

IMF 체제하에서의 가스부가가치 증진을 위한 기술개발노력



백 영 순

1957년생, 한양대학교 공학박사
한국가스공사 연구개발원 책임연구원

1. 서론

6·25 戰亂 後 우리 나라의 최대 국난으로 여겨지는 IMF 구제금융 체제하에서 국가 경제 전반에 걸쳐 경기가 매우 위축된 상황이다. 모두 안 쓰고, 안 사기로 말미암아 유통을 전체로 한 시장원리상 수급불균형을 초래하고 제조회사들의 생산량 감소로 인한 새로운 투자나 경비 삭감은 경제를 더욱 불황으로 몰아 가고 있다. 이로 인한 미래 우리 나라의 국제 경쟁력이 약화되는 문제점이 야기될 것으로 보여진다. 이러한 분위기를 극복하기 위해서 단순히 사업축소나 경비 삭감 등인 소극적인 대응책 보다는 적극적인 방향으로 전환하여 IMF 체제를 넘긴 후에도 국제 경쟁력에서 떨어지지 않게 해야 할 것이다. 한 방법으로 지속적인 연구·개발(R&D) 투자, 공격적인 시장점유율 확대 등으로 외부 지향적이고 역발상적인 전략을 동시에 구사하여 해외 시장 개척에 나서는 경영 전략을 짜야 할 것이다.

이러한 노력은 가스분야의 경우에도 예외는 아닐 것이다. 해외에서 수입되는 도시가스의 생산원가를 낮추고, 생산되는 기기의 효율 향상으로 국내 제품의 경쟁력을 제고해야 할 뿐 아니라 에너지의 합리적인 이용으로 국가 경쟁력을 고양시켜야 할 것이다. 특히 여름철 냉방 전력수

요로 전력부하 피-크를 초래하는 한편 가스수요는 현저히 낮아 (1997년의 경우 여름철 대비 겨울철의 수요가 약 5배) 가스 저장탱크의 비효율적 운영으로 국가 손실이 막대하므로 여름철 기기의 동력원을 전기로부터 가스로 전환시키는 것은 국가에너지 수급 및 에너지를 효율적이고 상호 보완적인 방안으로 매우 필요한 기술이다. 더욱이 생활수준의 향상으로 쾌적한 생활공간을 추구함에 따라 매년 에너지가 증가하여 에너지의 98% 이상을 해외에 의존하는 우리 나라의 현실에서는 절실히 요구된다.

그러나, 우리 나라의 가스 소비형태를 보며 연소과정을 거쳐 최종적으로 원하는 열에너지, 동력에너지, 전기에너지와 같은 에너지종 중에서 주로 열에너지를 얻는데 이용되어 왔다 (표1). 특히 천연가스의 경우 87년부터 연간 일정량을 수입 소비하게 되어 가스 배관망과 수요개발의 미비로 대부분 취사용, 난방용, 발전소의 단순연료로 사용되고 있는 실정이다. 단순연료로 사용하는 경우에는 배관망이 완성되면 시장확보가 용이하나 양적인 면에서 소비량이 적을 뿐 아니라 부가가치가 타 분야에 비해 낮다.

다른 1차 에너지에 비해 천연가스는 고급에너지이며 clean 에너지로서 더욱 가치 있게 사용되어야 하므로 이용효율이 提高 되어야 한다. 즉 천연가스 용도로 에너지용 뿐 아니라 화학공업의

구분	용도	특징 및 현황
① 열에너지	취사용	○ 편리성, 청결성의 장점으로 보급확대 용이 ○ 일간 시간별 부하변동이 심하다.
	난방용	○ 편리성, 청결성 등 장점은 인정되나, 연료비 소요시설 등 경제성이 불리함. 관련기술의 개발, 합리적인 제도의 개선 등으로 시장개척에 주력.
	산업용	○ 천연가스의 청결성으로 재래식에 비해 시설이 간단하고 효율의 우수성으로 시장개척이 기대.
③ 냉방용	가정, 산업용	○ 압축식 냉방방식에 비해 가스흡수식냉방이 운전비가 싸며, 초기투자비를 낮추는 것이 관건임.
⑤ 동력용	일반용, 산업용	○ 가스엔진, 가스터빈 등에 의한 동력-열 병산 체제에 의한 TES(Total Energy System)로 에너지의 이용효율 증대가 기대되는 분야임.
⑥ 원료용	산업용	○ 신에너지원 : 연료전지에 의한 수소를 제조하는 분야임. ○ 화학원료 : 석유화학 제품의 원료로 유망한 분야임.

표 1. 가스이용 기술분야

용도까지도 보급·확대 되어 한다. 따라서 부가가치가 높은 난방용, 산업용의 시장개발이 절대적으로 요구되고, 신 에너지용, C1화학 원료용 등의 수요개발에도 노력해야 할 것이며, 에너지 분야에서 무엇보다도 이용 효율이 재래식 효율보다 우수해야 한다.

이를 위해 여러 가지 기술개발을 통해 해결할 수 있을 것으로 보여진다. 첫째로 대체에너지로서의 부가가치를 창출하는 기기 개발, 둘째로 에너지 합리적인 이용 추구, 셋째로 가스에 적합한 고효율시스템 개발, 넷째로는 가스로부터 고부가가치의 생성물을 제조하는 기술개발이 요구된다. 따라서 가장 유망한 기술과 가스 이용에 적합한 기술을 주안점으로 기술의 기본원리와 가스이용 현황에 대해서 아래와 같은 분야로 한정시켜 정리한 내용을 제시키로 한다.

