

우리나라 발전플랜트 역사



박해조

한양대 공학대학원 석사, 플랜트학회 자문, 건설기술인협회 부회장, 한미글로벌 고문

1. 머리말

현대문명에 전기는 필수요소로서 전기 없는 일상생활은 상상할 수 없을 뿐만 아니라 특히 산업분야에서는 없어서는 안 될 동력원이다.

대한민국의 발전설비 용량은 2016년 현재 100GW(1억kW)를 돌파, 그야말로 전력산업 대국이 되었다. 1945년 광복 직후 고작 199MW가 전부였던 발전설비 용량이 2016년 현재 500배 이상 늘어난 100GW시대를 열었다는 것은 전력산업계는 물론 국가적인 쾌거이다. 해방과 건국, 그리고 한국전쟁으로 인한 전력 암흑기를 거쳐 1960년대부터 발전소 건설을 시작하여 1960년 367MW, 1970년 2.5GW, 1980년 9.3GW, 1990년 21GW로 지속적이며 급속하게 증가하여 2001년에 50GW를 넘어선 후 15년 만에 100GW의 설비용량 확대에 전력강국이 되었다.

한 나라의 기술력을 평가하려면 플랜트(발전소, 석유화학공장 등) 설계 및 건설 역량을 보라고 한다.

플랜트 건설은 기술 및 자본 집약적인 복합장치산업

Planning Articles



으로서 공과대학에 개설된 기계·화학·전기·전자·건축·토목·환경·산업·정보·통신공학 등을 공부한 거의 모든 학과목의 엔지니어가 필요하다.

그래서 플랜트건설을 오케스트라(Orchestra)에 비유하기도 한다. 완벽한 연주가 되기 위해서는 악기 연주자들이 지휘자의 표정과 몸놀림에 따라 순서나 때에 맞게 정확하고 조화롭게 음을 내어야만 한다. 플랜트건설 역시 단순 토목이나 건축공사와는 달리 모든 참여자들이 공정과 규격을 정하고 그에 따른 설계, 기자재 구매, 설치 및 시공, 검사, 시운전, 사업관리 등을 차질 없이 수행하여야 하기 때문이다.

발전플랜트 건설과 관련하여 해방 후 발전소 종류별 건설실적 및 현황, 플랜트 건설 주체, 기술력 확보 현황 및 역량 등을 조사·정리해봄으로써 플랜트건설 기술역량 확보 및 자립에 얼마나 많은 자랑스럽고 영광스러운 노력과 인내를 하여왔는지를 살펴보고 지속적인 성장을 위한 향후 과제를 제시하고자 한다.

1945년 해방 전 일제식민시대에는 일본의 기술과 자본으로 발전소를 건설하였으며, 사업관리에서부터 설

계, 기자재 공급, 시공, 시운전, 유지·보수까지 일체 조직과 인력으로 수행 및 관리되었다.

해방과 한국전쟁을 거치면서 가난과 낙후된 기술과 궁핍한 시기였던 1970년대 초반까지 대부분의 발전소 건설은 선진국의 원조 자금이나 상업차관 또는 노후 발전소를 이설해오는 현물 차관 등으로 외국 자본과 기술에 의존할 수밖에 없었다. 따라서 발전소 설계, 사업관리, 시공, 시운전 등은 외국 엔지니어링 회사나 보일러, 터빈·발전기 제작사, 그리고 금융조달 종합상사에 의존하고, 거의 모든 기자재는 자본 공여자의 선택으로 공급되었으며 국내회사는 일반 시공에만 참여하였다.

우리나라 발전플랜트 건설은 1960년대 경제개발 계획에 의한 본격적인 중화학공업 육성책에 따른 전력수요 증가로 발전소건설이 급격하게 요구되었으며, 그 후 경제성장과 그에 따른 생활수준 향상으로 인하여 1970년대부터 지금까지 지속적으로 건설이 추진되고 있다.

1970년대 초까지는 발전플랜트 건설은 경제성 논리에 따라 비교적 건설기간이 짧고 투자비가 적은 중유발전소가 많이 건설되었고, 1973년과 1979년 2차례의 석유파동을 거친 후 1980년대부터는 에너지 안보 정책에 의한 Energy Mix 정책에 따라 석탄, LNG, 원자력 등으로 전원을 다원화하였으며, 현재는 1997년 Kyoto Protocol과 2015년 Paris Climate Agreement에 의한 기후·환경·안전을 최우선으로 하여 석탄화력발전플랜트의 경우 임계압, 초초임계압 발전플랜트 설계기술을 개발하여 적용하고 있다.

전력에너지의 경제성·안보·환경·안전을 바탕으로 하는 발전플랜트 건설을 위한 중·장기 계획 수립과 이행 과정에서 자랑스럽고 중요한 사실은 1980년대 이후 국내 자본과 기술력으로 원자력, 석탄화력, LNG복합화력, 양수발전, 풍력·태양광 등의 신재생을 포함한 모든 형태의 발전소가 대규모로 건설되어 발전플랜트 건설역량, 즉 기획·설계·기자재 설계 및 제작·시공·시운전·건설사업관리 등 건설사업 Life Cycle 전 분야의

자립화는 물론 국제 경쟁력을 갖추었다는 것이다.

단기간 고품질의 대규모 발전소 건설을 위한 전략으로 1980년대부터 석탄화력발전소와 원자력발전소 설계 표준화를 수행하여 발전소 종합설계기술, 주기기인 보일러와 터빈·발전기·원자로·각종 BOP¹⁾ 등의 설계 및 제작기술 자립산화의 토대를 만들었다.

그 결과로 한국표준형 초임계압 주기운전용 500MW, 800MW, 1,000MW 석탄화력발전소와 원자력발전소 KSNP²⁾, OPR1000³⁾, APR1400⁴⁾ 등 독자모델을 개발하여 우리기술로 표준석탄화력발전소와 표준원자력발전소를 성공적으로 건설하였으며, 이들 발전소의 효율, 가동률, 운전 및 보수의 용이성, 안정성 등이 세계 최고 수준으로 운용되고 있다.

발전소 설계표준화는 종합설계기술의 자립은 물론 공기단축과 건설비 절감, 기자재의 국산화 촉진, 주요 부품의 호환성 제고, 예비품의 재고 감축, 발전소의 신뢰성과 이용률 향상 등을 촉진함으로써 1980년 이후 2010년까지 매 10년 마다 설비 용량을 2배 이상씩 증설할 수 있는 경이적인 기록이 가능하게 하였다.

주목할 사항은 설계표준화로 건설된 보령화력 3,4호기와 태안화력 1,2호기가 준공되면서 고효율 운전, 건설공기 단축과 비용 절감, 기자재 국산화 등의 목표를 달성하여 미국의 파워엔지니어링사로부터 세계최우수발전소 상과 세계최우수프로젝트 상을 수상하였으며, 표준원전 OPR1000 역시 '세계에서 건설 중인 1,000MW급 원전 중에서 가장 안전한 원전'이라고 국제원자력기구(IAEA)는 평가하였다.

한편, 1980년대와 1990년대에 대형 건설업체들은 국내뿐만 아니라 자본을 축적한 사우디아라비아 등 중동 국가들이 대규모 발전소 증설에 나서자 발전플랜트 건설의 핵심인 설계능력을 갖추기 위하여 엔지니어링 회사를 설립하고, 역동적인 발전플랜트건설 사업에 참여함으로써 1970년대까지 토·건 시공 등 단순노동력 제공 영역에 머물던 한계를 벗어나 역무와 책임범위를 확

- 1) Balance of Plant
- 2) Korean Standard Nuclear Power Plant
- 3) Optimized Power Reactor 1,000MW
- 4) Advanced Power Reactor 1,400MW

대하여 1990년대 후반부터는 설계, 사업관리 및 시운전 까지 수행할 수 있는 Turn-key 역량을 갖추게 되었다.

2009년 12월에는 UAE에 1,400MW(APR 1400) 원자력발전소 4기를 건설하고 향후 60년간 운영을 지원하는 400억 US\$ 규모의 초대형 바라카 원자력발전소 건설공사를 사업관리, 설계, 원자로·터빈·발전기 등 기자재 공급, 시공, 시운전 등 공사 일체를 EPC Turn-key로 우리업체들이 수행하고 있다.

위에서 살펴 본 바와 같이 발전플랜트 건설 사업은 일제 강점기와 한국전쟁의 암흑에서 깨어나 대한민국의 경제개발과 선진화라는 기회의 시대를 꺾치고 화력·원자력·수력·신재생 등 발전플랜트 건설과 관련한 기획, 설계, 구매, 시공, 시운전, 사업관리 등의 플랜트 Life Cycle 전체를 수행할 수 있는 국제적인 시장 경쟁력을 갖추어서 無에서 有를 창조한(전쟁의 암흑기에서 용기와 인내와 노력과 지혜와 사명감으로 발전플랜트 건설기술을 기술선진국의 반석 위에 올린) 자랑스럽고 영광스러운 역사를 기록하였다.

