

Existing Situation and Future Prospect of Cogeneration

Kap-Koo Yoon, Kang-Won Lee, Young-Suk Han  
ACE Engineering, Inc.

**Abstract** - This paper describes the fundamentals, system configuration, existing situation and future prospect of the cogeneration system and valuation of its economic effects.

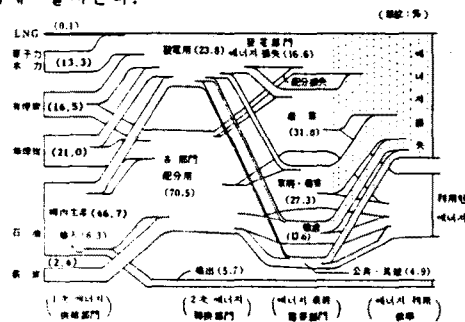
Especially, increasing this system should be evaluated for national energy management deeply, because KEPCO has generation units enough which can be met demand currently and in the near future and nuclear power generation has been more than 50% of total generation.

1. 序 論

코제너레이션 시스템은 전기와 열을 동시에 공급하는 분산형 전원으로서, 제례식 방식에 비하여 높은 종합 열효율을 달성하는 에너지 이용 시스템이다."

에너지의 공급과 소비에 대한 흐름을 살펴보면 공급에너지의 40% 정도만 유효하게 이용되며 반이상은 손실로 나가고 있다. 미국의 경우도 유효 에너지 비율은 32.2%(1984년), 일본의 경우 41.4%(1978년)도 낮게 나타나고 있다.<sup>(2)</sup>

최근 에너지의 이용 효율을 높이기 위하여 코제너레이션의 도입이 증가되고 있다. 이러한 실정에서 코제너레이션의 현황과 장래 전망에 대해 살펴본다.



가. 코제너레이션의 概念

에너지는 불멸이고, 고온에서 저온으로 불가역적으로 흐른다.

화석연료의 연소나 핵연료의 분열에 의해서 생기는 고온의 열에너지, 즉 포텐셜이 높은 고급 열에너지를 그대로 열로 사용하는 프로세스는 철강, 시멘트, 요업등으로 한정되어 있다. 따라서 고온의 열은 대개 열기관에 의해서 가능한한 효율중계 다른 이용이 편리한 에너지형태로 변환시키고, 최후에 어떻게 할 수 없는 저온의 열에너지를 프로세스, 난방용, 급탕등의 열원으로 이용하는 것이 이상적이다.

이렇게 고온부는 동력으로 저온부는 가열로 열에너지를 이용하는 시스템을 CES(Community Energy System), CHP(Combined Heat and Power) 등으로 부르고 있다. 최근에는 코제너레이션 (Cogeneration) 이라고 부르는 것이 일반화되었다.<sup>(1)</sup> 日本에서 열전병급 또는 열병급전시스템이라고 부르는 것과<sup>(4)</sup> 우리나라에서 열병합발전이라고 부르는 것이 여기에 속한다.<sup>(5)</sup>

나. 熱機의 高溫化와 複合 CYCLE<sup>(4)(5)</sup>

熱機의 기본 사이클인 Rankine Cycle 의 최고 온도를 T1[K], 이 온도에서의 사이클 입열량을 Q1[Kj/Kg], 최저 온도를 T2[K], 이 온도에서의 사이클 배열량을 Q2[Kj/Kg] 라고 하면 사이클의 이론 열효율은

$$n = (Q1 - Q2)/Q1$$

$$= 1 - Q2/Q1$$

$$= 1 - T2/T1 \quad (식-1)$$

화석연료의 완전연소에 의해 얻어지는 최고 온도는 약 2,100°C로서, T1 = 2,400[K], T2 = 300[K]의 경우 Carnot Cycle은

$$n = 1 - 300/2,400$$

$$= 87.5\%$$

즉 열기관의 열효율의 상한은 이정도로 될



코제너레이션의 현상과 전망

西獨에서는 BHKW (Blok-heizkraftwerke : 소규모 분산형 열병합발전) 에 주목하고 있으며 1983. 3 월 현재로 150개소에 600대의 시스템이 가동 중이다.<sup>(10)</sup>

美國에서는 에너지법 (Energy Act, 1983년) 을 제정하여 전력 네트워크에 연결하고, 예비전력을 받을 권리를 갖으며, 전력회사를 개입시켜 수용가에 판매할 수 있고, 전력회사에 잉여전력의 턴승을 의뢰할 수 있으며, 코제너레이션 조성을 위해 설비의 보조금을 제도적으로 도입한다.<sup>(9),(10)</sup>

이태리도 영국과 같은 방향으로 추진 되고 있으며 TOTEM이라는 명칭의 소형 가스엔진 발전유니트 (15Kw) 가 표준 모듈로서 주로 고층 빌딩에 사용된다. 가동대수는 300대를 넘고 있으며 년 200~300대 정도로 증가될 것이 예측되고 있다.<sup>(10)</sup>

美國에서는 공익사업규제정책법 (PURPA:Public Utility Regulatory Policies Act, 1978 년) 을 제정하여, 미국 에너지 규제위원회 (FERC: Federal Energy Regulatory Commission)에서 코제너레이션 등의 구체적인 촉진책을 책정토록 하였다. 현재 가동중이거나 건설중의 코제너레이션 설비용량은 1,000만 ~ 1,200만Kw정도로 추정된다.

