9. H₂ use of each unit process for diesel production.

gasoline의 경우는 기본적으로 naphtha, reformate, LCN, MTBE의 대표적인 4개의 물질이 혼합되어 만들어지므로 비교적 많은 8개의 단위공정을 고려해야 한다.

따라서 각 단위공정의 유틸리티 사용량을 파악하는 것이 naphtha나 diesel보다 훨씬 복잡한 과정을 거치지만 방법은 동일하다. 그리고 naphtha, diesel보다 많은 공정을 거쳐서 제품이 생산되기 때문에 환경성이 떨어지는 결과를 나타낸다.

Fig. 4의 각 제품에 대한 유틸리티별 환경영향 비교에서 알 수 있듯이 naphtha, diesel보다 상대적으로 높은 수치를 나타내는 유틸리티는 전기, WWT, IA로 규명되었다.

전기를 가장 많이 소비하는 공정은 Fig. 10과 같이 수첨탈황공정B가 56.3%로 밝혀졌고, WWT는 Fig. 11과 같이 수첨탈황공정A와 잔사유점축분해공정B가 전체소비량의 77.5%를 차지하고, IA는 Fig. 12에서 알 수 있듯이 잔사유점축분해공정B에서 69%를 차지하는 것으로 파악되었다.

Table 7 Use of utilities of unit processes for gasoline production

gasoline	단위	상압증류 공정	중질유감압 공정	잔사유접촉분 해공정A	수첨탈황공 정A	접촉및 개질공정	수첨탈황 공정B	잔사유접촉 분해B	MTBE	합계
Electricity	KWh	4.62E+00	6.47E-03	8.83E-01	8.51E-01	8.43E+00	2.65E+01	4.89E+00	8.45E-01	4.70E+01
Steam	Ton	3.63E-02	-7.86E-06	1.41E-04	7.87E-04	-2.84E-02	4.70E-03	-3.09E-02	3.09E-02	1.35E-02
H2	Ton	0.00E+00	0.00E+00	4.37E-04	1.24E-04	0.00E+00	1.36E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.42E-02
CW	Ton	3.93E-02	1.71E-05	1.85E-04	2.51E-03	1.79E-02	5.54E-02	2.16E-01	1.02E-01	4.33E-01
DW	Ton	1.41E-03	1.31E-04	1.83E-03	0.00E+00	2.20E-02	1.15E-02	1.76E-01	1.88E-02	2.32E-01
FW	Ton	1.57E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.15E-03	4.82E-03	5.29E-02	2.97E-03	8.26E-02
LA	MSCF	3.09E-02	7.51E-05	0.00E+00	0.00E+00	5.03E-02	6.60E-02	3.43E-01	6.71E-03	4.97E-01
N2	Ton	1.87E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.95E-04	5.73E-04	1.74E-03	0.00E+00	3.09E-03
RW	Ton	9.97E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.97E-03
WWT	Ton	0.00E+00	1.55E-03	6.92E-03	0.00E+00	0.00E+00	2.16E-01	1.95E-01	1.11E-01	5.31E-01

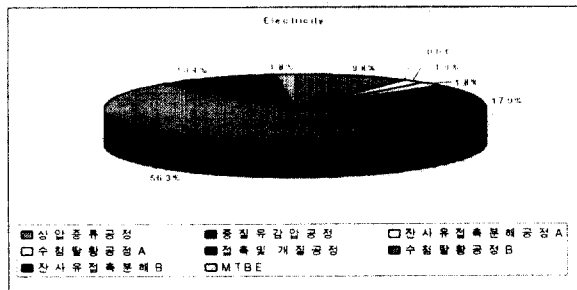


Fig. 10. Electricity use of each unit process for gasoline production.