2. 전력산업의 역사

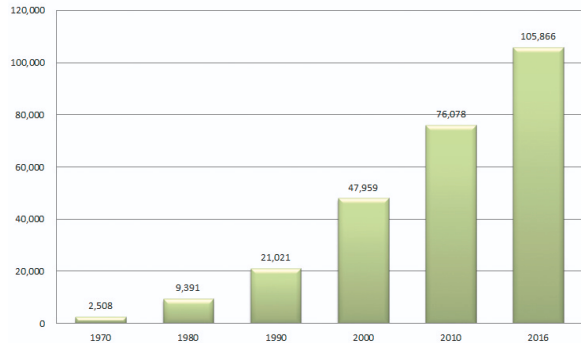
우리나라 전기의 역사는 1887년 경북공에서 7kW 하나도 발전기를 이용하여 최초의 전등을 켜 것으로부터 시작하여, 1900년 75kW 용량의 동대문발전소를 설치하면서 전기시대를 열었다.

1945년 해방 당시 한반도의 발전설비 용량은 1,719MW이었으며, 88%인 1,520MW가 38선 이북에 있었다. 남한에는 청평수력 37MW(18.8MW×2), 칠보수력 17MW, 운암 5MW(2.5MW×2), 보성강수력 3MW, 등 4개 수력발전소에서 62MW, 영월화력 100MW, 당인리화력 22MW, 부산화력 15MW 등 총 199MW로서 현재 기준으로 약 6만 가구가 쓸 수 있는 량에 불과하였다.

북한은 1948년 5월 송전선로를 차단하고 전력 공급을 중단함으로써 남한은 미국으로부터 발전함 4척을 긴급 지원받는 등 극심한 전력 빈곤 시기를 겪게 된다.

설상가상으로 1950년 6.25전쟁으로 남한의 전력시설

발전설비 용량(단위: MW)



대부분이 파괴되어 암흑 천지였다.

전쟁이 끝난 이듬해인 1954년부터 건설을 시작한 국산무연탄을 사용하는 서울화력발전소 3호기 25MW, 마산화력발전소 1,2호기 50MW, 삼척화력발전소 1호기 25MW가 1956년 순차적으로 준공되었다.

1962년부터 경제개발계획에 따른 중화학공업 육성에 필요한 전력공급을 위하여 발전플랜트를 건설하기 시작하여 1960년대에는 25MW급 소규모 석탄화력발전소, 1970년대는 대부분 중유화력발전소가 건설되었다.

발전설비용량 변화를 추이를 보면 1970년 2,508MW, 1980년에는 9,391MW로써 1970년 대비 4배, 1990년은 21,021MW로서 1980년의 2배, 47,959MW인 2000년은 1990년의 2.3배, 그리고 2010년은 10년 전보다 1.6배 증대된 76,078MW이었으며, 2016년 현재 발전설비용량은 105,866MW이다.

1970년 중반 이후 급속한 경제 성장에 따라 대규모 발전소 건설계획을 수립·이행하게 되는데 1980년대부터 대단위 유연탄발전소와 원자력발전소 건설이 주축을 이루었다.

단기간 고품질의 대규모 발전소 건설을 위한 전략으로 석탄화력발전소와 원자력발전소 설계표준화를 수행하여 발전소 종합설계기술, 주기기인 보일러와 터빈·발전기·원자로·각종 BOP 등의 설계 및 제작기술 자립산화의 토대를 만들었다.

1980년대에는 한국표준형 초임계압 주기운전용 500MW 석탄화력발전소와 원자력발전소 KSNP 독자 모델을 개발하여 우리기술로 표준석탄화력발전소와 표

준원자력발전소를 성공적으로 건설하는 기반을 확보하였으며, 이들 발전소의 효율, 가동률, 운전 및 보수의 용이성, 안정성 등이 세계 최고 수준으로 운용되고 있다.

1990년대와 2000년대에는 제1세대 표준화 설계기술을 개량한 제2세대 설계표준화를 수행하여 초임계압 800MW와 초초임계압 1,000MW 석탄화력발전소, 원자력발전소 OPR1000(1,000MW)과 APR1400(1,400MW) 표준모델을 개발하였다.

800MW 석탄화력은 6기, 제2세대 초초임계압 석탄화력발전소 1,000MW 8기와 OPR1000으로 건설된 1,000MW 원자력발전소 12기가 가동 중에 있으며, APR 1400 원자력발전소 8기가 건설 중에 있다.

또한, 대용량 원자력발전소와 석탄화력발전소가 발전설비의 주종을 이루면서 이들 발전소의 긴급정지 등의 사고에 대비하여 순시 발전이 가능하고 부하 추종성이 큰 양수발전소와 LNG 복합화력발전소 건설 역시 대규모로 진행되었다.

3. 발전원별 설비 용량 및 전력생산량

가. 발전소 종류

발전소는 사용 연료(에너지원)에 따라 화력발전, 원자력발전, 양수발전, 태양광·풍력·수력 등의 신재생에너지발전으로 나눈다. 화력발전은 석탄이나 석유, 천연

가스 등을 보일러에서 연소시켜 얻은 증기로 터빈을 회전시켜 전기를 생산하는 기력발전, 엔진에서 직접 연료를 연소시켜 얻은 동력으로 발전하는 내연발전, 천연가스(LNG) 등을 고온으로 연소시킨 가스로 터빈을 돌려 발전하고 이때 배출되는 폐가스 열을 이용하여 생산된 증기로 증기터빈을 돌려 발전하는 복합발전 등이 있다.

양수발전은 고지대에 상부, 하부 두 개의 저수조를 건설하여 전력계통 부하가 적은 야간에 여유 전력으로 물을 상부저수조로 퍼 올려서 전력이 부족한 시간대에 상부저수조에서 물을 흘러내려 순간적으로 발전을 하는 설비로서 대용량 원자력발전소 운전 중 사고로 발전 정지될 경우 또는 첨두부하(Peak Load) 대비용이다.

나. 발전원별 설비용량

2016년 말 현재 발전설비용량은 105,866MW이며, 발전원별 설비 구성비는 연료 다변화, 발전소 건설 및 운용 등을 고려하여 LNG복합화력 30.8%, 유연탄화력 29.2%, 원자력 21.8%, 그리고 원자력발전소 등 대용량 발전소의 긴급 발전정지 상황 및 Peak 부하를 담당할 양수발전소가 4.4%를 차지하고 있다. 발전원별 설비용량은 표 1과 같다.

1970년 대비 2016년 현재 기준 46년간 발전설비 용량은 40배가 증대된 100GW 이상 건설되어 석탄화력, LNG복합화력, 양수, 원자력, 신재생 등 거의 모든 발전소의 설계, 설비 제작 및 건설의 황금시대를 가져왔다.

[표 1] 발전설비 용량

(단위 : MW)

연도	무연탄	유연탄	유류	LNG	양수	수력	원자력	기타	계
1945	-	-	137	-	-	62	-	-	199
1960	100	-	124	-	-	143	-	-	367
1970	537	-	1,242	400	-	329	-	-	2,508
1980	425	-	5,484	1,538	400	957	587	-	9,391
1990	1,020	2,680	4,815	2,550	1,000	1,340	7,616	-	21,021
2000	1,291	14,240	4,815	9,818	2,300	775	14,716	10	47,959
2010	1,125	23,080	5,400	21,483	4,700	825	17,716	1,749	76,078
2016	1,125 (1.1%)	30,898 (29.2%)	4,141 (3.9%)	32,602 (30.8%)	4,700 (4.4%)	1,785 (1.7%)	23,116 (21.8%)	7,499 (7.1%)	105,866 (100%)

출처 : 한국전력거래소

[표 2] 발전원별 전력생산량

발전원	원자력	유연탄	무연탄	LNG	유류	수력	신재생	계
용량(MW)	23,116 (21.8%)	30,898 (29.2%)	1,125 (1.1%)	32,602 (30.8%)	4,141 (3.9%)	6,471 (6.6%)	5,649 (5.8%)	105,866 (100%)
생산량 (GWh)	162,175 (30.4%)	208,748 (39.1%)	7,761 (1.5%)	115,072 (21.6%)	14,138 (2.6%)	6,485 (1.2%)	19,181 (3.6%)	533,560 (100%)

출처 : 한국전력거래소(2016년 기준)

다. 발전원별 전력생산량

발전원별 전력생산량을 보면 발전단가가 가장 싼 원자력발전소가 30.4%, 유연탄발전소가 39.1%를 차지하고 있어, 원자력과 유연탄화력의 설비용량 점유율 51% 대비 전력생산량은 69.4%로써 전력 생산단가가 싼 유연탄화력과 원자력 발전소의 전력생산량이 절대적으로 높아 계통 기여도가 매우 큼을 알 수 있다.

4. 발전플랜트 건설

가. 화력발전

1) 건설 실적

가) 1960년 이전

우리나라 최초의 발전소 건설은 1954년 5월 미국 FOA의 원조 자금을 지원받은 서울화력 3호기, 마산화력 1,2호기, 삼척화력 1호기로부터 시작된다. 발전소 설계, 기자재 공급, 시공 등 공사 전체는 자금 공여국인 미국의 BECHTEL이 Turn key로 수행하여 56년에 준공하였으며, 보일러 및 터빈발전기 역시 미국의 CE사와 GE사가 공급하였다.

나) 1961년-1970년

○한국전력주식회사 설립

국가전력사업을 통괄할 한국전력주식회사가 설립(1961년 6월)되었으며, 당시 발전설비용량은 367MW이었으나 발전가능 출력은 322MW로서 수요 435MW에 비해 턱없이 모자라는 심각한 전력난을 겪고 있었다.

