



중부발전 신보령 1,000MW USC Plant 건설 현황 및 전망



황순홍
한국중부발전(주) 신보령화력건설본부장

1. 개황

정부는 원전(UAE) 수출 정책에 이은 화력발전설비 수출상품 전략화를 추진하고 있으며, 이러한 정책에 적극 부응할 차세대 화력발전설비의 개발 필요성이 대두되고 있다. 이와 더불어 정부 주도로 개발된 1,000MW USC 화력발전 원천기술에 대한 발전설비

실증사업의 성공 여부 관심도가 높아지고 있는 상황이다.

신보령 1,2호기는 1,000MW급 2기 총 2,000MW 용량으로 고효율 USC(Ultra Super Critical)라 불리는 초초임계압 발전소로서, 기존 초임계압 발전소보다 높은 증기압력(265kg/cm²)과 증기온도(610℃ 이상)를 가지는 세계최고수준의 발전소이다. 이는 국내

화력발전설비를 초초임계압으로 모두 대체 시 2020년 국가온실가스 감축목표량의 6.5%를 저감할 수 있으며 국내 기존설비 대비 에너지사용효율이 4% 증가하는 등 연간 약 200억 원 이상의 연료비를 절감할 수 있다.

해외 선진국의 경우 일본은 1990년대 말, 유럽은 2000년대 초반 정부주도의 연구개발 사업을 통해 600℃급 화력발전소를 상용화하는데 성공하였다. 따라서 차세대 에너지기술을 선점하기 위한 국가 차원의 역량 집중이 필요한 실정이다.

2. USC 실증사업 현황

가. 세부과제 1 : 1,000MW 초초임계압(USC) 주기기 시스템 국산화 기술개발

신보령 1,2호기 초초임계압(USC) 발전설비 기술 개발에는 265kg/cm², 610℃/621℃(터빈 입구 기준)의 고온·고압증기를 사용해 전기를 생산하는 보일러, 터빈·발전기 및 부품소재가 포함된다. 정부 연구개발 과제(총사업비 236억 원)로 두산중공업 주관하에

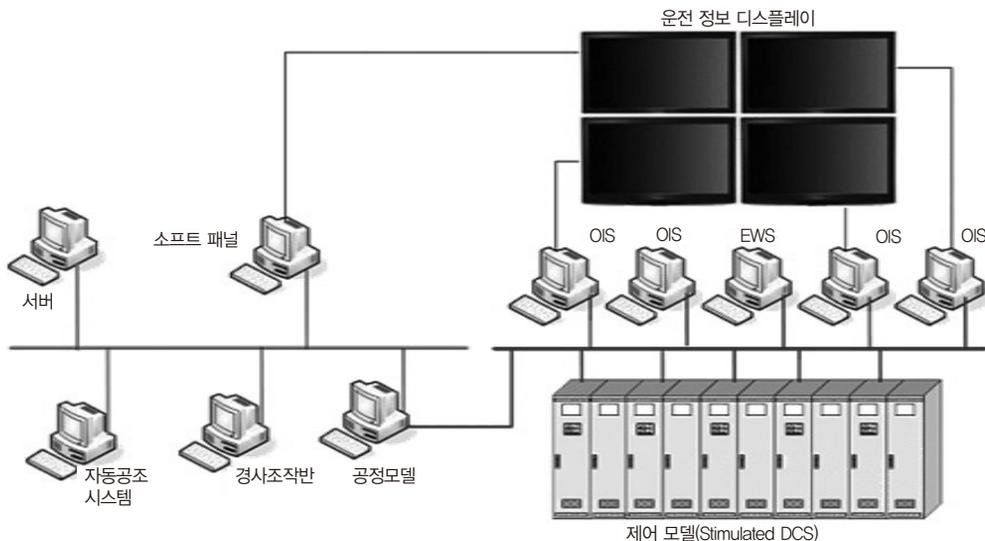
기존 석탄화력의 효율 향상 및 배출가스 저감을 통한 친환경, 고효율, 대용량 USC 화력발전기술 개발이 추진되고 있다.

