



신고리1, 2호기 재가동의 의의와 경위 및 향후 계획

도 정 열

한국수력원자력(주) 신고리제1발전소 소장



아주대 화학공학과 졸업
한국과학기술원 원자력공학 석사

한수원(주)고리 제2발전소 운영실장
신고리 제1발전소 기술실장
신고리 제1발전소장

갑 오년 벽두, 1월 4일과 11일, 신고리1, 2호기가 각각 발전을 재 개했다. 신고리1호기는 지난해 4월 8일 계획예방정비를 착수 한 지 272일, 신고리2호기는 정부 명령에 따라 지난해 5월 29일 가동 을 중지한 이후 228일 만이다.

제어케이블 시험성적서 위조와 관련하여 정부의 해당 원전 가동 중 지 결정 당시, 신고리1호기는 35일간의 계획예방정비를 모두 마치고 발전 재개를 준비하고 있었으며, 신고리2호기는 52일 동안의 제1차 계획예방정비를 착수하기 위해 주기 말 운전 중에 있었다.

신고리1, 2호기 현황

신고리1, 2호기는 부산광역시 기장군 장안읍 효암리 및 울산광역 시 울주군 서생면 신암리의 현재 고리원자력본부 인접 부지에 위치한 1,000MW 급 국내 최초 개선형 한국표준원전(OPR1000)이다.

2000년 1월 정부의 '제5차 장기전력수급계획'에 따라 2005년 본관 기초 굴착 공사를 착수하여 신고리1호기는 2011년 2월 28일, 2호기는 2012년 7월 20일 국내 21번째와 22번째 가동 원전으로 상업 운전을 개 시했다.

신고리1, 2호기는 한국표준형원전을 참조 발전소로 그동안 쌓아온 원전의 설계, 건설 및 운영 경험을 토대로 일체형 원자로 상부 구조물, 복합 건물 채용 등 97개 개선 사항을 반영하여 안전성과 경제성을 향 상시켰을 뿐만 아니라, 원전 종사자의 운전 편의성과 방사선 피폭 저 감을 도모하였다.

신고리1, 2호기는 2011년과 2012년 각각 상업 운전을 개시한 이래, 두 개 호기 모두 가동 첫 해 한 주기 동안 단 한 번의 정지도 없이 안정 되게 운전되었다. 또한 2011년 3월, 일본 후쿠시마 원전 사고 이후 정 부의 합동 안전 점검을 통하여 최악의 상황을 고려하여 도출된 6개 분



재가동에 들어간 1,000 MW급 국내 최초 개선형 한국표준원전(OPR1000)신고리 1, 2호기 전경. 신고리 1, 2호기는 케이블 교체 작업과 성능 시험 중에 인근 지역 주민을 초청하여 설명회를 열고 케이블 교체 현장을 직접 참관하게 하여 국민적 관심사였던 제어케이블 교체 작업의 투명성을 제고하고 지역 사회로부터 이해와 신뢰를 얻었다.

야 45개 장단기 개선 사항을 호기별 계획에방정비 기간을 통하여 충실히 이행하고 있고, 2015년 말까지 전체 사업을 완료할 예정이다.

제어케이블 교체

원자력안전위원회는 2013년 5월 28일 보도자료를 통해 신고리1,2 호기와 신월성1, 2호기의 안전 등급 제어케이블의 시험성적서가 일부 위조되었으며, 원본 시험성적서 분석 결과 시험에 실패한 것으로 확인되었다고 발표했다.

국내 시험 기관이 제어케이블 시험의 일부를 해외 시험 기관에 의뢰하였고, 시험 결과가 요구 기준을 만족하지 못하자 해외 시험 기관에서 발행한 시험 그래프를 수정하는 등 국내 시험 기관이 시험성적서를 위조한 것이었다.

원자력안전위원회는 신고리 1, 2호기에 설치된 제어케이블에 대한 안전성 분석 결과, 원전 사고 발생 시에 제어케이블의 성능이 확보될 수 없다고 평가하고 기존

에 설치된 제어케이블을 교체토록 하였다.

교체 대상 제어 케이블은 국내 전선 제작사인 OO 전선에서 공급한 것으로 호기당 90가닥, 길이로는 약 6km였다. 이들 케이블은 원자로 건물 내에 설치된 밸브 중에서 68개를 제어하거나 작동된 밸브의 동작정도 신호를 주제어실로 전송하는 데 사용되는 것이다.