긴급 대책으로 발전함이 도입되고 왕십리내연, 목포내연, 제주내연 등 엔진발전소가 건설되었다.

○국산무연탄 발전소 건설

1962년부터 시작된 제1차 경제개발 5개년계획에 따라 부산화력1,2호기(66MW×2), 영월화력 1,2호기(50MW×2), 삼척화력 2호기(30MW×1) 등 국산무연탄발전소가 건설되었다.

○민자 중유발전소 건설

극심한 전력수급 사정을 개선하기 위하여 민자발전사업(IPP)을 허용하여 1967년 쌍룡그룹은 동해전력주식회사를 설립하여 울산에 220MW 3기, 럭키그룹은 호남전력을 설립하고 여천에 280MW 2기, 한국화약과 미국의 유니온오일사는 경인에너지주식회사를 설립하고 인천에 162MW 2기의 중유발전소를 건설하였다.

다) 1971년-1980년

○중유발전소 전성시대

제2차 전원개발 5개년계획 기간(1967년~1971년)에는 서울화력 5호기 등 1,911MW가 건설되어 1971년 말의 발전설비는 2,628MW로 확충되었다.

1960년대와 1970년대 초에는 석탄가격보다 석유가격이 낮을 뿐만 아니라 건설비용이 적고 건설기간 역시 짧은 등의 이유로 중유화력발전소가 집중적으로 건설되어 서울화력 5호기(250MW), 인천화력 1,2호기(250MW×2), 서울화력 4호기(137MW), 울산화력 1-3호기(200MW×3), 여수화력 1호기(200MW), 여수화력 2호기(300MW), 인천화력 3,4호기(325MW×2) 등이 차례로 건설되었다.

○연료의 다변화, 석탄화력·수력발전소 건설

1973년 국제 원유가의 폭등(제1차 Oil Shock)으로 종전의 주유중탄(主油從炭)정책을 수정하여 수력, 원자력을 포함하는 발전연료의 다원화를 시도하여 팔당수력, 소양강수력, 안동수력, 대청수력 등이 건설되었고, 1973년 영동화력 1호기(125MW), 1979년 영동화력 2호기(200MW), 1983년 서천화력 1,2호기(200MW×2) 등 국산무연탄발전소가 건설되었다.

○엔지니어링 회사 설립, 설계기술 자립화

1973년 엔지니어링기술진흥법이 제정되어 코리아엔지니어링(현 삼성엔지니어링)을 비롯하여 현대, 대우, 삼성, 대림 등 대기업들이 엔지니어링회사를 설립하거나 기존의 회사를 인수하여 발전소 설계기술의 자립화의 기틀을 시도하였다. 한국전력기술은 1975년 원자력발전소 설계를 위하여 미국의 BURNS & ROE와 합작하여 설립된 Korea Atomic BURNS & ROE사의 후신으로 1982년 한국전력기술로 사명을 바꾸었다.

라) 1981년-1990년

고리원자력 2~6호기와, 삼천포화력 1,2호기, 보령화력 1,2호기, 서천화력 1,2호기 등의 원자력발전소와 석탄화력발전소 준공으로 11,600MW의 설비용량이 증가하였다. 특히, 발전원의 다원화와 탈유정책으로 호남화력은 연료를 중유에서 석탄으로 개조하여 적력수급의 안정을 도모하였다.

○열병합발전소 건설

경제성장에 따라 산업단지가 개발되고 공장이 증설되면서 전기와 열이 동시에 필요하게 되어 전기를 생산하고 배출되는 폐증기를 열로 활용할 수 있는 열병합발전소가 산업단지 중심으로 건설되었다.

산업단지에 건설된 열병합발전소는 구미공단(85MW), 반월공단(57MW), 울산석유화학단지(40MW), 진주상평공단(40MW), 대구염색공단(40MW), 대전 3,4공단(88MW), 부산염색공단(19MW), 오산열병합(24MW), 수원열병합(40MW) 등이다.

○쓰레기 소각 발전소

생활환경이 개선되면서 발생하는 각종 쓰레기를 소각 처리할 때 소각로에서 발생하는 증기를 이용하여 발전하고, 배출되는 폐증기를 지역난방에 활용하는 열병합발전소로서 1988년 완공된 서울에너지공사의 목동(21MW), 노원(37MW), 신정열병합발전소(6MW)이다.

○석탄화력발전소 표준화설계 독자 모델 개발

폭발적으로 증대되는 전력수요에 대비하여 대규모 석탄화력발전소 건설을 계획하고 500MW 초임계압 주기 운전용 석탄화력발전소 표준화설계 모델을 개발하였다.

이러한 표준화설계 및 표준석탄화력발전소를 연달아 건설함으로써 종합설계기술의 자립은 물론 건설 공기단축과 건설비 절감, 기자재의 국산화 촉진, 주요 부품의 호환성 제고, 예비품의 재고 감축, 발전소의 고효율 운전, 신뢰성과 이용률 향상 등을 이룩할 수 있었다.

마) 1991년-2000년

○집단에너지 복합화력발전소 건설

1990년대 분당, 일산, 평촌, 부천 등 대규모 신도시가 개발되면서 전기와 열을 동시에 생산하는 집단에너지 복합화력 발전소를 건설하였다. 분당복합 1,2 단계 960MW, 일산복합 1,2단계 700MW, 안양복합 480MW, 부천복합 450MW 등이 이러한 목적으로 건설되었다.

○첨두부하용 발전소 건설

발전소는 기동/정지의 신속성, 발전비용의 경제성에 따라, 기저부하용, 중간부하용, 첨두부하용으로 나뉜다. 즉 상대적으로 발전비용이 낮고 기동에 시간이 많이 걸리는 원자력발전이나 석탄화력발전은 기저부하용으로, 유류발전소는 중간부하용으로 하고 기동/정지가 간편하고 부하추종력이 우수하나 연료(가스)비가 비싼 가스터빈이나, 복합화력발전, 양수발전 등은 수시로 변동하는 부하에 적응하는 첨두부하용으로 운전된다.

서인천복합 1,2단계(900MW×2)와 3,4단계(900MW×2), 평택복합(500MW), 울산복합(300MW), 보령복합(1,800MW), 부산복합(1,800MW) 등이 첨두부하용으로 건설되었다.

바) 2001년 이후

○전력산업구조 개편, 민자발전(IPP) 추진

2001년 한국전력에서 6개 발전 자회사(남동, 남부, 동서, 서부, 중부, 한국수력원자력)를 분사하여 민영화에 대비하였다.

IPP사업으로는 GS EPS의 부곡복합화력 500MW, 홍콩 MPC가 순천에 건설한 울춘복합화력 520MW이다. 대형 IPP사업자는 포스코에너지, GS, SK, 삼천리, 대림 등이 있다.

○집단에너지용 열병합발전소

한국지역난방공사가 화성(510MW), 인천송도(187MW), 판교(140MW), 파주(515MW), 광교(140MW) 등에 집단에너지용 열병합발전소를 건설하였다. 주택공사는 아산배방(100MW)와 대전서남부(48MW), 금호그룹은 여수(119MW), 한화그룹은 군장지구(180MW), 코오롱그룹이 김천(59MW), 한진그룹 별내(115MW)와 양주(520MW), SK그룹 하남(360MW), OCI그룹 군장지구(85MW)와 새만금(300MW)에 각각 집단에너지용 열병합발전소를 건설하였다.

2) 건설기술

가) 단순시공 하청 참여

1960년대 초까지 모든 발전소 건설은 미국의 원조자금에 의한 BECHTEL 등이 주계약자이고 한국의 건설회사는 하청으로 단순 시공부분만 참여할 수 있었다. 한국 건설회사가 발전소 건설공사에 처음 참여한 것은 1960년대 초 영월화력 3,4호기(철거, 50MW×2, 무연탄) 건설에서 독일의 SIEMENS와 MAN의 기술지도 아래 현대건설이 터빈발전기를 설치하고, 대림산업은 전기공사를 하였다.

군산화력발전소(철거, 75MW×1, 무연탄)는 1960년대 초 미국의 MWK와 현대건설이 조인트벤처(Joint Venture)를 구성하여 현대건설이 토목, 건축과 기전 공사 시공에 참여하였다.

부산화력 1,2호기(철거, 60MW×2, 무연탄) 공사에서도 BECHTEL의 하청으로 대림산업은 안벽축조, 부두설

치, 해면 준설공사 등 토목공사에 참여하였고, 3,4호기 공사에서는 독일의 SIEMENS의 하청으로 토목, 건축공사 전체를 수행하여 발전소 건설 기술을 축적하였다.

울산가스터빈발전소 공사는 일본 TOSHIBA의 하청으로 현대건설이 참여하여 기자재 조달, 시공, 시운전 등을 부분적으로 수행하여 Turn-key 공사를 위한 경험을 축적했다.

울산화력발전소(철거, 220MW×3, 중유) 건설공사는 독일의 SIEMENS, BABCOCK 기술 지도하에 대림산업이 하청으로 수행하였다.

이상에서 본 바와 같이 1970년대 중반까지 준공된 대부분의 발전소는 건설재원을 마련하지 못하여 외국 설비공급자의 차관으로 건설되었기 때문에 사업관리와 설계는 물론 기자재 공급 등 공사를 차관 공여주 주관하에 우리 건설업체는 단순시공에만 참여하였다.