나. 세부과제 2 : 초초임계압 화력발전 시뮬레이터 개발

신보령 1,2호기에 설치될 시뮬레이터는 두 가지 형태로, 개발기간은 2011년 9월부터 2015년 8월까지 총 5년이 소요될 예정이다. 전력연구원 주관 하에 중부발전과 부경대학교가 연구기관으로 참여하며, 현재 1단계 시스템 설계를 끝내고 2단계 시스템 개발 및 시험이 진행 중이다.

(1) 운전원 훈련용 시뮬레이터

시뮬레이터 설비란 컴퓨터 프로그램을 이용하여 가상으로 실제 상황과 같은 제어실 환경 및 운전공정을 구현하는 설비다. 운전원은 발전플랜트의 기동, 정지 및 비정상상황발생 등 운전 중 발생할 수 있는 여러 상황을 훈련할 수 있다. 또한 발전소 제어로직을 연계 테스트함으로써 실제 운영 전 오류를 수정하고



[그림 1] 운전원 훈련용 시뮬레이터 구성도

최적화하여 시운전기간을 단축시키고 제어설비의 신뢰성을 높일 계획이다.

(2) 연소 최적화 시뮬레이터

현재 고품위탄과 저품위탄을 일정비율로 섞어 연소하는 혼탄연소는 실험 데이터가 없어 운전원의 경험 등을 통해 시행하고 있는 실정이다. 연소 최적화 시뮬레이터란 석탄 및 혼탄비율별 연소 시험을 통해 그 특성을 파악하고 데이터베이스를 구축하여, 실제 연소 전, 가상으로 시험함으로써 최적의 연소 비율을 찾기 위한 설비이다.

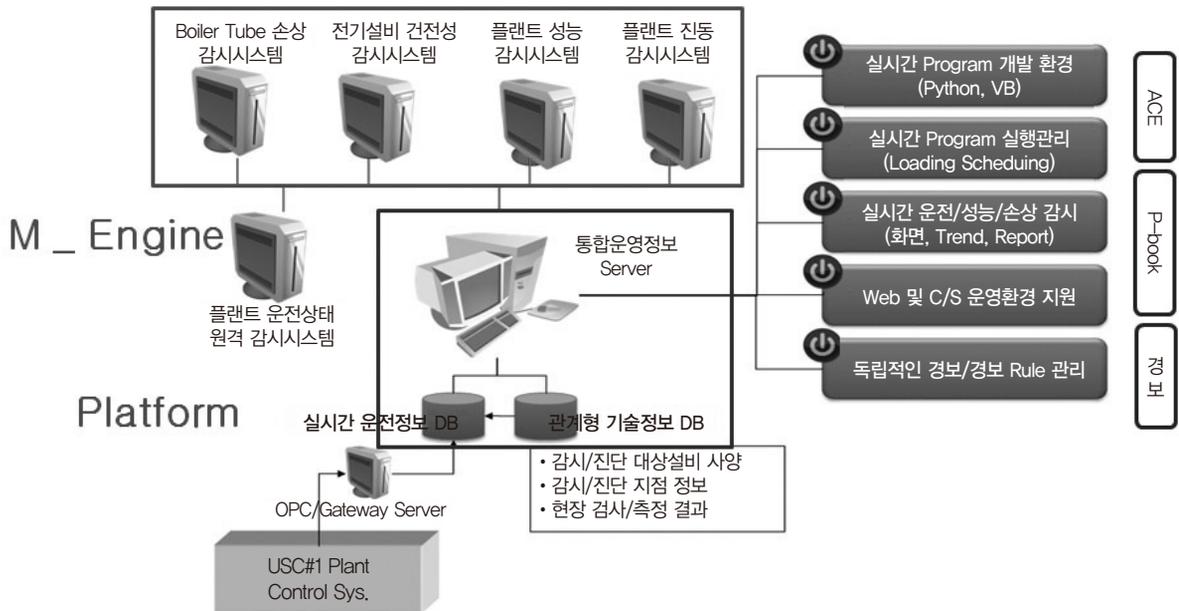
다. 세부과제 3 : 초초임계압 화력발전 통합 운영지원 및 감시시스템 개발

운영 및 감시에 필요한 진단 시스템을 개발하는 과제로, 2과제(초초임계압 화력발전 시뮬레이터 개발)와 동일기간에 진행되며 전력연구원 주관 하에 중부발전, LS산전, 서울대학교 등 7개 기관이 연구개발

에 참여하여 현재, 2단계 시스템의 개발 및 검증, 시스템 간 통합이 진행 중이다.

