

LNG 및 도시가스에 대한 온난화가스 원단위의 추계 (일본의 사례)

윤성이 · 강 현*

(일본 에너지경제연구소, 수원대학교 환경공학과*)

Life Cycle Inventory Analysis of LNG and Town Gas in Japan

Yoon, SungYee · Kang, Hun*

(The Institute of Energy Economics, Japan, *The University of Suwon)

ABSTRACT

As described so far, we made a life cycle inventory (LCI) analysis of Gas energies consumed in Japan. As stated in the objective of this study, there are ever-growing concerns over global warming problems. Under such circumstances, we could grasp life-cycle GHG emissions, from production to transportation and consumption, as exactly as possible for the moment. We believe our analysis results can be of some help to studying LCA (life cycle assesment) for many other fields.

While specific institutional designs of Kyoto Mechanism are under examination, to consider specific mechanisms of JI and CDM based on the life cycle concept may be an important subject as well.

In the days ahead, it is recommended to consider supply and demand of the right energies in the right uses by gathering and analyzing more detailed data than ever and by making LCA of Gas energy by use.

Keywords : Life Cycle Assessment, Life Cycle Inventory, GHG, LNG, Town Gas

요 약 문

본 연구는 일본에서 소비되는 가스에너지들의 전과정 목록분석을 수행하였으며 지구 온난화 문제에 관한 관심이 고조되고 있는 환경하에서 전과정의 지구 온난화 가스 방출물들을 생산부터 수송 및 소비에 이르기까지 우선적으로 가능한 정확하게 이해할 수 있다. 또한 본 연구의 분석결과들이 많은 다른 영역들에 있어 전과정 평가를 연구하는데 도움이 될 것으로 판단되어 진다. 장래에 이용에 의한 가스에너지의 전과정 평가와 좀더 상세한 자료의 수집과 분석을 통하여 올바른 사용에 있어서의 적절한 에너지들의 수요와 공급을 고려하는데 이용되어질 수 있다.

I. 서 론

현재, 기후변화협약에 대응하여 다양한 대책이 실시되고 있지만 에너지 자체에 대한 이해는 아직 부족한 부분이 많이 산재되어 있다. 특히, 지구온난화 문제와 관련하여 산업용, 민생용 등의 환경부하를 계산할 때에 가장 중요한 포인트는 각 화석에너지 자

체의 원단위에 대한 이해이다.

본 연구는 이상과 같은 문제의식 하에서 각 화석 에너지의 채굴에서 액화, 해외수송, 정제, 국내수송, 연소 등의 라이프사이클 전체 단계에 있어서 인벤토리 작성을 목적으로 하고 있다. 이 결과는 향후 각 기기별 에너지효율, 환경영향평가 등의 중요한 기초 연구로 평가할 수 있다고 하겠다.

1. 발열량^{1) 2)}

일본의 종합에너지 통계는 에너지 원단위로부터 열량단위로 변환하는 계산에서 총발열량의 칼로리를 사용하고 있다. 한편 IEA(국제에너지기관)는 세계전체의 에너지 통계를 정비하는데 있어서 진발열량 베이스로 통일하고 있다. 총발열량이라고 하는 것은 배기중에 생성하는 물의 증기잠열을 포함한 발열량이고 진발열량이라고 하는 것은 이 증기잠열을 포함하지 않는 것이다. 본 연구에서는 어느 한쪽의 발열량을 임의로 결정하여 평가하지 않고 총발열량으로 얻어진 계산결과를 진발열량으로 환산하는 것으로 하여 양쪽 모두 기술하는 것으로 하였다. 또 환산계수는 0.90³⁾을 사용하였다.

2. 상용전력의 CO₂배출 원단위

각종 공업제품 제조시, 상용전력의 소비를 평가하는 것에 대해 CO₂ 배출 원단위를 발전단 베이스가 아니고 수요단 베이스로 평가하는 것이 적절하다고 할 것이다. 그러나 본 연구에서의 평가대상이 LNG 기지 등의 특별고압 수요자인 것을 생각할 경우 가정용 등의 저압로스를 많이 포함하고 있는 수요단 베이스로 평가하는 것은 로스를 과대하게 평가하는 것으로 된다.

저압부문에서의 로스분의 영향이 큰 수요단 베이스를 사용할 때의 리스크를 고려하여 발전소내의 소비전력량 만을 고려한 송전단 베이스로 평가를 하였

다. 또 전체 전원평균 원단위(93g-C/kWh)와 함께 화력전원평균 원단위(173.5g-C/kWh)도 고려하여 평가하였다⁴⁾.

