



# 마이크로 가스터빈 발전시스템 기술개발 동향

김민국, 김한석, 안국영 | 한국기계연구원

## [ 요약문 ]

마이크로 가스터빈은 수백 kW의 전기를 생산하는 시스템으로, 최근 천연가스 이용의 확산과 분산 발전에 대한 관심이 증가되면서 기술 개발에 대한 요구가 증가하고 있다. 재생열교환기의 도입과 CHP 시스템 적용을 통해 에너지 효율을 개선하고 각 부품의 가격 경쟁력이 확보된다면, 단위 면적당 출력이 높고, 낮은 공해 물질 배출 특성을 갖는 마이크로 가스터빈은 입지 선정이 용이하고 기존의 도시 가스 공급망을 활용할 수 있다는 측면에서 분산형 발전 시스템의 핵심 역할을 담당할 수 있을 것이다. 이에 마이크로 가스터빈의 기술개발 동향을 소개하고자 한다.

## 1. 서 론

전기에너지의 양적/질적 수요증가에 따라, 분산발전의 필요성이 대두되고 있다. 기존의 대형발전설비 중심의 전력 공급 시스템은 막대한 초기투자비용을 필요로 하며, 발전단가 또한 고가이다. 게다가 건설기간이 대략 10년 정도 소요되어 전력수요의 변동에 탄력적으로 대응할 수 없고, 정전 시 대체전원을 공급하기 어렵다. 이에 비하여 분산발전을 이용하는 경우, 초기투자비용이 적게 들고, 설치기간이 짧기 때문에 전력수요에 탄력적으로 대응할 수 있을 뿐만 아니라 송전 손실을 최소화할 수 있다. 특히, 마이크로 가스터빈 발전 시스템은 전력 생산량 대비 크기가 작고 무게가 가볍기 때문에 사회적 비용이 적게 요구되고, 소음이 작고, 다양한 연료 적용이 가능하며 배출물 저감 성능이 우수하여 인구 밀도가 높은 대도시에도 적용이 가능하고, 디젤 연료 사용도 가능하여 도시가스 공급이 어려운 지역에도 적용이 가능하기 때문에 분산 발전 시스템에 적합한 엔진으로 평가 받고 있다. 여기에 바이오 연료 등의 재생에너지 적용이 가능하여 미래 전력 기술로써의 잠재력도 지니고 있다. 뿐만 아니라 대형가스터빈의 경우, 선진국과의 기술적 격차가 크며, 막대한 개발 비용이 요구되기 때문에 선진사들의 독점 구조를 극복하기가 쉽지 않고 투자 비용의 회수가 오래 걸리는 문제를 안고 있다. 이에 비해 마이크로 가스터빈의 경우에는 선진국과의 기술 격차가 크지 않기 때문에 적은 개발비용으로도 경쟁력 있는 제품 개발이 가능하여 투자 비용의 회수가 빠를 것으로 기대된다. 하지만 단순 사이클에서 낮은 효율, 부분 부하 운전 시 성능이 저하되는 문제점과 유지 보수에 고도로 숙련된 기술자가 요구되는 측면은 해결해야 할 단점으로 지적되고 있다.

## 2. 마이크로 가스터빈 구성 및 기본원리

가스터빈 발전시스템은 압축기를 통해 압축된 공기와 연료를 연소시켜 얻은 고온, 고압의 가스를 이용하여 터빈을 가동하여 기계적인 일을 얻고 발전기를 구동시켜 전력을 생산하는 장치이다. 출력을 기준으로 20~400kW 범위의 발전 용량을 갖는 마이크로 가스터빈의 경우, 대형 가스터빈에 비해 압력비(3~7)가 낮기 때문에 일반적으로 원심형



압축기 1단만으로 구동되며, 터빈 입구 온도도 낮아(1300K 이하) 터빈 재질 선정이 용이하고 별도의 냉각공기 추출에 대한 요구도 높지 않다. 단순 사이클의 경우, 배출 가스의 온도가 800K 정도로 높기 때문에 버려지는 에너지가 많아 전체 시스템 효율이 약 20% 수준으로 매우 낮다. 이러한 폐열에너지를 회수하기 위하여 리큐퍼레이터(recuperator)를 사용하는데 리큐퍼레이터 내에서 압축기 출구공기와 터빈 배기가스 간에 열교환이 이루어지게 함으로써 폐열을 회수하고 연소기에 공급되는 공기의 온도를 상승시킴으로써 목표하려는 터빈 입구 온도를 달성하기 위해 필요한 연료량을 절약할 수 있어 효율을 상승시킨다. 이러한 마이크로 가스터빈은 재생열교환-브레이튼 사이클로 설명되어 진다. 재생열교환기가 없는 일반 사이클의 열효율은 압력비( $r_p$ )와 비열비( $k$ )를 이용하여 다음과 같