통합 운영지원 및 감시시스템 개발 과제는 다음과 같이 크게 8개 단위로 나뉜다.

- 1) Super Heater 등 고온튜브 온도 감시를 위한 보일러 튜브 손상감시 시스템
- 2) 터빈 진동추이 감시 및 분석을 위한 진동감시 시스템
- 3) 보일러 본체 변형 및 연소진동 감시·분석을 위한 보일러 본체 진동감시 시스템
- 4) 고압전동기의 부분방전이나 과열 감시를 위한 고압전동기 감시진단 시스템
- 5) 주변압기의 절연유 가스 및 온도 부분방전 등을 점검하는 주변압기 감시진단 시스템
- 6) 발전기 권선의 흡습 상태의 추적 및 관리를 위한 발전기 권선감시 시스템
- 7) 발전소 플랜트 효율을 실시간 감시하는 성능 감시 시스템



[그림 2] 통합 운영지원 및 감시시스템 개략도

8) 시스템 통합 및 주제어 설비에서 필요한 데이터를 추출·저장하는 통합 플랫폼

3. 터빈 및 보일러 특성

가. 터빈설비 특성

신보령 1,2호기 증기터빈은 개발단계부터 독자적 시험설비를 구축하여 터빈효율이 48.97%에 이르는 등 성능과 신뢰성이 검증되었다. 정격출력이 1,019MW이며 설계출력은 1,100MW로, 이는 당초 계획한 차세대 터빈기술 개발목표보다 높은 수준으로 계획 대비 연간 880GW의 판매전력 증가를 통한 연간 약 500억 원의 추가 운용수익을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

터빈 주증기 밸브는 정지·제어밸브가 한 케이싱 내에 조립되는 일체형 방식을 적용하여 터빈의 제어 및 보호기능을 유지함과 동시에 압력강하에 의한 손실을 최소화하여 출력량을 증가시켰다. 중·고압단 버킷은 날개와 커버가 일체형인 마름모 형상으로 개선하여 증기누설을 최소화하고 효율증가 및 진동특

성을 개선하였다.

특히 저압터빈의 최종익은 길이 45in, 티타늄 재질로 설계·적용되었으며, 신기술을 적용함으로써 진동 특성 향상 및 응력집중 해소, 조립 및 보수 용이성 증대와 신뢰성 향상을 확보하였다. 그 밖에 복수기해수 냉각수 순환수펌프는 1단으로 설계하여 기존의 2단 취수방식 대비 건설비 및 운영비 절감에 기여하였다.