기존 케이블의 철거 작업은 교체 대상 케이블들이 도면과 일치하는지 확인하고 개별 케이블 끝단에 인식표를 부착하는 것으로부터 시작됐다. 제어케이블은 전용 전선관과 방화 밀폐체로 채워진 전선 접속구 안에 설치되어 있어서 작업 시 근접한 케이블에 영향을 줄 수 있으므로 숙련되고 세심한 작업이 필요하다.

신규 케이블은 '95년도에 한울3, 4호기에 공급하여 설치한 케이블과 동등한 기술 요건으로 국내 다른 전선 제작 회사인 △△전선에서 새로 제작한 케이블로 IEEE-323에 따라 기검증된 케이블과 비교하여 사용 환경 조건이 동등하고 케이블의 동등성이 입증되어 추가 검증 없이 사용이 가능하였으나, LOCA 환경 시험을 추가로 수행하였다.

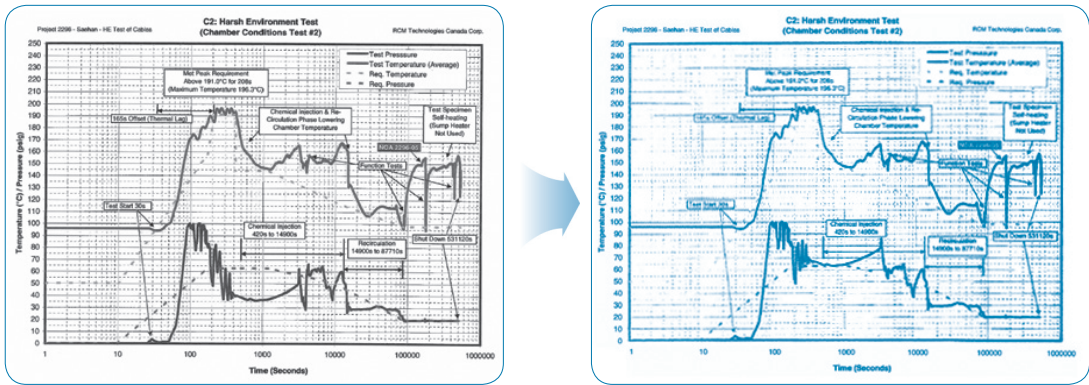


<표 1> 선행 호기 대비 신고리1, 2호기 설계 변경 10대 항목

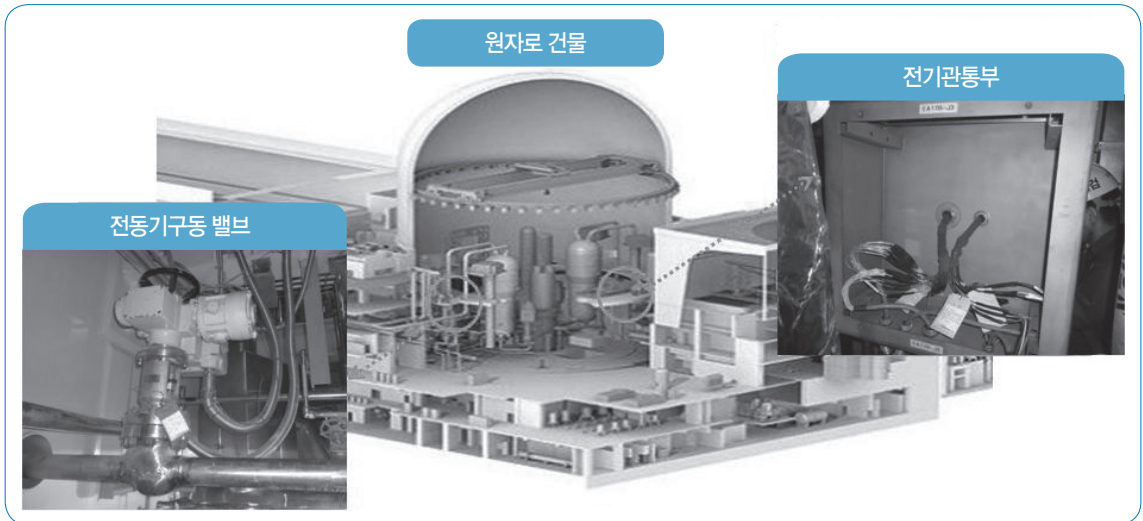
번호	항목	울진5, 6호기	신고리1, 2호기
1	복합건물 운영	· 복합건물 없음	· 2개호기 SAB, ACB 및 RWB 건물 총 5개 동을 1개 복합건물 통합 배치
2	주급수 펌프 형식 변경	· 터빈 구동 2대, 모터 구동 1대 · 정상 운전 시 2대 운전 · 2대 운전 중 1대 정지 시 1대로 65% 급수 공급	· 터빈 구동 3대 · 정상 운전 시 3대 운전 · 3대 운전 중 1대 정지 시 2대로 100% 급수 공급
3	옥외 변전소 설비 이원화	· 345 KV옥외 개폐소에서 대기 보조 변압기, 소내용 변압기에 전원 공급	· 154 KV옥외 개폐소와 765KV옥외 개폐소로 이원화
4	발전소 감시 경보 계통(PMAS) 국산화	· PMS와 PAS를 분리 설계 · PMS는 NSSS에서 공급 · PAS는 BOP에서 공급	· PCS, PDAS 및 PAS를 통합하여 PMAS로 국산화 설계