- 전기/석유 대체에너지로서 부가가치 증진 (가스냉방, 천연가스 자동차)
- 에너지 합리적인 이용으로서 부가가치 증진 (가스터빈/엔진 및 연료전지 열병합 발전시스템)

- 고효율에너지 시스템 개발로서 부가가치 증진 (축매연소기)
- 비에너지원(화학원료) 이용으로서 부가가치 증진 (C1화학)

2. 본론

2-1. 전기/석유 대체에너지로서 부가가치 증진

석유나 전기로 사용한 기기를 가스로 전환하여 사용할 때에 원 단위를 낮출 수 있다면 저렴한 연료로 에너지 소비효율을 극대화시킬 수 있을 것이다. 98% 이상의 에너지를 해외 수입에 의존하는 국내 에너지 상황을 감안 할 때 국가적인 에너지 차원에서 매우 바람직하다. 이와 같은 대표적인 기기로서는 전기 냉방기를 가스냉방기로, 휘발유나 경유 자동차를 천연가스 자동차로 에너지를 대체하였을 때 가스에너지의 고부가가치를 얻을 수 있다.

- 천연가스자동차 : 기존의 휘발유나 경유의 연료 대신에 천연가스를 사용해서 엔진을 구동하

는 자동차를 말한다. 연료 가스의 압력을 200 Bar까지 압축하여 충전한 용기에서 압력 조절기를 거쳐 상압으로 감압된 가스/공기 혼합기에 의해 엔진에 주입시킨다.

구분	휘발유	경유	LPG(부탄)	LNG	비고
'96 평균	26.10	27.00	24.86	20.83	* 경유 1bbl 상당으로 환산한 가격(\$)임.
'97 평균	27.20	24.44	28.05	21.93	

* 에너지 통계 월보참조.

최근 날로 심각해지는 도시 자동차 공해를 줄이기 위한 근원 대책으로 천연가스를 연료로 한 자동차로 대체할 때 경유 차량보다 매연, 질소산화물 등 자동차 배출가스를 70~90%까지 줄일 수 있고 이산화탄소도 기존차량 보다 20%정도 적게 배출될 뿐 아니라 천연가스는 공기보다 가벼워 외부로 누출시 쉽게 공기 중으로 확산되기 때문에 안전성에도 우수하다.

또한 연료 비용도 수송거리 1km 주행시 원 단위를 낮출 수 있어 가스의 부가가치를 높일 수 있는 차량에 사용할 수 있을 것으로 보여진다. 바꿔 말해서 시내버스 90,000 km/년 주행시 경유차의 경우 1km당 281원이고, 천연가스 자동차의 경우 경유차의 63% 수준인 171원(소비자 가격: 천연가스 324원/m³, 경유 590원/ℓ 기준) 소요되어 1km당 100원 정도를 절약할 수 있다. 이는 천연가스 버스를 운행할 경우 연간 약 9백만원(시내버스 평균 연간 9만km 주행 기준) 정도를 절약할 수 있다. 또한 휘발유, 경유, LPG, 천연가스에 대하여 각 연료를 경유 1배럴(bbl) 상당에너지로 환산하여 비교한 국내 도입가격을 표 2에 나타냈다.

천연가스가 경유 1배럴 상당에너지의 국내 도입(국제) 가격이 \$21.93로서 경유의 \$24.44 보다 10% 저렴하며 LPG의 \$28.05 보다는 22% 낮은 가격을 형성하고 있다. 또한 승용차의 성능 면에서도 휘발유차와 유사하나 연료 소비율면에서 휘발유차보다 우수하다 (표3 참조).

표 2. 휘발유, 부탄(LPG), 천연가스 국제가격 비교

천연가스 자동차의 특징으로는 1) 휘발유 엔진 본체의 개조가 불필요하므로 정비 비용이 절감. 2) 배기가스가 대기를 오염시키지 않는다. 3) 옥탄가가 높기 때문에 압축비를 상승시키고 출력을 얻을 수 있다. 4) 저온에서의 시동성이 좋다. 5) 연료가 깨끗하기 때문에 엔진 수명이 연장되고 유지관리 비용이 절감.

국의 천연가스 자동차의 보급대수는 약 100만대 이상이고, 주요 국가들의 천연가스 자동차 보급대수는 표 4와 같다. 천연가스 자동차를 가장 많이 보유한 나라는 러시아이며, 이탈리아와 아르헨티나도 10만대 이상 보유하고 있다.

대도시의 주요 교통 수단인 시내버스가 경유를 연료로 사용하고 있어 매연과 배출로 인해 대기오염이 악화되고 있다고 판단하고 이를 근원적으로 저감시키기 위해 환경처 주관하여 자동차 공해연구소, 한국가스공사, 창원기화기 등 정부연구 기관 및 관련업체 지원으로 1991년부터 시내버스등 대형 경유차에 적용하는 실용화 연구를 수행하여 1대를 시범운행하고 있다. 이외에도 천연가스 자동차 실용화 연구를 위해 한국가스공사 연구개발원에서 '95년 천연가스 지프차량의 시범운행 연구를 비롯 대우, 기아, 현대자동차 3사의 차량 9대(기아 지프 3대, 대우 시에

구분	휘발유차	LPG차	천연가스차	비고
성능	100	87	100	* 휘발유차를 100으로 하였을 때 상대적 비율임.
연료소비율	100	98	88	

* 환경부 대기보전국 "천연가스 자동차 보급계획안" ('97.11)

표 3. 차종별 연료 소비율 비교

국명	차량대수	충전소수
러시아	315,000	350
이탈리아	250,000	265
아르헨티나	265,000	438
뉴질랜드	43,230	387
미국	37,612	1,107
캐나다	36,400	112
기타	10,624	61

표 4. 천연가스 자동차의 보급현황

로 3대, 현대 엑센트 3대)을 개조하여 '96.10월부터 '98.12월까지 시범운용하고 있다.