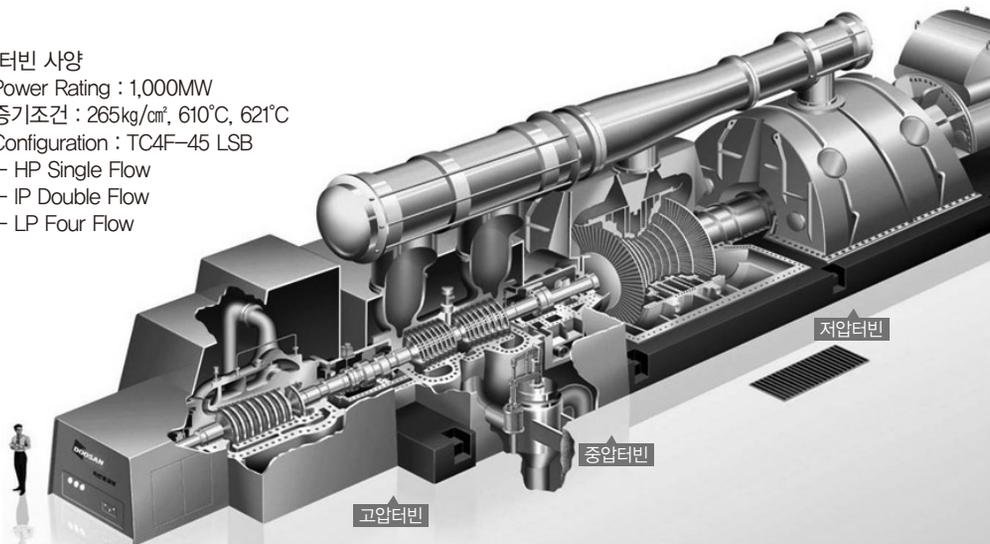
더불어 발전용수를 생산하는 순수제조설비는 성능이 향상된 역삼투압 막방식 신기술을 적용함으로써 1,000MW 초초임계압 발전소에 요구되는 초순도 수질을 만족시킴과 동시에 기존 이온교환법의약품 과다 소모 및 재생수에 의한 폐수발생 등의 문제점을 개선한 환경친화적 설비로 설치될 예정이다.

나. 보일러설비 특성

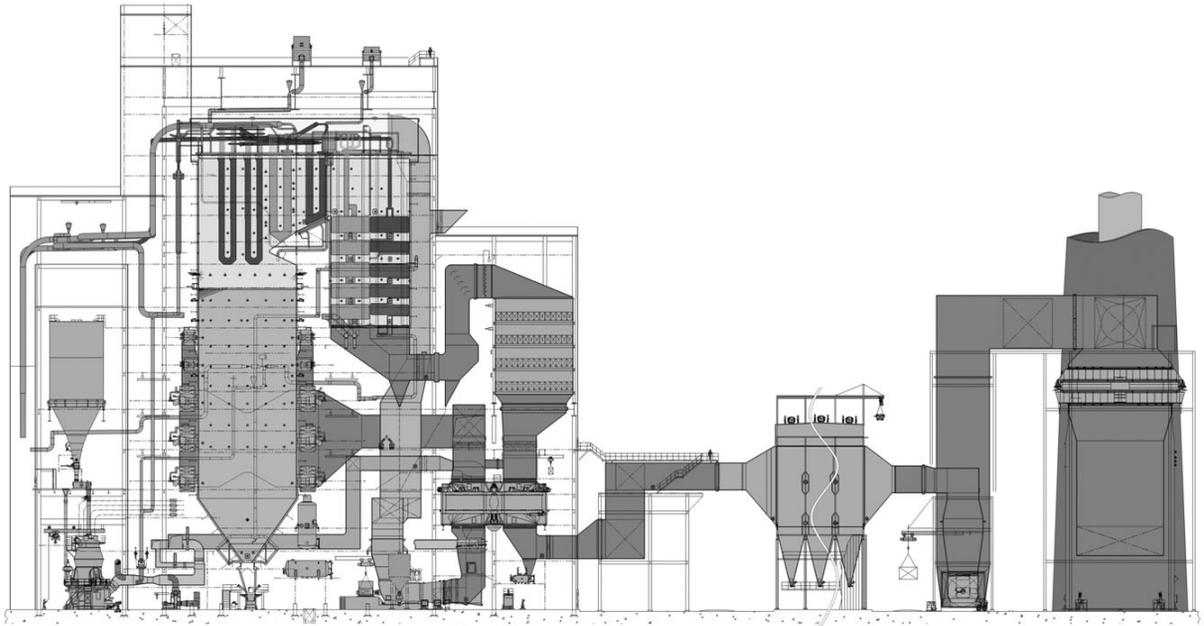
신보령 1,2호기 보일러설비는 1,000MW 출력에 주증기압력 265kg/cm², 과열기 출구온도 613℃, 재열기 출구온도 624℃의 증기조건을 갖췄다. 정격 최대 증발량은 3,010t/h로 높은 수준이며, 보일러효율

▶ 터빈 사양

- Power Rating : 1,000MW
- 증기조건 : 265kg/cm², 610℃, 621℃
- Configuration : TC4F-45 LSB
 - HP Single Flow
 - IP Double Flow
 - LP Four Flow



[그림 3] 신보령 1,2호기의 터빈 구조



[그림 4] 신보령 1,2호기의 보일러 조감도

은 정격출력에서 90.07%이다.

