

# 고리 1호기 계속운전 추진 현황

정성두 | 한수원 정비기획처 고리1PM 과장

## 요약

고리 1호기는 한국에서 최초로 규제 기관에 계속운전을 신청한 원전이다. 2007년 6월에 설계 수명 기간 만료가 되는 고리 1호기는 규제 기관으로부터 계속운전(Continued Operation)에 대한 안전성 심사를 받고 있다.

한수원은 고리 1호기 계속운전 승인을 금년 12월에 받기 위해 최선을 다하고 있으며 지역 주민의 사회적 수용성 확보를 위해 노력 중이다.

고리 1호기의 계속운전 기간 동안 안전성을 평가하고 정리한 안전성평가보고서를 한수원은 2006년 6월에 정부에 제출하였다.

고리 1호기는 웨스팅하우스의 2루프 가압경수로이다. 이와 동일한 원전인 일본의 미하마 1,2호기와 겐카이1호기가 계속운전중이며, 미국의 기네이와 포인트 비치 1,2호기가 계속운전 승인을 받았다.

제출한 안전성평가보고서에 대해 한국원자력안전기술원이 심사중이며, 해외 원전과 같이 계속운전을 할 수 있을 것으로 예상하고 있다.

또한 계속운전을 위한 사회적 수용성(Public Acceptance) 확보는 설비의 철저한 안전성 확보 및 지역 주민의 공감대 형성을 통해서 이루어질 것이다.

설계 수명 이후 원자력발전소를 계속 운전하는 것은 이미 선진국에서 시행되고 있다. 2007년 3월 기준

으로 미국에서 48기가 운영 허가 갱신 승인을 받았고, 영국은 8기, 일본은 12기가 계속운전중이다.

고리 1호기 성능 지표를 개선시키기 위해서 한수원은 증기발생기, 저압 터빈, 원자로 냉각재 펌프 내장품, 주변압기, 주발전기 등을 교체하였으며, 수명관리 연구, 주기적안전성 평가, 환경 영향 평가를 수행하였다.

2005년 9월에는 미국의 운영 허가 갱신 제도를 참조하여 원자력법이 개정되었다.

이에 한수원은 개정된 원자력법에 맞추어 주기적 안전성평가, 주요 기기에 대한 수명 평가 및 방사능 환경 영향평가를 하였다. 이 세가지 보고서들로 구성된 안전성평가보고서를 2006년 6월에 규제 기관에 제출하였다.

계속운전은 한국을 비롯하여 부존 자원이 부족한 국가들에게는 에너지 자원의 효율적 활용 및 온실 가스 배출을 고려할 때 반드시 필요한 것이다.

## 소개

고리 1호기 운전 이력은 아래와 같다.

- 1971. 11. 15 : 착공
- 1977. 6. 19 : 임계
- 1978. 4. 29 : 상업 운전
- 2004. 7. 1 : 누적 발전량 1천억 kWh 달성

<표 1> 고리 1호기와 유사한 미국 원전

구 분	Point Beach	Robert E. Ginna	Kewaunee	Prairie Island
노 형	WH PWR 2Loop 517MW/unit	WH PWR 2Loop 535MW,	WH PWR 2Loop 517MW	WH PWR 2Loop 517MW/unit
상업 운전	1호기 : 1970. 12 2호기 : 1973. 3	1970. 6	'74. 6	1호기 : 1973. 12 2호기 : 1974. 12
LR 신청 /승인	2005. 12. 승인	2004. 3. 승인	신청서 준비중 (2008. 4. 신청 예정)	신청서 준비중 (2008. 4. 신청 예정)

※ LR : License Renewal

계속운전이란 설계 수명에 도달한 원전에 대해 계속운전 기술기준에 따라 안전성을 평가하여 만족할 경우 운전을 계속하는 것을 말한다.

한국에서 고리 1호기와 월성 1,2,3,4호기의 경우만 설계 수명이 30년이고 다른 원자력발전소의 설계 수명은 40년이다.

설계 수명은 원전 설계시 설정한 기간으로서 원전의 안전성과 성능 기준을 만족하면서 운전이 가능한 최소한의 기한이다.

한수원은 개정된 원자력법에 따라 고리 1호기의 계속운전을 준비하였고 성공적인 계속운전을 위하여 다음 사항들을 완료했거나 진행 중이다. 위에서 언급했던 바와 같이 계속운전 안전성 평가를 수행하였다

첫 번째, 주기적 안전성 평가에서 도출된 안전성 증진 사항을 조치 중이다.

