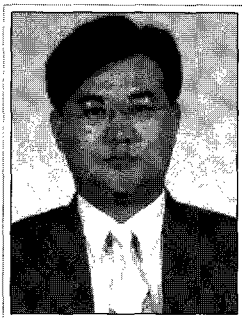


월성 원전 삼중수소 제거 설비의 성공적 건설

허경필

(주)대우건설 월성원전 삼중수소제거설비현장소장



(주) 대우건설 월성원전 삼중수소 제거 설비 현장이 제12회 한국원자력기술상 금상을 수상하게 된 것은, 당 현장의 영광은 물론이고 월성 3,4호기 건설 공사 이후 신월성 1,2호기 수주까지 원자력 사업을 위해 한마음으로 고생했던 대우건설의 원자력 가족 모두의 큰 기쁨으로 생각한다.

삼중수소 제거 설비는 설계, 기자재 제작 및 설치, 촉매 개발 등에

외국의 우수한 기업들과 국내의 연구소·설계사·제작사 및 시공사가 참여한 국제적 Project로서, 한수원의 선진 사업 관리 시스템에 따라 일사불란하게 진행되어 현재 일부 계통은 시스템 인계 인수 및 시운전 중에 있으며, 성공적인 준공을 위하여 발주처 및 현장의 전직원이 혼연일체되어 최선을 다하고 있다.

지면을 통해 수상의 영광을 본 Project 관련자 여러분들께 돌리면서, 그 동안 도와주심과 배려에 감사의 마음을 전하고 싶다.

삼중수소 제거 설비의 개요

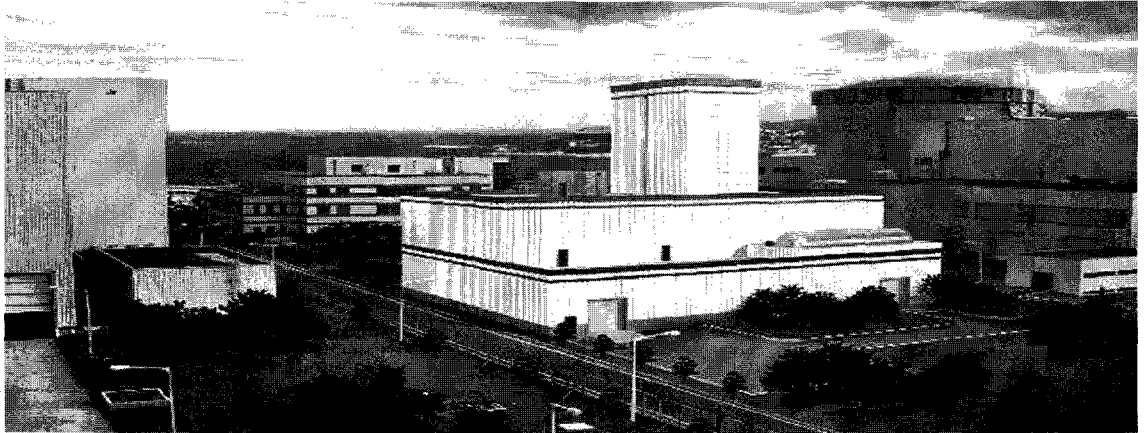
월성원전 삼중수소 제거 설비는 캐나다원자력공사의 초크리버 연구소 및 달링톤 발전소의 삼중수소 제거 설비를 기초 모델로 하여 개량화시킨 국내 최초의 설비이며, 설계에 캐나다원자력공사(AECL), 한전전력연구원(KEPRI) 및 한국전력기술

(주)가 참여하고, 기기 제작에 캐나다·이탈리아·미국 및 국내의 많은 업체들이 참여한 다국적 Project이다.

그 기능은 월성 원자력발전소에 감속재 및 냉각재로 사용하고 있는 중수 속의 방사성 삼중수소를 액상 촉매 계통, 초저온 증류 계통, 중수정화 계통 등의 설비를 이용하여 삼중수소를 추출하는 공정으로 되어 있다.

