

안 성 규 한국중부발전(주) 발전처 기술기획팀 팀장 | e-mail : ansk1@komipo.co.kr

우리나라는 발전용 가스터빈 설치·운영에 있어 막대한 비용을 해외에 지출하고 있으나 기술적, 산업적 측면에서 선진국 수준에 크게 미치지 못하고 있는 것이 현실이다. 낮은 감이 있지만 체계적인 가스터빈 독자개발을 위하여 국가적 차원의 역량집결이 필요하며, 이를 바탕으로 국내시장을 넘어 해외시장 진출을 준비해야 할 시점이다.

발전용 가스터빈 현황

천연가스 복합화력발전은 가스터빈을 돌리고 나온 배기가스의 높은 배열을 회수(재이용)하고 증기터빈과 조합하여 고효율을 실현한 발전시스템으로 현재 전력믹스의 3대 발전원(원자력, 석탄화력, 복합발전)으로 자리매김하고 있으며, 일반적으로 석탄화력과 비교하면 발전효율이 높고, 환경친화성이 가장 우수할 뿐 아니라 수요처 인근 설치에 유리하여 열과 전기의 동시생산이 가능한 열병합 발전설비로도 널리 이용 중이다. 또한 건설기간이 짧고 건설비용이 저렴하며 신속한 부하추종 특성으로 첨두부하용으로 사용되고 있다. 반면 고가의 천연가스를 연료로 사용하고 있어 국내의 경우 연료비 부담으로 인해 원자력 및 석탄화력에 비해 발전단가가 높고 설비 가동률이 낮으며 고온의 운전특성으로 인해 고가의 부품교체가 잦은 단점이 있다. (표 1)

표 1 발전원별 비교자료

발전방식	원자력	석탄화력	복합발전
발전효율(%)	35	40	60
온실가스배출계수 (kg-CO _{2e} /kWh)	0	0.8230	0.3625
건설단가(천원/kWh)	2,250	2,595	1,094
건설기간(개월)	75	58	27
발전단가(원/kWh)	39.5	66.3	168.1

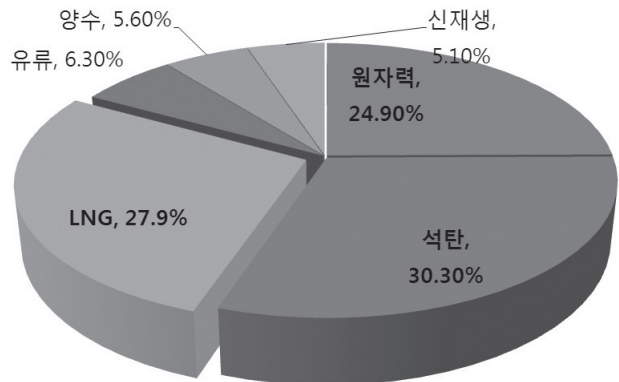


그림 1 국내 발전설비 현황(13. 3 기준)

표 2 복합화력발전용 가스터빈 사양

Class	최초출시	터빈입구 온도	효율		출력(1:1)	
			단순	복합	단순	복합
D급	1980년대	1100℃	35%급	50%급	110MW	160MW
F급	1990년대	1300℃	37%급	55%급	180MW	280MW
G급	2000년대	1400℃	38%급	58%급	280MW	390MW
H급	2010년대	1500℃	39%급	60%급	320MW	460MW

우리나라의 발전설비 전원구성을 살펴보면 복합발전 용량이 약 28%, 원자력 용량이 25%, 석탄화력이 30% 정도로 구성되어 있으며, 복합화력발전의 핵심부분인 가스터빈은 2차 세계대전부터 전투기 엔진으로 본격적인 개발이 시작되었다. 오늘날 복합화력 발전용 가스터빈의 세계 시장규모는 2013년 기준 약 59GW, 148억 불에 달하고 있으며, 2035년까지 연평균 3.2%의 성장이

표 3 국내 가스터빈 개발기술 수준(%)

구분	설계			제작 및 조립			시험평가			
	개념 설계	기본 설계	상세 설계	저온 부품	고온 부품	조립	부품 시험	모듈 시험	완제품 시험	실증시험
수준	40	20	10	90	20	100	30	10	0	0

기대된다. 120MW급 이상 대용량 가스터빈의 주요 제조사로는 GE(미국), 지멘스(독일), MHI(일본), 알스톰(프랑스)이며 이들은 세계 시장의 90% 이상을 점유하여 과점시장을 이루고 있다.