이 나타낼 수 있다.  $\eta_{th, regen} = 1 - \frac{1}{r_p^{(k-1)/k}}$  이때, 재생열교환기를 포함하게 되면, 열효율은

$$\eta_{th, regen} = 1 - \left(\frac{T_1}{T_3}\right) r_p^{(k-1)/k} \text{ 가 된다.}$$

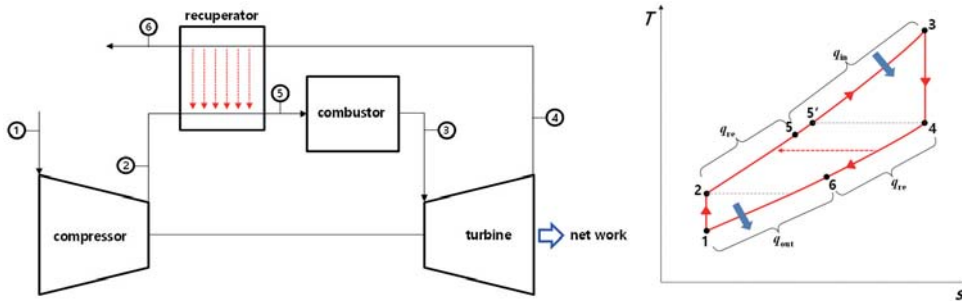


그림 1. 재생열교환기를 포함한 브레이튼사이클 구성 및 T-s 선도

위의 그림 1의 T-s 선도에서 재생열교환기의 효율도(effectiveness)는  $\frac{q_{regen, actual}}{q_{regen, max}} \approx \frac{T_5 - T_2}{T_4 - T_2}$  로 회수되는 에너지가 많을수록 높은 효율도를 갖게 된다. 그러나 일반적으로 높은 효율도를 얻어 내기 위해서는 열교환기 형상이 복잡해지고 미세 유로를 포함하는 구조를 채택하게 되는데 이는 압력 손실을 증가시켜 효율이 감소하는 문제점이 발생하게 한다. 따라서 재생열교환기의 유용도를 0.85-0.9 수준으로 가져가는 것이 일반적이다.

상기 그림은 미국 Capstone 사의 200kW급 마이크로 가스터빈구조를 보여준다. 전체적으로 압축기, 터빈, 연소기, 고속발전기, 리큐퍼레이터 등 주요 구성요소가 축 대칭으로 배치되어있고, 비접촉식 공기포일베어링을 채택함으로써 소음이 저감되고 윤활유 공급을 담당하는 보조기 작동이 불필요하여 효율이 향상되고 유지관리 측면에 있어서 유리한구조를 가지고 있다.

공기포일 베어링은 안쪽의 얇은 박판(top foil)과 바깥쪽의 물결 모양 박판(bump foil)을 묶은 형태로 구성하여 운전 시에는 축의 회전이 증가하면 서 상승된 압축공기의 점성력을 이용하여 박판과 축 사이에 공기가 끌려들어가 공기막을 형성하고 터빈 축과 박판을 격리시켜 베어링 작용을 하게 되고, 정지 시에는 범프 포일의 변형력과 소재

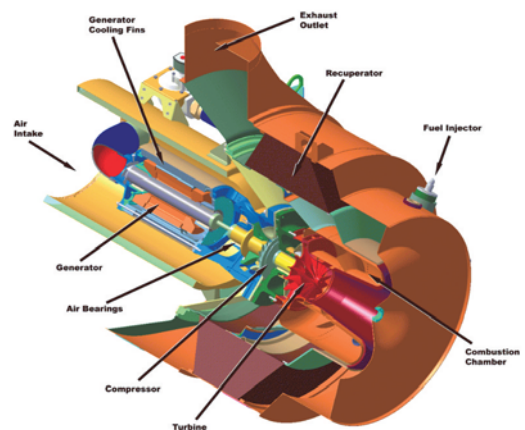


그림 2. 마이크로 가스터빈 구조 (Capstone, C200)

자체의 강성에 의해 터빈 축을 지탱하게 된다. 기본적으로 얇은 박판으로 이루어져있기 때문에 가동정지 시의 마찰이나 마모가 심한 경우, 지지력이 급격히 떨어질 수 있기 때문에 이를 방지할 수 있는 소재선정, 코팅기술, 열처리 기술이 필요하다. 또한 고속으로 회전하는 축과 포일간의 간격이 수 mm이하로 미세하기 때문에 공기 마찰에 의한 발열로 온도가 상당히 올라가고 약 200도 이상에서 포일 코팅층이 손상되기 때문에 이를 적절히 냉각하는 것이 핵심 기술이 된다.

