

## 디지털 시대의 마이크로 터빈 시장 및 기술 전망

손정락\* · 노승탁\*

### 1. 새로운 전력 산업의 도래

2000년 12월 세계의 이목은 미국 캘리포니아 지역의 전력 위기 상황에 집중되었다. 세계 경제의 살아있는 지표로 평가받고 있는 미국 연방제도이사회 Allen Greenspan의장도 다급하게 금리 인하를 결정하지 않으면 안되었다. 캘리포니아 지역의 최대 송전회사인 Southern California Edison사와 Pacific Gas & Electric사가 치솟는 전력 가격을 견디지 못하고 파산 위기에 처하자 그 영향이 이들 회사에 대출을 해준 Wall Street의 금융 회사들을 포함한 미국 전체의 경제에 미칠 타격을 우려한 극단적인 조치이었다. 그럼에도 불구하고 이 지역의 전력 위기는 진정되지 못하였고 Gray Davis 캘리포니아 주지사는 전력 비상 사태를 선포하기에 이르렀다. 이와 같은 캘리포니아 지역의 전력 위기 상황은 1998년 이 지역의 전력 시장 자유화(deregulation) 조치로부터 출발되었다. 전력 시장 자유화 조치의 기본 목적은 전력 공급의 자유화를 통하여 전력 및 송전 회사들간의 자유 경쟁으로 전력 가격을 인하시키고, 필요할 경우 캘리포니아 이외의 지역으로부터도 싼 가격의 전력을 공급받기 위함이었다. 그러나, 이 조치 이후 당초 기대했던 효과가 가시적으로 나타나기 전에 세계적인 원유 및 가스 가격의 급격한 인상 등의 요인으로 전력의 가격이 최대 900% 이상 상승하게 되었던 것이다.

국내에서는 캘리포니아 지역의 전력 위기 상황은 한국전력 민영화 조치의 타당성에 대한 논쟁을 촉발시켰다. 민영화를 반대하는 입장에서는 이러한 상황이 전력 산업과 같은 국가 기간산업의 급속한 자유화 조치에 의해서 비롯된 것이므로 한국전력의 민영화 계획은 전면 재검토되어야 한다는 논리를 전개하고 있고, 그와 반대의 입장에 있는 사람들은 또 다른 논리를 펴고 있다. 급기야는 한국전력 민영화 정책을 주도하고

있는 정부 실무자들과 한국전력의 노사 대표들이 캘리포니아 지역으로 날아가 현지 상황을 실제로 파악하도록 하기에 이르렀다.

비록 캘리포니아 전력 위기 사태에 의해서 상황이 급속히 부상된 면이 없지는 않지만 분명한 것은 미국이나 한국 등을 포함한 전 세계 지역의 전력 산업의 방향은 현재 중대한 기로에 서 있다는 사실이다. 세계 전력시장은 ① 2차 세계대전 이후 원자력 발전 등에 의한 대형 중앙 집중식 발전단계, ② 70년대 1,2차 오일 쇼크에 따른 전력 가치의 재평가 단계, ③ 80년대 이후의 환경문제의 부상 및 분산 발전 개념의 도입에 의한 복합 발전 단계를 거쳐, ④ 현재는 지난 세기 말부터 나타나고 있는 디지털 산업의 팽창에 따른 새로운 형태의 전력 수요를 충족할 수 있는 새로운 개념의 전력 산업의 시대가 도래하고 있다.

### 2. 디지털 시대의 전력 산업 특성

2000년 8월 3일자 Economist지는 앞으로 도래할 새로운 형태의 산업과 연계된 전력산업의 개편은 마치 정보통신 산업에 있어서 휴대전화와 기존의 통신산업 구조를 획기적으로 변형시킨 사례와 유사한 충격을 산업 전반에 가져올 것이라고 단정하였다. 또한, 미국 에너지성에 의하면 미국 내에서만 2020년까지 350GW 이상의 전력 수요가 필요하고, 전 세계적으로는 향후 10년 동안 매년 110GW 규모의 신규 전력 수요가 발생할 것으로 예상된다. 이와 함께 기존의 전력 시장을 디지털 경제에 적합한 구조로 변형시키기 위한 기술 개발을 위한 투자 규모도 년 간 수백억 달러 규모에 이를 것으로 파악되고 있다.