II. LNG의 환경부하량 추정

1. 추정에 있어서의 개요

본 연구의 분석범위는 일본이 수입하고 있는 LNG 전체가 그 대상이다. 이러한 평가를 하기 위해서 LNG 수입량을 기초로 채굴, 액화기지, 해외수송으로부터 온실효과가스의 배출량을 산정한다. 또한 각 국가별 생산기지에 있어서의 데이터는 현지조사를 통한 결과이다.

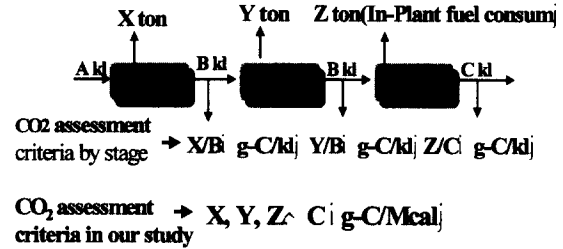


Fig. 2.1. Inventory of Process

Fig. 2.1과 같이 LNG(전력용 연료 포함)에 있어서는 국내수입기지까지를 평가하고 도시가스에 있어서는 도시가스 제조과정을 거쳐 국내수송 단계까지로 한다.

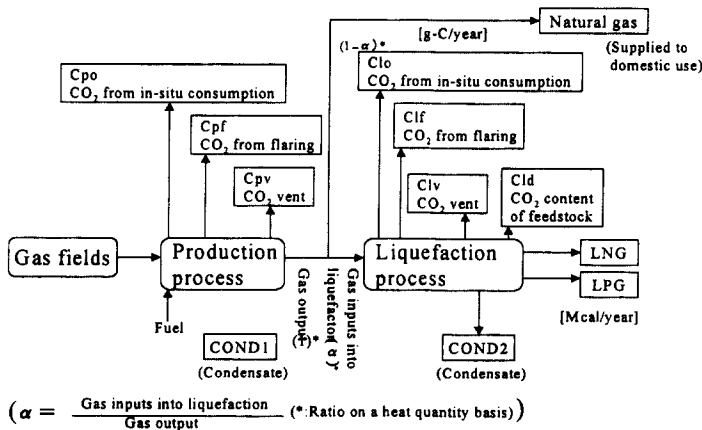


Fig. 2.2. Proportional Division of CO₂ & CH₄ at Production and Liquefaction Stages.

		배분의 산정식[g-C/Mcal]
생 산	연료소비	$(C_{po} \times \alpha) / (COND1 \times \alpha + COND2 + LPG + LNG)$
	플레어 연소	$(C_{pf} \times \alpha) / (COND1 \times \alpha + COND2 + LPG + LNG)$
	CH ₄ 벤트	$(C_{pv} \times \alpha) / (COND1 \times \alpha + COND2 + LPG + LNG)$
액 화	연료소비	$C_{lo} / (COND2 + LPG + LNG)$
	플레어 연소	$C_{lf} / (COND2 + LPG + LNG)$
	CH ₄ 벤트	$C_{lv} / (COND2 + LPG + LNG)$
원료중 CO ₂		$(C_{ld} \times \alpha) / (COND1 \times \alpha + COND2 + LPG + LNG)$

2. 생산단계(채굴 및 액화)의 CO₂, CH₄ 배출량의 산정방법

1) 생산물에 따른 CO₂, CH₄ 배출량의 공정 배분

천연가스의 생산과정에서는 LNG 이외에 중질분 탄화수소, LPG, 현지공급용 천연가스가 제품으로서 생산된다. 여기서 LNG에 대한 CO₂, CH₄ 배출량을 산정할 때에는 이들의 배출량을 함께 생산되는 각 제품의 생산량 기준으로 배분한다. 구체적으로는 Fig. 2.2에 나타난 배분방법에 기초하여 천연가스를 생산할 때의 중질분 탄화수소(COND1), 액화과정의 중질분 탄화수소(COND2), LPG, LNG의 각 제품의 열량비로 배분한다. 또 CH₄의 배출량에 대해서는 지구온난화 포텐셜(100년 기준, 21)을 사용하여 CO₂의 배출량으로 환산하여 계산한다.