나) 설계 및 시공기술 도약

1977년부터 시작한 평택화력 1,2호기(350MW×2) 건설은 BROWN & ROOT의 기본설계와 기술지원을 하고 현대엔지니어링이 상세설계를 하는 구조로 현대건설이 설계(Engineering), 구매(Procurement), 시공(Construction)을 일괄 수행하는 EPC Turn-key 공사를 시작하였고, 유사한 3,4호기를 단독으로 수행하여 기술력을 높일 수 있었다.

서천화력 1,2호기(200MW×2, 무연탄) 공사는 1978년 말 착수하여 1983년 준공되었으며, 동아건설이 터키로 계약하여 설계는 동아건설과 미국의 KAISER가 합작사인 동아카이저에서, 시공은 동아건설이 수행하였다.

울산화력 4-6호기(400MW×3, 중유)는 대우건설이 Turn-key로 계약하였으나 스위스의 BBC가 설계와 기자재 공급, 사업관리를 주관하고 대우건설은 시공만 수행하였다.

삼천포화력 1,2호기(500MW×2, 유연탄) 건설은 현대양행이 일괄도급방식으로 수주하여 미국의 EBASCO가 설계를 주도하고 현대엔지니어링이 상세설계를, 한라건설과 현대건설이 시공과 시운전을 수행하였다.

보령화력 1,2호기(500MW×2, 유연탄)는 분할발주방식으로 설계는 BECHTEL과 대한제당이 공동 설립한

압대용역이 수행하고, 시공은 토건 및 기전공사 전체를 대림산업이 수행하였다.

다) 한국표준형 석탄화력발전소 설계기술

1984년 9월부터 추진된 설계표준화사업은 최신 기술인 고효율의 초임계압으로 하고 계통구성과 기기형식에 서 우수한 기술성과 경제성을 갖추는 것은 물론 중간부하용 일일기동정지방식을 채택했다.

표준형발전소의 용량은 500MW, 증기조건은 초임계압(538℃, 246kg/cm²)을 채택하여 효율을 41%까지 상승시키는 효과를 얻을 수 있었다.

제1세대 초임계압 표준석탄화력발전소는 보령 3~4호기, 태안 1~6호기, 당진 1~6호기, 하동 1~6호기, 삼천포 5,6호기 총 22기, 11,000MW가 건설되어 설계기술 자립, 건설공기 단축과 건설비 절감, 기자재의 국산화, 주요 부품의 호환성 제고, 예비품의 재고 감축, 발전소의 신뢰성과 이용률 향상 등을 이룩할 수 있다.

제2세대 초초임계압 표준석탄화력발전소는 증기온도를 566℃로 높여 열효율을 2.5% 향상시키는 개량형 기술을 적용하여 보령 5~8호기, 태안 7,8호기, 당진 7,8호기, 하동 7,8호기(이상 각 550MW급), 영흥 1~6호기(각 870MW급)에 적용한 총 16기 10,500MW를 순차적으로 건설하였다.

라) 초초임계압 표준석탄화력발전소 설계기술

온실가스 배출 감축을 위한 교토 프로토콜(Kyoto Protocol) 이행과 연료가격 상승, 대지 확보 등의 문제로 석탄화력발전소의 고효율화, 대용량화가 요구되어 단위용량을 1,000MW로 증대시키고 증기조건을 개선(온도 600℃도 이상, 압력 250kg/cm² 이상)한 초초임계압 설계로 발전 효율 45%이상인 고효율 친환경 설계표준화를 수행하였다. 현재 건설 중인 당진화력 9,10호기, 신보령화력 1,2호기, 태안화력 9,10호기, 삼척화력 1,2호기 등 8기 8,000MW가 초초임계압 표준석탄화력 발전소이다.

마) 복합화력발전소 건설

○첨두두하용 LNG복합화력발전소

1990년대 첨두부하 및 부하추종력이 우수한 복합화

력발전소가 대규모로 건설되었다. 이 기간에 건설된 LNG복합화력 발전소는 서인천 1-4호기 등 7,700MW이며, 한전이 사업관리와 기자재 공급을 하고, 설계와 시공은 분할 발주(Piece Meal)되었다.

○집단에너지용 LNG복합화력 발전소

평촌, 분당, 일산, 부천 등 신도시가 개발되면서 전기와 열을 동시 생산하는 집단에너지용 복합화력발전소를 건설하였다.

신도시 집단에너지 복합화력발전소는 Turn-key계약으로 설계, 구매, 시공, 시운전까지 일괄 수행하였으며 이때의 경험이 EPC Turn-key 수행역량을 높이는 데 크게 기여하였다.

나. 원자력발전소 건설

1) 건설 실적 및 현황

가) 1971년-1980년

우리나라 최초의 원자력발전소인 고리1호기(587MW, 폐지)는 1970년 착공되어 1978년 4월에 준공되었고, 2호기는(650MW) 1983년 7월에 준공되었다.

현대건설과 동아건설이 일부 하청으로 참여했을 뿐 모두 외국회사 주도로 건설되었다. 월성원자력발전소 1,2호기(677MW)는 1977년 5월 착공하여 1983년 4월 준공되었으며, 캐나다의 AECL과 한국전력기술이 설계를, 시공은 현대건설이 수행하였다.

나) 1981년-1990년

1980년대에는 1970년대에 착공된 고리 2호기, 월성 1호기와 함께 고리 3,4호기, 영광(현 한빛) 1,2호기, 울진(현 한울) 1,2호기, 총 8기의 원자력발전소가 건설되었다.

1986년 3월 '원전건설 기술자립계획'을 수립하고 1995년까지 원전설계기술 자립을 달성한다는 목표아래 한국표준원전(KSNP, Korean Standard Nuclear Power Plant) 설계기술 개발을 착수하였다.

고리 1,2호기와 월성 1호기에서 원자력발전소 건설에 대한 선진국들의 사업관리, 설계, 시공 기술을 어느 정도 경험한 고리 3,4호기는 외국 설계사로부터 구매지

원, 시공감리 등의 기술지원을 받고 기자재구매는 발주자가 직접, 시공은 국내업체에 직접 발주하는 분할발주 방식을 채택키로 한 것이다.

다) 1991년~2000년

우리나라 실정에 맞는 노형의 원자로 계통설계기술을 도입하는 등으로 표준원자력발전소를 개발하여 동일한 사양의 발전소를 반복하여 건설함으로써 설계기술, 공기단축과 건설비 절감, 기자재의 국산화 촉진, 주요 부품의 호환성 제고, 예비품의 재고 감축, 발전소의 신뢰성과 이용률 향상 등을 이룩할 수 있다.

KSNP는 '최적 경수로'라는 의미를 담은 OPR1000으로 명칭을 변경하고, 한울 5,6, 한빛 5,6 등 총 6기의 반복 설계를 통해 선행 호기의 제반 문제점을 지속적으로 개선하여 반영함으로써 최적의 경제성과 안전성을 갖추게 되었다. 1,000MW급 가압경수로인 OPR1000은 총 12기가 한국전력기술의 독자적인 역량으로 설계되었으며, 가동률과 안전성 측면에서 세계 최고 수준의 실적을 자랑하고 있다. 이후 OPR1000은 기술성과 경제성을 향상시키고, 국제경쟁력을 확보한 개량형 OPR1000 (Improved OPR1000)을 개발하고 신고리 1,2호기, 신월성 1,2호기 등에 적용하였고, 북한 경수로사업(KEDO 원전 사업)에도 적용하였다.

이에 따라 국제원자력기구(IAEA)의 원전 전문가들은 OPR1000을 두고 '세계에서 건설중인 1,000MW급 원전 중에서 가장 안전한 원전'이라는 평가를 내렸다.

1990년대는 한국표준원전 시대가 열리게 되는데 영광 3,4와 울진 3,4호기는 KSNP로, 그리고 영광 5,6 및 울진 5,6호기는 OPR1000으로 건설하기 시작하였다.

이 기간에는 중수로 CANDU형인 월성1~4호기가 건설되는 등으로 1980년부터 20년 동안 원자력발전소 18기가 건설되어 1990년대는 원자력발전소 건설의 황금기라고 할 수 있을 것이다.

라) 2001년 이후

1980년대에는 1970년대에 착공된 고리 2호기, 월성 1호기와 함께 고리 3,4호기, 영광(현 한빛) 1,2호기, 울진(현 한울) 1,2호기, 총 8기의 원자력발전소가 건설되었다. 원자력 발전소 건설은 2000년대 중반에 다시 시작

되어 한국표준원전(개량형 OPR 1000)으로 신고리 1,2호기, 신월성 1,2호기를 2011년~2015년에 준공하였다.

APR1400은 OPR1000을 개량한 1,400MW급 차세대형 원전으로서 국내에서 8기를 건설 또는 설계 중에 있으며, 원전기술의 첫 해외진출 프로젝트인 UAE의 Baraca 원전 4기가 건설 중이다.

2) 건설 기술

가) 단순시공 하청 참여

○고리 1,2호기

우리나라 최초의 경수로형 원자력발전소로서 현대건설과 동아건설이 단순 시공 하청사로 참여하였고, 설계 및 사업관리는 BECHTEL이 수행하고 한국전력기술은 설계기술 연수 및 설계지원을 하였다.

