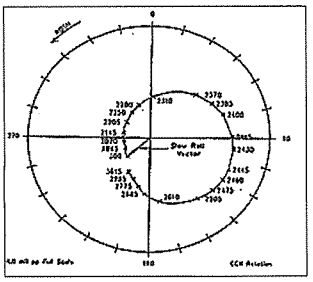

그림 4.8
무보상 Polar Plot

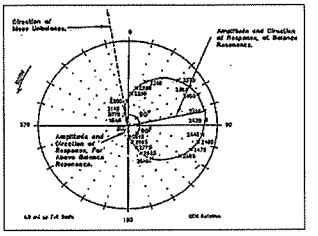

그림 4.9
보상된 Polar Plot

4.2.3. Cascade(주파수 대 진폭 대 RPM = Spectrum 대 RPM)

Waterfall과 Cascade는 비슷하나 Waterfall이 Spectrum을 시간대별로 나타내 주는 것, 즉 Spectrum의 경향분석인데 비하여 Cascade는 Spectrum을 회전기의 속도별로 나타낸 것이다. 따라서 정상 운전상태일 때는 Waterfall이 사용되며 과도 운전상태일 때는 Cascade가 사용된다. 비록 과도상태 일지라도 일정회전수마다가 아닌 일정시간마다 Sampling하여 Waterfall을 사용할 수는 있다.

하나의 Spectrum은 특별한 속도, 특별한 부하에서 한순간의 진동 특성을 보여주는데 이것을 계속 반복하여 관찰하는 것이 필요한 경우가 많다. 예를 들어 기계의 기동시 기계의 부품에 의하여 발생된 여러 주파수에 의하여 임계속도에서 가진되는지 혹은 공진구간이 있는지를 알아야 한다.

또한 부하, 온도 등 다른 운전변수의 변동에 따른 기계의 진동진폭과 주파수의 변화를 알아야 할 필요가 있을 수 있다. Real Time Spectrum Analyser는 고속으로 분석할 수 있는 능력이 있기 때문에 이러한 요구조건에 이상적으로 부응할 수 있다. 즉, Cascade 및 Waterfall은 고유진동역의 통과여부, Oil Whip과 Oil Whirl의 존재 및 Oil Whirl로부터 Oil Whip으로 변화되는 모습은 물론 1X, 2X, 3X등의 존재여부와 이들의 크기를 비교할 수 있으므로 진동원인 규명에 아주 유용하다. (그림 4.10 참조)

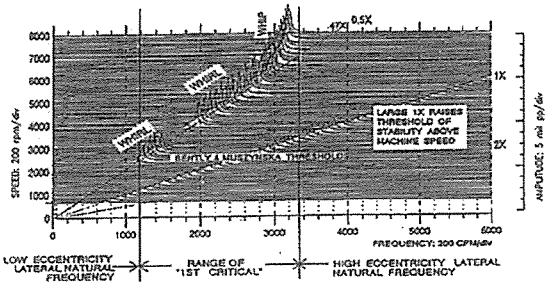

그림 4.10 Cascade Plot

고효율 대형 CO-GENERATION 시스템에 관하여

본 자료는 일본 열병합발전센터 자료에서 발췌 · 번역한 것임.

1. 서 론

길었던 Bubble 崩壞 후의 日本의 경제 停滯도 2000년을 맞이해 설비투자를 중심으로 간신히 조금씩 회복되려 하고 있다. 그러나 현재도 진행중인 규제완화 등에 의한 급격한 사회변혁 등 일본의 경제계에 출구가 보이지않는 어려운 상황을 가져오게한 요인이 해소된 것은 아니다.

이와같이 어려운 경제정세 중에서도 環境대응책 강화를 요구하는 국제여론은 날로 거세어지고 있고 특히 COP3, COP4에서 채택된 탄산가스의 削減에 의한 온난화방지대책이나 NOx, Dioxin 등의 유해물질 규제강화는 경제계가 해결하지 않으면 안되는 중요한 과제이다.