각종 전자 부품의 제조에서부터 인터넷 상거래에 이르기까지의 디지털 산업에 필요한 전력의 특성 중 가장 중요한 부분은 공급 전력의 신뢰도(reliability)이다. 일반적으로 기존의 대형 발전소로부터 공급되는 전력은 99.9%의 신뢰도로 평가되고 있는데 이는 년 간

\* 서울대학교 기계항공공학부  
E-mail : jlsohn@smu.ac.kr

8시간 정도의 정전이 용인되는 정도이다. 그러나 병원, 공항, 군사기지 등의 특수 용도의 경우만 하더라도 연간 6분 정도의 정전 가능성에 해당되는 99.999%의 신뢰도를 요구하고 있으며, 이를 위해서는 발전소로부터 공급되는 전력계통과는 별도로 UPS(Uninterruptible Power Supply) 등과 같은 비상 전력 계통을 가동시켜야 한다. 더구나, 전력 부하의 변동이 제품의 품질에 치명적인 영향을 미치는 초정밀 전자 부품 산업의 경우에는 연간 30초 이내의 정전 가능성에 해당되는 99.9999% 신뢰도 이상의 수준이 요구된다. 이로부터 지난 1월의 캘리포니아 전력 비상 사태에 따른 전력 제한 공급 상황이 인텔 등의 첨단회사들이 집결한 실리콘밸리 단지에 미치는 영향이 얼마나 심각하였는가를 짐작 할 수 있다.

이와 같은 고 신뢰도의 전력 공급은 이에 따른 경제적 부담을 가중시키는데, 예를 들어 99% 신뢰도의 경우 \$0.02/kWh, 99.9% 신뢰도의 경우에는 \$0.10/kWh 정도의 비용이 소요되지만 99.9999% 이상의 신뢰도가 요구될 때는 200~1000 배 수준으로 비용이 증가하게 된다. 따라서, 전력의 신뢰도에 따른 경제적 부담을 경감하기 위해서는 기존의 UPS와 같은 전력 저장 장치의 비상 전력계통과는 별도로 회사별로 독립적인 비상자가 발전의 운용이 필수적이다.

디지털 시대의 전력 산업의 또 다른 특징은 소오전력의 소규모화이다. 표 1에서와 같이 디지털 시대에 필요한 각종 기기들의 소오 전력 규모는 10kW 규모를 넘지 않고 있다. 뿐만 아니라 인터넷에 의한 네트워크화에 따른 채택 근무의 확대, 전자 상거래의 활성화에 의한 사업 규모의 소형 분산화에 따라 이러한 기기들은 과거의 대규모 산업단지와는 달리 주거 지역이나 사무실 밀집 지역에서 주로 사용되고 있다. 이러한

Table 1 Scales of selected electricity use<sup>(1)</sup>

Use	Scale(kW)
Portable Radio	0.0001
Cellular Phone	0.001
Portable Computer	0.01
Desktop Computer	01
Household Average	1-1.5
Commercial Customer Average	10
Passanger Car Engine Average	25-50
Supermarket	100
Medium-sized Office Building	1,000
Medium-to-large Factory	1-10,000
Peak Use of Largest Building	100,000
Peak Use of Largest Industry	10,000,000

형태의 사업에 있어서 사업 단위별 전체 소오 전력 규모는 수십~수백kW 수준에 머물 것이며, 이는 일반적인 발전소의 발전 전력 규모인 수백~수천 MW에 비하면 매우 작은 규모이다. 따라서, 수십~수백 kW급의 전력을 공급하기 위해서 원거리 대형 발전소로부터 전력을 공급받는 것은 매우 비효율적이며, 그 대안으로 급부상하고 있는 발전 개념이 마이크로 분산발전이다.