○월성 1호기

중수로형 원자력발전소로서 캐나다원자력공사(AECL)가 주계약자로서 원자로 부분의 제작공급과 발전소 건설의 책임을 맡았고 영국의 PARSONS와 GE가 터빈발전기와 옥외 변전설비를 각각 공급하였다. 국내 시공업체로는 현대건설과 동아건설이 AECL의 하청으로 참여하였다.

나) 원전설계표준화 및 공사 참여 확대

○고리 3,4호기

고리 3,4호기 계약을 Non-Turnkey 방식으로 결정하고 미국의 BECHTEL과 설계, 구매지원, 시공감리 등의 기술용역계약을 체결하였다. 전체 사업관리와 주기를 포함한 모든 기자재 구매는 BECHTEL의 도움을 받아 한전이 수행하고, 종합설계는 BECHTEL이 수행하면서 한전기술 기술진 50명을 기술전수(OJT) 하여 향후 기술자립화의 기틀을 마련하였으며, 시공은 현대건설이 담당하였다.

한국표준형원전(KSNP → OPR1000)은 1980년대 말부터 시작하여 2013년 1월 신월성 2호기가 준공될 때까지 20여년간 총 12기, 12,000MW로서 영광 3~6호기, 울진3~6호기, 신고리 1,2호기, 신월성 1,2호기가 건설되었다. 이를 통하여 한국전력기술은 원자로 계통설계를 포함한 원자력발전소 설계 완전 자립화를 이룩하였

고 두산중공업은 표준원전 건설에 참여하여 터빈발전기를 비롯한 주기기 설계 및 생산능력을 갖추게 되었으며, 국내의 시공 가능업체도 7-8개사로 확대되었다.

○신형원자로 APR1400 개발과 건설

지진, 홍수, 화재 등 중대사고에 대한 대처능력 제고를 위하여 안전성이 강화된 차세대 가압경수로 1,400MW 신형원자로 APR1400은 2006년 건설이 시작된 신고리 3호기가 2016년 12월 상업운전을 시작했고 신고리 4호기, 신울진 1,2호기, 신울진 3,4호기, 신고리 5,6호기가 현재 건설 중이다.

다. 양수발전소 건설

대용량 원자력 및 화력발전소가 운전 중 긴급 발전정지 사고나 침두부하에 대비하여 순간 발전이 가능한 양수발전소가 필요하다.

발전소 특성상 대규모 토목공사가 수반되는 양수발전소는 1980년에 준공된 청평(400MW), 85년 삼랑진(600MW), 95년 무주(600MW), 2000년 이후 산청(700MW), 양양(1,000MW), 청송(600MW), 예천(800MW) 총 7개 발전소 4,700MW가 있다. 양수발전소는 설계, 시공 등 국내 업체가 독자 수행하였다.

라. 신재생에너지 발전소 건설

화석연료 사용에 따른 기후환경 문제가 대두되면서 2005년 2월에는 교토의정서가, 그리고 2015년 12월에는 파리기후변화협약이 발효되었다. 우리나라는 2014년 기준 2030년까지 온실가스 배출을 전망치 대비 37% 감축한다는 목표를 발표하였고 이의 영향으로 태양광, 풍력, 조력 등 신재생에너지 발전플랜트가 각광을 받기 시작하였다.

1) 태양광발전소

2015년 말 현재 운영중인 태양광발전소는 태양광발전사업자협회의 정회원으로써 1MW 이상인 400여 발전소, 총 946MW이며 비회원 태양광까지 포함하면 3,615MW이다.

2) 풍력발전소

상업용 풍력발전단지는 2015년 말 현재 83개소 551기 1,031MW이다. 지역별로 바람자원이 풍부한 제주도가 22개소 272MW로 가장 많고, 강원도 16개소 251MW, 경상북도 10개소 198MW로 이들 3개도가 전체의 70%를 차지하고 있다. 향후 풍력발전은 2-3MW급의 육상용 발전기와 5MW이상의 해상용 발전기가 주류를 이룰 것이다.

3) 수력발전소

수력발전소는 1945년 이전에 설치된 청평(140MW), 화천(108MW), 섬진강(35MW)을 비롯하여 60년대 춘천(62MW), 의암(48MW), 70년대 팔당(120MW), 소양강(200MW), 안동(90MW), 80년대에 건설된 대청(90MW), 충주(400MW), 합천(100MW), 강릉(82MW) 등 15개 발전소 1,582MW이다. 소수력발전소는 1990년대부터 건설되어 현재 128곳 189MW이다. 조력발전소는 시화방조제에 254MW 발전기 설치를 2011년 8월 완공하였다.

마. 해외 발전소 건설

1) 1970년~2000년(진출기)

우리나라 건설업체의 해외 진출은 1970년대 오일달러에 힘입은 중동지역의 대규모 발전 및 담수, 석유화학 플랜트 건설사업의 하청 시공자로 공사에 참여하면서 시작되었다.

1970년대에 발전플랜트 건설과 관련하여 해외에 진출한 기업은 대림산업, 현대건설과 삼성물산 등 3개 업체이며, 이들은 대부분의 사업을 중동지역인 사우디아라비아, 이란, 쿠웨이트 등에서 단순 시공에 참여하였다. 1980년대에 와서는 해외 플랜트 건설사업에 참여하는 기업의 수도 대폭 증가하였고 사업 참여 범위도 확대되어 계약금액이 1970년대 대비 약 5배로 늘어났다. 1990년대에 들어서는 1970년대와 1980년대의 경험과 실적을 바탕으로 단순 시공 역무에서 EPC 형태로 발전되었으며, 발전플랜트 건설사업 뿐만 아니라 발전플랜트 수명연장, 성능복구, 기자재 공급분야에까지 확대되었다. 진출기업의 수도 약 15개사로 늘어남과 동시에 계

약금액도 50억 달러를 초과해 1980년대의 16억 달러 대비 3배 이상 규모가 증대되었다.

1980년대에는 1970년대의 대규모 원자력발전플랜트 건설과 중화학플랜트 건설을 통한 기능 인력의 기술수준 향상과 설계인력의 저변 확대로 EPC 수행능력이 향상되었으며, 기술력과 사업관리 능력을 인증 받아 대형 프로젝트의 수주가 가능하게 되었다. 1990년대부터는 한국의 국제적 위상이 높아지고 플랜트 설계기술력 및 사업관리 능력이 선진국 수준으로 향상됨으로써 대형 EPC 프로젝트의 수주와 성공적인 사업 수행을 하고 있다.

2) 2000년 이후(황금기)

2000년대는 제2의 중동건설 활성기로서 담수플랜트를 포함한 대규모 복합화력과 중유화력플랜트건설이 발주되면서 발전플랜트 건설 황금기를 맞게 되어 우리나라 대형 건설업체들이 대거 참여하였고, EPC Turn-key로 계약하였다. 수주 및 수행과정에 과당경쟁과 시장 환경 변화에 대한 정보 부족, 그리고 설계 Engineering 역량(기술 및 경험 인력) 사업관리 역량 미흡 등으로 수익성 저하와 각종 Risk 해소 방안이 요구되고 있다.

5. 발전플랜트 건설산업의 과제

환경과 안전은 아무리 강조하여도 늘 모자라는 것은 사실이지만, 이를 회피하기 위하여 원시 사회로 회귀할 수는 없지 않은가? 화력발전소의 환경과 안전의 문제는 환경 규제(Environment Standards), 발전소 설계 및 운용으로 준수가 가능하다. 정부가 추진하고 있는 환경·안전우선 에너지 정책으로 기존의 석탄화력발전플랜트 건설 계획이 중단 되거나 연료 전환 위기에 처해있어, 현재 운용되고 있는 발전소의 대기 환경오염물질 배출 농도와 대안을 살펴본다.

가. 미세 먼지(Dust)

석탄화력발전소의 미세먼지는 갑자기 나타난 문제가 아니다. 석탄을 연료로 사용하는 한 석탄 속에 포함된

흙(Ash)이 연소 후 먼지로 되어 대기로 방출된다.

이를 방지하기 위하여 집진기를 설치한다. 화석연료 사용시 이산화탄소(CO₂)는 지구 온난화와 관련된 것이나 먼지는 배출기준과 집진장치의 선택 및 운용의 문제로서 먼지를 배출하는 모든 화력발전소는 전기집진기를 설치·운용하고 있으며, 정부가 요구하는 수준보다 더 강화하여 운용하고 있다.

나. 황산화물(SO_x)

황산화물은 연료 중의 유황성분(S)이 연소 중에 공기와 결합하여 SO₂, SO₃등 유해물질인 SO_x를 배출하게 된다. SO_x 발생을 줄이기 위해서는 저유황탄을 사용하는 것이 최우선으로 고려되고 있으나, 연료의 가격 등 공급 문제가 상존하고 있다.

SO_x를 제거하는 여러 가지 제거기술이 개발되어 발전소 상황에 맞는 기술들이 응용된 탈황설비가 설치·운용되고 있다.

다. 질소산화물(NO_x)

질소산화물은 연소 중에 발생하는 Thermal NO_x와 Fuel NO_x가 있다. Thermal NO_x는 질소산화물의 약 80%정도를 차지하며, 연료중의 질소성분(N)과 관계없이 1000℃ 이상의 고온의 연소 영역에서 공기 중에 함유된 질소(약 79%)와 산소(약 21%)가 자체 결합하여 발생한다. Fuel NO_x는 연료 중에 함유된 질소가 산소와 결합하여 발생한다.