PURPA 규정에 따른 FERC에 의한 규칙에 정해진 최소크기, 연료사용료, 열효율등에 적합한지 심의중인 것이 약 400만Kw인데, 60기는 인정되었고, 34기는 심의중이었다. 연료로서 천연가스 48기, 바이오매스 (펠드폐재포함) 12기, 석탄 12기 (대규모 용량은 48 만Kw까지 있음). 기타 22 기에 이르고 있다.<sup>(10)</sup>

日本에서는 코제너레이션 시스템의 설치건수가 매년 증가되고 있어서 금년 3월에 74건에 달하고 있고, 1건당의 설비용량도 확대경향에 있다. 1960년 4월에 "일본코제너레이션 연구회" 가 설립되었고, 작년에는 자원에너지청 장관의 자문기관으로 "코제너레이션운영기준검토 위원회" 가 설치되어 계통연계기술요건 가이드라인과 업무용 예비전력계약제도를 마련했다.

한편 전력 및 가스업계는 전기메이커와 금년 4월 27일 기술연구조합 -ACT 90 (Advanced Cogeneration System Technology)의 머리글자와 종합효율 90%를 1990 년대초에 달성할 목표를 표시하는 90 과를 조합한의미) 을 설립하여 국가보조금을 얻어 소 스페이스형 고효율 코제너레이션 기술개발에 힘을 것이라고 한다.

소규모 분산형 코제너레이션 시스템의 도입상황은 1985 년 3월말 현재로 디젤엔진 6,490Kw (17 대), 가스엔진 3,328Kw (26대), 가스터어빈

5,920 Kw (10대) 로서 총 15,738 Kw (53대) 이다 <sup>(6)(10)</sup>

나. 우리나라의 코제너레이션

코제너레이션을 포함한 자가발전은 점차 증가되고 있다.

<표-3> 자가발전 설비현상 및 발전량('1986년)

구 분	설비용량 [Kw]	발전량 [Gwh]	수용가수	
한 전(A)	18,060	64,695	7,298,666	
자 발 가 전	상용용 계(B)	856	4,983	40
	상용용 계(B)	690	85	625
	상용용 계(B)	1,546	5,068	665
점유비 (B/A[X])	8.6	7.8		

<표-4> 상용자가발전 전망

구 분	'86	'87	'88	'89
공. 공업	4,966 (5.7)	6,274 (26.3)	7,882 (25.6)	10,613 (34.6)
지열·태양·모형발전	17	128	153	153
계	4,983 (5.8)	6,402 (28.5)	8,035 (25.5)	10,766 (34.0)

( ) 내는 증가율 [X]

여기서 코제너레이션 설치 현황은 55업체로서 그중 16 건은 설치중에 있는 것이다.

<표-5> 코제너레이션의 설치현황

구 분	건 수	비고
산업용 자가용	40 (7)	
상용용 계(B)	5 (1)	
지열·태양·모형에너지	10 (8)	
총 합	55 (16)	

<표-6> 자가발전 잉여전력 구입현황

년도	구입전력량 [Gwh]	구입액 [백만원]	구입단가 [원/Kwh]
1985	74	1,037	22.49(34.66)
1986	83	2,670	32.24(34.66)

( ) 내는 열병합발전의 열효율(%)의 기력발전 열효율(%)의 비율(수준)이다. 구입단가 ('84 년도 한전)

4. 코제너레이션의 經濟性

가. 증기발전 터어빈 시스템

증기발전 터어빈 코제너레이션과 한국전력공사의 유연탄화력발전소를 비교한다.

1) 熱效率 비교

전부하시 코제너레이션 열효율 대 유연탄화력 열효율은 1.55 ~ 1.83 이다. 여기에 송배전 손실을 감안하면 1.60 ~ 1.89 가 된다.

즉 연료비 단가를 다른 비용이 같다면 코제너레이션쪽이 유리하다.