신보령 1,2호기는 국내 최고 증기온도로 설계되어 사이클 열효율이 타사 대비 높으며 석탄소비 절감 및 CO₂ 저감에 효과적이다. 보일러의 노 크기는 타사 대비 높이 및 체적이 크며 설계탄 열량이 낮아 저열량 연소에 유리하도록 설계되었다.

또한 기존 해외 경쟁사보다 보일러 화로가 크게 설계되어 연료 다양성 및 공해물질 저감이 확보된 최적의 연소 안정성을 갖추고 있다. 또한 다양한 성상의 저급탄 연소가 가능하고, 대향연소방식 및 개별버너의 공기량 조절로 연소가스 편차를 최소화함으로써 튜브의 최고 메탈온도 저감 및 국부과열을 방지하고 있다.

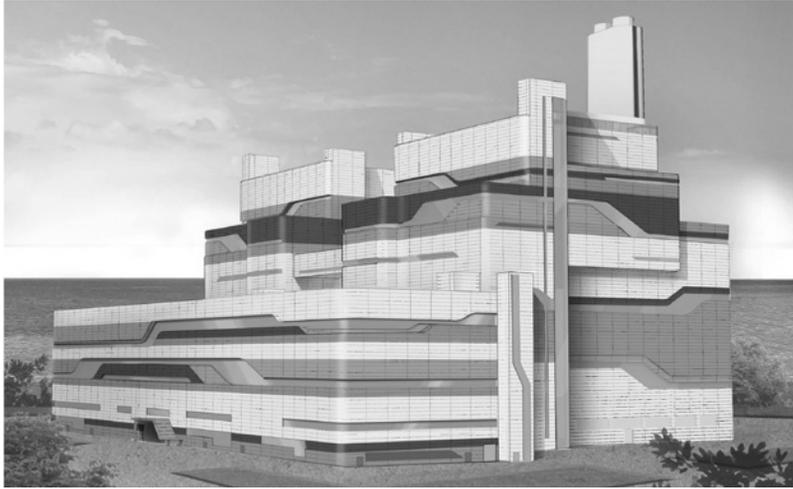
최종과열기에는 고 크롬강 및 스테인레스 합금강을 채용하여 고온, 고압에 견딜 수 있도록 설계하여 선행호기에서 자주 발생했던 스케일 생성을 최소화하였다. 더불어 재열기 튜브에 내열강도 및 고온 산화 저항성이 우수한 HR3C 재질을 국내 최초로 적용

하여 스케일 생성 저감 및 튜브 막힘현상 방지 등 설비의 안정성을 극대화하였다.

또한 연소 후 남은 석탄재를 1차 분쇄 후 재활용하는 시스템을 적용하여 폐자원 활용을 극대화하고, 탈황·탈질설비를 이용한 공해물질(SO_x, NO_x) 저감 및 기존 대형 석탄화력에 적용되지 않았던 옥내형 석탄 저장설비를 채택하여 분진발생 방지 등 환경오염을 최소화하였다.

4. 친환경 명품발전소 건설

신보령 1,2호기는 감성적 접근을 통해 지역주민의 호감을 얻을 수 있는 발전소 건설을 목표로 ‘국내 최고의 아름다운 명품발전소 건설’을 추진하고 있다. 2000년대 초까지 신규 건설된 화력발전소는 구조물의 위압감과 푸른색 일색의 외관구성으로 주변과의 조화보다는 화려한 색채만을 고려한 설계에 치중하였다. 또한 건설부지 확보의 제한성과 원가 상승 부



[그림 5] 본관동 조감도

답으로 주변 환경과의 부조화가 발생하였으며 특히 주변 구릉지, 능선 및 해안가에 설치된 외곽 보안을 타리, 초소 등은 경관 저해의 원인이 되었다.