방사성폐기물 관리를 포함한 29건의 안전성 증진 사항을 완료하였고 나머지 안전성 증진 사항을 조치 중이다.

운전 경험, 연구 결과, 해외 정보 등을 고려하여 고리 1호기의 설비 개선을 하고 있다. 공기 조화 계통 및 주주기 안전 밸브 교체 등 설비 개선 50개 항목을 개선하고 있다.

TMI와 체르노빌 사고 이후, 원자력발전소에 대한 사회적수용성을 확보하는 것이 원자력 정책에 있어 중요한 관건이 되었다.

TMI와 체르노빌 사고로 많은 사람들이 원자력발전소의 안전성을 염려하게 되었으며 이에 따라 국민들의 공감대 형성이 매우 중요하게 되었다.

원활한 사회적 수용성 확보를 위해서 “첫째, 고리 1호기 계속운전은 안전성 확보를 전제로 함을 설명한

다. 둘째, 고리 1호기의 계속운전이 지역 사회에 기여하고 있는 이점을 홍보한다.”는 계획을 수립하여 추진하고 있다.

한국의 가압경수로 계속운전 안전성 평가 심사 지침은 미국의 운영 허가 갱신 제도에 기초하고 있으며 한수원은 고리 1호기와 유사한 미국 원전의 인허가 갱신 신청서를 참조하였다.

### 관련 법규

계속운전 관련 원자력법은 미국의 운영 허가 갱신 제도를 참조하여 개정되었다. 주요 내용은 아래와 같다.

- 1) 설계 수명 만료일 이후 사업자가 계속하여 운전을 하고자 할 때에는 설계 수명 만료일 5년 내지 2년 이전에 주기적안전성평가보고서를 제출하여야 한다.
- 2) 제출받은 주기적안전성평가보고서는 18개월 이내에 규제 기관이 심사하고 그 결과를 신청자에게 통보한다.
- 3) 계속운전을 위한 주기적안전성평가는 10년마다 이루어져야 한다.

### 주요 이력

고리 1호기 계속운전 관련 주요 이력은 아래와 같다.

- 2001. 6 : 고리 1호기 수명 관리 연구 완료
- 2001. 7 : 고리 1호기 계속운전 추진 회사 방침 확정
- 2002. 11 : 고리 1호기 1차 PSR 수행
- 2005. 3 : 고리 1호기 계속운전 인허가 계획 준비
- 2005. 9 : 계속운전 관련 원자력법 시행령 제정 · 공포
- 2006. 9 : 계속운전 안전성 평가보고서 작성 (~2007. 5)
- 2006. 6 : 고리 1호기 계속운전 안전성평가보고서 제출

**1. 수명 관리 연구**  
(PLiM, Plant Life Management Study)

수명 관리 연구 I의 수행 목적은 1993년 11월부터 1996년 11월까지 기술적, 경제적 그리고 인허가 면에서 고리 1호기 계속운전 타당성을 평가하고 최적의 경제 수명을 고려하여 적절하게 발전소 수명 관리를 하는 것이다.

그 결과 설계 수명 이후 20년 이상을 운전하는 것이 기술적으로 가능하고 경제적으로도 상당히 타당성이 있다는 결과가 나왔다.

수명 관리 연구 II의 수행 목적은 1998년 7월부터 2001년 6월까지 경년 열화된 기기 및 부품의 수명평가 기술, 방법, 모니터링을 위한 것이고 이를 통하여 고리 1호기 계속운전을 위한 경년 열화 관리프로그램을 개발하였다.

시스템, 구조, 부품의 효율적인 경년 열화 관리 프로그램은 수명 평가 결과와 국내외 운전 경험을 통해 도출되었다.

**2. 확률론적 안전성 평가**  
(PSA, Probabilistic Safety Assessment)

PSA는 1999년부터 2002년까지 수행되었다. PSA의 주요 목적은 원전 중대사를 가정하여 고리 1호기의 안전성 수준을 평가하며 취약 지점의 중대 사고의 예방과 완화를 위함이다.

**3. 주기적 안전성 평가**  
(PSR, Periodic Safety Review)

고리 1호기 1차 PSR은 2000년 5월에서 2002년 11월까지 수행되었다.

고리 1호기는 한국에서 가장 오래된 상업용 원전이지만 관리가 잘되었고 증기발생기 및 제어 시스템을 교체하는 등 TMI 후속 조치를 수행하여 계속적으로 안전성을 향상시켰다.

다음 주기적 안전성 평가까지 고리 1호기가 안전하게 운전될 것

이라는 것이 확인되었으나 내환경 검증(EQ), 경년 열화 관리 프로그램(AMP) 등 안전성증진 사항이 나왔다.