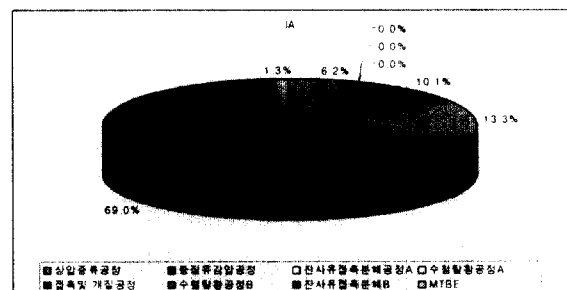


Fig. 12. Instrument air use of each unit process for gasoline production.

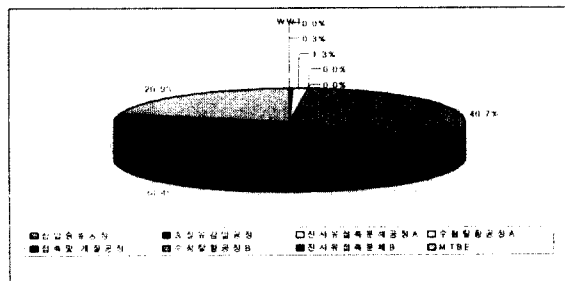


Fig. 11. WWT use of each unit process for gasoline production.

IV. 결 론

전과정평가의 목적은 상황에 따라 여러 가지가 존재하지만, 연구의 목적이 공정개선에 초점을 맞추어 진다면 제품 생산을 위한 여러 공정에서 사용된 원료나 유틸리티의 양을 파악해야 한다. 하지만, 정유공

정과 같이 투입물로 하나의 원료가 들어가서 다양한 제품으로 산출되는 multi-product system이나 다양한 경로를 통한 동일 제품의 생산 또는 두 가지를 모두 포함하는 제품시스템에서 하나의 제품에 대해 그 제품의 생산과 관련된 여러 가지 공정에 사용된 원료와 유틸리티의 양을 파악하는 것은 상당한 어려움이 따른다.

본 연구에서는 공정개선시 유용한 정보를 제공하기 위해 naphtha, diesel, gasoline에 대해 각각의 생산공정중 유틸리티 사용량의 key issue가 되는 공정을 파악하였다.

Naphtha의 경우, diesel에 비해 Electricity와 스팀의 환경영향이 크게 나타났고, Electricity에 기여하는 공정은 상압증류공정과 잔사유접촉분해공정이고, 스팀은 상압증류공정으로 파악되었다. Diesel의 경우는 naphtha, gasoline과 비교하여 스팀과 수소

의 환경영향이 크게 나타났고, 스팀에 기여하는 공정은 상압증류공정, 등경유탈황공정, 수소에 기여하는 공정은 등경유탈황공정으로 파악되었다. Gasoline의 경우는 Electricity, WWT, IA의 영향이 크고, Electricity에 크게 기여하는 공정은 수첨탈황공정B, WWT는 수첨탈황공정A와 잔사유접촉분해공정B, IA는 잔사유접촉분해공정으로 파악되었다.

본 연구에서 각 제품에 대해 key issue로 판명된 유틸리티와 이들 유틸리티내의 key issue로 규명된 공정들은 향후 공정개선시의 유용한 정보로서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 1) ISO 14040. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework, 1997
- 2) ISO 14041 : Environmental management - Life cycle assessment - Goal and scope definition and inventory analysis, 1998
- 3) ISO 14042 : Environmental management - Life cycle assessment - Life cycle impact assessment, 2000
- 4) ISO 14043 : Environmental management - Life cycle assessment - Life cycle interpretation, 2000
- 5) ISO 14049 : Illustrative examples on how to apply ISO 14041 - Life cycle assessment - Goal and scope definition and inventory analysis, 2000
- 6) Michael Haushchild and Henril Wenzel, Environmental Assessment of Products, CHAPMAN & HALL, 1998
- 7) 환경친화적 산업기반 구축을 위한 환경경영 표준화 사업 -환경영향평가지수(Eco-indicator) 개발- 보고서, 산업자원부, 2001
- 8) <http://www.petroleum.or.kr/>, 대한석유회
- 9) "석유제품의 규격과 품질", 대한석유회 발행, 1999.12월