2) 구체적 산정방법

LNG생산에 의한 CO₂, CH₄배출량의 산정에 있어서는 생산 5개국의 실태를 일본가스협회가 현지조사한 것을 베이스로 한다. 생산 LNG단위당 CO₂, CH₄ 배출량의 산정방법에서 현지조사로부터 얻어진 정보는 다음의 2가지 패턴으로 나눌 수 있다. 하나는 천연가스 생산, 액화과정의 CO₂, CH₄의 연간 배출량을 입수한 케이스와 또 다른 하나는 천연가스 생산, 액화과정의 에너지 밸런스를 입수한 케이스이다. 다음에 이들의 2가지 경우에 있어서 생산 LNG단위당 CO₂, CH₄배출량(액화기지 출구의 LNG 발열량 단위당 CO₂환산 배출량)의 산정방법을 나타낸다.

먼저, CO₂, CH₄배출량을 입수한 경우(생산: 2개국, 액화: 3개국) 현지로부터 입수한 데이터(1997년의 실적치)는 아래와 같다.

- 천연가스의 생산단계에 있어서 연료연소, 플레어 연소, CH₄벤트에 따르는 CO₂배출량(MT베이스)
- 천연가스의 생산단계에 있어서 가스 및 重質分炭化水素의 생산량(열량 베이스)
- 천연가스 액화단계에 있어서 연료연소, 플레어 연소, CH₄벤트, 수반CO₂의 방출에 의한 CO₂배출량(MT베이스)

- 천연가스의 액화단계에 있어서 LNG, LPG, 重質分炭化水素의 생산량(열량 베이스)
- 현지공급용 천연가스가 있는 경우에는 그 가스량(열량 베이스)

상기의 값을 앞에서 설명한 CO₂ 및 CH₄ 배출의 배분방법에 의거하여 LNG생산과 현지공급용 천연가스의 계통을 분리한 후 천연가스 생산 및 액화단계의 생산물로 각 단계의 배출량을 배분하는 것으로부터 생산 LNG단위당 CO₂, CH₄배출량을 산정하였다.

다음으로 에너지밸런스 등을 입수한 경우(생산: 2개국, 액화: 2개국)

- 천연가스 생산단계에 있어서 연료연소, 플레어 연소, CH₄벤트량, 연료가스 소성(열량/체적 베이스)
- 천연가스 생산단계에 있어서 가스 및 중질분 탄화수소의 생산량(열량/체적 베이스)
- 천연가스 액화단계에 있어서 연료연소, 플레어 연소, CH₄벤트량(열량/체적 베이스)
- 함유 CO₂량(가스소성/체적베이스)
- 천연가스 생산단계의 LNG, LPG, 중질분 탄화수소 생산량(열량베이스)
- 현지공급용 천연가스가 있는 경우는 그 가스량(열량 베이스)

생산 액화단계에서 CO₂ 발생량을 각 단계에서의 가스소성 및 에너지밸런스 등을 입수한 경우의 데이터를 기초로 산출했다. 이 CO₂ 배출량을 베이스로 해서 CO₂, CH₄ 배출량을 입수한 경우와 같이 각 제품에 할당하여 단위발열량의 원단위를 산출했다.

3) 평균 데이터의 산출

채굴의 연료소비, 벤트, 플레어에 관한 CO₂, CH₄ 배출 데이터는 부루네이, 오스트레일리아, 말레이시아, 바다크의 데이터를 현지조사로부터 입수했기 때문에 이 4개국의 가중평균치를 채용했다. 액화기지의 연료소비, 벤트, 플레어에 대해서는 부루네이, 오스트레일리아, 말레이시아, 알래스카, 바다크의 가중평균치를 채용했다. 함유 CO₂에 관해서는 석유공단의 데이터⁵⁾를 이용하여 아룬, 카타르, 아부다비도 반영하였다.

Table 2.1. CO₂ and CH₄ Emissions at Natural Gas Production and Liquefaction Stages(unit : g-C/Mcal).