5	일체형 원자로상 부구조물(IHA) 설계	· 원자로 상부 구조물(HACT)과 상부 덕트 분리 운영	· 원자로 상부 구조물(HACT)과 상부 덕트 일체형
6	터빈 제어 및 발전기 여자 시스템 개선	· 터빈 제어 : MARK V · 여자 시스템 : EX2000	· 터빈 제어 : MARK VI · 여자 시스템 : EX2100
7	보조 급수 계통 최적화	· 보조 급수 계통 독립 구성 · 계열당 100%용량의 전동기 구동 및 터빈 구동 펌프 각 1대	· 계열간 교차 연결 배관 설치 · 계열당 50%용량의 전동기 구동 및 터빈구동 펌프 각 1대
8	1차 기기 냉각수 계통 최적화	· 양계열 독립 구성 및 계열별 열부하 분리 · 정상 및 사고 시 펌프 1대/계열, 정지 냉각시 2대/계열	· 사고 시 양계열 독립 구성, 정상 운전 시 공통 루프 구성 · 정상 시 펌프 1대, 사고 시 1대/계열, 정지 냉각시 1대 또는 2대/계열
9	순환수 계통 설계 개선	· 순환수 펌프 : 16.7% X 6대 · 순환수 공통 모관 미설치 · 해수 방출 : 표층 배수	· 순환수 펌프 : 25% X 4대 · 순환수 공통 모관 설치 · 해수 방출 : 심층 배수
10	액체 폐기물 계통 개선	· 원심분리기 및 정화 설비	· 원심분리기 제거 및 역삼투압 설비와 정화 설비 단일 패키징화 구성

<표 2> 후쿠시마 후속 조치 현황

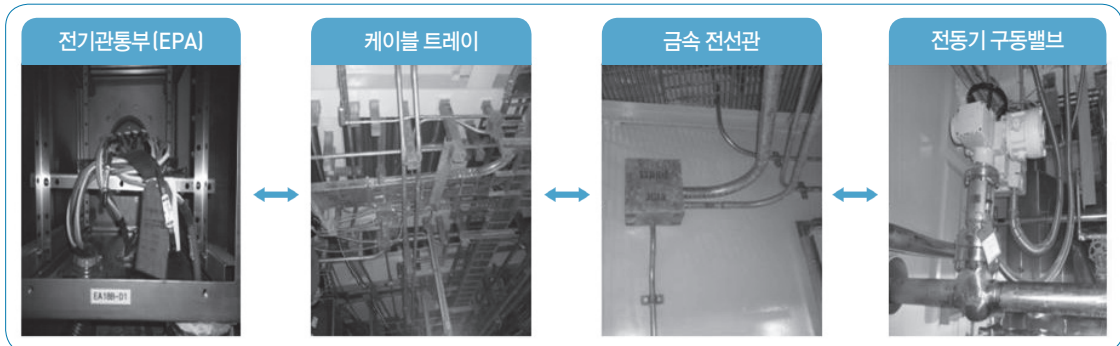
분야	개선 사항	분야	개선 사항
지진에 의한 구조물 안전성	5건	중대사고 대응	10건
해일에 의한 구조물 안전성	3건	비상 대응 및 비상 진료 체계	10건
침수 발생 시 전력, 냉각 계통	11건	고리 1호기 및 장기 가동 원전	6건