NO_x 역시 발생을 억제하거나 발생된 NO_x를 제거하는 기술이 개발되어 설치·운용되고 있어 규제 요구 값 이내로 운용이 가능하다.

라. 현재 운전 중인 발전소의 규제 농도, 설계기준, 실제 배출 농도

표에서 보는 바와 같이 현재 운용중인 발전소의 환경오염물질인 SO_x, NO_x, Dust 등의 배출치가 정부의 규제 값보다 훨씬 더 강화된 수준으로 운용되고 있으며, 이러한 운용 결과는 선진국의 수준과 유사하거나 더 강

Plant/Pollutants		Standards	Design	Operation	Future ('21~'30)
Existing Plant	SOx	100	30	20~25	15~20
	NOx	140	60	55~85	20~30
	Dust	25	7	2~5	2~5
New Plant	SOx	80	15	-	-
	NOx	70	10	-	-
	Dust	20	3~5	-	-

화된 수치이다.

따라서 먼지·SOx·NOx 등의 환경 오염물질 배출은 기술적으로 통제가 가능하기 때문에 오염물질 배출 때문에 발전소를 조기에 폐지한다거나 신설을 중단하는 정책은 재고하여야 할 것이며, 더군다나 이제 막 설계수명에 도래하는 발전소를 폐지하는 것은 고부가 자산운용의 원칙에도 어긋나는 것이다. 발전플랜트의 엄격한 환경 및 안전 규제를 이행하고 있는 북미, 독일·프랑스·영국을 비롯한 EU 국가에서도 단순하게 설계 수명이 도래되었다고 발전소를 폐지하지 않고 발전소 수명 연장 및 성능개선(Rehabilitation-Life extension·Performance upgrade)으로 발전소를 재생하여 운용하는 것은 극히 정상적인 방법이며, 우리에게 좋은 사례를 보여주고 있다.

우리나라의 지정학적 위치와 북한이라는 변수로 섬나라와 마찬가지로 국가 전력망(National Power Grid)이 남한에만 국한된 고립된 상태이며, 인구 증가 및 산업 성장이 정체되어 전력수요 역시 둔화되어 전력공급의 포화상태가 예견되고 있다.

설상가상으로 문재인 정부의 국가 에너지 정책 방향이 “에너지 경제성”과 “에너지 안보”를 고려하지 않은 “환경과 안전”만을 최우선하는 “탈원자력발전과 탈석탄 화력발전”, “태양광과 풍력 등 신재생발전”으로 추진되고 있어 발전플랜트 산업은 단순한 침체가 아닌 위기의 상황으로 치닫고 있다.

앞에서 언급한 바와 같이 원자력발전플랜트나 화력발전플랜트는 대단위 The State of the Art 설계·제작·설치·관리 기술 인력과 자본이 결합한 기술·자본 집중산업이다. 그러나 신재생발전 산업은 종합 플랜트 산업이라기보다는 단순 제조와 설치산업이다.

지난 40여년간 발전플랜트 업계가 건설에 필요한 모든 분야에서 “무에서 유”를 창조하는 정신과 노력과 투자로 원자력 및 화력발전플랜트 종합설계·주기기 및 보조기기의 설계 및 제작·시공·건설사업 관리 및 시운전·금융 등 플랜트건설에 요구되는 모든 고부가 가치 기술과 시술을 자립하고 국제 시장 경쟁력을 갖추어 가고 있음을 확신하고 자부하고 있다.

국내외에서 다양한 발전플랜트 건설프로젝트를 통해 쌓은 The State of the Art 응용력·경험(Lessons Learned)·기술·인력·조직·명성을 유지하고 개량하여 더더욱 강한 경쟁력으로 국내 및 세계시장에 진출하여 부가가치 창출과 자존감을 갖기 위해서는 정부의 정책방향 제고가 요구된다.

첫째, 필요하다면 기존화력발전소의 환경 규제치(Environmental Standards)를 강화하여 운용하게 함으로서 SOx·NOx·Dust 등 환경설비를 보강·개선하는 발전소의 Performance Upgrade 프로젝트 기술을 개발하고 경험과 실적을 쌓게 한다.

둘째, 발전사업자가 환경설비뿐만 아니라 보일러 및 연소계통 설비를 보강·개선은 물론 발전소 설비 전체를 진단하여 성능개선과 수명을 연장하는 발전소 재생(Plant Rehabilitation)을 허용하게 함으로서 발전소의 Performance Upgrade와 플랜트를 재생(Plant Rehabilitation)하는 프로젝트 기술을 개발하고 경험과 실적을 쌓게 한다.

셋째, 국가 에너지 정책의 기본은 경제성, 안정성, 환경과 안전으로 Portfolio가 적절하게 구성되어야 한다.

대기 환경문제로 석탄화력발전소 건설을 중단하고 LNG복합화력과 전력 공급의 안정성이 결여된 신재생 에너지만으로 하는 것보다는 환경 기준을 강화하는 조건으로 석탄화력발전소를 건설하여 지난 40년간 배우고 익히고 개발한 기술을 더 잘 개선하고 유지하게 함으로서 국제경쟁력을 확보하게 한다.

이러한 전략은 1970~1980년대 이후 개발도상국에서 건설하여 운용중인 장기 사용발전소의 성능복구·수명 연장 등 발전플랜트 재생사업에 강력한 경쟁력을 가진 선두주자로서의 위치를 확고히 가져 신설발전플랜트뿐만 아니라 노후발전플랜트의 재생(Rehabilitation) 산업에서도 더 많은 기회와 부가가치를 창출 할 것이다.

아울러 발전플랜트 건설 국제 경쟁력은 국가의 정책 만으로는 이룰 수 없기 때문에 플랜트업계는 지금까지 반복적으로 겪고 있는 무리한 가격경쟁, 발주처의 자국 산업 보호와 규제 강화 등 건설환경 변화에 대한 대응 미흡, 플랜트 종합설계 기술 취약 등에 대한 역량을 대폭 강화하는 전략과 이행이 시행되어야 더 큰 효과를 이룰 수 있을 것이다.

참고문헌

- 1) 한국전력공사, 『KEPCO 50년사』, 2011
- 2) 한국전력공사, 『한국전력40년사』, 2001
- 3) 한국전력기술, 『한국전력기술 40년사』, 2015
- 4) 두산중공업, 『두산중공업 50년사』, 2012
- 5) 박해조, 「발전플랜트 EPC산업의 해외진출 전략」
<http://www.icak.or.kr>

[표 3] 석탄발전플랜트 건설실적(1/4)

발전플랜트명 (MW×기)	건설비 (억원)	공사기간	시공사		설계사	주기기 공급사
			토건	기전		
서울화력#3 (25×1)	1.8	'54.8~'56.3	Bechtel		Bechtel	CE/GE
서울화력#4 (137.5×1))	102	'67.5~'71.4	Dillingham		GAI	FW/GE
서울화력#5 (250×1)	92.5	'67.8~'69.4	MHI		MHI	MHI
마산화력#1,2 (25×2)	3	'54.10~'56.4	Bechtel		Bechtel	CE/GE
삼척화력#1 (25×1)	1.7	'55.2~'56.5	Bechtel		Bechtel	CE/GE
삼척화력#2 (30×1)	10.6	'62.5~'63.10	Hitachi		Hitachi	BHK/Hitachi
부산화력#1,2 (60×2)	39	'61.3~'64.8	I.G.E		-	B&W/GE
부산화력#3,4 (105×2)	81.2	'67.7~'69.4	Siemens		Siemens	DURR/Siemens
영월화력#1,2 (50×2)	46	'62.5~'65.9	Siemens, MAN		Siemens	MAN
경인화력#1,2 (162×2)	226	'69.2~'72.4	Fluor		Fluor	BHK/Hitachi
영동화력#1 (125×1)	104	'69.10~'73.5	Itochu		-	BHK/Hitachi
영동화력#2 (200×1)	-	~'79.10	Itochu		-	BHK/Hitachi
영남화력#1 (200×1)	102	'69.5~'73.2	Kuljian		Kuljian	CE/MAN
영남화력#2 (200×1)	79	'67.4~'70.12	A.E.G		-	MAN/A.E.G

[표 3] 석탄발전플랜트 건설실적(2/4)

발전플랜트명 (MW×기)	건설비 (억원)	공사기간	시공사		설계사	주기기 공급사
			토건	기전		
군산화력#1 (75×1)	56	'65.3~'68.10	MWK		Bechtel	B&W/WH
울산화력#1~3 (200×3)	417	'68.7~'73.7	Siemens, Babcock		Siemens,	Babcock/Siemens
울산화력#4~6 (400×3)	-	'77.5~'81.1	LCS, BBC		BBC	Steinmuller/BBC
호남화력#1,2 (280×2)	415	'69.5~'73.4	Babcock		-	Babcock/Alsthom
여수화력#1 (200×1)	189	'69.5~'75.3	G.I.E		-	Stein & Roubaix /Franco Tosi
여수화력#2 (300×2)	251	'73.6~'77.6	G.E.C		G.E.C	B&W/G.E.C
제주화력#1.2 (5×2)	13.6	'68.8~'70.3	Toyomenka		-	Kaishaseizo/ Fuji
인천화력#1,2 (250×2)	246	'68.8~'74.12	Mitsui		Mitsui	IHI/Toshiba
인천화력#3,4 (325×2)	762	'75.5~'78.12	Alsthom		Alsthom	Stein Indus./Alsthom
남제주#1.2 (10×2)	92	'77.6~'80.5	Toyomenka		-	MHI &현대양행 /Fuji
평택화력#1.2 (350×2)	1,110	'77.11~'80.5	Maruneni		현대(엔)	BHK/Hitachi
평택화력#3,4 (350×2)	1,713	'79.5~'83.8	현대건설		현대(엔)	BHK/Hitachi
서천화력#1,2 (200×2)	2,031	'78.10~'83.1	동아건설		동아(엔)	CE/GE(한중)