		최소	최대	가중평균
생산	연료가스	0.02	1.07	0.62
	메탄벤트	0.00	1.46	0.29
	플레이 연소	0.10	0.26	0.18
액화	연료가스	5.46	6.57	6.01
	메탄벤트	0.04	4.83	0.78
	플레이 연소	0.00	0.76	0.33
합유 CO ₂		6.50	0.06	2.63

(Note) Standards gained at the outlet of LNG terminal

각 기지의 데이터는 앞에서 기술한 바와 같이 1997년의 데이터이다. 이러한 데이터와 앞의 계산방법을 기초로 LPG, 콘덴세이트 등의 제품에 열량배이스로 할당하였다. LNG 제품량 100에 대하여 각각의 비율은 COND1 17.0%, DOMGAS 6.7%, COND2 4.2%, LPG 3.2%이다. 각 공정에 있어서 CO₂ 배출 원단위의 최소, 최대치 및 각 국의 수입량에 기초하여 가중평균한 값을 나타내면 Table 2.2와 같다.

4) 생산과정에 있어서의 환경부하 산출

액화플랜트에서는 가스터빈 등의 연료소비에 따르는 운용시의 이산화탄소 배출이 크다는 것을 알 수 있다. 액화의 에너지 자가소비율(액화플랜트내의 연료가스 소비량/액화플랜트내의 투입가스량)은 평균치로서 8.8%이었다. 기존의 논문결과와는 다소 차이가

Table 2.2. LCCO₂ Analysis of Mining & Liquefaction Processes(In-situ Natural Gas Consumption Taken into Account)(unit: g-C/Mcal)

항 목		LNG
생산	연료가스	0.64
	플레이 연소	0.18
	메탄벤트	0.30
액화	연료가스	6.16
	플레이 연소	0.34
	메탄벤트	0.80
합유 CO ₂		2.70

(주)천연가스의 자가소비를 고려

있는 것으로 각 플랜트에서 계통내의 배열회수, 압력 에너지로 부터의 전력회수, 코제네레이션 시스템의 도입 등 각종의 효율 향상책이 취해지고 있는 점과 오스트레일리아와 같은 최신 플랜트가 포함된 것을 원인으로 생각해 볼 수 있다.

플레이연소에 관해서는 생산, 액화공정에서 각각 액화기준의 열량기준으로 약 0.3%, 0.6%이었다. 메탄벤트에 대하여서는 생산(탈수공정), 액화(탈산성 가스공정)단계에서 각각 0.1%, 0.2%이다. 상산공정에서의 메탄벤트는 석유수반 가스전을 필요로 하는 기지가 벤트량이 많고 가스전으로 부터의 생산에서는 본 조사에서는 거의 볼 수 없었다. 합유 CO₂의 평균치는 5.3%이었다.

이상에서 설명한 것은 액화기지의 출구기준이다. 그러나 본 연구에서 최종적으로 평가를 하고싶은 것은 최종수요의 단위발열량당 이산화탄소 배출량이다. 본 평가에서는 "일본국에 수입된 LNG가 완전연소한 경우"를 기준으로 하고 있다. 액화지에서 실려 나온 LNG는 LNG선으로 수송되는 공정에서 자가연료로서 BOG를 소비하고 있다. 이 때문에 수요지(일본국)에서의 수요 Mcal당 이산화탄소 발생량을 계산하는데는 수출국에서는 수송시 발생한 감소분을 고려한 열량당 평가를 할 필요가 있다. 금번의 경우 LNG수송선에서 2.5%의 LNG가 소비되는 것으로 판명되었기에 LNG 생산단계에서 2.5%의 평가를 고려하지 않으면 안된다. 따라서 수요지(일본국)에서의 단위발열량당 환경부하 원단위(CO₂ 배출계수)는 Table 2.2와 같다.

3 해상수송에 따른 환경부하^{7) 8)}

1) CO₂ 원단위의 산정방법

LNG수송은 전용의 LNG수송선으로 수입을 하고 있다. 배의 연료로는 수송중의 LNG 보일오프가스(BOG)와 C중유를 사용한다. BOG와 C중유의 사용 비율은 배의 LNG탱크의 단열성능과 엔진효율, 항해 속도, 오퍼레이션 등에 따라서 바뀌기 때문에 이들 연료의 연소에 따르는 이산화탄소 배출량은 매 항해마다 틀리게 나타난다. 따라서 LNG 수송에 있어서 환경부하의 추계에 있어서는 다음과 같은 방법을 사용하였다.

- 조사대상으로 하는 LNG수송선의 데이터를 가능한 한 수집한다.
- 대상으로 한 각 항해의 왕복시 및 하역시의 BOG와 C중유의 소비량, LNG적재량, 수송거리에 대해서 1997년의 실적베이스로 조사하였다.
- 각 항해의 BOG소비량, C중유 소비량, LNG적재량, 수입거리를 각각의 항로에 있어서 LNG수입실적으로 가중평균하고 그것으로부터 LNG 1톤을 1km수송하는데 배출되는 단위 당 이산화탄소 배출량(g-C/t.km)을 산출하였다.