고리 1호기 PSR 결과는 아래와 같다

- 1) 고리 1호기는 현재 운영 허가 기준에 적합하게 운전되고 있음이 확인되었다.
- 2) 운전 경험, 연구 결과 및 최신 기술 기준에 의해 40건의 안전성 증진 사항을 도출하였다.

**계속운전 인허가 서류**

설계수명 전후의 PSR을 비교해보면 <표 2>와 같다.

**1. 계속운전 안전성 평가**

1) 주기적 안전성 평가

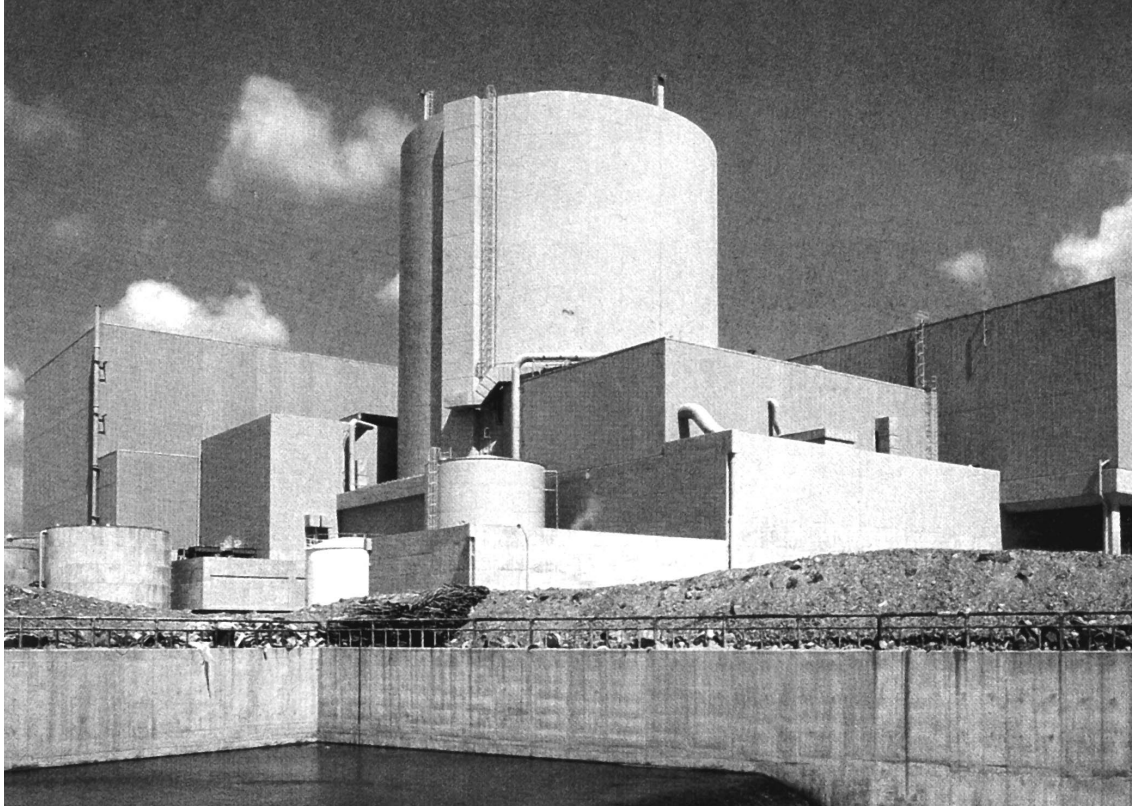
계속 운전을 위한 PSR은 2005년 6월부터 수행되었다. IAEA 가이드라인에 의하면 고리 1호기는 안전 기준을 만족하고 다음 PSR까지 적절한 조치를 통해 안전성이 유지될 것이다.

PSR의 11개 인자는 아래와 같다.