〈그림 1〉 해외 시험 기관의 시험성적서 위조 내용



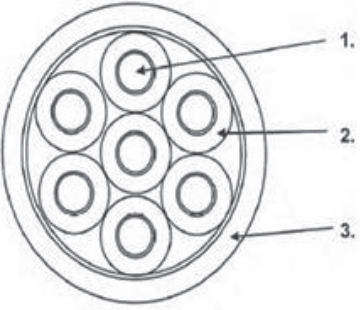
〈그림 2〉 원자로건물 내 제어케이블 전기 관통부 및 전동기구동 밸브



〈그림 3〉 원자로건물 내 제어케이블 포설 경로



〈표 3〉 신고리 1, 2호기 Typical 제어케이블 제원

	구분	구조	제원
	1	도체 수	7
		도체 재질	Tinned Copper
		도체 치수	14 AWG
2	절연체 재질	FR - EPR	
	절연체 두께	30 mils	
3	자켓 재질	FR - CSP	
	자켓 두께	60 mils	

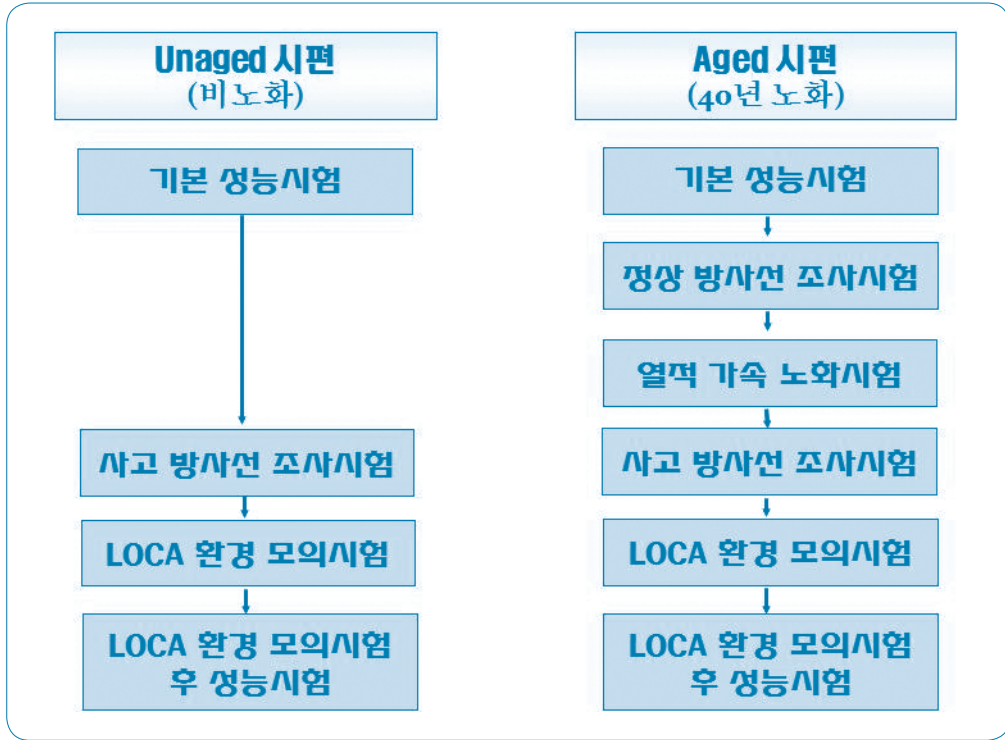


〈그림 4〉 제어케이블 교체 프로세스 흐름도

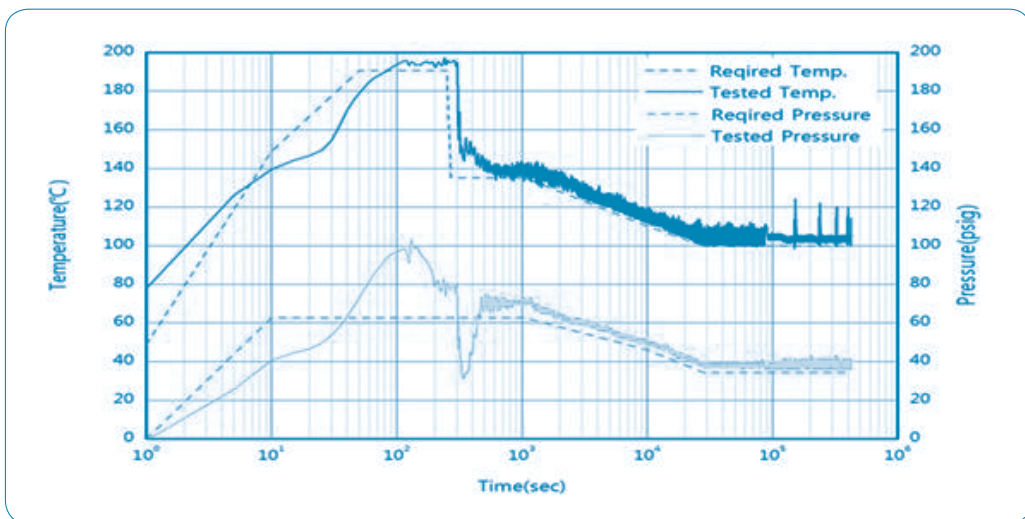
LOCA(냉각재 상실 사고) 환경 시험은 케이블이 정상 및 사고 후 운전 환경(방사선, 열, 압력)에서 설계 수명 기간(40년)동안 정해진 기능을 발휘할 수 있는지를 시험하는 것으로 규제기준 IEEE 383-1974에 명시된 대로 시행하였으며, '95년도에 Wyle에서 수행한 내환경 시험 결과의 타당성을 재확인하기 위한 시험으로서 승인된 절차에 따라 감사원의 입회하에서 진행되었고 시험 성능을 만족함을 확인하였다.