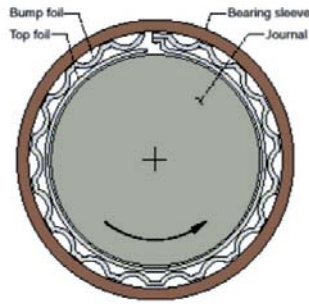


그림 3. 공기 포일 베어링 (Air-foil bearing) 구조  
출처 : <http://www.grc.nasa.gov/WWW/Oilfree/bearings.htm>

분산 발전 시스템의 특성상 엔진이 수송기에 직접 설치되어 운전되기 때문에 유해가스( $\text{NO}_x$  등) 배출을 최소화할 필요가 있다. 실제 마이크로 가스터빈 제조사들 모두 저  $\text{NO}_x$  연소기를 채택하고 있으며 배출물 저감 성능이 제품 경쟁력의 중요한 부분을 차지하고 있다. 일반적으로 DLN(dry low  $\text{NO}_x$ ) 기술이 적용된 희박 예혼합 연소기가 대부분으로 고온 영역에서 생성되는 Thermal  $\text{NO}_x$ 를 억제하기 위하여 화염 온도를 낮게 유지시키는 방식을 취한다. 그러나 화염 온도가 과도하게 낮아지면, 불완전 연소에 의한 CO발생, 화염 불안정성 증가, 소음 등의 문제점이 발생할 수 있다. 초기 점화와 시동 과정에서는 화염 안정성이 중요하고, 정격 운전 시에는 배출물 저감 성능이 강조되기 때문에 세심한 설계가 요구된다. 지속적으로 강화되는  $\text{NO}_x$  규제를 만족하기 위해서는 예혼합 화염의 평균 온도를 낮게 제어하는 것 뿐만아니라 국부적인 고온부 형성을 억제할 필요가 있다. 아래의 그림에서 평균 화염 온도를 1800K 이하로 제어하여 thermal  $\text{NO}_x$  생성을 억제하기 위해 당량비를 낮게 가져가더라도 혼합도가 불량할 경우, 국부적인 과농 지역에서  $\text{NO}_x$ 가 발생하게 된다. 따라서 혼합도를 향상시킬 수 있는 기술 개발이 요구된다. 그러나 희박 예혼합 화염의 경우, 혼합도가 균일할 경우 연소 불안정성에 취약한 단점이 존재하기 때문에 운전 전략을 최적화하는 등의 대책이 동시에 마련되어야 한다.

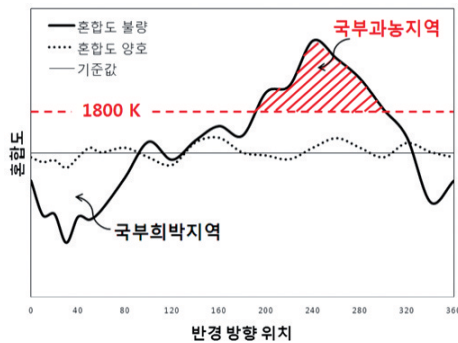


그림 4. 혼합도에 따른 국부희박-과농 영역 발생



마이크로 가스터빈을 이용한 소형 열병합발전 시스템은 그림 5과 같이 구성할 수 있다. 고속 발전기에서 생산된 전기는 전력변환기를 거쳐 전력망으로 공급되고, 배기구 후단에 위치한 열교환기를 통해 온수를 생산/공급하여 전체 시스템 효율을 약 75-80%까지 끌어 올릴 수 있게 된다. 마이크로 가스터빈발전 시스템의 경우, 기존의 대형 발전 시스템과 동일한 방식의 시스템을 유지하고 있기 때문에 시스템의 개발 보다는 가스터빈 자체의 성능을 개선하는 방향으로 연구가 진행되고 있다.