□ 가스냉난방기 : 낮은 압력(≈6.5mmHg)의 물은 낮은 온도(≈5.0℃)에서 증발한다는 원리에 의해 가스냉난방을 하는 시스템이다. 가스를 연소하면 열이 나는데, 그 열로 난방을 하면 할 수 있어도 어떻게 냉방을 할 수 있는가? 하는 의심이 갈 것이다. 그러나 여름에 더울 때 가끔 마당에 물을 뿌리면 시원해진다는 원리 (물이 주위 열을 빼앗아 수증기로 되어 날아감)에 의해서 냉방열을 공급 받고, 수증기로 되어 날아간 물은 흡수제(LiBr + H₂O)에 흡수되어 용액으로 되는데, 이때 물과 흡수제를 분리 재사용하기 위해 가스열이 사용된다.

이 시스템은 흔히 가정에서나 빌딩에서 사용되는 전기 에어컨과는 달리 가스를 사용하여 냉방하므로써 여름철 가정용 에어컨의 증가로 인해 전력과부하 현상의 발생으로 국가적인 송전제한 위기까지 초래하는 상황을 해소할 뿐 아니라 가스의 동고하저(冬高夏低) 현상을 막아 국가적인 에너지 손실을 억제할 수 있을 것이다. 더불어 소요면적 10평 냉방을 위해서 약 1냉동톤(=1RT)을 얻는데 소요되는 원 단위를 낮추어 가스의 부가가치를 창출할 수 있는 시스템이기도 하다. 다시말해서 냉방시 1 냉동톤 (Refrigeration Ton) *시간을 생산하기 위한 소요되는 원 단위는 전기에어콘의 경우 약 150원

/RT·hr인 반면, 가스흡수식인 경우 약 100원 /RT·hr으로 전기에어콘이 약 1.5배 비싼 것으로 보인다.

이 시스템의 특징으로는 1) 기기 1대로 냉·난방 동시 해결하므로 별도의 난방 설비가 필요한 전기 냉방기와는 달리 하나의 시스템으로 냉난방을 겸하므로 기기 설치 면적을 크게 줄일 수 있다. 한편 흡수식 냉방기는 전기식 대비 75% 절전되므로 수변전 설치비가 절감되고, 한전과의 계약 전력량 감소로 전기료가 현저하게 절감되며 또한 할인된 냉방용 가스요금 적용으로 운전비가 낮다. 2) 소음과 진동이 없으므로 옥상, 옥외 어느 곳에서도 설치 가능하고, 기기 병렬 설치로 건물 규모에 따라 최적 용량 선택이 용이하며, 부분부하 운전시 기기 효율이 우수하다. 3) 물을 냉매로 사용하므로 FREON에 대한 환경 문제를 해결할 뿐 아니라 가스를 사용하므로 B·C유 및 유연탄 발전 연료에 의한 대기, 수질 오염을 방지할 수 있다.

현재 사용되고 있는 흡수식 냉난방기는 중대형 빌딩용에 적합한 기기로서 국내 처음으로 공조기기 전문업체인 (주)경원세기에서 일본의 HITACHI와 기술제휴에 의한 1978년 흡수식 냉동기의 생산·제조를 시작하였고, 금성전선, 만도기계, 삼성중공업, 현대중공업, 경동보일러 등에서도 일본 업체와의 기술제휴 및 자체 개발로 중대형 흡수식 냉방기의 생산 시판중이다. 일본의 경우는 가스 냉방에 대하여 기술적 측면이나 보급현황에서 세계 제일의 수준을 보이고 있으며, 1958년 KAWAZAKI 중공업에서 H₂O-LiBr을 이용한 패키지형 흡수식 냉동기를 개발하였고, 또한 1968년에는 세계 최초로 이중효용 가스 흡수식 냉동기를 개발하여 판매하기 시작한 이후 에너지 절약형, 콤팩트형, 대용량형, 소용량형, 태양열 이용형 등 다방면으로 발전되고 있다.

한국가스공사 연구개발원에서는 가정용 가스

흡수식 냉온수기의 기술개발을 '92년 린나이코 리아와 공동연구를 시작하여 '94년 3RT급 시제품을 국내 처음으로 개발한 후, '95년부터 약 3년의 신뢰성 시험인 제 2단계 기술개발을 완료하여 '98년 20대의 시범보급사업으로 상품화를 추진하고 있다.