일본정부는 溫暖化 防止의 구체적인 정책으로 에너지 이용효율의 향상을 제일로 하고 있으며 이미 1차에너지 換算에서 매년 1%의 에너지 삭감을 실현할 것 등을 중심으로하는 개정 에너지절약법이 도입되었다. 각 기업에서도 적극적인 에너지절약대책을 수립하고 있으나 이것만으로 나라 전체에서의 충분한 삭감효과를 달성할 수 있으리라 생각되지 않는다.

금후 이 정책이 더욱 강화 될것으로 생각된다.

에너지절약 목표를 달성할 수 있는 가장 효과적인 방법은 말할것도 없이 열병합의 도입으로서 각 기업에서는 년차계획에 이 시스템 도입을 중요과제로 채택하고 순차 각 사업소에 전파시키고 있다.

현재 열병합발전의 실적은 〈표-1〉에 표시한것과 같이 겨우 460만kW를 초과하여 사업용발전소 4기분이 되었다. 潛在的 수요량은 이의 몇배 以上 있어 자원에너지청에서도 2010년에 1002만kW로 2배 이상까지 실적을 높이길 희망하고 있다.

도입 실현의 제일 중요한 Factor는 Cogeneration 시스템의 효율 향상과 初期投資費의 低減이다. 특히 초기투자비는 구미지역에 비해서 아직 보급이 뒤처져 지고 있는 일본에서는 국제표준에 비해 1.5 ~ 2배 가량 고가이다. 에너지절약의 실현은 신기술개발에 의한 고효율, 저비용인 열병합시스템의 등장과 규제완화의 추진에 달려있다고 말해도 과언이 아니다.

본고에서는 열병합발전의 보급사항과 현재 진행되고 있는 신기술개발의 동향에 대해 기술한다.

<표-1> CO-GENERATION실적

원동기 종별		설치건수 (건)	점유율 (%)	발전량 (kW)	점유율 (%)	1대당발전량 (kW)
산업용	디젤엔진	598	53.3	1,466,165	39.2	2,452
	가스터빈	279	24.8	2,104,792	56.2	7,544
	가스엔진	246	21.9	173,594	4.6	706
	소 계	1123	100.0	3,744,551	100.0	3,334
민생용	디젤엔진	836	50.5	444,541	50.4	532
	가스터빈	52	3.1	182,002	20.6	3,500
	가스엔진	769	46.4	255,778	29.0	333
	소 계	1657	100.0	882,320	100.0	532
	합 계	2780		4,626,871		1,664

2. 市場의 動向

에너절약의 필요성의 고조와 경제정체 때문에 약간의 제동은 걸려 있지만 장기적으로는 전력수요를 중심으로 하는 에너지소비증대는 피할 수 없다. 다가오는 21세기에는 ACC(Advanced Combined Cycle)의 채택으로 사업용 화력의 발전효율은 60%시대에 돌입하려고 하고있어 열병합도 고효율화를 追求하지 않으면 안된다.

일반적으로 민생용분야에 있어 열과 전력의 Demand는 공조와 조명이 지배적이어서 전력 Shift의 경향이 강하다.

종래부터 말해오고 있는바 호텔이나 병원은 공조이외의 열수요가 있음으로 熱電比는 비교적 높고 수요량도 크고 가동시간도 길기 때문에 열병합의 중요시장이었다. 그러나 民生用 에너지소비의 주력은 수적으로 많은 사무용빌딩이며 또 한층 소규모인 식당 店鋪 등이다. 이들은 부하변동, 가동시간, 열전비 어느 관점에서 보더라도 경제성이 좋지않고 在來의 열병합 시스템으로는 도입이 되지않는 분야이다.

한편 산업용분야에서도 수도권 근방의 사업소에서는 노동환경의 변화, 환경대응, 電力 Shift, 공조의 보급 등이 보급되어 있어 역시 재래의 설비로는 비용, 성능면에서 한계가 생기기 시작하고 있다.