삼중수소를 제거한 중수는 감속재 및 냉각재 계통으로 재공급되어 중수의 재활용과 방사성 물질 배출의 근원적인 발생 원인을 차단함으로써 발전소 종사자들에 대한 방사선 피폭 및 외부로의 영향을 최소화하여 원자력 발전의 안전성과 신뢰성을 증대시키는 데 그 주된 목적이 있다.

이와 더불어, 추출된 삼중수소는 핵융합 실험 및 형광 물질 등등 활용 가치가 높아 경제적 이용을 동시



월성 원전 삼중수소 제거 설비 시설

에 추구할 수 있는 참으로 중요하고 유익한 설비이다.

발전소 운전시에는 공해 물질인 삼중수소를 추출하여 중요한 자원으로 재활용할 수 있게 만드는 본 설비야말로 일석이조의 효자 플랜트라 할 수 있다.

삼중수소 생산설비를 갖춤으로서 국제 핵융합로 기구에 대한민국이 당당하게 회원국으로서 지위를 획득하여 국위 선양에도 일조를 하고 있다. 삼중수소 제거 설비의 주요 계통을 살펴보면 다음과 같다.

1. 액상 촉매 교환 계통 (Liquid Catalyst Exchange System)

가. 계통 기능

- ① 공급 중수에서 D_2/DT 기체 분리
- ② 분리된 기체를 초저온 증류 계

통으로 이송

- ③ 삼중수소가 제거된 중수는 중수 생산 계통으로 이송
- ④ 처리 용량은 100kg/hr, 제거 효율은 97%

나. 계통 주요 기기

- ① 액상 촉매 교환탑 1대 (가습 설비 포함)
- ② 응축기 1대
- ③ 습분기 1대
- ④ 기타 펌프 및 밸브 등

2. 초저온 증류 계통 (Cryogenic Distillation System)

가. 계통 기능

- ① 액상 촉매 교환 계통으로부터 나오는 D_2/DT 기체에 포함된 이물질(산소, 물 및 증기) 및 응축물을 초저온 증류탑 유입 전 제거

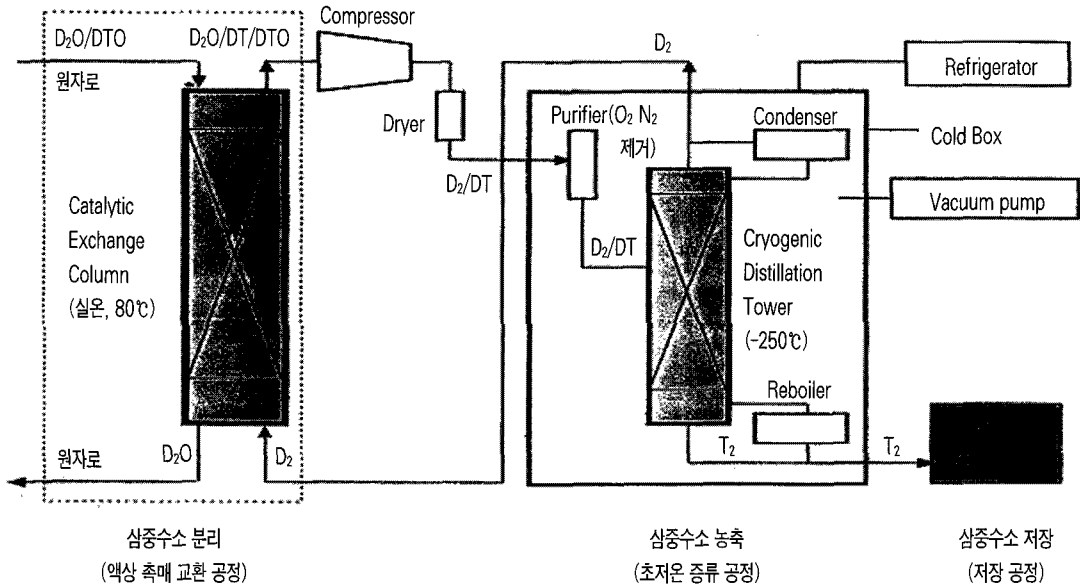
- ② D_2/DT 가스를 초저온(-250℃)에서 D_2 와 T_2 분리, T_2 농축(농축도 99% 이상)