우리나라 발전시장은 이들 제조사의 각축장으로 현재 5개 발전공기업 및 민자 발전사에서 운용 중인 가스터빈은 총 124기로 해외 제조사가 전량 공급하였으며 부품교체비용으로 1,600~1,800억 원이 매년 지출되고 있는 실정이다. 이 비용이면 가스터빈 4기를 구입할 수 있는 금액임을 감안할 때 그동안 우리가 얼마나 많은 외화를 지출하고 있었는지 짐작이 가능할 것이다. 이들은 레이저 앤 블레이드(Razor and Blade) 전략으로 처음엔 낮은 가격으로 가스터빈을 납품한 뒤 주기적으로 교체해야 하는 고온부품으로 이익을 창출하여 국내 시장의 주도권을 유지하고 있으며, 핵심기술의 국내 기술 이전을 기피하고 국산화가 시도되는 품목에 대하여는 전략적으로 가격을 낮춰 공급함으로써 국내 기술개발을 제한하고 있다. 100기 이상의 가스터빈을 도입한 우리나라로서는 다양한 기종의 도입으로 인해 특정업체로부터 기술이전의 이익을 얻지 못했고 지금은 선진국과의 기술격차가 20년 정도인 것으로 추측된다. 가스터빈의 가장 중요한 부분은 시스템 설계와 고온의 환경을 견딜 수 있는 합금소재 부분이다. 일반적으로 1,000℃ 이상에서 3,600rpm 고속회전의 원심력을 견디려면 보통의 재료로는 어려우며 효율과 출력이 터빈입구온도와 밀접하게 연관되어 증가되다보니 지속적으로 온도 상승이 요구되는 실정으로 기초 소재부분의 강국인 미국, 독일, 일본이 세계 시장을 주도하는 이유도 여기에 있다. 가스터빈의 발전은 소재의 발전이라고 봐도 큰 무리가 없으며 기초 소재분야가 취약한 우리나라가 하

루 빨리 발전시켜야 할 기술분야이기도 하다.

가스터빈의 국산화 필요성

발전산업은 엔지니어링, 기자재, 운영, 유지보수가 집약된 복합 장치산업으로 가스터빈은 복합발전의 중요 핵심기자재로 초기개발에 막대한 비용이 소요되고 개발 위험성이 존재하는 게 사실이다. 국내 발전회사들은 오랜 기간 다양한 기종의 가스터빈을 운용한 결과 발전소 운영과 보수 측면에서는 탁월한 역량을 보유하게 되었으나, 중요 부품을 전량 제작사로부터 공급받는 입장으로 이는 구매자가 오히려 낮은 자세를 취할 수밖에 없는 뼈아픈 현실이다. 만약 우리나라가 가스터빈 독자 브랜드가 있고 국내 여러 기업으로부터 고온부품을 공급받을 수 있는 구조였다면 경쟁에 의한 가격 하락, 제작사의 기술 종속에서 탈출도 기대해 볼 수 있었겠지만 지금은 아쉬울 따름이다. 가스터빈 시장은 앞서 얘기한 것처럼 증가일로에 있다. 국제에너지기구에서 지난 5월 발표한 「에너지기술전망 2014」에서는 전 세계적으로 전력 수요가 2050년까지 80%가 될 것으로 전망하고 있으나 OECD 국가의 경우 평균 16% 정도 증가에 머물 것으로 예상하고, 비OECD 국가의 경우 300% 증가율을 보이며 상대적으로 급등할 것으로 전망하고 있다. 낮은 건설단가와 짧은 공기로 천연가스 수급이 원활한 국가의 가스터빈 수요는 이에 따라 꾸준히 증가할 것으로 예측된다. 최근 한국전력이 아랍에미리트(UAE)에 한국형 원자력발전소를 수출한 것처럼 한국형 가스터빈을 수출할 수 있다면 관련 시장은 물론 국내 연구역량도 몇 단계의 도약을 이룰 수 있을 것이라 판단된다. 지난 6월 GE가 알스톰(프랑스)의 가스터빈 분

약을 132억 달러(약 13조 8,000억 원)에 인수하기로 발표한 것은 최근 대용량 가스터빈 시장(200MW 이상)에서 지멘스와 MHI의 열세임을 인식하고 신흥시장에서 이들 제작사와 본격 경쟁을 준비하기 위한 포석으로 보인다. 이러한 세계적인 각축장에서 우리나라가 가스터빈을 독자개발하지 못한다면 미래 먹거리 창출에서 뒤쳐질 수밖에 없을 것이다.