大都市권에서는 어느 분야에 있어서나 열병합의 도입은 기업의 지역환경에의 공헌과 대경쟁시대에서 살아 남기 위한 비용 저감의 관점에서 필수의 과제이긴 하나 종래의 열병합시스템의 도입에 한계가 오고 있으므로 고효율, 저비용, 熱電可變, 배기정화 등의 신기술이 플러스된 신세대의 열병합의 實用化가 前提로 된다.

3. 高效率 · Green化를 指向하여

低熱電比 需要에의 Shift에 對應하는 技術이란 發電效率의 向上 그外는 없다.

종래의 원동기별 특성을 정리하면 〈표-2〉와 같다.

<표-2> 원동기별 특성

	디젤엔진	가스엔진	가스터빈
적용규모(kW)	15 ~ 10,000	20 ~ 5,000	1,000 ~ 230,000
발전효율(%)	30 ~ 45	28 ~ 38	25 ~ 40
종합효율(%)	40 ~ 70	60 ~ 80	60 ~ 85
연 료	경유 · 중유	LNG · LPG · off gas	등유 · 경유 · 중유 · 가스
배기온도(℃)	350 ~ 450	350 ~ 600	500 ~ 600
냉각수온도(℃)	80 ~ 90	80 ~ 90	없음
공기비	2.0 ~ 2.5	1.0 ~ 2.0	3.0 ~ 3.5

어느 原動機나 容量이 증대됨에 따라 효율이 향상되는 경향이 있으나 1MW미만의 연소가스엔진이 28~33%, 稀薄燃燒方式이 35% 전후, 가스터빈은 1MW클라스가 25%, 10MW 미만이 26~29%, 그 이상이 30~34% 정도의 발전단 효율을 갖는다. 디젤엔진은 2사이클 특성에서 이미 40% 초과 발전효율을 발휘하고 있으나 NOx와 스모그 등의 관점에서 수도권에서는 이용이 어렵다.

현재 원동기의 고효율화 기술개발은 압도적인 시장을 가지고있는 구미를 중심으로 진행되고 있으며 일본에도 原動機의 도입이 진행되고 있다. 현재 우리

들이 기술평가를 하거나 개발에 참여하고 있는것에 대하여 몇가지 소개한다.

1) 가스엔진

가스엔진의 고효율화는 1990년경부터 국내 메이커에서 주로 副室稀薄燃燒方式을 중심으로 진행해 왔다. 해외, 주로 구라파의 각 메이커는 1980년대 후반부터 1MW 이하 클래스에서는 구조가 비교적 심플한 單室稀薄燃燒方式을 선택하는 경향이 있었으나 효율이나 NOx 低減의 면에서 前者쪽이 국내 시장에는 유리하였다.

1MW 超過의 미쓰비시중공업, 新潟鐵工所, 1MW 미만의 얀마디젤 등 국내 대기업

의 디젤엔진 메이커와의 공동개발에 의한 新型稀薄燃燒가스엔진의 상품화가 추진되었다. 이들 가스엔진은 당시로서는 그 클라스에서 世界最高의 效率을 자랑하였으나 앞에서 언급한 바와 같이 특히 구라파의 메이커가 차세대의 고효율 가스엔진을 1990년대 후반부터 속속 시장에 투입하여 歐美지역의 실적을 올리고 있었다.

현재 1MW 미만의 가스엔진에서 가장 주목을 받고 있는 것이 Austria의 Jenbacher사 제품이다. 일본은 12기통의 J312 (486kW/1500rpm)의 고속엔진을 사용한 Cogeneration Package를 金門製作所와 공동개발하여 상품화했다. 이 엔진은 단실 희박연소방식이며 일본의 Metane價로서도 발전단효율 38%를 달성하였다. Jenbacher사는 定置式 가스엔진 전문 메이커로서 근래 歐洲에서의 Market Share를 급속히 伸張시키고 있다.