2) 사용한 데이터 및 산정결과

데이터가 입수된 LNG선은 일본에 입출항하는 전체 65척 중 44척에 달하였다. 이들 각 배의 BOG 소비량, C중유 소비량, LNG 적재량, 수송거리의 각각 가중평균과 이들로부터 구한 환경부하 원단위는 Table 2.3과 같다.

Table 2.3. Fuel consumption in LNG transport by area

	BOG 자가소비 [MT]	C중유 소비 [MT]	LNG 적재량 [MT]	수송거리 [km] (편도)	CO ₂ 배출 원단위 [g-C/(t.km)]
가중 평균	1,155	513	52,977	5,540	2.179

일본에 알래스카, 부루네이, 인도네시아, 서호주, 말레이시아, 카타르, 아부다비로부터 수입되고 있는 총 LNG의 수입실적에 기초하여 가중평균 수송거리를 계산하면 6,311km(편도)이다.

Table 2.5의 CO₂배출 원단위와 가중평균 거리로부터 일본에 수입되고 있는 총 LNG의 수송단계에 있어서의 CO₂배출량은 2.116g-C/Mcal로 된다.

4. 설비건설에 따른 환경부하^{7) 8) 9)}

설비건설에 따른 환경부하라고 하는 것은 생산단계의 플랜트와 수송수단 그리고 국내의 제조설비의 건설에 따른 발생 환경부하를 말한다.

이것에 관한 선행연구와 기초데이터는 찾아볼 수 없을 정도로 적다. 전력중앙연구소의 “화석연료의 국내소비에 따른 해외에서 유발하는 환경영향물질”이

Table 2.4. LNG 수송선의 건조에 따른 환경부하 추계의 기초 데이터

	LNG		
	중동	남방	합계
총적재량 (m ³)	125,000	125,000	
항해일수 (일)	30	15	
총수입량 (톤)	3,570,000	44,780,000	80,480,000
사용일 (일)	345	345	
배의 수명 (년)	30	30	
소재량 (톤)	22,300	22,300	
사용선 (수입량/수 명중수송량)	0.143	0.896	

(자료) 일본선박, 가스협회 자료, PEC(석유산업 활성화 센터)보고서, 전력중앙연구소 보고서

라고 하는 에너지 자원학회 투고중의 논문(99년 1월 25일 접수중)으로부터 해외건설에 관한 데이터¹⁰⁾를 인용하였다. 그 결과 설비건설에 따른 환경부하는 0.14g-C/Mcal이다. 이중 수송선에 의하여 발생한 환경부하는 0.04g-C/Mcal이다. 이 수송선은 다음의 Table 2.4에 따라서 계산하였다.

III. 도시가스의 환경부하량 추정

본 장에서는 도시가스에 관해서 고찰한다. 기본적으로는 LNG의 분석과 같지만 도시가스용 LNG의 수입국과 그 구성이 국내통계의 LNG와 다르기 때문에 각 국의 채굴, 액화시의 온실효과 가스 배출량의 가중평균치 및 선박의 해상수송에 있어서의 가중평균 거리가 달라진다. 또 도시가스 제조에 관하여서는 국내 공장에서의 기화, LPG 증열이 필요하고 수요자까지의 평가를 고려할 경우 그 수송에 관련된 온실효과 가스의 평가도 하지 않으면 안된다. 이하에서는 LNG 평가와는 다른점을 중심으로 도시가스의 LCI 분석을 한다.

1. 도시가스의 LNG 수입의 현상

1) 수입의 개요⁶⁾

도시가스의 평가에 있어서는 도시가스용 LNG의 96 %를 수입하고 있는 가스 3사의 부루나이, 오스트레일리아, 말레이시아, 알래스카, 인도네시아의 5개국의 수입국을 대상으로 하였다. 또 인도네시아에서는 도시가스용 LNG의 조달처로서 바다크 가스전과 아룬 가스전이 있지만 아룬기지의 채굴, 액화정보가 입수되지 않았기 때문에 아룬의 경우 바다크 기지를 조사하고 아룬기지에 대하여서는 CO₂ 함유량 이외의 요인에 대하여 다른 5개소의 데이터의 가중평균치를 적용하였다.