우리나라는 다양한 기종의 가스터빈이 운용되고 있는 시장이나 독자 기술을 보유하지 못해 제작사에 좌지우지되는 현실이며 관련 산업 또한 활성화 되지 못하고 있어 향후 확대되는 시장을 준비하고 기술력을 강화하기 위해서는 가스터빈 국산화가 절실하다.

지를 우려하여 실증을 기피하는 게 현실이었다. 5MW급 다음 단계의 가스터빈 개발을 위해 2012년 기획재정부 예비타당성조사를 거쳐 2013년 「발전용 고효율 가스터빈 개발사업」이 총 사업비 2,851억 원(정부 896억, 민간 1,955억), 사업기간 7년(개발 5년, 실증 2년)으로 에너지기술평가원을 통해 공고되었고 개발목표는 100MW 이상, 효율 37% 이상, 제작 국산화율 70% 이상, 설계 자립화율 100% 등이 제시되

발전용 고효율 대형 가스터빈 개발 사업

우리나라의 가스터빈 연구개발은 가스터빈 개발과 고온부품 국산화로 분리 진행되어 현재 수준은 5MW급 가스터빈을 2011년 두산중공업이 개발 완료하였으며 고온부품은 2~3개 기종의 일부 부품의 국산화를 이루어냈다. 하지만 이미 여러 제조사에 의해 200MW급 이상의 가스터빈이 상용화된 현실에서 기술격차는 여전하였고 그나마 국산화된 부품도 신뢰성을 확인하기 위한 실증시험이 필요하나 발전회사에서는 설비 고장정

었다. 또한 현재 기술여건상 해외 제작사와 공동개발 형태로 진행되는 사업이었다. 사전에 사업 참여를 준비 하던 삼성테크윈과 한국중부발전은 알스톰(프랑스)과 기술협약을 눈앞에 두고 있었지만 최종적으로 핵심기술과 노하우 이전이 불가하다는 입장을 표명함에 따라 과제 지원마감 직전에 포기해야만 했다. 이후 두산중공업이 안살도(이탈리아)와 기술협력 체결과 서부발전의 실증을 전제로 사업자로 최종 선정되었으나 안살도와 의 기술협력 지연체결과 서부발전의 최종 실증 참여불가 방침으로 사업의 어려움을 겪고 있던 중에 최근 안

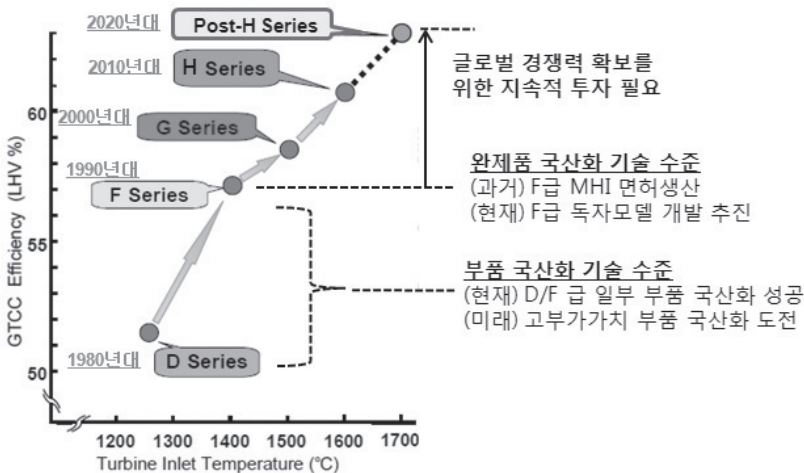


그림 2 국내 가스터빈 기술 수준

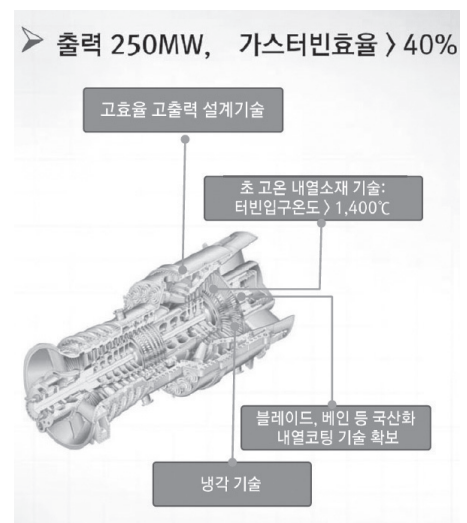


그림 3 대형 가스터빈 국산화 개발

살도와 공동개발협약 체결로 사업이 본 궤도에 오르게 되었지만 실증사업자는 아직 미정인 상황이다.(그림 2, 3)