고효율화의 요인과 특징은 다음과 같다.

○ 低損失

- 가스專燒設計에 의하여 FMEP(Friction Mean Effective Pressure : 摩擦平均有效壓力)이 적다.

- 배관 Filter 등의 흡배기압 損失의 효과적 억제에 의하여 펌핑 損失이 적다.

○ 排氣溫度 높다. :

排氣熱回收가 容易, 過給器 性能向上, 酸化觸媒活性에 有利

○ 輕量・콤팩트 :

各部 重量이 가볍고, 振動이 적다. 設置工事가 용이, 工事費 低廉

구라파에서는 보다 대형의 6 Series가 主力製品으로 되어가고 있고 IPP 등에도 채택되는 등 출하 대수는 비약적으로 신장되고 있다. 이 Series는 부실희박연소방식이지만 기본적인 특성은 3 Series와 동일하다.

현재 개발이 진행되고 있는 영국의 Perkins사의 1MW급 가스엔진은 발전단효율=38.5%의 Spec.으로 2000년도에 출하 예정이고 일본에서는 MAN의 소형엔진으로 유명한 神鋼造機가 package를 담당하고 있다. 이 엔진은 單室稀薄燃燒方式이다.

또 일본은 도입이 미정인 고로 즉각 이용할 수는 없지만 별도로 〈표-5〉의 표시는 구라파 메이커에 있어 40%를 초과하는 발전단 효율의 제품을 Line-up하고 있다. 어느것이나 高出力化・흡배기 Loss의 감소, 고효율 과급기, 전자제어 시스템의 채택 등 아주 Orthodox한 手法에 의해 高效率, 高排氣溫度, 高信賴性을 실현 시키고 있다.

일본의 열병합이 본격적으로 보급되기 시작한 1990년대 당초에는 1MW 이상의 가스엔진은 50Hz 지역에서는 1000rpm 이하의 것 밖에 없었다.

<표-3> Janbacher사의 가스엔진(3 Series)

	J312GS-B02	J316GS-B02	J320GS-B02
정격발전출력(kW)	486	649	819
발전전압(V)	6,600	6,600	6,600
연료소비량(kW)	1,279	1,708	2,155
발전효율(%)	38	38	38
배열회수율(%)	45.3	45.3	45.3
종합효율(%)	83.3	83.3	83.3

<표-4> Janbacher사의 가스엔진 (6 Series)

型 番	J612GS	J616GS	J620GS
Bore경 mm	190	190	190
Stroke mm	220	220	220
기통수	16V	12V	18V
정격발전출력kW	1178	1577	1964
발전효율 %	39.2	39.3	39.5
배기회수율 %	45	45.1	44.2
종합효율 %	84.2	84.4	83.7
BMAP MPa	1.3	1.3	1.3

<표-5> 歐洲 각 Maker의 엔진 主要 제원

	Cummins Wartsila			MWM/Deutz		
型 番	cw180-16V	cw220-12V	cw220-18V	TGB620 V12K	TGB620 V16K	TGB632 V12K
Bore徑 mm	180	220	220	170	170	260
Stroke mm	200	240	240	195	195	320
기통수	16V	12V	18	12	16	16
정격발전출력kW	980	1510	2300	915	1160	3005
발전효율 %	37	40	40	39.5	39.5	39
배열회수율 %	51.2	47.2	46.6	48.1	46.6	45.8
종합효율 %	88.2	87.2	86.6	87.6	86.1	84.8
BMAP MPa	1.38	1.6	1.6	1.58	1.58	1.6

상술한 모든 대형엔진은 어느것이나 1500rpm으로서 구라파 시장의 1~3MW클라스에서 1000rpm 이하의 엔진은 대부분 퇴출되었다. 회전속도의 고속화, 고출력화는 엔진의 소형, 輕量化를 의미하고 초기비용의 저감을 가져온다.