2) 생산, 액화프로세스

생산, 액화 프로세스의 평가수법 및 각국의 데이터는 LNG에서의 평가와 완전히 동일하다. Table 2.3에 기초한 가중평균으로 생산 액화단계의 CO₂ 배출량을 Table 3.1에 나타낸다.

2. LNG해상수송에 따른 환경부하

LNG수송에 있어서도 아룬을 포함한 경우와 포함하지 않은 경우를 보면 포함하지 않은 경우의 가중평균의 수송거리를 산출하면 4,957km이다. 이 가중평균 거리를 기초로 하여 LNG 해상 수송시의 환경부하 원단위를 산출하면 1.64g-C/Mcal이었다. 아룬을 포함한 경우에는 가중평균 거리가 5,075km이고 이 거리를 기초로 하여 환경부하 원단위를 계산하면 1.70g-C/Mcal이다.

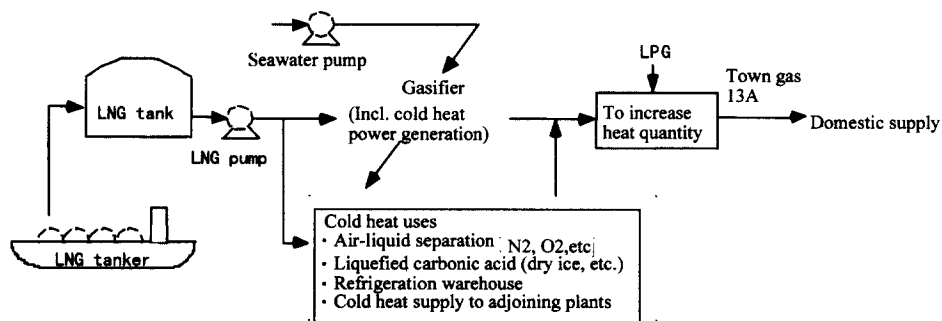


Fig. 3.1. Town Gas Manufacturing Processes at Domestic LNG Terminal.

Table 3.1. CO₂ and CH₄ Emissions at Production and Liquefaction Stages of Natural Gas(for Town Gas Production)

		가중평균(g-C/Mcal)
		아룬을 포함하지 않은 경우
생산	연료가스	0.62
	메탄벤트	0.27
	플레어 연소	0.18
액화	연료가스	6.01
	메탄벤트	0.61
	플레어 연소	0.37
함유 CO ₂		2.32

(주)액화기지의 출구 기준표

3. 도시가스의 국내제조

국내제조 공장에서의 온실효과 가스의 배출에 대하여 고찰한다. 국내 공장에서는 LNG를 승압하고 기화시켜서 각 수요자의 버너칠까지 수송한다(Fig. 3.1).

1) 연료소비에 의한 환경부하

가스 3사의 국내 LNG 기지에 있어서 LNG의 기화, 열량조정에서의 에너지 소비량을 구하고 연간 운용 에너지 소비에 의한 환경부하 원단위를 추계하고 이 값을 연간의 도시가스 수송량으로 나누어 환경부하 원단위를 구하였다(가스3사의 96년 실적치에 의함).

계산에는 LNG 56.39g-C/Mcal, 전체 전원평균 배출 원단위 93g-C/kWh, 화력발전 평균 배출 원단

Table 3.2. Energy Savings by LNG Cold Heat Use

LNG 냉열이용 사업		공기분리 액화O ₂ , N ₂ 제조	액화탄산, 드라이 아이스 제조	기타 a)
LNG 이용량(천톤/년)		1168	78	53
제품생산량(생산량/년)		486백만m ³ /년	84천톤/년	4백만RTh/년
전력 원단위 (kWh/단위 제품량)	LNG 냉열 이용시	0.43kWh/Nm ³	0.09kWh/kg	c)
	냉열 비이용시 b)	1.00kWh/Nm ³	0.19kWh/kg	
	전력삭감 원단위	0.57kWh/Nm ³	0.09kWh/kg	
년간 상용전력량		277	8	10

- a) 냉열창고 및 인접공장에의 냉열공급
- b) LNG 냉열을 이용하지 않는 경우의 전력 원단위를 설정
- c) 복수사업으로 원단위를 표시하지 않음

위 173.5g-C/kWh를 사용하였다.