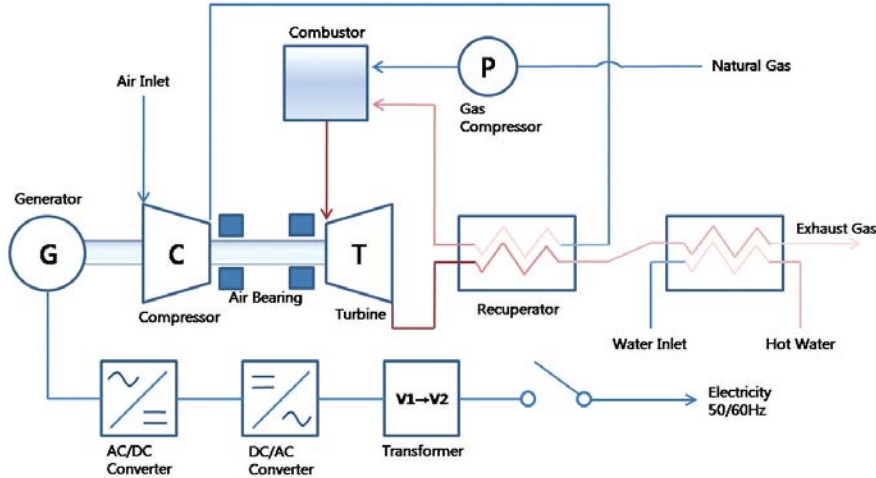


그림 5. 마이크로 가스터빈의 소형 열병합 발전 응용 (출처: 뉴로스)

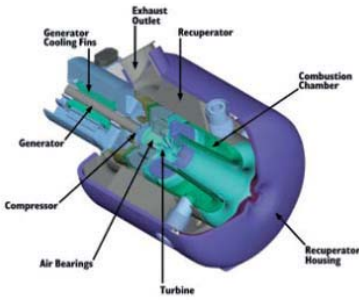
### 3. 마이크로 가스터빈 기술 개발 동향

#### 3.1 해외 기술 개발 동향

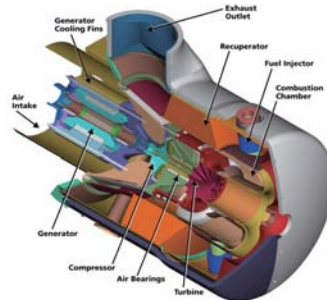
30-100kW급의 마이크로터빈은 아래의 표와 그림에 나타난 바와 같이 전세계적으로 약 9개 정도의 제품이 개발되어 시장을 형성하고 있으나 아직까지는 시장과 판매가 성숙되지 못하고 있다. 1998년 미국 Capstone사가 30kW MGT 발전시스템을 세계 최초로 상용화함으로써 새로운 시장을 개척한 이래로 60, 65, 200kW 제품이 지속적으로 개발되어 시장을 형성하고 있다. 이러한 연구 개발은 미국 DOE(Department of Energy)의 지속적 연구비 지원하에 이루어졌으며, 그 결과 전세계 시장을 점유(90%이상)하는 결과를 얻어냈다.

미국 DOE에서는 마이크로터빈의 경쟁력을 높이기 위하여 지속적인 지원을 하고 있으며, 그림 7에서는 개발사양과 수행업체들을 보여준다. 특히 전력효율을 현재의 25% 수준에서 40% 수준까지 높이기 위한 목표를 세우고 각기 다른 6개의 업체에서 동시에 진행하는 방식을 취하였다. 그러나 40%의 전력효율을 달성하기 위해서는 TIT(터빈입구온도)를 높일 수 밖에 없기 때문에 무냉각 터빈을 유지하기 위해서는 터빈과 재생기 부품은 세라믹 재료로 대체되어야 하나 현재까지는 기술적 가능성은 그다지 높지 않은 것으로 판단되고 있다. 현재 선진사의 기술 수준을 살펴보면, Capstone사의 경우, 전기 출력 200kW, 발전 효율 30%대, 정비 수명 10,000 시간 이상, NOx 배출 10ppm 이하의 MGT 개발을 성공적으로 수행하였으며, 바이오 연료에 대한 적용 실증 실험을 수행하는 등 앞선 연구 결과를 바탕으로 시장을 점유하고 있다. Capstone사와 함께 MGT 사업을 추진하는 주요 업체 중 하나인 Ingersoll-Rand사의 경우, 2005년까지 북미지역 판매대수가 약 400여대 수준을 기록하였으며, 2004년 이후 아시아 시장을 주요 타깃으로 설정하고 2005년에 1억불정도를 MGT 개발에 투자한바 있다. 공기 베어링을 사용하는 Capstone사와는 달리 Ingersoll-Rand사 제품들은 오일 베어링을 사용하고 기어박스를 채택한 2-축형 가스 터빈 모델을 생산하고 있으