### 3. 마이크로 분산 발전의 활성화

마이크로 분산 발전은 수십 kW급의 전력 수요가 있는 주거 단지 및 상업 지역의 전력 공급을 위한 발전 시스템으로 그림 1로부터 그 개념을 설명할 수 있다. 그림 1(a)와 같은 중앙 집중식 발전은 대형 발전소로부터 전력을 생산하여 송전 및 배전 업체에 의해 주거 지역, 상업 지역 및 산업단지에 전력을 공급하는 일방향 전력 공급 체계이다. 반면에 그림 1(b)와 같은

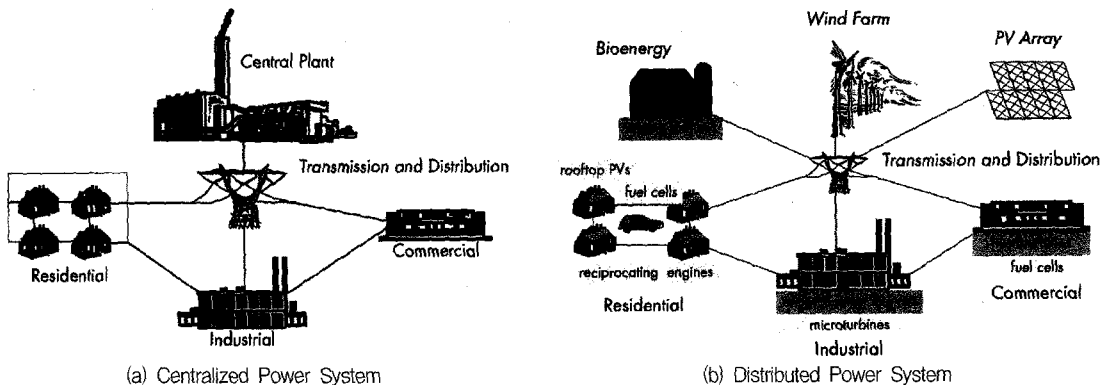


Fig. 1 Schematics of Two Different Power Systems<sup>(1)</sup>

마이크로 분산 발전은 주거 지역, 상업 지역, 산업 단지 등의 용도별 특성에 적합한 동력원을 이용하여 소규모 지역별로 전력을 생산하고 또한 자연적 특성을 이용한 풍력, 태양력 발전 등을 이용하여 추가 전력을 생산한다. 이와 같이 여러 가지 동력원으로부터 생산된 전력은 분산 송전 전문회사에서 각종 소비자의 요구 전력의 품질, 가격 등과 함께 각 발전 동력원의 잉여 생산 전력량까지를 고려하여 적절한 가격과 품질로 소비자에게 전력을 공급하게 된다. 따라서 마이크로 분산 발전 시스템은 각종 동력원으로부터 생산되는 다양한 종류의 전력을 최적 상태에서 공급할 수 있는 이상적인 시스템이다. 뿐만 아니라 이러한 마이크로 분산 발전 시스템은 대형 전력 회사로부터 공급되는 전력의 품질과 가격을 자체 생산 전력과 비교하여 최적 조건의 전력을 소비자에게 공급할 수 있다.

마이크로 분산 발전 시스템의 동력원으로는 그림 1에서와 같이 왕복동 엔진, 스텔링 엔진, 마이크로 터빈, 연료 전지, 풍력 터빈 및 태양열 집진 등 여러 가지가 사용이 가능하다. 이러한 동력원은 연소 동력원과 비연소 동력원으로 구분할 수가 있는데 이와 관련된 성능 및 경제적 특성은 표 2와 같이 정리할 수 있다. 연소 동력원 중에서도 가장 널리 사용되는 왕복동식 엔진은

다양한 종류의 제품들이 상용화되어 있어 비교적 저렴한 가격으로 설치가 가능하며 열효율도 비교적 높다. 그러나 다양한 종류의 연료를 사용할 수가 없고 환경 친화성이 약한 단점 때문에 차세대 동력원으로는 부적합하다. 스텔링 엔진은 높은 열효율 때문에 오랜 기간동안 여러 분야에 실용화 적용을 위한 시도가 있었으나 아직도 본격적인 상용화가 이루어지지 못하고 있다. 마이크로 터빈은 비교적 낮은 열효율에도 불구하고 비출력이 높으며, 다양한 종류의 연료의 사용이 가능하고 우수한 환경 친화성으로 인하여 차세대 동력원으로서의 활용 가능성이 높아지고 있다. 다만 아직도 열효율을 높이기 위한 기술적 진화가 진행 중에 있으며 대량 생산 기술의 접목에 의한 설치 가격을 낮추어야 하는 단점이 있다.