- ③ 초저온 증류 계통의 초저온(-250℃) 유지를 위한 냉동 기능 제공

나. 계통 주요 기기

- ① 산소 촉매 변환기 1대
- ② 건조기(Dryer) 1대
- ③ 압축기(Compressor) 1대
- ④ 저농도 삼중수소 증류탑 2대
- ⑤ 고농도 삼중수소 증류탑 1대
- ⑥ 응축기 1대, Cold Box, Cold Box 진공 계통
- ⑦ Catalytic Equilibrator 1대
- ⑧ Expansion Tank 2대
- ⑨ 헬륨 압축 skid
- ⑩ Refrigeration Cold Box

기타 아래와 같은 주요 계통 및 전력, 중앙 감시 제어 장치, 급수 및



〈그림 1〉 삼중수소 제거 설비 공정 개략도

Air 계통으로 구성 되어 있다.

- 헬륨 냉동 계통 (Helium Refrigeration System)
- 중수소 정화 계통 (Deuterium Purification System)
- 삼중수소 처리 및 저장 계통 (Tritium Gas Handling & Storage System)

월성원전 삼중수소 제거 설비 건설 공사의 특성

본 설비는 월성 원전 1,2,3,4호기 공용으로써 기존의 운영 중 발전소 보조 건물내의 감속재 및 냉각재 공급 저장 계통과 연결하는 작업을 방사선 관리 구역 내에서 수행하여야 한다.

Utility System 및 전력을 운영 중인 2호기와 3호기로부터 공급받

도록 계통이 구성되어 있어 건설과 발전소의 긴밀한 협조가 요구된다.

기존 발전소내의 시공 과정을 발전소 예방 정비 공사 기간내에 맞추어 수행하는 등 운영중인 발전소에 영향을 주어서는 안된다.

또한 기존 발전소 2호기와 3호기 사이에 현장이 위치함에 따라 공사 초기 지하 매설물과의 간섭을 최소화하기 위한 세심한 주의가 필요했다.

당초 예상과는 달리 기초 지반의 사력층이 많아 기초 굴착을 지하 22m 암반층까지 굴착해야 했고 보강 공사에 많은 어려움이 증대되었으나, 토목 공사의 경험을 살려 H-Beam Structure 보강 공법을 적용 성공적으로 수행하였다.

운영중 발전소의 영향을 최소화하기 위한 저진동 발파 및 저소음

대책을 수립하여 수행하였다.

도심에서 수행하는 것보다 더 세심한 분진 방지 시설을 갖추어 작업 중 발생하는 먼지 및 분진으로 인한 운영중인 발전소의 기기에 대한 손상 및 오동작을 미연에 방지하여 발전소 운전에 영향을 주는 일이 단 한 건도 발생치 않도록 하였다.

발전소 연계 작업을 해당 호기별 예방 정비 공사 기간에 수행하여야 함에 따른 짧은 정비 기간 중 공사 수행을 위해, 관련 종사자들의 방사선 안전 및 발전소내 작업시의 유의 사항 등 사전 교육을 실시하였으며, 사전 현장 조사, 품질 보증 체계 수립, 상세 도면 작성 등의 철저한 준비 작업을 통하여 주어진 각각의 발전소 계획 예방 정비 기간 내에 1,2,3호기 중수 배관 검사를 완료한 상태이다.