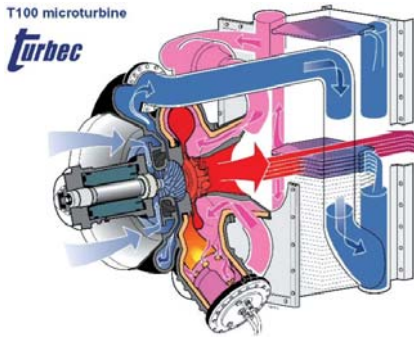
	Capstone	Honeywell	Elliott	Ingersoll-Rand	Turbec	Bowman	Dtech	Toyota	Nissan
Model	Modell 330	Parallon75	TA45/60/80	PowerWorks	T100	TG50, CG25/80	ENT4000	TG051	Dynajet 2.6x
Spool	1	1	1	2	1	1	2	1	1
Net power, kW	28/60	75	45/60/80	70	100	25/80/100	350	50	2.6
발전효율 (재생기)	26	28.5	25-30	33	30	22.5	29	n/a	8-10
Speed, rpm	96,000	65,000	6800-110000	60,000	90,000	99,750	30,000	80,000	100,000
TiI, K	1113	1203	1203	1143	1223	n/a	n/a	n/a	1123
Pressure ratio	3.2	3.7	4	3.3	4.5	4.3	8	4.6	2.8
Bearing type	Air	Air	Oil	Oil	Oil	Oil	Air	Oil	Oil
NOx, ppm (gas fuel)	9	9	15-25	9	15	25	10	n/a	n/a
Noise level, dB	65@10m	65@10m	65@1m	n/a	70@1m	75@1m	n/a	85@1m	55@7m
Life, hr	40,000	40,000	54,000	80,000	60,000	n/a	n/a	n/a	n/a
Gen. type	영구자석	영구자석	영구자석	유도발전	영구자석	영구자석	영구자석	영구자석	영구자석



Capstone C30 (30kW)



Capstone C200 (200kW)



Capstone C30 (30kW)



Ingersoll-Rand (70kW)

그림 6. 주요 MGT 개발 업체의 제품

나, 설치 및 유지 보수 측면에서는 공기 베어링 모델에 비해 불리한 측면이 있는 것으로 알려져 있다. 이 외, Elliott사 및 유럽을 중심으로 하는 Turbec사가 있으며, 기타 미국 및 일본의 GE, Toyota 등에서 MGT개발을 진행하거나 이미 완료한 상태이며 시장상황에 따라 제품화를 준비 중인 것으로 판단된다. 특히 바이오가스 발전 시장규모가 큰 유럽을 중심으로 바이오가스 전용의 중소 MGT 개발 및 제작업체들 간의 경쟁이 치열할 것으로 예상되고 있다. 그림 8은 선진국들의 마이크로 가스터빈 연구 지원 프로그램을 보여준다.

1.5MW 이하의 산업용 소형 발전 시스템의 시장 전망을 살펴보면, 50-250kW급의 시장이 가장 크게 형성되어 있는 것을 알 수 있다. 250-1500kW급의 경우, 200kW급의 엔진을 병렬 구성하여 공급하는 것이 가능하기 때문에 실제로 50-250kW급의 마이크로 가스터빈의 영역은 전체 시장의 90% 이상이 된다. 중·대형 가스터빈의 경우, 약 5MW 이하의 낮은 출력에서는 효율이 급격히 저하되기 때문에 분산형 발전시스템에 적합한 1.5MW급 이하의 영역에서 마이크로 가스터빈 시장이 활성화 될 것으로 기대된다.