<표-7> 발전 열효율 비교 (발전단)

(단위 : %)

구 분	상용발전 (500Kw급)	열병합 (배합)	비고
보일러	89.5	86	고위발열량 대 저위발열량 시준실제외
터빈	87	75-87	
발전기	52	96-98	
발전소	98.8	62-73(B)	효율비: B/A 1.55-1.83

2) 發熱量 單價比率 比較

코제너레이션의 연료를 9900Kcal/ℓ 의 BC유로 유연탄화력은 6,000 Kcal/Kg 의 유연탄으로 보고, BC유 단가는 117.36원/ℓ, 유연탄 단가는 40.70 원/t 으로 볼때 발열량단가 비율은

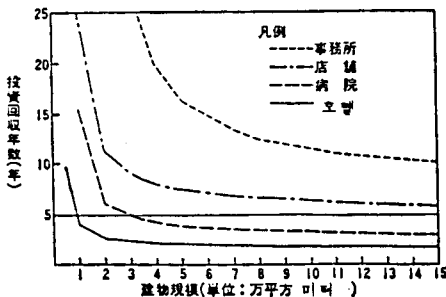
$$\begin{aligned} & \text{BC열량단가} / \text{유연탄 열량단가} \\ & = 118.50 (\text{원} / \text{만Kcal}) / 67.83 (\text{원} / \text{만Kcal}) \\ & = 1.75 \end{aligned}$$

즉, 코제너레이션 연료로 BC유를 사용할때는 경제성이 없고 有燃炭의 사용과 지역난방처럼 스프레이를 연소시킨다던지, 제철소 등에서 저열 廢가스를 활용하는경우 등에는 유리하겠다.

나. 小規模 分散型 코제너레이션 시스템

日本에서 건물별 투자회수년수와 건물규모별 투자회수년수를 시한한 예를 소개하면 호텔, 병원, 점포, 사무소 순으로 유리하다 <표-8> 일본에서 가스연진 코제너레이션의 건물별 투자회수년수

건물종류	최초 코제너레이션비율	투자회수년수
호텔	80%	2.7년
점포	75%	6.1년
사무소	85%	11.2년
사무소	90%	107.9년



[그림-4] 코제너레이션의 건물 규모별 투자회수년수

다. 코제너레이션의 適用對象과 研究課題

코제너레이션 시스템의 적용대상은 기술적, 경제적인제를 검토하여 정할것이나

- (1) 년간을 통해 급탕, 냉난방이 필요하고, 열수요와 전력수요의 변동패턴이 유사한경우
- (2) 전력수요의 증가에 반하여 계약전력의 승대가 억제될때 (피크컷트)
- (3) 송배전선으로 부터의 인입이 곤란 하거나 원격지로서 자기부담이 과대, 또는 멀리 떨어진섬
- (4) 코제너레이션에 의해서 성에너지효과가 상당히 좋경우 적용 가능성이 있겠다.

나아가서는 코제너레이션 시스템의

- (1) 고효율화
- (2) 省 스페이스화

(3) 환경적합성의 향상

(4) 패케이지와

(5) 조작성과 보수성의 향상등을 위한 연구 개발이 요망된다.

5. 結 論

코제너레이션 시스템은 전기와 열을 동시에 공급하는 분산형 전원으로서 제레식 방식에 비하여 높은 종합 열효율을 달성하는 에너지 이용 시스템으로서 세계각국에서 도입이 증가되고 있는 실정이고 더욱 증대될 전망이다.

우리 나라와 같이 고가의 연료를 수입하며 열효율이 낮은 실정에서는 코제너레이션 시스템의 도입을 적극 검토할 필요가 있겠다.

그러나 상대적으로는 현재 예비력을 충분히 보유하고 있고 운전비가 저렴한 원자력이 전제발전량의 50%이상이 되고있는 한국전력공사의 상용발전량을 잠식하게되므로 당분간은 국가적인 정책차원에서 종합적이고 신중한 검토가 선행되어야 할것이다.

참고 문헌

- 1) 柿沼宇佐, " 省 스페이스형 고효율 코제너레이션 시스템의 실용화 개발- ACT 90의 실험 ", OHM '87/5 pp.44 - 46
- 2) " 한국의 에너지 미래, 장기전망과 전략 : 1987-2010", 에너지 경제연구원, 1987년 8월 pp.254-255
- 3) 平田賢, "The Fundamentals of Cogeneration", 전설공업 1987년 4월호 pp.6-12
- 4) 本多 隆, " 코제너레이션 시스템의 현상과 과제", 전기와공사 '87년 1월호 pp.69-76
- 5) 송길영, " 발전전 공학 ", 동일출판사 '82년 pp.152-154, 269-273
- 6) 大野吉弘, "코제너레이션의 상식", 전기와관리 1987년 3월호 pp.25-32
- 7) 北野雄一, " 가스터빈을 사용한 코제너레이션", 전기와관리 '87년 3월호 pp.48-56
- 8) 西尾征郎, " Existing Situation and Future Prospect of Cogeneration", 전설공업 '87년 4월호 pp.1-5
- 9) " 전력과 타 에너지와의 경쟁, 문제점과 대책 ", 한전기획관리처 1987년 3월 p.6-1
- 10) 山口保男, " 歐美에서의 코제너레이션 시스템의 활용과 현상", OHM '87/5 pp.63-67
- 11) 大野吉弘, " 연계운전의 가이드 라인", 전기와 관리 1987년 3월호 pp.33-37
- 12) 山地薫治, " 코제너레이션 시스템의 경제성 평가와 과제 ", OHM '86/9 pp.33-40
- 13) " 자가발전 및 가스 냉난방의 경제성 분석 ", 한전 전력경제 연구실, 1987년 8월 pp.7-8