기기 검증 시험을 하기 위해서는 시험에 필요한 노화 시편(Aged Sample)을 제작하는데, 이때 40년 수명 동안 받을 것으로 예상되는 방사선과 열량은 에너지와 온도를 가하는 공학적인 계산에 따라 40년 분량만큼 가해 노화 또는 경화를 시킨다.

케이블 교체 작업과 성능 시험 중에는 인근 지역 주민을 초청하여 설명회를 열고 케이블 교체 현장을 직접 참관하게 하여 국민적 관심사였던 제어케이블 교체



〈그림 5〉 냉각재 상실 사고(LOCA)환경 시험 순서



〈그림 6〉 40년 노화 시편 내환경 검증 시험 결과-압력/온도 프로파일



〈표 4〉 제어케이블 냉각재 상실 사고(LOCA)시험 내용

순번	시험 내용	제한 조건
1	케이블 시편 준비	≥ 3.05m
2	기본 절연 저항 측정 시험	≥ 1MΩ
3	정상 방사선 조사(40시간) 후 절연 저항 측정 · 누적 방사선량 : 40Mrad, 조사율 : 1Mrad/hr 미만	≥ 1MΩ
4	열적가속 노화(326시간) 후 절연 저항 측정	≥ 1MΩ
5	사고 방사선 조사(200시간) 후 절연 저항 측정 · 누적 방사선량 : 176Mrad, 조사율 : 1Mrad/hr 미만	≥ 1MΩ
6	LOCA환경 모의시험(5일) 중 절연 저항 측정 · 원자로건물 내 LOCA 및 MSLB 조건	≥ 1MΩ
7	LOCA환경 모의시험 후 절연 저항 측정, 굽힘 시험 및 침수내전압 시험	≥ 1MΩ
		육안 검사
8	시험 종료 후 최종 검사	육안 검사

작업의 투명성을 제고하고 지역 사회로부터 이해와 신뢰를 얻을 수 있었다.

재가동의 의의와 향후 계획

신고리1, 2호기와 동일한 사유로 가동이 중단되었던 신월성1호기가 같은 기간에 재가동되면서 국가적인 전력 공급 상황이 한층 여유로워질 것으로 보인다.

신고리1, 2호기를 포함한 원전 3기가 전출력으로 운전되면서 전력 공급 능력은 8,400만kW 안팎 수준으로, 그에 따른 예비력은 1,000만kW대를 유지, 안정화되었다.

제어케이블 교체로 대변되는 원전 부품의 시험성적서 위조와 그 후속 조치를 이행하면서 한수원을 포함한 국내 원전 산업계는 지난 30여년 동안 값싸고 안

정된 전력 공급으로 오늘날 우리 경제가 비약적으로 성장하는 데 중추적인 역할을 해온 원자력 발전 전반에 대한 불신과 의혹뿐 아니라 신고리1, 2호기와 신월성1호기의 가동 중단, 신고리3, 4호기의 건설 공정의 지연으로 인한 엄청난 경제적 손실도 야기하였다.

세계 유수의 회사와 경쟁하여 UAE에 원전을 수출했던 국내 원전 산업계의 위상과 자부심을 되찾기 위해서는 급변의 제어케이블 시험성적서 위조 관련 일련의 조치에 대한 철저한 반성과 근본적인 체질 개선을 통한 지속적인 혁신이 필요하다.

그런 의미에서 올해는 국내 원전 산업계가 잃어버린 자부심을 되찾을(Pride Again)수 있도록 ‘해현장강(解絃更張)’의 마음가짐으로 목전의 성과와 결과보다는 엄격한 절차와 프로세스에 충실하려는 노력을 가일층 배가해야 할 것이다. 