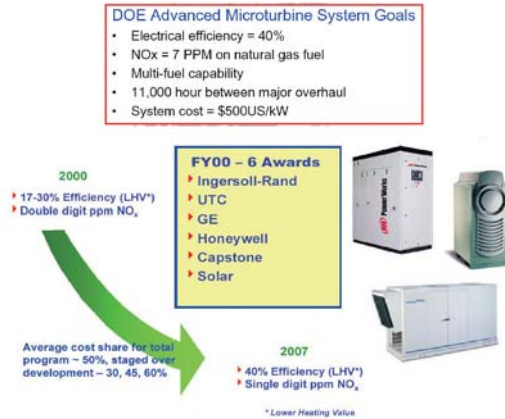


그림 7. Advanced Microturbine System Project (DOE)

국가	프로그램명	지원기관
미국	• ATS (Advanced Turbine System)	Department of Energy
	• NGTS (Next Generation Turbine System)	Department of Energy
	• GRI (Gas Research Institute)	N/A
	• ULEGT(Ultra-Low Emission Gas Turbine)	California Energy Commission
	• HEET (High Efficiency Engines and Turbine)	Department of Energy
	• AMT (Advanced Microturbine)	Department of Energy
	• IHPTET (Integrated High Performance Turbine)	Department of Defense
일본	• New Sunshine Project	NEDO
	• Gas turbine/Fuel Cell Hybrid power system	NEDO
유럽	• Montreal Gas Turbine Project	N/A
	• CAMEGT(Cleaner & More Efficient Gas Turbine)	European Commission
	• Small Gas Turbine Project	European Commission
	• AITEB (Aerothermal Investigations on Turbine Endwalls and Blades)	N/A

그림 8. 선진국 R&D Program

그림 10은 1MW급 왕복동 엔진과 마이크로 가스터빈의 유지 비용을 비교한 것이다. 이때 C1000은 Capstone사의 C200엔진 5개를 병렬로 구성한 모델을 말한다. 마이크로 가스터빈이 초기 비용이 많이 드는 단점이 있으나, 보유 기간이 약 4년을 넘게 되면 전체 유지 비용에서도 우위를 점하는 것을 알 수 있다. 이는 마이크로 가스터빈의 상용화를 위한 지속적인 연구 개발의 결과로 제품의 생산 및 운전에 필요한 비용이 시장 경쟁력을 갖는 수준으로 낮아졌기 때문이다.

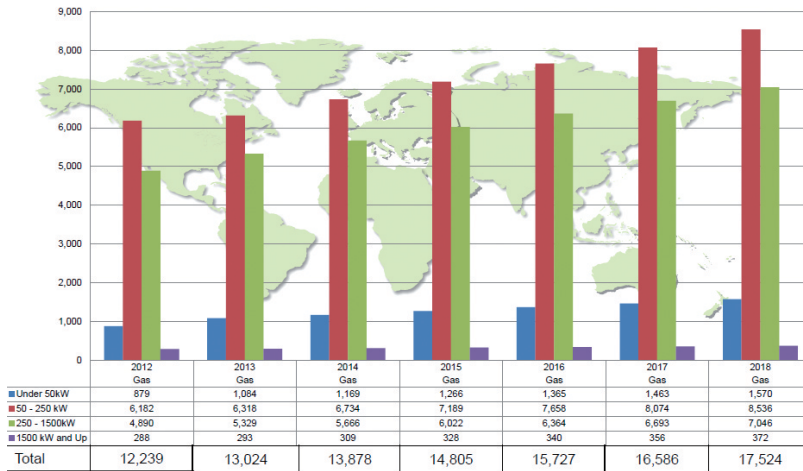


그림 9. 산업용 소형 발전 시스템의 시장 전망 (천연가스, 1500kW이하)  
출처: Power systems research 2013

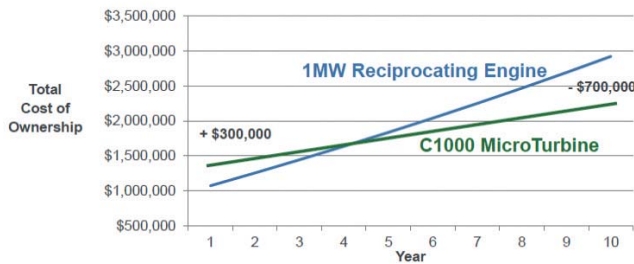


그림 10. Capstone사의 1MW 마이크로가스터빈 모듈(200kW 5개, 우측사진)과 타사 1MW 왕복동 엔진의 소유기간 대비 전체 유지 비용 비교 (출처: Capstone)