또 상술한 대형엔진은 엔진본체도 고속화에 의해 소형 경량화로 되어있으나 엔진의 각종 배관도 기능적으로 되어있음을 부가해 둔다.

연이나 歐美의 가스엔진을 일본에 도입하는 경우에는 구미의 메탄價가 75인데 비해 일본에서는 65정도, 금후 託送에 따른 Off-Gas 등의 혼입을 고려하면 60으로 되어 발전단 효율에서 1~2%, 출력에서 1~2割 정도의 대폭적인 성능저하가 피할 수 없다.

2) 가스터빈

가스터빈의 世界에서는 Cogeneration에 이용되고 있는 중형 가스터빈의 고성능화가 미국을 중심으로 발전되었다. 일본에서 큰 붐을 일으킨 蒸氣噴射에 의한 출력증강형 가스터빈 熱電可變 시스템이나 소형 Combined Cycle에 대하여는 이미 수차 설명되었으므로 본고에서는 제외한다.

새로운 중형 가스터빈을 개발하는 가운데 특징적인 것은 중형가스터빈에 있어서 세계의 Top Share를 갖는것은 미국 Solar사의 Mercury50 이다.

고효율가스터빈에 재생기를 부착하여 상품화하는 예는 최초이고 같은 클래스의 디젤엔진에 필적하는 효율을 목표로 하고 있다. 배열회수가 증기로 된다는 것, 배기가 Clean하고 높은 종합효율이 유지되고 그래서 低價格 콤팩트 등 가스터빈의 특징은 從來機種에 비하여 큰 優位性을 갖는다.

蒸氣發生量 = 4~5t/h은 1,500kW의 종래형 가스터빈과 비교하여 熱電比가 2배이상 차이가 발생함으로 그것만큼 종래와 다른 追加市場이 생겨난다. 민생용의 사무용빌딩, 지역냉난방, 전기부품 제조, 인쇄, 반도체 등에의 열병합뿐만 아니라 複數機 使用에 의한 小量販賣 電力 Business의 主 機種으로서의 可能性도 가지고 있다.

고효율 실현을 위해서 Solar사에서는 TIT를 1,180℃ 정도로 설정하고 Advanced Component Efficiency 또는 Advanded Blade Cooling 등의 대책을 강구하였다. 그러나 무엇보다도 기기의 성능을 결정하는 요소는 재생기로서 이것은 1991년에 DOE의 Advanced Turbine System Program 에 의한 지원을 받아 개발된 것이다. 특징으로서는

- 콤팩트 · 경량
- 高熱傳達率
- 反復 應力에 강함.

등을 말할 수 있지만 汚損으로 인한 性能劣化, 腐蝕이나 열응력, 振動 등에 의한 내성 등이 염려되어 前述한 高溫部品의 耐性, Solar社로서 최초로 시도하는 볼베어링 등의 未經驗技術 도입과 겸해서 신중한 평가가 필요하다고 사료된다.

그외 Solar사(표6 참조), R&R Allison사(표7 참조), 그리고 AGT사에서는 5MW이상 10MW 정도까지의 중형 가스터빈이 새로 개발되었다.

대형 가스터빈에서는 일반적으로 되고있는 1200℃급의 터빈 입구온도를 갖는 기종이지만 소형화 상용운전의 위험은 크고 高溫部品의 空冷技術과 單結晶에 의한 재료

<표-6> Solar사의 가스터빈

제품명	발전출력 [MWe]	연료소비율 [KJ/kW · h]	배기가스온도 [℃]	배기가스량 [kg/hr]
Saturn20	1.2	14,741	516	23,220
Centaur40	3.5	12,915	437	67,020
Centaur50	4.6	12,296	506	68,400
Mercury50	4.2	8,752	368	56,600
Taurus60	5.2	11,883	486	76,200
Taurus70	6.9	11,083	477	97,920
Mars90	9.3	11,358	465	141,000
Mars100	10.7	11,083	487	149,940
Titan130	12.8	10,920	477	179,640