비연소 동력원으로는 연료전지, 풍력 터빈 및 태양열 집진 장치 등이 있으나 그 중에서도 실용화에 가장 근접해 있는 것이 연료전지이다. 연료전지는 열효율이 매우 높고 공해물질 배출이 거의 없어 차세대 동력원으로 가장 각광을 받고 있어 전 세계적으로 상용화 개발이 활발하게 추진되고 있다. 그러나 아직도 설치비용이 매우 비싸 본격적인 동력원으로는 응용되지 못하고 있으나 현재의 추세로 보아 설치비용이 가까운 시일 내에 수백불 단위로 내려올 것으로 예상되므로 고효율 무공해 동력원으로 조만간 자리 잡을 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 풍력 터빈 및 태양열 집진 장치는 아직도 가격 경쟁력이 떨어져 장거리 송전이 불가능한 오지 등 특수한 경우를 제외하고는 본격적으로 활용하기가 어렵다. 다만, 최근 들어 세계적인 구호 단체들은 아프리카를 비롯한 미개발 국가의 전력 공급 수단으로 풍력 터빈 및 태양열 집진 장치의 보급을 추진하고 있다.

이와 같은 여러 가지 동력원 중에서 디지털 시대에 가장 적합한 동력원으로는 타 동력원에 성능 및 경제적인 측면에서 비교적 경쟁력이 있고 환경 친화성이 우수한 마이크로 터빈으로 일반적으로 평가하고 있다. 뿐만 아니라 마이크로 터빈은 고회전 특성으로 인하여 고 신뢰도의 양질의 전력 공급이 가능하여 디지털 산업의 비상 동력원으로도 활용이 적합하며, 고온 배기가스를 활용한 열병합 발전을 구성할 경우 최대의 열이용율의 확보가 가능한 제품이다.

### 3. 마이크로 터빈의 제품 동향

위에서 기술한 전력 산업의 변화로 인한 새로운 형태의 발전 산업에서의 시장 선점을 위하여 세계적으로

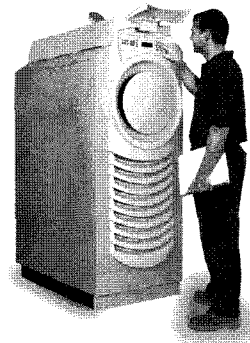
Table 2 Micropower Systems for Micro Distributed Power Generations<sup>(1)</sup>

Combustion-Based Micropower Systems			
Power System	Recipro-Engine	Microturbine	Stirling Engine
Power(kW)	5-10,000	30-2,000	0.3-2.5
Efficiency(%)	20-45	27-30	15-30
Current Installation Cost(\$/kW)	600-1,000	600-1,100	1,500
Expected Installation Cost with Mass Production(\$/kW)	<500	200-400	200-300
Non-Combustion-Based Micropower Systems			
Power System	Fuel Cell	Solar Cell	Wind Turbine
Power(kW)	< 1-10,000	< 1-1,000	< 1-3,000
Efficiency(%)	35-50	-	-
Current Installation Cost(\$/kW)	2,000-3,500	5,000-10,000	900-1,000
Expected Installation Cost with Mass Production(\$/kW)	100-300	1,000-2,000	500

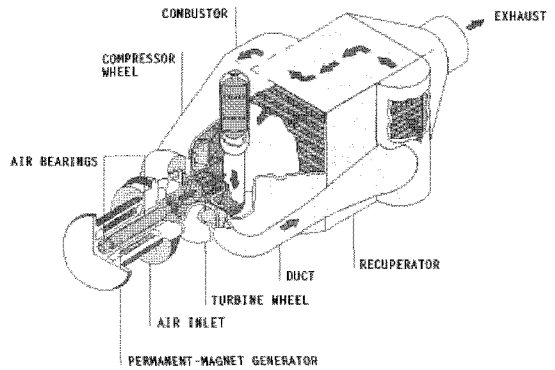
많은 업체들이 기술개발을 서두르고 있다. 본 절에서는 그 중에서도 마이크로 터빈 분야에서 가장 앞서 나가는 회사들의 대표적인 제품들을 소개 하고자 한다.