2-2. 에너지 합리적인 이용으로서 부가가치 증진

에너지를 합리적으로 이용하기 위해 가장 중요한 것은 에너지 변환시 질(Exergy)을 고려하여 단계적으로 사용하는 것이다. 다시말해서 전력 1kWh는 열량환산으로 860 Kcal임을 잘 알고 있으나, 전력 1kWh가 열량 860 Kcal와 대등하다고 말하지는 않는다. 1kWh 전력을 생산하기 위해서는 약 2,500 Kcal 상당의 열량이 소요됨을 잘 알고 있으므로 전력 1kWh는 열 1kWh = 860 Kcal 보다 고급의 에너지라고 말할 수 있다. 따라서 일반적으로 전력 사용할 때 연료의 유용도는 그림 1에서와 같이 단계적으로 낮아져 최종 사용할 때의 유용도는 대단히 낮게 된다. 이와 같이 전력 생산과 송배전시 많은 에너지 손실로 유용도가 낮아진다. 따라서 하나의 에너지 시스템에서 두가지 이상의 유형이 다른 에너지(온열, 냉열, 동력, 전력 등)를 동시에 생산하여 종합적인 에너지의 질적인 이용효율을 향상시키는 시스템이 필요하다. 이러한 에너지 시스템을 구성코자 하는 대상(건물, 지역, 산업체 등)에서 얻을 수 있는 에너지원과 최종적으로 필요한 에너지를 가장 효과적인 요소기술을 복합시켜 총괄적인 에너지 효율을 높이고 경제성을 제고시키는 시스템 구성을 통하여 에너지의 질적 효율을 향상시키므로 부가가치를 증진시키게 있다. (그림 2) 즉, 연료의 유용도를 전력과 수증기의 동시 생산으로서 손실을 줄여 총효율 80% 이상을 얻을 수 있는 유망한 시스템으로 열병합발전

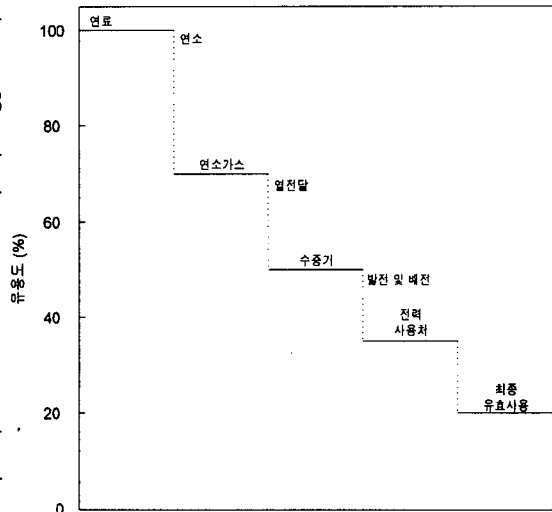
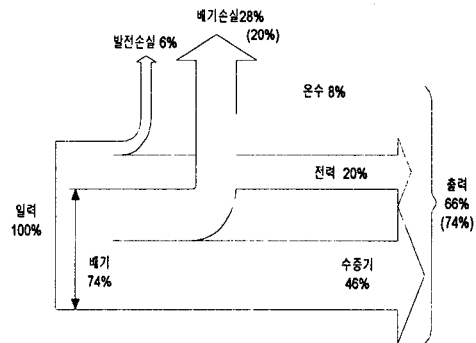


그림 1. 전력사용시 유용도의 변화



* 동일한 출력을 재래식으로 공급시에 소요입력 에너지량 : 120%

단, 발전효율 : 32%, 보일러 효율 : 80%

그림 2. Tokyo Gas 빌딩의 CES 개요

시스템과 연료전지 시스템이 있다.

□ 연료전지 : 연료가 가지고 있는 화학적 에너지를 연소라는 과정을 거치지 않고 직접 전기에너지로 변환시키는 새로운 에너지 변환장치이다. 다시말해서 연료(천연가스 등)를 개질(reforming)하여 얻은 수소와 공기중의 산소를 전기화학적 반응을 시켜전기와 열을 동시에 생산하는 발전시스템으로 대기오염과 소음 등의 환경문제가 거의 없는 대체에너지 기술이다. 재래식 전력-열병산에서는 열출력을 얻으려면 발

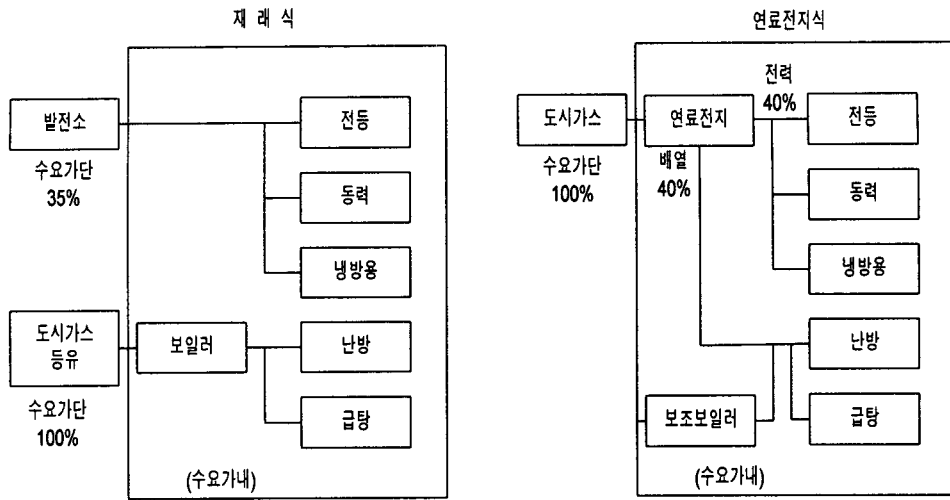


그림 3. 연료전지 발전시스템 이용 Total Energy System 사례

전출력의 감소가 불가피하지만 연료전지 발전 시스템에서는 발전 출력의 감소없이 120~170℃ 정도의 고온의 열에너지(10-15%), 70~120℃ 정도의 저온의 열에너지(25-30%)를 동시에 얻을 수 있어 발전효율(약 40%)를 가산하면 총 효율은 80% 전후를 얻을 수 있다. 이에 대한 일차 에너지 절감효과에 대하여 일본에서 검토한 예를 각각 예시해 본다. (그림 3)