### 3.2 국내 기술 개발 동향

가스터빈 관련 기술 개발은 지난 20여년간 꾸준한 정부의 지원과 함께 업계 및 연구 기관 등을 중심으로 진행되어 왔다. 특히 삼성테크윈은 항공기용 가스터빈의 부분품 제작, 조립, 정비 사업 등을 수행함으로써 가스터빈 산업의 발전을 주도하여 왔으며 본격적인 국산 독자제품의 개발의 경우, 한국기계연구원에서 50kW급 터보제너레이터 가스터빈 개발을 수행함으로써 소형 가스터빈 설계 및 제작 그리고 시험과 관련한 기초 기술들이 확보되었다. 삼성테크윈이 1.2MW급 산업용 가스터빈 엔진 개발 (1992년-1997년)하면서 국내에서도 가스터빈 개발을 위한 기반기술이 구축되었고 현재 이를 기반으로 가스터빈 응용제품 개발이 시도되고 있으며, 신뢰성 확보 및 상품화 기술 개발을 위하여 지속적인 노력을 기울이고 있는 상황이다.

이후 2001년부터 에너지 관리공단의 지원 하에 진행된 “55kW급 분산형 마이크로터빈 열병합발전시스템 개발” 과제를 통해 핵심 요소 기술의 일부가 개발 완료되었으나, 상용화보다 기술개발 중심으로 진행되어 시장 형성으로 이어지지는 못하였다. 주로 해외 선진사의 마이크로 가스터빈을 수입하여 아파트 및 공장에 열과 전기를 공급하는 CHP 실증 시험을 수행하는 수준에 머물러왔다.



사업명	주관기관	기간	정부지원	금액(억원)	비고
터보제너레이터	삼성테크윈	1996-1997	청정기술개발사업	11.7	
터보제너레이터(50kW)	KIMM	1996-2000	중점기술사업	24.7	
터보기계설계기술(74kW)	KIMM	1993-2002	기관고유사업	133.3	
비활성 가스제너레이터	KIMM	1999-2002	민군겸용기술개발사업	35.0	
APU (100kW)	삼성테크윈	1997-2002	민군겸용기술개발사업	69.0	
분산발전용 마이크로터빈 개발	한국터보(주)	2002-2003	첨단기계류개발사업	12	
UAV용 초소형 가스터빈(65마력)	(주)뉴로스	2001-2005	민군겸용기술개발사업	56.3	
마이크로 분산 열병합 발전 (55kW)	(주)뉴로스	2002-2007	에너지절약개발사업	130	
Hybrid 발전시스템 (200kW)	KARI	2002-2005	차세대신기술(산자부)	55	
200kW 마이크로 가스터빈 열병합발전 시스템 상용화(200kW)	STX중공업	2011-2016	에너지기술개발사업	217.8	

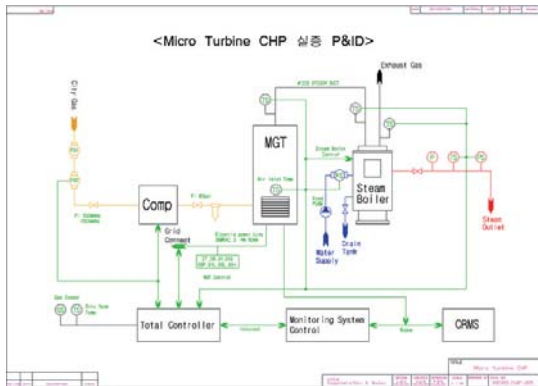
국내의 가스터빈기술 관련 개발 현황



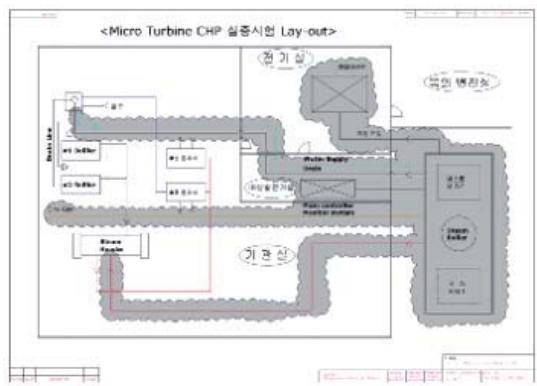
대전 신동아아파트 설치 열병합발전시스템



대전 GS칼텍스에 설치된 MGTCHP 실증시험 현장



대전 GS칼텍스에 설치된 MGTCHP P&ID



대전 GS칼텍스에 설치된 MGTCHP 실증시험장치 Lay-out

그림 11. MGT 열병합발전 시스템 실증시험 예  
(출처 : STX중공업 자료)