2) 열량조정용 LPG에 관한 온실효과

LNG를 기화시킨 가스(9600kcal/Nm³ - 10800 kcal/Nm³정도는) LPG를 첨가시킴으로써 증열되어 11000kcal/Nm³의 도시가스로 된다. 이러한 의미에서 LPG도 도시가스의 일부분을 점하고 있기 때문에 자원채굴, 생산, 수송 등의 LPG사이클에서 배출되는 온실효과 가스의 배출을 평가에 고려하였다. LPG 사이클의 온실효과 가스의 배출 원단위는 일본에너지 경제연구소의 “우리나라에 있어서 화석에너지에 관한 라이프사이클 인벤토리 분석”의 결과를 사용하였다.

3) LNG의 냉열이용

도시가스 제조 시에는 섭씨 -162도의 LNG가 기

Table 3.3. CO₂ Reductions When Calculated with Carbon Intensity of All-Power-Source Average

LNG 냉열이용 사업		공기분리 액화O ₂ , N ₂ 제조	액화탄산, 드라이 아이스 제조	기타
CO ₂ 삭감 원단위 (g-C/Mcal)	각 사업별	-0.155	-0.004	-0.006
	사업 전체	-0.165		

화할 때 발생하는 냉열을 회수하고 있다. 이 LNG의 냉열은 냉열발전과 액체질소 제조, 공기분리 등에 사용된다. 냉열발전(자가소비 전력에 사용)의 경우에는 이에 따른 전력삭감분을 공장의 운용에너지로서 고려하였다.

한편 공기분리 등의 용도로서 사용되는 냉열에 의한 에너지 삭감효과는 여지껏 도시가스의 라이프사이클 분석에서 평가되고 있지 않았다. 따라서 가스3사의 국내 LNG 기지에 있어서 냉열이용사업에 이용하는 경우와 이용하지 않는 경우의 소비전력을 조사하였다(Table 3.2).

양자의 차분을 냉열을 이용하는 것에 따른 에너지 절약 전력량으로서 산출하고 이들로부터 LNG의 냉열이용에 따른 CO₂ 배출량의 삭감분을 산출하였다(Table 3.3, 4). 계산에는 화력전원 평균 원단위와 전체 전원평균 원단위를 사용하여 계산하였다. 그 결과 0.308g-C/Mcal와 0.165g-C/Mcal가 삭감되는 결과로 나타났다.

이상의 실적치를 기초로 전력원단위 93g-C/kWh(전체 전원평균 원단위)와 도시가스 총 송출량의 166,000Tcal로 LNG 냉열 이용에 따른 이산화탄소 삭감효과를 계산하면 Table 3.3과 같다.

또 실적치를 기초로 화력발전 평균 원단위 173.5 g-C/kWh와 도시가스 총 송출량의 166,000Tcal로 LNG 냉열 이용에 따른 CO₂삭감 효과를 계산하면 Table 3.4와 같다.

Table 3.4. CO₂ Reductions When Calculated with Carbon Intensity of All-Fossil-Fired Average

LNG 냉열이용 사업		공기분리 액화O ₂ , N ₂ 제조	액화탄산, 드라이 아이스 제조	기타
CO ₂ 삭감 원단위 (g-C/Mcal)	각 사업별	-0.290	-0.008	-0.010
	사업 전체	-0.308		

이상의 결과를 보면 전체 전원의 평균배출 원단위로 계산한 경우는 공기분리에서 0.290g-C/Mcal가 0.155g-C/Mcal로 되고 액화탄산, 드라이아이스 제조에서는 0.008g-C/Mcal가 0.004g-C/Mcal로 되고 기타에서는 0.01g-C/Mcal가 0.006g-C/Mcal로 되어 합계에서는 0.308g-C/Mcal가 0.165g-C/Mcal라는 결과를 얻었다. 따라서 두가지 경우의 삭감량의 차이는 1.144g-C/Mcal이다.

이와 같이 전원의 선택에 따라서 결과가 달라져 오기 때문에 목적에 따라서 잘 구분하여 원단위 선택을 할 필요가 있을 것이다.