연료전지는 전지내 전해질 종류에 따라 인산형 연료전지(PAFC), 용융탄산염 연료전지(MCFC), 고체산화물 연료전지(SOFC), 고분자 연료전지(PEMFC) 그리고 알카리 연료전지(AFC)로 분류된다. (표 5 참조) 전해질에서의 이온전류의 운반체는 알카리 연료전지는 OH-

용융탄산염 연료전지는 CO₃⁻, 고체산화물 연료전지는 O⁻ 그리고 인산형과 고분자형 연료전지는 H⁺ 이온이다. 역사적으로 고분자와 알카리 연료전지가 먼저 사용되기 시작하였지만 가장 진보된 형태는 인산형 연료전지로 상용화에 아주 가까운 단계에 와 있다.

연료전지 발전시스템의 개발은 1960년대 이후 선진국들을 비롯 개발도상국에 이르기까지 관심을 가지고 상용화 연구개발을 진행하고 있다. 특히 미국과 일본 중심으로 가까운 장래에 인산형 연료전지는 상업화될 예정이고, 대규모 발전용 용융탄산염 연료전지는 10년내에 고체산화물 연료전지는 20년내에 실용화 될 전망이다. 한국가스공사 연구개발원은 1989년에 범국가적

구 분	알카리형	인 산 형	고분자형	용융탄산염	고체산화물형
전 해 질	KOH	H ₃ PO ₄	멤브레인	용융탄산염	지르코니아
작 동 온 도	60~110℃	200℃	상온~80℃	600~700℃	1,000℃
주 요 용 도	우주선의 동력	발전장치	수송, 휴대용	대규모 발전설비용	
주 요 연 료	순수수소	천연가스, 메탄올	천연가스, 메탄올	석탄, 천연가스	
기 술 수 준	사용중	실용화단계	연구단계	개발단계	연구단계

표 5. 연료전지의 종류 및 특징

인 연구사업으로 시작한 연구개발은 (주)유공, (주)LG 정유, 그리고 (주)LG산전이 참여하여 40kW급 연료전지시스템 개발을 중심으로 진행되어왔다. 또한 미국 ONSI사로 구입한 200kW급 연료전지(PC25)를 10,000시간 이상의 시험 운전연구를 통해 실제 수용가에 적용할 수 있도록 연구 수행하고 있다.

외국의 경우 1960년대 이후 연구개발하기 시작하여 1994년 중반을 기준으로 약 250대의 인산형 연료전지 발전시스템, 35대의 용융탄산염 연료전지 발전시스템, 그리고 12대의 고체산화물 연료전지 발전 unit를 전세계적으로 운전 연구되고 있으며, 이들의 출력은 약 45MW에 근접하고 있다. 그러나 연료전지를 상용화한 나라는 미국과 일본 두 나라 뿐으로 막대한 정부지원과 일반기업의 연구개발이 활발히 이루어지고 있다.

□ 가스터-빈/가스엔진 : 열병합 발전시스템은 가스나 석유를 태워서 가스터빈이나 가스엔진을 구동하여 발전기로부터 전기를 생산하고, 이때 발생하는 배기가스와 엔진의 냉각수를 폐열 회수장치에 의해 온수 및 냉난방용 열을 공급하는 시스템이다. 즉 유럽에서는 CHP (Combined Heat and Power)라고 많이 사용되고 있는 이 시스템은 동일한 연료로부터 전기, 열, 증기 또는 유용한 에너지를 생산하는 장치로써 총효율 75~85%를 지닌 고효율 에너지 공급시스템이다.

열병합 발전시스템은 규모에 따라 산업체의 공장 및 건물 등에 설치하여 냉난방을 할 수 있는 自家 열병합 발전시스템과 화력발전소에서 버려지는 폐열을 회수하여 인근지역에 온수를 공급하거나 신도시에서 증기와 온수생산을 주목적으로 하고 나머지 에너지를 전기생산에 사용

하는 집단 열병합 발전시스템으로 구분한다. 이처럼 열과 전기를 동시에 필요로 하는 도심지 빌딩, 호텔, 병원, 산업체 공장 등에 설치시 매우 유용한 시스템이며, 또한 효율적인 전기·가스의 부하조절, 에너지 이용효율의 향상을 위한 사회적 문제에 유연하게 대처하고 선진국형의 에너지 소비형태를 유도하는 시스템으로, 한편 원동기의 종류에 따라 엔진과 터빈 구동 열병합 발전시스템으로 구분하며, 각각의 시스템에 대한 특징과 장단점은 아래의 표6과 같다.