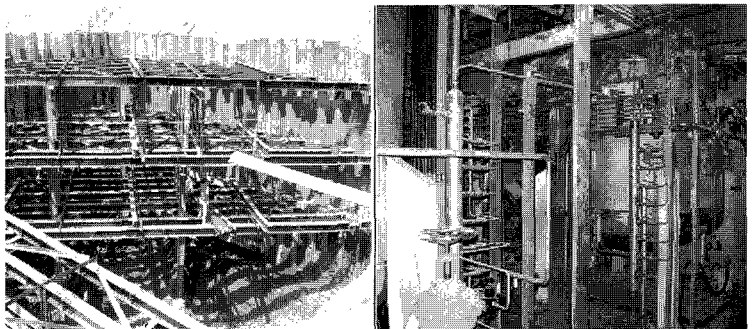
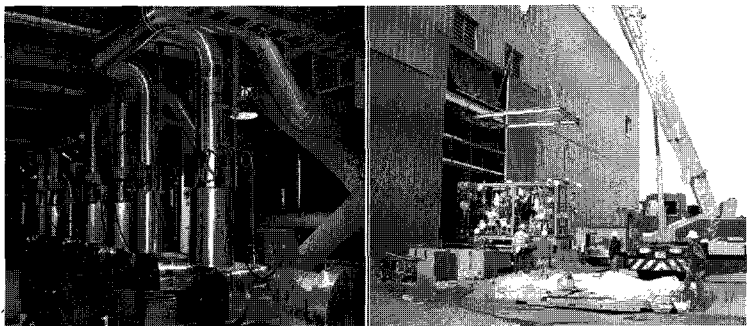
2호기 및 3호기 Utility 배관과 전력 Cable 연결 작업을 완료하여 2004년 9월 23일 시운전에 소요되는 전력 공급을 위한 13.8kV 전원을 2호기 발전소로부터 공급받아가압이 완료된 상태로 이 전원을 이용하여 계통 인계된 설비를 시운전 중에 있다.

**월성 원전 삼중수소 제거 설비
품질 우선 시공**

당 현장에서는 “원전 설비의 안전성과 신뢰성 확보를 위한 완벽 시공”을 현장 방침으로 공사 준비 단계에서부터 본 설비 공사시 예상되는 각종 문제점(용접 결함률, 부적합 사항 등)을 근본적으로 제거하기 위하여 다음과 같이 품질 목표를 설정하고 사전 준비 작업을 철저히 수행하여 공사에 임하였다.

그 결과 1단계 6차 및 2단계 2차에 걸친 원자력안전기술원의 사용전 검사를 성공적으로 수검하였다. 특히, 최종 시운전 점검 단계인 2단계 1,2차 사용전 검사에서는 구조 부지 분야, 계통 평가 분야, 기계 해석 분야, 금속 재료 분야, 방사선 평가 분야, 계측 제어 및 전기 분야 등에 대한 정밀한 현장 시공 점검 및 검사를 받은 결과 모든 면에서 만족할 만한 성과를 얻었다.

가 품질 보증 프로그램의 수립 및 운영 절차 개발

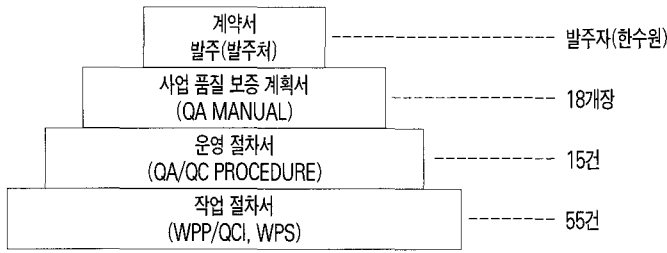


원자력발전소에 대한 안전성 확보 및 원자력발전소 제조물, 계통 및 기기의 건설과 관련하여 가동중 만족스럽게 설계 기능을 수행할 것이라는 확신을 주기 위한 계획적이고 체계적인 모든 활동을 추진하기 위하여 공사 착수 전 <그림 2>와 같이 품질 보증 프로그램을 수립하여 운영하였다.

나. 협력 업체 평가 및 선정

당사의 자체적으로 시행하는 ‘협력 업체 관리 Process’에 따라 공정하고 투명하며 품질 안전의 질적 수준이 확보되고, 원전 공사 시공 경험이 풍부한 유자격 업체를 선정하였다.