[표 3] 석탄발전플랜트 건설실적(3/4)

발전플랜트명 (MW×기)	건설비 (억원)	공사기간	시공사		설계사	주기기 공급사
			토건	기전		
삼천포#1,2 (560×2)	4,455	'78.10~'84.2	현대산업		현대(엔)	CE/GE(한중)
삼천포#3,4 (550×2)	7,748	'89.9~'94.3	현대산업	한중	한전기술	한중
삼천포#5,6 (500×2)	8,182	'94.3~'97.12	현대산업	한중	한전기술	한중
보령화력#1,2 (500×2)	4,447	'79.12~'84.9	대림산업		암대	한중/B&W 대우/Toshiba
보령화력#3,4 (500×2)	8,018	'89.5~'93.6	대림산업	한중	한전기술	한중
보령화력#5,6 (500×2)	8,232	'90.5~'94.4	대림산업	한중	한전기술	한중
보령화력#7,8 (500×2)	12,650	'05.1~'08.12	대림산업, 대우건설		한전기술	두중
신보령화력 #1,2 (1,000×2)	27,907	'11.11~'17.6	금호, 삼부	GS, 두중	한전기술	두중
태안화력#1,2 (500×2)	13,908	'93.3~'96.2	현대건설	한중	한전기술	한중
태안화력#3,4 (500×2)	8,037	'94.1~'98.2	현대건설	한중	한전기술	한중
태안화력#5,6 (500×2)	9,624	'97.11~'01.8	현대, LG, 대아		한전기술	BLR/삼성(중) TG/현대(중)
태안화력#7,8 (500×2)	11,897	'03.1~'07.8	두중		한전기술	두중
태안화력#9,10 (1,050×2)	33,000	'12.10~'16.12	대림산업 삼성물산	SK, 동아, 현대산 업	한전기술	MHPS, 대림산업
북제주#2,3 (75×2)	1,990	'97.1~'00.6	삼부, 풍림산업		한전기술	한중

[표 3] 석탄발전플랜트 건설실적(4/4)

발전플랜트명 (MW×기)	건설비 (억원)	공사기간	시공사		설계사	주기기 공급사
			토건	기전		
동해화력#1,2 (200×2)	4,563	'95.2~'99.6	SK건설, 신화건설		한전기술	한중
당진화력#1,2 (500×2)	13,633	'95.4~'99.6	동아건설		한전기술	한중
당진화력#3,4 (500×2)	8,281	'96.9~'00.6	삼성물산, 동아건설, 한중		한전기술	한중
당진화력#5,6 (500×2)	10,870	'02.9~'06.6	두중		한전기술	두중
당진화력#7,8 (500×2)	10,985	'04.4~'08.7	삼성물산, GS건설		한전기술	두중
당진화력#9,10(1,020×2)	22,900	'11.6~'16.8	삼성물산, 현대건설, 경남기업, 서희건설		한전기술	MHPS/ 대림산업
하동화력#1,2 (500×2)	9,887	'93.10~'97.12	대우	한중	한전기술	한중
하동화력#3,4 (500×2)	8,490	'95.2~'98.12	대우	한중	한전기술	한중
하동화력#5,6 (500×2)	9,084	'96.12~'00.12	대우, 한중, 현중		한전기술	한중
영흥화력#1,2 (800×2)	16,549	'96.9~'01.12	현대건설	한중	한전기술	두중
영흥화력#3,4 (800×2)	15,796	'04.5~'09.6	현대, SK	삼부	한전기술	BLR/두중 TG/Hitachi
영흥화력#5,6 (800×2)	25,300	'10.12~'15.4	GS, SK, 포스코건설		한전기술	BLR/MHPSTG/두중
삼척그린#1,2 (1,020×2)	38,398	'12.4~'16.10	현대/GS/대우/포스코		한전기술	BLR/신텍 GT/Toshiba

[표 4] LNG 복합발전플랜트 건설실적

발전플랜트명 (MW×기)	건설비 (억원)	공사기간	시공사		설계사	주기기 공급사
			토건	기전		
서인천복합#1 (G/T 150×4) (S/T 75×4)	4,652	'90.6~'92.9	대우	한중	한전기술	GE
서인천복합#2 (G/T 150×4) (S/T 75×4)	3,650	'90.10~'93.3	대우	한중	한전기술	GE
서인천복합#3 (G/T 150×4) (S/T 150×4)	5,382	'94.11~'97.6	대우	한중	한전기술	GE
서인천복합#4 (G/T 150×4) (S/T 150×4)	4,563	'94.11~'97.6	대우	한중	한전기술	GE
안양복합 (G/T 80×4) (S/T 160×4)	2,484	'91.3~'93.9	대림산업		대림(엔)	ABB
분당복합#1 (G/T 80×5) (S/T 200×1)	3,484	'91.3~'93.9	현대건설		현대(엔)	ABB
분당복합#2 (G/T 75×3) (S/T 135×1)	1,629	'94.9~'95.6	현대건설		현대(엔)	ABB
일산복합#1 (G/T 100×4) (S/T 200×1)	3,225	'91.5~'93.12	동아건설		동아(엔)	WH
일산복합#2 (S/T 100×1)	1,466	'94.6~'96.3	럭키개발		한전기술	WH
부천복합 (G/T 100×3) (S/T 150×1)	2,695	'91.5~'93.12	삼부토건		대우(엔)	WH
평택복합 (G/T 85×4) (S/T 160×1)	2,429	'91.9~'94.6	삼성건설		한전기술	GE
울산가스터빈 (G/T 100×2)	657	'94.9~'95.6	대우		대우(엔)	WH
보령복합 (G/T 150×8) (S/T 150×4)	9,150	'96.4~'99.6	대림/신화/한중		현대(엔)	ABB
부산복합 (G/T 150×8) (S/T 150×4)	7,862	'98.1~'01.3	현대/대림/자유		한전기술	ABB
한림복합	545	'95.10~'97.6	한중		대우(엔)	한중
울산1복합성능 복구(50~100)	465	'97.2~'98.6	(주)대우		대우(엔)	삼성(중)
서울복합#1,2 (400×2)	10,181	'13.6~'17.12	포스코/경남/삼부/ 롯데/풍림/이테크		한전기술	두산중
태안GCC (380×1)	13,000	'11.11~'16.3	금호산업		한전기술	두산중/ GS건설
영남복합 (476×1)	4,101	'15.8~'17.11	포스코건설		한전기술	MHPS

[표 5] 원자력발전플랜트 건설실적

플랜트명 (MW×기)	건설비 (억원)	공사기간	시공사	설계사	주기기 공급사	원자로형
고리#1 (587×1)	1,560	'70.9~'78.7	현대건설, 동아건설	BECHTEL	WH/GEC	가압경수로
고리#2 (650×1)	6,000	'77.7~'83.9	현대건설, 동아건설	BECHTEL	WH/GEC	
고리#3,4 (950×2)	-	'77.7~'86.4	현대건설, 동아건설	BECHTEL 한전기술	WH/GEC	
신고리#1,2 (1,000×2)	47,000	'05.1~'11.12	현대건설, SK건설, 대림산업	한전기술	두산중	신형경수로
신고리#3,4 (1,400×2)		'07.9~'14.9	현대건설, 두산중, SK건설	한전기술	두산중	
신고리#5,6 (1,400×2)	86,000	'16.6~'22.3	삼성물산, 두산중, 한화건설	한전기술	두산중	
영광#1,2 (950×2)	20,444	'80.3~'87.6	현대건설	BECHTEL 한전기술	WH	가압경수로
영광#3,4 (1,000×2)		~'96.1	현대건설	S/L 한전기술	WH	
영광#5,6 (1,000×2)	32,218	'96.9~'02.6	현대건설, 대림산업	한전기술	두산중	
월성#1,2 (700×2)	20,796	'76.1~'97.6	현대건설	한전기술 AECL	AECL, 한중	가압중수로
월성#3,4 (700×2)	24,626	'93.8~'99.6	대우건설	한전기술	AECL, 두산중	
신월성#1,2 (1,000×2)	53,100	'05.10~'12.7	대우건설	한전기술	두산중	가압경수로
한울#1,2 (950×2)	21,192	'81.1~'89.9	동아건설, 두산중	한전기술, 알스툼, 프라마툼	알스툼, 프라마툼	가압경수로
한울 #3,4 (1,000×2)	33,459	'92.5~'99.6	동아건설, 두산중	한전기술	두산중	
한울#5,6 (1,000×2)	33,972	'97.10~'04.6	동아건설, 두산중, 삼성물산	한전기술	두산중	
신한울#1,2 (1,400×2)	70,000	'10.4~'16.12	현대, SK, GS건설	한전기술	두산중	신형경수로