구분	가스엔진	디젤엔진	가스터빈
연료	가스	등유, 중유	가스, 등유, 중유
발전효율	30 ~ 34%	33 ~ 38%	15 ~ 20%
총효율	85 ~ 90%	80 ~ 85%	70 ~ 80
출력전력	50kW 이하	1,000kW 이하	1,000kW 이상
특징	배기가스 깨끗함, 소음이 적음.	가격 저렴함. 소음과 배가스 나쁨	열회수 높음. 소형. 경량

표 6. 원동기의 종류 및 특징

열병합 발전시스템은 1900년대 초부터 개발 사용해오던 기술로써 미국, 유럽의 경우 지역 열병합등 대형을 중심으로 발달하였으나 일본의 경우 1985년경부터 소형 열병합을 중심으로 패키지형 제품을 개발보급하고 있는 시정이다. 국내의 경우 1980년대부터 공업단지, 산업체 공장을 중심으로 전기와 열을 생산하는 시스템을 도입하여 1990년부터는 신도시를 중심으로 지역난방 열병합이 급속도로 보급되고 있는 실정이다.

2-3. 고효율 에너지시스템 개발로서 부가가치 증진

에너지 효율적 이용 측면에서는 재래식보다 우수하지만 초기시설비가 고가이기 때문에 아직은 비경제적인 경우가 많다. 즉 경제성을 판단하는 기본식에서 재래식 대비 변동비가 저렴해도 고정비가 고가인 경우가 많기 때문에 변동

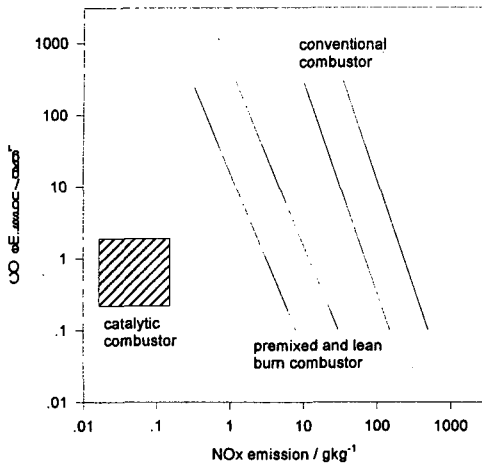


그림 4. 연소기의 종류에 따른 NOx와 CO 배출가스의 비교
비에서 절감액이 고정비에서 추가 부담액을 초과하지 않는 한 비경제적이다. 더욱이 효율이 우수해도 사용 연료단가가 고가인 신기술은 변동비까지도 고가인 경우가 있다. 재래식 대비 효율 증대는 물론 초기 시설비까지도 비슷하여 경제성이 성립될 수 있는 이용분야는 에너지 부가 가치를 창출하는 또다른 방법이다. 이와같은 이용분야 기술로 유망한 촉매연소 기술있다.

□ 촉매연소시스템 : 가연성 가스와 공기중의 산소를 연소시키는 기존(화염) 연소방식과 달리 촉매 연소방식은 가연성 가스와 공기중의 산소를 제3의 물질인 촉매(觸媒) 표면에서 흡착/탈착 하는 과정을 반복되면서 가스연료를 연소시키는데, 600℃ 이하의 저온에서 불꽃을 내지 않고 연소시키는 방식으로 연소 열량의 약 50%를 적외선으로 방사하는 저공해 특수 연소시스템이다. 따라서 기존연소에 비해 30~40%의 고효율 연소가 가능한 에너지 절약기술이다. 국내 처음으로 천연가스 촉매연소기를 D 방적과 B 방적의 섬유 예비건조기 생산라인에 설치하여 제품 생산 연료비가 기존연소기에 비해 약 70~80% 절감되고, 공해물질인 질소산화물과 미연소 탄화물질이 거의 발생되지 않는 결과를 얻었다(그림 4).

피가열체인 섬유의 건조온도 250~300℃에 사용되는 기존연소기 대신 촉매연소기를 사용함으로써 연료를 D 방적의 경우 84%, B 방적의 경우 약75% 절감을 할 수 있을 뿐만 아니라 촉매연소기에서 방출하는 원적외선으로 섬유염색의 착색 정도가 크게 향상되는 것으로 나타났다. 이로써 섬유 염색산업에 비중이 큰 에너지 비용을 크게 절감하고 착색의 고급화를 통하여 고품질의 섬유를 저비용으로 생산하였다(표 7).

연소방법은 다공질 보온재에 장치된 예열용 전기 가열기에 의해서 약 80℃로 예열시킨 다음 연료를 도입하면 고효성의 금속촉매를 함유한 다공질 알루미늄나로된 섬유질 매트상에서 뒷면에서 공급되는 가스와 앞면의 공기가 촉매상에서 불꽃없이 연소한다. 연소 개시 후 촉매온도가 약 400℃되면 전기 가열기는 자동 차단되고 촉매연소는 일정하게 유지되며 만일 어떤 이유로 촉매온도가 200℃ 이하가 되면 가스공급이 자동차단 되어, 가스누설로 인한 위험을 방지하게 되어 있다. 촉매표면의 열부하는 1cm²당 1~2 kcal/hr로서 표면온도 400℃인 경우 1.5 kcal/hr·cm²가 표준이다. (그림 5참조)

이러한 촉매연소 방법의 특징은 첫째 적외선 방사율은 투입연료의 연소 열량의 약 50%로서 종래의 적외선 버너 대비 약 2배가 된다. 또한 적외선 파장범위가 유기 물질에 흡수가 잘되는 2-15μm의 원적외선 영역에 분포되어 있다. 따라서 버너에서 일정거리에서 흡수되는 열량이