IV. 분석결과

1. 라이프사이클 인벤토리 분석에 따른 결과 (LNG)

2장에서 LNG에 대한 각 단계의 환경부하를 고찰하였다. LNG의 연소시의 환경부하 원단위는 56.39 g-C/Mcal를 채택하였다. 그 결과는 Fig. 4.1과 같다. 총발열량 베이스에서는 채굴이 1.12g-C/Mcal, 액화단계가 10.00g-C/Mcal, 수송이 2.12g-C/Mcal, 설비가 0.14g-C/Mcal, 연소단계가 56.39g-C/Mcal이다. 진발열량 베이스로는 채굴이 1.24g-C/Mcal, 액화단계가 11.00g-C/Mcal, 수송이 2.36g-C/Mcal, 설비가 0.16g-C/Mcal, 연소단계가 62.66g-C/Mcal이다.

2. 도시가스의 라이프사이클 인벤토리 분석에 따른 결과

3장에서 도시가스의 각 단계별 분석을 하였다. 그 결과를 Fig. 4.1에 나타낸다. 이 그림에서 나타낸 결과는 최종소비 단계의 1Mcal당 이산화탄소 배출량을 평가한 것이다. 그리고 LPG의 열량베이스로 약 3.7%의 증열을 한 경우도 함께 평가되었다.

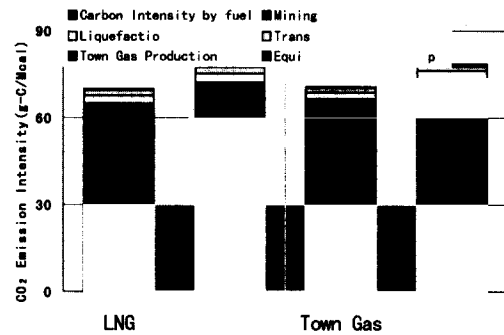


Fig. 4.1. LCI Analysis Results of Town Gas.

(주) 국내공급(가스도관 건설)은 총발열량 베이스로 0.43 g-C/Mcal이고 진 발열량 베이스로는 0.48 g-C/Mcal이다. 따라서 해외의 생산단계로부터 액화플랜트 수송선 국내공장 가스도관 건설을 전부 포함한 값은 총 발열량 베이스로 0.59 g-C/Mcal이고 진 발열량 베이스로 0.66 g-C/Mcal이다.

V. 결 론

이상에서 화석에너지에 관한 라이프사이클 인벤토리 분석(LCI)을 하였다. 각 화석에너지의 이용에 의한 온실효과 가스에 대해서 생산, 수송, 소비에 이르기까지 전 라이프사이클에서의 온실효과가스의 배출량이 가능한 한 정확하게 파악된 것은 LCA를 연구하는 여러 분야의 기초 데이터로서 참고할 수 있을 것이다. 본 연구의 추계결과는 지구적 시점에서 에너지 환경정책을 생각할 때 판단기준의 참고자료로서도 귀중한 일면을 가지고 있다고 보아진다. 그리고 향후 배출권 거래 등의 기후변화협약의 행동이 구체화되어질 때 배출권의 기본 할당량을 배분하는데 판단 근거로서도 생각해 볼 수 있을 것이다.

금후 보다 상세한 데이터의 수집과 분석을 통하여 화석에너지의 용도별 LCA로서 적재적소의 에너지

수급을 생각할 수 있게 하는 것은 대단히 중요한 과제라고 할 수 있겠다.

참 고 문 헌

- 1) IPCC ; Climate Change(1995).
- 2) IPCC ; Green House Gas Inventory Reference Manual, IPCC Guidelines for National Green-house Gas Inventory Vol.3 (1995).
- 3) 尹 性二, 小川芳樹, 採掘에서 燃燒까지 全球 觀點에서 본 各 化石에너지원의 溫室效果의 比較, 에너지經濟, (財)日本에너지經濟研究所, Vol. 24, No. 5(1998).
- 4) 電氣事業審議會 基本政策部會 電力負荷平準化 對策檢討小委員會 中間報告(1997).
- 5) 通商産業省資源에너지廳委託調査, 火力 發電所 大氣影響 技術 實情調査 報告書, (財)에너지總合工學研究所(1990).
- 6) 通商産業省大臣官房調査統計部, 平成9年 에너지 生産需給統計年報(1998).
- 7) 運輸省運輸政策局情報管理部, 來航船舶輸送統計年報, 平成9年度(1998).
- 8) 運輸省運輸政策局情報管理部, 運輸關係에너지要覽, 平成10年度版(1999).
- 9) 內山洋司 外3名, 化石燃料의 消費에 동반하여 海外에서 誘發되는 環境影響 物質(1999).
- 10) 環境廳, 二酸化炭素排出量調査報告書(1992. 5).