선정된 협력 업체에 대해서는 전사적으로 매월 품질/안전/환경 능력을 평가, 관리하여 반기별 시공/기술 능력을 종합한 후 그 결과에



〈그림 2〉 품질 보증 프로그램

의거 우수 업체, 일반 업체, 부적격 업체로 분류하여 관리하고 있다.

당현장 자체적으로는 업체 등록 3개월 이내 현장 품질팀에서 품질 능력 평가 후, 정기 품질 보증 감사를 실시하여 협력 업체 품질 관리 능력을 향상시켜 왔다.

다. 자재 구매 및 관리

본 공사 수행에 필요한 각종 자재 구매를 위한 공급 업체 선정은 품질 팀에서 업체 실사, 인증서 보유 (KEPIC, ASME, 발주자 자격 인증) 및 이력 평가(납품 실적, 품질 기록)등을 종합적으로 평가하여 제품의 품질을 보증할 수 있는 업체를 선정하였으며, 승인 공급자 목록 (Approved Vender List : AVL) 에 등록 관리하고 있다.

구매 주문서(PO)발행 전 자재 구매 계획에 따라 기술 시방서 및 Code 요건이 충분히 반영된 구매 의뢰서(POR)와 구매 주문서(PS)를 작성하여, 품질팀 및 발주처의 사전 검토/승인을 득하여 인정한 공급 업체에 발주하였고, 인수 및 공장 검사를 통하여 구매 제품의 건전성을 확인하였다.

라. 유자격 품질 요원 확보 및 투입

본 공사의 중요성을 감안하여 품질 보증/검사 업무에 충분한 경험과 능력을 가진 원자력 분야 경력 10년 이상된 유자격 요원을 확보하여 일정한 교육과 시험을 통하여 자격이 부여된 선임 감사자, 고급 검사원(LevelⅢ 또는 II)들을 자재 발주 단계에서부터 최종 시험시까지 투입함으로써 품질 업무의 질을 높여 왔으며, 검사 오류를 방지하였다.

리. 작업자 교육/훈련/시험/자격 인정

본 공사에 투입될 기능 인력(측량사, 용접사, 비파괴 시험원, 도장사, 피클링공, 콘크리트 타설, 보수 및 시험원, 케이블 단말처리공 등)은 사전 기능 숙련도 검증을 통한 자격 인정 시험을 실시 한 후 합격된 자에 한하여 해당 절차서 및 작업 시 주의 사항 등에 대한 사전 현장 적응 교육을 실시하여 작업을 수행토록 하였다.

바. 작업 절차서(WPP/QCI) 및 용접 절차 시방서(WPS) 개발

당 현장에서는 작업 착수 전 전 공정에 대한 작업 절차서(WPP/QC I) 총134건, 용접 절차 시방서 총

20건을 개발하여 발주처의 검토/승인을 받아 현장 시공 업무에 적용하고 있다.

사. 검사 및 측정 장비 교정 관리

검사 및 측정 장비의 오작동에 의한 잘못된 결과를 예방하고자 당 현장에서는 모든 검사 및 측정 장비에 대하여 전체 교정 장비 목록과 교정 일정표 및 기기별 교정 기록 카드를 작성하여 교정 일정, 불출, 반납 등 장비 사용 이력을 철저히 관리하였으며, 이를 통하여 오작동 장비에 의한 시공 및 검사 역무 수행 가능성을 사전에 차단 하였다.

아. 현장 용접 품질 확보 목표

용접 품질이 본 설비에 미치는 영향이 매우 크므로 당 현장에서 용접 불량률(RT) 목표를 3%로 설정하여 철저히 관리한 결과 현재 1.7%로 양호하게 관리되고 있다.

월성 원전 삼중수소 제거 설비 현장의 다짐

(주)대우건설 월성 원전 삼중수소 제거 설비 현장소장 이하 전 직원은 월성원전 1·2·3·4호기 운전의 신뢰성과 발전소 운전원, 정비 업무 종사자 및 지역 주민들의 안전을 보장할 수 있는 본 설비를 품질 무결점의 완벽 시공을 통해 성공적인 준공을 할 수 있도록 최선의 노력을 다하겠다.