구 분	기존공정 (설계치)	촉매연소공정		
		D 방적	B 방적	
가스소비량(Nm ³ /hr)	36	5.8	9.0	
배기 가스	일산화탄소(ppm)	2520	30	10
	질소산화물(ppm)	26 ~ 30	0	0
	미연소탄화수소(%)	0	0.01	0
피가열체의 온도(℃)	250 ~ 300	250 ~ 300		

표 7. 기존연소기와 촉매연소기의 결과비교

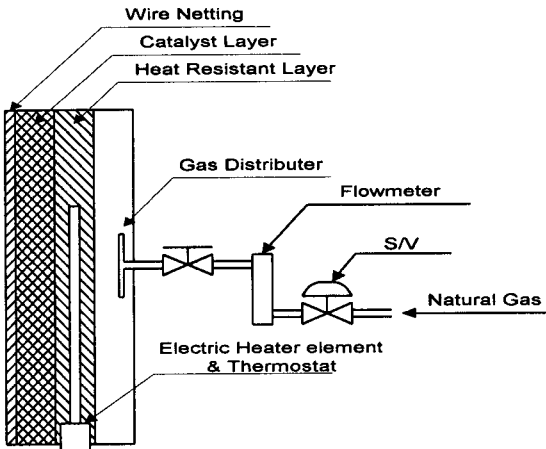


그림 5. 촉매연소기의 모형도

동일한 경우 재래식 적외선 버너 대비 1차 에너지가 절감된다. 둘째로 불꽃을 내지 않고 연소됨으로 석유나 종이 등을 근절 건조시켜도 화재의 우려가 거의 없어 안전하다. 셋째로 내풍성에 강하다. 종래의 적외선 버너는 바람이 불면, 잘 꺼지지만 촉매연소 버너는 내풍성이 높아 10m/s의 풍속에서도 꺼지지 않는다. 넷째로 촉매의 내구성이 우수하여 수명이 반영구적이다 촉매연소 방식의 이용분야는 원적외선에 의한 가열효과를 추가로 가지고 있어서 더욱 그 이용분야가 넓다고 하겠다.

최근 환경오염 물질의 기준강화 및 고효율 에너지 추수로 새로운 탈출구로서 이에 대한 연구 개발이 활발히 진행되고 있는 상태이다. 외국의 경우 촉매연소는 80년 개발 초에 주로 가정용이나 휴대용 난방기 등에 사용되었고, 현재는 산업용 건조시스템에 응용되고 있으며, 최근엔 보일러와 가스터빈 연소기와 같은 고부하 연소기에 질소산화물 저감기술로 활용하기 위한 기술을 개발하고 있는 실정이다. 국내의 경우 한국가스공사 연구개발원에서는 '93년 제1단계 연구로 환경친화 및 에너지 절약효과가 우수한 중온용 최적촉매를 개발하였고,

이를 활용 '95년 제2단계 연구로서 건조로 등에 적용하기 위한 실용화 연구를 수행하였으며, 이를 '97년 석유 예비건조로에 적용하여 시범보급 사업을 완료하였다.

2-4. 비에너지용(화학원료) 이용으로서 부가가치 증진

1960년대에는 모든 화학제품의 95%를 석유에 의존하는 소위 석유문명의 절정을 이루었으나, 1970년대에 들어와 2차에 걸친 세계적인 석유파동은 석유자원의 유한성과 생산지의 편재에서 오는 공급의 불안이 국가의 산업, 경제, 정치에 심각한 영향을 줌을 실감케 하였다. 따라서 각국은 자원의 다변화와 공급지의 분산, 새로운 자원의 개발 등 자원의 장기 안정 확보를 위한 정책에 총력을 기울일 필요성을 지녔다. 이것의 일환으로 석유화학공업에 의해 뒷받침 되어 왔던 나프사 의존 체제에서 탈피하여 천연가스로부터 여러 가지 기초화학 및 정밀화학 제품(그림 6)을 제조하는 기술이 각광을 받고 있다. 이것은 귀중한 자원인 LNG를 단순한 열원으로만 사용하지 말고 높은 부가가치를 갖는 화학제품의 원료로 사용한다는 견지에서 IEA가 지향하는 LNG의 유용한 활용과도 일치한다.

□ C1화학기술 : 탄소원자 하나인 물질 즉, 일산화탄소(CO), 합성가스(CO/H₂), 탄산가스

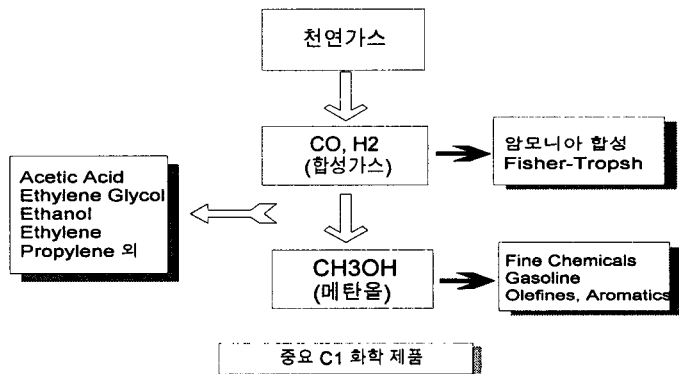


그림 6. 천연가스로부터 화학원료 제조

(CO₂), 메탄(CH₄), 포름알데히드(HCHO) 등을 원료로 하여 여러 가지 기초화학 및 정밀화학 제품을 제조하는 기술을 의미하는데(그림 7), 메탄을 주성분으로 하는 천연가스를 활용한 합성 가스 및 메탄올 제조가 가장 용이하다. 따라서 천연가스로부터 제조한 고부가가치의 화학원료를 상대적 가치로 그림 8에 나타냈다. 천연가스로부터 제조한 에틸렌이 약 3배의 고부가가치를 제조하였다.