### 3.1 Capstone Turbine사<sup>(2)</sup>

Capstone Turbine사(이하 Capstone)는 1990년대 초 미국의 보조동력장치(APU: Auxiliary Power Unit) 전문업체인 Allied Signal에 근무하던 기술인력이 중심이 되어 설립된 회사로써 지난 10년간 마이크로 터빈 개발에 집중적인 투자를 하여 1999년부터 본격적인 시장 확보에 나서고 있다. 이 회사는 현재 30kW급의 Model 330 제품(그림 2(a))을 생산하고 있으나 조만간 250 kW 급까지 제품 종류를 확대해 나갈 계획이다. Capstone 사는 단기적으로 초소형 열병합 발전과 하이브리드 자동차 동력원 시장에 초점을 맞추고 있으나 장기적으로는 디지털 산업에 적합한 고 신뢰도 전력 공급 발전 시장과 첨두(Peakcut) 부하용 시장으로 점차적으로 확대해 나갈 계획이다. 참고로 이 회사의 마이크로 터빈 시장 확보를 위한 3대 전략은 ① 디지털 산업의 급속한 성장에 대한 신속한 대응, ② 전력 산업 자율화의 능동적 대응, ③ 환경 문제에 대한 효율적 대응 등으로 설정되어 있다.



(a) Capstone Turbine 330

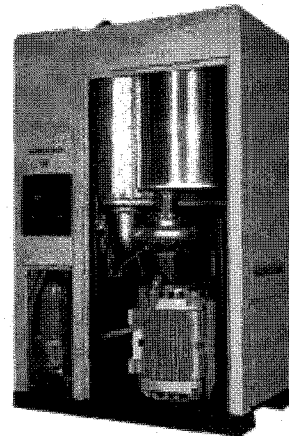


(b) Honeywell Power Systems Parallon 75

### 3.2 Honeywell Power System사<sup>(3)</sup>

Honeywell Power System사는 APU 전문업체인 Allied Signal사가 Honeywell사에 합병되면서 생긴 자회사로써 75kW급의 마이크로 터빈인 Parallon 75 모델(그림 2(b))을 생산하고 있다. 이 모델의 개발은 1990년대 중반부터 Allied Signal사가 기존의 APU를 개조하여 개발해 왔던 제품으로 최근까지도 그 개발 과정이 알려지지 않고 있었다. 그러나 미국 캘리포니아의 Torrance지역에 위치한 Honeywell의 APU 및 터보차져 생산 공장에 공급한 13대의 Parallon 75 제품들이 이 지역의 전력 비상 사태에 효율적으로 대처한 사례가 알려지면서 새로운 관심을 끌게 되었다.

최근 들어 Honeywell사가 GE와 합병되면서 세계 최대 가스터빈 생산업체인 GE Power Systems사가 Honeywell Power System사의 마이크로 터빈 기술을 활용하여 어떠한 전략을 구사할 것인가는 이 분야 세계 시장의 동향을 파악하는데 매우 중요한 사안이 될 것이다.



(c) Ingersoll-Rand PowerWorks

Fig. 2 Microturbines in Market

### 3.3 Ingersoll-Rand사<sup>(4)</sup>

미국 보스턴 인근에 위치한 터보기계 전문 기술업체인 Northern Research Engineering Co.(NREC)는

1990년대 초반부터 기존의 터보차저를 이용한 마이크로 열병합 시스템인 PowerWorks(그림 2(c)) 개발에 착수하였다. 1990년대 중반 이 회사가 세계적인 압축기 전문 업체인 Ingersoll-Rand사에 합병되면서 PowerWorks 양산을 위한 새로운 공장을 신축하는 등 시장 선점을 위하여 빠르게 움직이고 있다. 그 후 이 회사는 다시 동종 경쟁업체인 Concepts ETI사에 합병되게 되는데 이 과정에서 Ingersoll-Rand사는 PowerWorks 생산 공장은 Concepts ETI사에 넘기지 않고 지속적으로 보유하고 있음을 볼 때 Ingersoll-Rand사가 이 분야 시장에 대한 가치를 얼마나 중요하게 평가하고 있음을 알 수 있다.