가. 형태 및 색채계획을 고려한 독창성 확보

터빈 및 보일러 건물 정면은 입면의 단차와 창호의 변화로 형태적 리듬감을 연출하고 명품발전소 이미지를 부각시킬 수 있는 골드 컬러를 채택하였다. 더불어 외부 설비 구조물까지 모두 동일한 디자인을 적용하여 일체감을 준 개선계획을 추진 중이다.

신보령 1,2호기 연동은 2Boiler 1Stack 통합형으로 기존 500MW 발전소 4개 호기 규모를 대체하는 등 공사비 절감 및 시각적 효과 개선, 공기단축의 효과가 있다. 기존의 원형 단면형태에서 벗어나 단면 둘레와 높이가 유선형으로 처리된 사각타워형의 독특한 형태로 슈퍼그래픽 도장을 추진 중이다.

친환경·신재생 설비에도 차별점을 두었다. 각 건축물 외벽에 소음저감형 메탈판넬 마감재를 적용하여 소음피해를 최소화하였으며, 저탄장건물 지붕에 태양광설비를, 냉각수 배수로 단말에 소수력설비를 설치하여 친환경 신재생 설비를 적극 도입하였다.



[그림 6] 건설 중 연돌외관

나. 공원화 발전소 건설

발전소 부지조성에서 발생하는 대규모 잉여토사를 발전소 입구 송도 마을부지와 부지외곽에 언덕 및 공원조성용 토사로 활용하여, 타 발전소와 차별화된 녹지공원을 조성 중에 있다. 이 녹지공원에는 잔디구장, 족구장, 옥외 체육시설이 배치되어 직원들의 여가선용 및 지역주민이 함께 즐길 수 있는 레저 휴식 공간으로 활용할 계획이다. 나아가 발전소 외곽의 아

름답고 미려한 해안선을 즐길 수 있는 둘레길 조성을 통해 자연과 조화로운 스카이라인 형성을 목표로 하고 있다. 또한 안면도 등 여러 섬과 서해안 낙조를 감상할 수 있는 조망용 엘리베이터를 보일러 건물에 설치하고 있으며, 연돌 벽면에는 절전형 LED 포인트 조명을 계획하고 있다.

5. 전망

신보령 1,2호기는 국내 최초 순수 국산화 기술의 성공적 추진사례가 될 것이다. 전 세계 약 80조 원에 달하는 석탄화력 시장에서 개발도상국의 신규 건설 및 노후발전소 교체수요를 공략하여 해외사업의 지경을 확대하고 국가 차원에서 글로벌 기술경쟁력을 갖춰나갈 것으로 예상될 뿐만 아니라, 약 154만 가구(4인 기준, 600만 명)가 사용할 수 있는 전력을 생산하여 2016년 이후 전력수급 안정에도 크게 기여할

것으로 기대된다.

또한 전력사업 활성화에 기여하여 약 1,400여 개 중소기업에 대한 9,000억 원 이상의 생산성 증대와 연간 80만 명의 고용창출 효과를 거둘 수 있을 것으로 예상된다. 이 밖에 보령 지역 관내에서는 상주 인구가 1,500여 명 증가할 것으로 예상되며, 발전소 건설에 따른 특별지원금 560억 원 및 기본지원금 연 24억 원 등의 지원혜택으로 지역경제 활성화에 공헌함으로써, 공기업의 사회적 책임 또한 착실히 수행해 나갈 예정이다.

신보령화력발전소는 기존의 발전소 이미지에서 탈피하여, 디자인과 문화예술이 어우러지는 명품발전소로의 도약을 목표로 하고 있다. 창의적 외관 설계 및 주변환경 개선과 국산 기술의 끊임없는 개발 노력을 통해 신보령 1,2호기만의 독창성을 획득하고 자연과 사람, 예술이 공존하는 멀티문화공간으로 발돋움할 것으로 전망된다. 