따라서 최근 Exxon사 등의 석유회사들에 의해 천연가스를 석유제품, 그 중에서도 특히 중간유분으로 직접 전환하는 기술이 개발되어 상업적 적용이 처음으로 시도되고 있는데, 이같은 상업화가 본격화될 경우 단순히 가스개발 부문 뿐 아니라 에너지 산업 전반에 걸쳐 커다란 변화가 도래할 것으로 보인다. 가스를 석유제품으로 전환시키기 위한 노력은 60년 이상 장기간의 지속적인 연구를 거쳐, Exxon사와 Syntroleum사의 경제성을 갖춘 가스전환기술(GTL, Gas to Liquid Technology)의 개발로 이제 막 결실을 맺어 가는 단계이다. 이중 Exxon사의 기술은 대형 가스전, Syntroleum사의 기술은 보다 소규모의 가스전 개발에 역점을 두고 개발되었다.

이 기술이 실제 상업화될 경우, 지금껏 경제

적 측면에서 개발이 불가능했던 수많은 가스 매장량의 개발이 가능해지고, 중간유분(난방유, 디젤유)을 생산하는 새로운 대안으로 등장함에 따라 정제 산업에 일대 변화가 예고되고 있다. 이와 함께 기존의 가스전 개발방식인 PNG(Piping Natural Gas)와 LNG 사업에도 근본적인 변화를 몰고 올 것으로 보이는데, 특히 LNG 개발방식은 거의 GTL 방식으로 대체될 가능성이 높아지고 있다.

이렇듯, 천연가스 전환 기술의 발전은 세계 에너지산업 전반에 걸쳐 혁신적 변화를 태동시키는 계기가 될 것으로 보이는데, 천연가스가 원유와 거의 동등한 수준의 주요 에너지원으로 성장할 수 있도록 하는데 결정적 역할을 할 것으로 보인다.

3. 결론

에너지의 98%이상을 수입에 의존하는 우리나라의 입장에서는 어느 상황을 막론하고 에너지 절약 및 에너지의 합리적인 이용으로 에너지의 부가가치를 향상시키는 노력과 기술개발을 통해 달러의 유출을 줄여야 할 중대한 과제이다. 더불어 국가 에너지 공급의 균형 유지를 위해 에너지의 효율적인 활용도 매우 요구된다. 특히

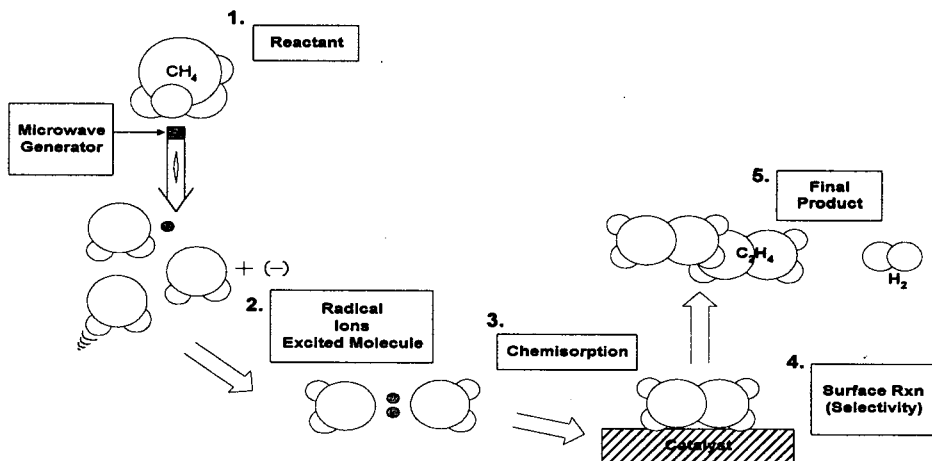


그림 7. 플라즈마 상태하에서의 메탄분해 및 새로운 제품으로의 재결합과정

지금 IMF 구조라는 어려운 상황에 처해져 있는 현실을 감안할 때, 그 필요성은 더욱 절실하다. 말로만 하는 에너지 절약과 기술개발 노력이 아니라 구체적이고 계획적인 방법을 통해서 국가적인 차원의 종합적인 수행 체계로 할 때 효과를 거둘 것이다. 한편 청정 에너지로서 각광을 받는 가스는 에너지 중에서 약 10%내외로 차지하여 비교적 적지만 고질(高質)의 에너지이고 선진국형의 에너지로서 부가가치 증진을 위한 기술 개발이 더욱 요구된다. 또한 에너지와 불가분의 관계를 지닌 환경은 점점 지구오염도가 심각해져 지구환경문제에 대응하면서 장래에 필요한 에너지를 공급하지 않으면 안 되기에 이르렀다. 따라서 청정성을 지닌 가스에 대한 기대는 점점 높아지고 있는 시점에 있다. 따라서 가스를 지금보다 광범위한 용도로, 보다 효율적으로, 보다 유용하게 이용하는 기술 개발노력은 더욱 절실히 요구되는 것은 당연한 일 일 것이다.