#### 4. 마이크로 터빈의 기술 동향

마이크로 터빈의 출력 규모는 일반적으로 수십 kW 급이며, 이 정도 출력 규모에서의 기술적 경쟁력을 확보하기 위해서는 ① 열효율 상승과 관련된 터빈 입구 온도를 높이기 위한 세라믹 부품 개발 기술, ② 열효율 향상을 위한 재생 열교환기(recuperator) 개발 기술, ③ 환경 친화성을 높이기 위한 희박 연소 기술, 그리고 ④ 비윤활 구동을 위한 공기 베어링 기술 등 4대 핵심 기술이 확보되어야만 한다. 본 절에서는 그 중에서도 마이크로 터빈에 있어서 가장 핵심이 되는 세라믹 부품 개발 및 재생 열교환기 개발과 관련된 기술 동향을 소개 하고자 한다.

##### 4.1 세라믹 부품 개발 기술

세라믹 부품은 기존의 메탈 부품들의 용융 온도에 의해서 지배되는 내열 한계성을 극복하여 보다 높은 온도에서 엔진이 작동하게 함으로써 전체 열효율을 향상시키는데 기여할 수 있다. 뿐만 아니라 세라믹 부품의 우수한 내열성은 기존 메탈 부품들의 고온 작동을 위해서 필수적으로 적용되었던 각종 냉각 방법들을 동원하지 않고도 고온 작동이 가능하게 하므로 기존 부품들에 비하여 훨씬 단순한 형상의 설계가 가능하다. 이러한 이유로 각종 가스터빈에서는 연소기 라이너와 터빈 블레이드 및 디스크 등 주요 고온부 부품들을 세라믹 소재로 대체하려는 시도가 지속적으로 이루어지고 있다. 그러나 세라믹 소재 개발 기술은 이와 같은 장점에도 불구하고 아직도 기술적 성숙기에 이르지 못한 상태이며, 중대형 제품보다는 세라믹 부품 성형이 상대적으로 수월한 마이크로 터빈 등 주로 소형 제품에

적용할 목적으로 개발이 추진되고 있다.

세라믹 부품 개발은 세계적으로 1980년대 후반부터 미국, 일본 및 유럽에서 각각 독립적으로 수행되어 오고 있다. 우선, 미국의 경우에는 1979년부터 공군 및 해군을 중심으로 소형 APU의 축류 터빈에 장착 가능한 세라믹 블레이드 개발을 위한 기초 연구가 착수되었다.<sup>(5)</sup> 그 후 1980부터는 에너지성과 NASA가 공동으로 개발이 착수된 자동차용 가스터빈 개발 사업인 AGT101사업의 일환으로 개발 대상 제품의 효율 향상을 위한 방안으로써의 세라믹 부품 개발이 지속적으로 전개되었다. 이 사업은 1987년 에너지성과 NASA에 의해서 지원되는 가스터빈 성능 고도화 사업(ATTAP)과 연계되어 함께 추진되는데 여기서도 세라믹 부품은 핵심 기술 개발 영역 중의 하나이었다. 1993년부터는 이제까지 여러 개발사업에 포함되어 진행되어 왔던 세라믹 부품 개발을 보다 본격적으로 추진하기 위하여 에너지성은 세라믹 터빈 개발 사업(CTEDP)을 착수하여 가스터빈에 장착 가능한 세라믹 부품의 상용화 개발을 추진하고 있다. 그 결과, 현재 Honeywell사의 331-200 APU모델에 터빈 1단 노즐과 블레이드를 세라믹 부품으로 대체하여 내구성 시험을 진행 중에 있다.