가스터빈 독자개발 전략

「발전용 고효율 가스터빈 개발사업」에서 보다시피 원천기술을 보유한 해외 제작사와 공동개발을 하지 않고는 기술 격차를 따라잡기 힘들지만 해외 제작사의 기술을 공유하지 않겠다는 정책도 확고해 보인다. “대규모 복합화력발전소에 터빈을 납품하면 조 단위 매출인데 몇 백억을 바라보고 기술을 나누겠어요?” 라고 얘기하던 제작사 담당자의 말이 떠오른다. 가스터빈 독자모델로 개발은 시작하였지만 설계능력이나 핵심부품 생산 기술을 확보하지 못한다면 면허생산이나 다름없는 결과를 초래하게 될 것이다. 이 번에 진행되는 연구개발 가스터빈과 현재 상용화된 가스터빈의 사양을 비교해보자. 결론만 간단히 얘기하면 2020년 실증이 완료되면 실증 발전사는 현재 출시되어 있는 모델과 비슷한 사양의 가스터빈을 보유하고 30년간 상업운전을 해야 한다. 기술개발 추세를 고려하면 2020년엔 지금보다 고효율, 고출력의 가스터빈이 출시될 게 뻔하다. 실증이 완료되어 실적(track record)을 쌓더라도 그 모델로 세계시장에서 경쟁력이 있을지 의문이다. 발전회사는 운영자의 입장에서 신뢰도가 높은 기종을 선호한다. 고출력과 고효율이면 더 좋겠다. 가스터빈은 복합발전의 핵심으로 발전사 이익

발전사업자는 당연히 신뢰도가 높은 가스터빈을 선호한다. 그러나 가스터빈 독자 개발이 국가의 이익을 위한 사업이라면 많은 시행착오를 견뎌낼 수 있는 체계와 정책을 마련하여 여러 기관의 참여를 유도할 필요가 있다고 판단된다.

과 직결되며, 한 번 잘못되면 오랜 시간 애물단지 설비를 운영해야 하는 고통이 찾아올 수도 있다. 그럼에도 불구하고 발전공기업은 기업 이윤추구도 중요하지만 일정부분 리스크가 있더라도 국가와 국민을 위한 역할수행도 중요한 임무라고 할 수 있다.(표 4)

필자는 이번 연구개발이 상업용 가스터빈 개발사업이라고 보지는 않는다. 5MW급에서 250MW급으로 한 번에 기술개발이 이뤄질 수는 없다. 차기

의 상업화 가스터빈을 내놓기 위해 설계기술력을 향상시키고 제조기술을 개발하며 완성품을 지속적으로 시험 평가하여 문제점을 개선하는 가스터빈 종합 연구개발의 장이라고 여겨진다. 굳이 실증에 집중하지 말고 기술개발에 집중해야 한다. 한 번의 연구개발로 대용량 가스터빈이 조기에 양산되어 사업화가 가능하다면 어느 나라라도 개발에 성공할 것이다. 수익과 거리를 둔 테스트베드를 구축하여 다양한 시험을 장기간에 걸쳐 수행할 조건을 만들어 준다면 다음 차례에 세계 제조사와 경쟁할 수 있는 국산 가스터빈이 탄생될 것으로 기대한다. 이를 위한 전략으로 먼저 이 사업이 성공적으로 완수되기 위해 국가적 역량을 집결해야 한다. 그러기 위해서는 가스터빈 개발 주관기관은 두산중공업이지만 학계, 연구소, 기업, 정부를 아울러 조율하고 총괄할 수 있는 구심점을 만드는 것이 가장 중요하다고 생각한다. 이런 측면에서 최근 산업부, 두산중공업, 발전사 간 가스터빈 R&D 컨트롤타워 필요성이 논의된 차제 만으로도 체계적인 가스터빈 기술개발의 시작점이라 할 수 있겠다. 그 다음으로 초기 투자 단계의 위험도 분산이다. 이 사업은 분명 수익보다는 국가의 이익을 위한 접근이 필요한 사업임에 틀림없다. 그렇다면 공공의 이익을 위한 발전공기업의 공동투자가 필요하다. 연구개발품을 운영할 회사가 전담하여 실증하고 투자하는 것도 맞겠지만, 이 정도의 대규모 투자가 선행되고 향

표 4 60Hertz 가스터빈 주요 모델과 비교

제작사	모델명	개발연도	출력(MW)	효율(%)
GE	7F7	2011	250	40.0
지멘스	SGT6-8000H	2010	274	40.0
MHI	M501J	2014	327	41.0
알스툼	GT24	1994	193	38.1
두중	연구개발	2020	250	37.0