그러나, 분산 발전의 필요성이 지속적으로 강조되고 있으며, 천연가스 이용의 증가로 인하여 마이크로 가스터빈 시장의 성장이 예상되면서 관련 기술의 개발과 독자 모델 확보에 대한 요구가 커지고 있다. 현재 한국기계연구원 기관 자체 사업을 통해 100kW급의 마이크로 가스터빈 핵심 기술 개발에 관한 연구를 수행하고 있으며, 압축기, 터빈, 연소기 등 주요 부품의 설계 기술을 확보하고 시작품 제작과 조립에 필요한 기술을 축적해나가고 있다. 또한 조립품의 시험 운전을 통하여 회전체의 안정성을 평가하고 각 부품의 성능을 분석하여 개선 방안을 도출하는 수준에 도달하였다.

STX중공업은 자체 연구를 통해 60kW급의 마이크로 가스터빈을 개발한 경험을 바탕으로 2011년부터 정부의 지원을 받아 200kW급의 마이크로 가스터빈 열병합 발전 시스템 상용화 과제를 수행하고 있다. 리큐퍼레이터를 포함한 열효율 32% 이상, 열병합 효율 75% 이상, 터빈입구온도 약 980도, 압축비 4.0, NOx 10ppm이하, 속도 40000 rpm의 성능을 갖는 가스터빈과 고속발전기 및 전력변환기를 포함한 전체 발전 시스템을 개발하고 있다. 특히 리큐퍼레이터 효율을 90%로 설계하고 회전체에 공기 베어링, 발전기와 전력변환기에 공기 냉각을 적용하여 오일 사용을 배제하는 등 제품 개발을 위한 기술적 난이도가 높은 반면에 성공 시에는 선진사 제품과 기술적인 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

## 4. 결 론

마이크로 가스터빈은 다양한 연료의 사용이 가능하고 재생열교환기의 적용을 통해 고효율의 발전이 가능하며, 가스엔진에 비해 소음과 진동이 적은 특성을 갖는다. 크기가 작고, 설치가 간단하며 유지와보수가 비교적 수월하기 때문에 도심, 오지, 산업시설 등에서 차세대 분산형 전원으로 주목을 받고 있다. 또한 기존 중형 이상 발전시스템과 달리 대량 생산을 통한 저가 생산이 가능하기 때문에 경제성 확보가 가능하고 부하 추종성이 우수하여 분산 발전시스템에 적합하다. 국내에서도 80%대에 이르는 열병합 발전 효율과 재생열교환기를 적용한 30% 이상의 발전 효율을 갖는 마이크로 가스터빈 개발이 진행 중에 있는데, 현재 시장을 독점하고 있는 선진사 제품과 경쟁하기 위해서는 압축기, 터빈등의 기본 부품의 성능 향상 뿐만 아니라, 오일 사용을 배제한 공기 베어링 도입, 수요자와 근거리에서 운전되는 마이크로 가스터빈의 특성을 고려하여 NOx, CO등의 유해가스 배출과 소음/진동을 억제할 수 있는 성능을 갖출 필요가 있다.

## ❁ 참고 문헌

- [1] 오시덕, 분산발전기술의 현황과 전망, 한국기계연구원 기술세미나, 2005
- [2] 국내의 가스터빈 기술 현황, KETEP, 2011
- [3] Micro gas turbines, risks and markets, H. Saito et al., IMIA conference 2003
- [4] 미국의 클린에너지 투자현황과 2012 에너지기술개발계획, KETEP, 2011
- [5] William Mitchell and Alessandro Delfrate, NUVERA Natural Gas Micro-CHP System for Distributed Generation, Proceeding of Lucerne Fuel Cell Forum 2005, 2005



김민국

- 한국기계연구원 환경·에너지기계 연구본부  
환경기계시스템 연구실
- 관심분야 : 가스터빈 연소기, 산업용 연소기
- E-mail : mkkim@kimm.re.kr



김한석

- 한국기계연구원 환경·에너지기계 연구본부  
환경기계시스템 연구실
- 관심분야 : 가스터빈 연소기, 발전용 연소기
- E-mail : haskim@kimm.re.kr



안국영

- 한국기계연구원 환경·에너지기계 연구본부  
환경기계시스템 연구실
- 관심분야 : 가스터빈 연소기, 순산소 연소기,  
연료전지 하이브리드 시스템
- E-mail : kyeh@kimm.re.kr