일본의 경우는 정부에서 주도하는 New Sunshine Project의 일환으로 세라믹 가스터빈(CGT) 개발사업을 1988년부터 10년 간 수행하여 1999년 3월에 이 사업을 성공적으로 종료하였음을 발표하였다.<sup>(6)</sup> CGT 개발 사업은 세라믹 부품을 이용한 300 kW급 소형 열병합용 가스터빈 개발을 목표로 하고 있으며 추진 체계에 따라 CGT301 및 CGT302사업으로 분리되어 있다. 그 중에서도 CGT302사업은 Kawasaki가 중심이 되어 추진되었는데 여기서는 연소기 라이너, 터빈 블레이드 및 디스크, 열교환기 등의 부품에 세라믹 부품을 적용하였다. 이 사업을 통하여 개발된 최종 제품은 터빈 입구 온도가 1350C인 상태에서 2000시간 이상의 내구성 시험을 통해서 그 성능이 입증되었다.

유럽지역에서는 1993년부터 자동차용 가스터빈 개발사업인 AGATA Program의 일환으로 5년 동안 하이브리드 자동차용 마이크로 터빈에 장착 가능한 세라믹 부품 개발이 추진되었다.<sup>(7)</sup> 이 사업은 스웨덴의 Volvo Aero Turbine에 의해서 주로 진행되었는데 60 kW급 엔진이 터빈 입구온도가 1350C에서 작동 가능한 세라믹 부품으로써 연소기 및 구심형 터빈 로터를 개발하였다.

이와 같이 오랜 기간동안 전 세계적으로 세라믹 부품 개발이 진행되어 왔음에도 불구하고 아직도 상용화

적용을 위한 내구성 검증이 진행단계에 있는 이유는 세라믹 부품의 ① 연소 가스에 포함된 탄소 입자 등에 의한 Erosion 취약성, ② 세라믹 부품과 메탈 부품간의 서로 다른 열 팽창성에 의한 접촉부위에서의 구조적 불안정성 및 이와 관련된 leakage 문제, 그리고 ③ 대기 중에 함유된 염분 등에 의한 산화 부식 등과 관련된 기술적 문제가 아직도 완전히 해결되지 않고 있기 때문이다. 그럼에도 불구하고 세라믹 부품은 기존의 메탈 부품의 내열 한계성을 극복할 수 있는 유일한 방안이라는 인식으로 인하여 이러한 분야의 기술적 문제들을 해결하기 위한 노력이 지속적으로 전개되고 있다.

### 4.2 재생 열교환기 개발 기술

재생 열교환기는 터빈 배기 온도를 이용하여 연소기에 유입되는 공기온도를 상승시켜 전체 열효율을 증가시키는 역할을 한다. 타 동력 기관에 비하여 상대적으로 열효율이 낮은 가스터빈의 경우 제품 경쟁력 확보를 위한 열효율 상승을 위해서는 재생 열교환기의 적용이 필수적으로 요구된다. 그림 3에서와 같이 가스터빈에 열전달 효율성(Effectiveness)이 높은 재생 열교환기를 장착 시켰을 경우 상당한 수준의 열효율 상승효과를 가져올 수 있으며, 앞서 기술한 고온 세라믹 부품과 함께 사용할 경우 타 동력 기관과 비교하여 충분히 경쟁력이 있는 효율을 낼 수 있다. 특히 마이크로 터빈의 경우 엔진 내부에서 효율 상승을 위한 설계 개선의 여지가 거의 없기 때문에 재생 열교환기의 중요성은 더욱 부각될 수밖에 없다.

재생 열교환기의 종류는 regenerator로 불리는 회전형 열교환기와 recuperator로 알려진 고정형 열교환기가 있다. regenerator는 자동차용 가스터빈의 개발이 한창이던 1960년대에 주로 많이 적용되었으나 최근 스웨덴의 Volvo Aero Turbine사에서 경험한 바와 같이 가스터빈의 크기가 작을수록 leakage와 관련된 문제 해결이 힘들어 상용화 적용에는 많은 어려움이 있다.