후 장기간 운영까지 맡아야 한다면 하나의 회사가 도맡아 투자 및 실증할 것이 아니라 발전공기업이 공동출자한 회사에서 운용하여 위험을 분산하고, 최종 개발품도 어느 특정회사의 소유가 아니며 일반 발전기와는 달리고장정지 등 정부경영평가에서 자유롭게 만들어 주는 것은 기술개발의 중요한 환경조성이라 할 수 있을 것이다. 다시 말해 언제든지 정지하여 점검할 수 있는 프로세스를 만들어 주려면 평가에서 제외하여야 한다. 시행착오 없는 기술력 향상은 있을 수 없다는 걸 누구나 알고 있지만 시행착오가 평가와 직결된다면 누구도 참여하지 않을 것이 자명한 현실이다.

이 번엔 최종 연구개발품의 운영에 대해 살펴보자. 가스터빈 단독으로만 복합발전을 구성할 수는 없다. 이번 연구개발사업이 가스터빈 개발이지만 보일러와 증기터빈을 조합하지 않는다면 낮은 효율(가스터빈 단독 효율 40%, 복합효율 60%)로 운영하는 것은 불가능하다. 다시 말해 추가 투자가 발생하게 된다. 향후 운영을 위해서는 통상 3,000억 원 이상이 보일러와 증기터빈 조합을 위해 추가 투자되어야 하고, 2020년에 등장할 고효율의 발전기와 경쟁에서 밀리면 전기판매 순위도 하락할 수밖에 없다. 실증이 끝난 다음 복합발전으로 운영하지 않고 가스터빈 개발로 끝내버린다면 모르겠으나 향후 지속적 운영을 고려한다면 적정 이윤은 고사하더라도 손해는 보정해 주는 정책이 요구된다. 실증은 끝나더라도 문제점을 계속 찾아내어 보완하기 위해 최종 결과물을 계속 운영할 필요가 있기 때문이다. 그러기 위해서는 적정 가동률을 보장해 주는 전력시장 운영규칙의 수정 또는 보완도 필요하다고 본다. 이쯤 서술하고 보니 발전사 입장에서 너무 많은 인센티브를 요구하는 게 아닌지 하는 의문이 들 수도 있겠으나, 공기업은 이익을 고려하여 참여하는 것이 아님을 고려해 주길 바라며 만

약 민간발전사에게 실증을 요청한다면 어떤 반응을 보일지 한 번쯤 생각해 주기를 바라는 마음이다. 최근 3개년 간 계약된 가스터빈 기종을 살펴보면 총 26기의 가스터빈 중 MHI 기종이 18기를 차지하고 있다. 일본은 정부 주관 하에 1980년대 Moon-light 프로젝트를 통해 300억 엔을 지원하여 터빈 블레이드용 초내열합금을 개발하였고 1990년대에는 AGT(Advanced Gas Turbine) 사업을 지원하여 첨단 가스터빈을 개발함으로써 MHI를 글로벌 기업으로 성장시켰으며, 미국 또한 청정석탄발전기술 프로그램 일환으로 고효율 가스터빈 개발을 정책적으로 지원하였으며 1992년부터 ATS(Advanced Turbine System) 프로그램에 4억 불을 지원하였고, 현재 그 후속으로 NGTS(Next Generation Turbine System) 프로그램을 지원하고 있다.

이런 예를 살펴보다라도 가스터빈은 국가가 장기적인 비전과 철학을 가지고 R&D를 주도하는 것이 가스터빈 국산화의 가장 큰 성공요소이며 이를 뒷받침하기 위한 발전공기업의 역할도 일정부분 요구된다. 또한 가스터빈의 핵심인 시스템 설계와 재료개발을 포함한 총괄 역할을 수행할 전담기관 또는 연구센터의 설치를 하루 빨리 시행해야 할 것이다. 기술개발을 통한 원천기술 확보, 기술사업화 등 실질적인 수혜자는 대부분 민간 제작사에 돌아가지만 이를 통해 국내 산업이 활성화 되고 연구가 활발하게 진행된다면 이는 다시 국민에게 돌아가고 발전사에도 비용절감의 기회로 돌아오는 선순환을 이루게 될 것이다. 다만, 그때까지 가는 길이 좀 멀고 힘들 수 있겠지만 정부가 지원하고 공공기관이 협조하며 민간이 주도한다면 메이드 인 코리아의 가스터빈이 해외 어딘가에서 최초 점화를 할 날이 멀지 않았음을 확신한다.