<표-7> Allison사의 601 主要諸元

		601-KB9	601-KB11
발전출력	[kWe]	6,449	7918
	[shp]	9,000	11,000
연료소비량	[kJ/kW · hr]	10,667	10,611
	btu/hp · hr]	7,540	7,500
출력축회전속도 [rpm]		11,500	11500
배기가스량	[kg/s]	23.5	30.1
	[lb/s]	52.0	66.4
배가스온도	[℃]	529	504
	[F]	985	940

기술은 1500℃급 시험용 가스터빈의 어려움을 가중시킨다.

그러나 이들의 기종은 용량 사양에서 생각하면 Combined化나 蒸氣噴射에 의해 45%의 발전효율이 기대되어 小賣 등의 발전 비지니스의 中核機種으로 될 可能性이 있다.

4. 끝으로

日本에 本格的인 열병합 도입을 시작해서 10년이 경과 되었다. 10년을 一昔이라 하나 이 10년간 열병합에 관심을 갖는 상황은 크게 변하였다. 이 변화에 대처할 수 있게 열병합시스템도 발전해 나가야 하겠지만 금번 소개한 고효율 대형 Cogeneration system도 그의 하나라고 생각된다.

코제너레이션 시스템은 에너지의 유효이용, 즉 높은 발전효율, 높은 종합효율을 발휘 하는것으로서 ACC 등의 고효율 상용발전에 대항하기 위해서도 금후 가일층의 고효율화를 추구해 나가기를 기대한다.

금번에는 歐美製品의 原動機만을 紹介하였으나 국내 제조회사도 고효율 원동기의 연구·개발이 진전되어 가까운 장래에 시장에 내어놓을 예정이고 해외의 판매계획도 수립되었다고 듣고 있다. 시장에서 이것이 어떻게 평가되어질지 다음의 연구개발에 어떻게 연계될까가 흥미 깊다.

비교적 큰 설비를 활용하는 IPP나 전력의 탁송·소매, 그리고 저열전비에 대처하는 고효율 대형 Cogeneration은 마이크로 가스터빈이나 연료전지 등의 分散 電源論議에 실려 그의 尖兵으로서 에너지 業界를 變革시켜 나갈것이라 생각된다.

회원사 동정

The State of Major Affairs in Membership Companies

o 서울에너지(주) 서울 신정지구 지역난방 공급

서울에너지(주)는 최근 강서지역 인근의 신정지구에 지역난방을 공급하기로 결정하고 향후 20개월에 걸쳐 지역난방 수송관 건설 등 지역난방 공급을 위한 시설설비 공사를 진행할 계획이며, 이번에 신정지구에 지역난방이 공급되는 세대수는 총 3,500여 세대로서 공급설비 공사에만 총 13,247백만원의 예산이 소요된다.

o (주)삼천리 한국산업별 고객만족도 도시가스 부문 1위

(주)삼천리는 한국능률협회 컨설팅이 주관하는 한국산업의 고객만족도 도시가스부분에서 1위 기업으로 선정되었다. Total 고객지원 시스템인 Call Center를 구축하는 등 도시가스 관련사항을 원스톱 서비스체계로 구축, 환경 친화적인 종합에너지 기업으로의 성장을 모색하고 있다.

o 사무실 이전 안내

- 한국지역난방기술(주)
  · 주소 : 서울시 강남구 수서동 752번지 한국지역난방공사 강남사옥내 3층
  · 전화 : (02)2040-0724 · FAX : (02)459-1872

- (주)고려리비죤
  · 주소 : 울산광역시 남구 달동 120-1 현대해상빌딩 12층
  · 전화 : (052)229-0990 · FAX : (052)229-0999

- 한국산업단지공단
  · 주소 : 서울시 구로구 구로동 188-5 KICOX 벤처센타 14층
  · 전화 : (02)6300-5430/4 · FAX : (02)6300-5490