반면에 recuperator는 regenerator와는 달리 고정형이므로 regenerator에서와 같은 문제점은 발생하지 않지만 여전히 높은 열전달 효율성을 유지하면서 가능한 크기를 줄여야 하는 문제점을 안고 있다. 즉, 열전달 효율성을 높이기 위해서는 열교환기 내에서의 전열면적을 증가시켜야하고 이 때문에 크기가 커질 수밖에 없다. 그 결과 마이크로 터빈의 경우에는 재생 열교환기의 크기가 엔진 크기와 비슷한 규모가 되기 때문에

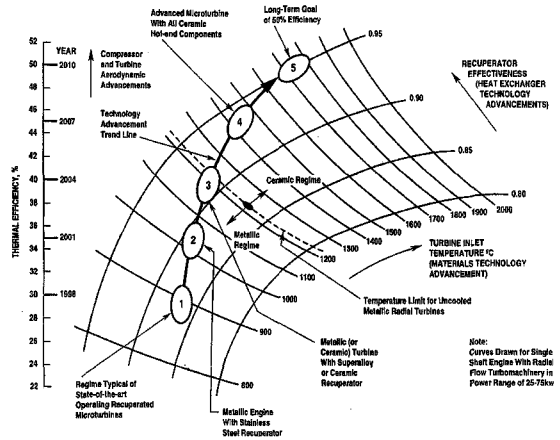


Fig. 3 Projected Performance Potential of Recuperated Micro-turbines<sup>(6)</sup>

단위 부피당 비출력이 우수한 마이크로 터빈 자체의 장점이 부각되지 못하는 문제를 발생하게 된다. 따라서 마이크로 터빈에서의 재생 열교환기 개발에 있어서 가장 시급히 해결해야 할 부분은 소형화와 관련된 사안이다.

### 5. 결 론

지난 세기 말부터 지구촌에 불어닥친 디지털 산업화 추세는 인류의 생활 환경을 급속히 변화시키고 있으며 이러한 변화의 영향은 일반적으로 비 디지털 산업 혹은 재래식 산업이라고 일컬어지는 발전산업에도 충격을 미칠 것으로 예상된다. 디지털 산업은 기존의 집단적 작업 환경을 네트워크화된 개별적 소규모 환경으로 변화시키고 있으며, 기존의 전력과는 비교가 되지 않는 수준의 고 품질 전력 공급을 요구하고 있다. 이러한 변화는 기존의 발전 규모보다 훨씬 작은 규모의 마이크로 분산 발전 시스템과 고 품질 전력 공급이 가능한 발전 관련 각종 인프라의 개발을 촉진시키게 될 것이다.

마이크로 터빈은 이러한 디지털 시대에 가장 적합한 동력원 중의 하나로 평가되고 있으며, 몇몇 기술 선진 업체는 가까운 장래에 신규 시장 진입을 목표로 새로운 제품의 출시를 서두르고 있는 실정이다. 국내 가스터빈 관련 인력과 회사들도 이와 같이 새롭게 형성되는 가스터빈 시장을 주의 깊게 관찰하여 적절한 진로를 설정함으로써 향후 위상을 새롭게 설정할 수 있는 기회로 활용하여야 할 것이다.

**참고문헌**

- (1) Peterson, J.A., 2000, Micropower: the next electric era, Worldwatch Paper.
- (2) www.microturbine.com.
- (3) www.parallon75.com.
- (4) www.ingersoll-rand.com/energysystems.
- (5) Schenk, B., 2000, "Ceramic turbine engine demonstration project - A summary report", ASME GT-0532.
- (6) Takehara, I., Tatsumi, T. and Ichikawa, Y., 2000, "Summary of CGT302 ceramic gas turbine", ASNE GT-0644.
- (7) Gabrielsson, R. and Avran, P., 1999, "The European ceramic gas turbine program - AGATA", Proceedings of the International Gas Turbine Congress, pp. 73~79.
- (8) McDonald, C.F., 2000, "Low-cost compact primary surface recuperator concept for microturbines", Applied Thermal Engineering, Vol. 20, pp. 471~497.