[표 6] 양수발전플랜트 건설실적

발전플랜트명 (MW×기)	건설비 (억원)	공사기간	시공사		설계사	주기기 공급사
			토건	기전		
청송양수 (300×2)	3,974	'00.6~'05.10	동아건설, 삼성물산	두산중, 한화건설	현대(엔)	GE
산청양수 (350×2)	3,798	'94.7~'00.6	삼부토건	삼부토건, 두산중	삼안기술	두산중
강릉수력 (41×2)	1,256	'85.7~'91.4	대림산업	한중	한전기술	한중
무주양수 (300×2)	2,997	'88.5~'95.6	동아건설	한중	한전기술	한중
삼랑진양수 (300×2)	1,532	'79.10~'85.12	현대산업	한중	한전기술	한중
양양양수 (250×4)	5,271	'95.7~'03.10	삼환건설	삼환, 삼성	삼안기술	두산중
예천양수 (400×2)	7,470	'03.9~'11.8	삼환건설, 풍림건설		삼안기술	두산중, Alstom
청평양수 (200×2)	935	'75.9~'80.4	대림산업		-	Fuji

[표 7] 신재생 발전플랜트 건설실적

(단위 : MW)

년도	2005	2007	2009	2011	2013	2015
설비용량(계)	4,970,016	5,400,162	6,264,743	7,459,898	9,937,449	13,729,225
태양광	13,522	81,191	523,694	729,157	1,555,035	3,615,198
풍력	183,626	192,787	333,333	418,713	583,430	852,584
수력	1,583,918	1,598,048	1,617,161	1,719,300	1,754,508	1,771,582
해양(조력 등)	-	-	1,000	255,000	255,110	255,110
바이오	45,704	106,496	118,631	143,150	937,701	1,603,937
폐기물	3,142,490	3,420,589	3,647,521	4,136,739	4,722,996	5,078,806
연료전지	756	1,051	23,403	57,839	128,669	171,309
IGCC	-	-	-	-	-	380,700

[표 8] 화력발전플랜트 건설실적(국내, 민간)

설비명	용량 (MW)	설비위치	준공	건설사	현소유주	비고
포스코포항복합	345	경북포항	2001	포스코건설	포스코	자가발전
포스코광양복합	500	전남광양	2000	포스코건설	포스코	자가발전
인천복합 1,2	450×2	인천	2009	GS건설	포스코에너지	폐기
인천복합 3,4	450×2	인천	2013	금호산업	포스코에너지	
인천복합 5,6	575×2	인천	2011	포스코건설	포스코에너지	
인천복합 7-9	375×3	인천	2015	포스코건설	포스코에너지	
부곡복합 1호기	550	충남당진	2001	GS건설	GS EPS	
부곡복합 2호기	550	충남당진	2008	GS건설	GS EPS	
부곡복합 3호기	400	충남당진	2013	GS건설	GS EPS	
울촌복합 1호기	500	전남광양	2005	현대건설	MPC	
울촌복합 2호기	850	전남광양	2014	현대건설	MPC	
대산복합	450	충남서산	1998	현대중공업	MPC	
광양복합1,2호기	450x2	전남광양	2006	대림산업	SK E&S	
오성복합	750	경기평택	2013	SK건설	평택에너지서비스	
안산복합	750	경기안산	2015	포스코건설	S-Power	
동두천복합	850	경기동두천	2015	삼성물산	동두천드림파워	
포천복합	960	경기포천	2017	대우건설	포천파워	
안양열병합(복합)	450	경기안양			GS파워	
부천열병합(복합)	450	경기부천			GS파워	

[표 9] 해외 발전플랜트 EPC턴키 건설실적

건설회사	국가	사업명	용량(MW)	수주시기
현대건설	리비아	미수라타 화력발전	500	1982.12
현대건설	사우디	마카타이프 발전담수	325	1983.10
현대건설	이라크	알무사이부 화력발전	1,280	1984.08
현대건설	UAE	제벨알리 "D" 리파워링	350	1999.06
현대건설	리비아	자위아 복합화력	450	2003.02
현대건설	리비아	자위아 복합화력 #2	450	2004.05
현대건설	UAE	제벨알리 "L" 복합화력	1,220	2005.05
현대건설	방글라데시	하리푸르 복합화력	365	1999.04
현대건설	방글라데시	메그나가트 복합화력	450	2001.01
현대건설	쿠웨이트	슈아이바노스 복합화력	860	2007.07
현대건설	인도	타니르바비 복합화력	220	1999.10
현대건설	브라질	포르토벨호 복합화력	340	1999.10
현대건설	마카우	콜론-비 복합화력	140	1999.12
현대건설	카타르	라스라판 복합화력	2,730	2008.05
현대건설	리비아	알칼리지 화력발전	1,400	2008.11
현대건설	리비아	트리폴리웨스트 화력발전	1,400	2010.12
현대건설	방글라데시	뉴하리푸르 복합화력	430	2011.02
현대건설	베트남	몽중 석탄화력	1,000	2011.11
현대건설	알제리	아인아마트 복합화력	1,200	2012.11
GS건설	아르메니아	예레반 열병합발전	205	2007.09
GS건설	오만	소하르 #2 복합화력	750	2010.09
GS건설	오만	바르카 #3 복합화력	750	2010.09
GS건설	사우디	PP-12 복합화력	2,050	2012.05
GS건설	알제리	카이스 복합화력	1,250	2014.02
GS건설	탄자니아	키네레지 복합화력	240	2014.07
대우건설	리비아	벵가지노스 복합화력	300	2005.04
대우건설	나이지리아	아팜 VI 복합화력	650	2005.11
대우건설	리비아	미수라타 복합화력	750	2007.12

건설회사	국가	사업명	용량(MW)	수주시기
대우건설	리비아	벵가지 복합화력	750	2007.12
대우건설	모로코	조르프라스파르석탄화력	700	2010.09
대우건설	UAE	슈웨이합 S3 복합화력	1,600	2011.03
대우건설	오만	수르 복합화력	2,000	2011.07
대우건설	알제리	라스지네트 복합화력	1,200	2012.10
대우건설	리비아	쯔위티나 복합화력	250	2011.01
대우건설	모로코	사피 석탄화력	1,200	2014.10
두산중공업	UAE	후자이라 복합화력	760	2001.06
두산중공업	UAE	따월라A10 복합화력	210	2006.12
두산중공업	요르단	암만 복합화력	370	2007.02
두산중공업	UAE	제벨알리 "M" 복합화력	1,950	2007.03
두산중공업	카타르	카탈룸 복합화력	1,250	2007.07
두산중공업	파키스탄	다하르키 복합화력	170	2007.09
두산중공업	오만	바르카 #2 복합화력	700	2006.12
두산중공업	사우디	꾸라야 복합화력	1,200	2009.09
두산중공업	인도	시파트 석탄화력	1,980	2004.06
두산중공업	태국	글로벌 석탄화력	115	2007.02
두산중공업	인도	문드라 석탄화력	4,000	2007.05
두산중공업	필리핀	세부 석탄화력	200	2007.12
두산중공업	인도네시아	찌레본 석탄화력	660	2008.04
두산중공업	태국	게코원 석탄화력	660	2008.07
두산중공업	인도	라이푸르 석탄화력	1,350	2010.01
두산중공업	사우디	라빅 2 중유화력	2,800	2010.09
두산중공업	베트남	몽중 2 석탄화력	1,200	2011.08
현대중공업	사우디	아람코 복합화력	1,086	2004.02
현대중공업	바레인	알두르 복합화력	1,420	2008.10
현대중공업	사우디	마라피크 복합화력	2,745	2007.03
현대중공업	쿠웨이트	사비아 복합화력	2,200	2009.09
현대중공업	사우디	리아드 PP-11 복합화력	1,800	2010.04

건설회사	국가	사업명	용량(MW)	수주시기
현대중공업	쿠웨이트	아즈주르노스 복합화력	1,550	2011.03
현대중공업	사우디	아람코 가스터빈발전소 #2	1,050	2012.04
현대중공업	사우디	제다사우스 중유화력	2,640	2012.10
현대중공업	사우디	슈콰이크 중유화력	2,640	2013.08
대림산업	사우디	쇼아iba 2 복합화력	1,200	2011.10
대림산업	베트남	타이빈 2단계 석탄화력	1,200	2012.05
SK건설	터키	투판밸리 석탄화력	450	2010.11
SK건설	파나마	파코석탄화력	150	2011.07
포스코건설	칠레	누에바벤타나스 석탄화력	260	2006.08
포스코건설	칠레	양가모스 석탄화력	520	2007.12
포스코건설	칠레	캄피체 석탄화력	260	2007.12
포스코건설	페루	칼파 복합화력 Add-On	300	2009.08
포스코건설	페루	칠카우노 복합화력 Add-On	300	2010.05
삼성물산	싱가폴	GMR 복합화력	760	2011.04
삼성물산	UAE	슈웨이합 S2 화력	1,510	2008.12
삼성물산	UAE	에말 화력	1,020	2011.09
삼성물산	사우디	쿠라야 복합화력	4,000	2011.10
삼성물산	말레이시아	프라이 복합화력	1,070	2013.05
삼성물산	사우디	라빅 II 복합화력	2,100	2013.12
삼성물산	알제리	메가딜 복합화력	2,600	2014.02
삼성Eng'	사우디	안부 III 화력발전	2,700	2012.12