- 1. 원자로 시설의 평가 당시의 물리적 상태에 관한 사항
- 2. 안전성 분석에 관한 사항
- 3. 기기 검증에 관한 사항
- 4. 경년 열화에 관한 사항
- 5. 안전 성능에 관한 사항
- 6. 원자력발전소 운전 경험 및 연구 결과의 활용에 관한 사항
- 7. 운영 및 보수 등의 절차서에 관한 사항

<표 2> 설계 수명 전후의 PSR 비교

구 분	설계 수명 기간 만료 전	설계 수명 기간 만료 후
시스템	PSR	PSR+ $\alpha$
내용	○ 11개 분야 - 현재 상황, 안전 분석 등	○ 11개 분야 ○ 수명 평가 ○ 방사선 환경 영향 평가
기술기준	현행 FSAR	과기부고시 2005-31



고리 1호기

- 8. 조직 및 행정에 관한 사항
- 9. 안전 요소에 관한 사항
- 10. 비상 계획에 관한 사항
- 11. 환경 영향에 관한 사항

2) 주요 기기 수명 평가서

(LER, Lifetime Evaluation Review for Main SSCc)

한수원은 주요 기기 수명 평가를 수행하였다. 대상 기기 선정 평가, 경년 열화 관리 프로그램, 시간 제한 경년 열화 평가 및 운전 경험, 연구 결과 반영 필요 사항 등이 그 내용이다. 주요 기기 수명 평가는 안전성 평가보고서의 한 부분이다.

10년간의 계속운전을 위해 안전 관련 기기의 경년 열화 관리 체계를 확보함으로써 발전소를 안전하게 유지할 수 있음을 보여주는 것이다.

3) 방사선 환경 영향 평가서

(RER, Radiological Impact on the Environment Review)

방사선 환경 영향 평가서는 부지 특성의 변화, 부지 주변의 환경 변화, 방사성폐기물 처리 관련 계통의 주요 설계 변경, 계속운전으로 인한 주변 환경에의 영향, 환경 감시 계획으로 구성되며 안전성평가보고서의 한 부분이다.

2. 1차 PSR 안전성 증진 사항

한수원은 2002년 1차 PSR에서 도출된 안전성 증진 사항을 조치하여왔으며 주요 사항은 아래와 같다.

- 1) 내환경 검증(EQ, Environment Qualification)
  - 내환경 검증 (I)은 완료되었고 내환경 검증 (II)는 현재 진행중이다.

내환경 검증 (III)는 내환경 검증 문서를 생산하고 내환경 검증 평가서 등을 작성한다.

- 2) 내진 검증(SQ, Seismic Qualification)
  - 내진 검증은 내진 검증 기술 기준 정립 이전의 기술 기준을 적용하여 건설된 고리 1호기의 안전관련 기기에 대하여 내진 적합성을 평가하는 것이다.
- 3) 방화벽 관통구 성능 개선
  - 방화벽 관통구 현장 실사, 데이터 베이스 구축, 관통부 내화 성능 개선을 하고 있다.
- 4) 안전성 증진 경년 열화 관리 프로그램
  - 주요 기기 피로 감시 시스템, 볼트 경년 열화 관리 등을 수립하여 심사를 받고 있다.
- 5) 원자로 용기 중성자 조사 취화 평가
  - 가압 열충격 안전 여유도 분석 및 압력-온도 운전 제한 곡선을 작성하였다. 이 사항은 원자로가 계속운전 10년 동안 안전함을 입증한 것이다.

### 3. 설비 개선 및 기기 교체

고리 1호기의 안전성을 향상시키기 위하여, 한수원은 계속 기기와 설비를 관리해왔다.

1차 응력 부식 균열을 감소시키기 위해 증기발생기 재질을 Alloy 600에서 690 재질로 교체하였으며, 방사능 누출을 줄이기 위하여 저항 온도계 우회 배관이 제거되었고 안전성을 향상시키기 위하여 1997년에 저압터빈 블레이드를 교체하였다 또한 습분 분리 재열기가 1985년에 교체되었다.

게다가 2005년에 주발전기, 원자로 냉각재 펌프 내장품 등이 교체되었다. 2006년도에는 대체 교류 전원 디젤 발전기가 설치되었다.

계속운전 추진과 별도로, 한수원은 설비 개선을 통하여 고리 1호기의 안전성과 신뢰도를 향상시켰다. 공기조화 계통 개선, 주증기 안전 밸브 교체 등을 교체할 예정이며 주요 항목은 아래와 같다.

- 1) 공기 조화 계통 설비 개선 및 보강
  - 격납 용기 재순환팬, 여과 설비, 주제어반 공기 조화 설비 개선을 추진하고 있다.
- 2) 주제어반 개선
  - 주제어반 개선 조사가 수행되었으며 한수원은 주

제어반 설비 개선을 추진중이다.

### 계속운전을 위한 사회적 수용성(PA) 확보

한수원이 보고서를 제출할 때 지역 주민 동의는 법률상 필요하지 않으나 지역 주민의 계속운전 공감대 형성이 매우 중요하므로 사회적 수용성 확보를 위해 다음과 같이 추진하고 있다.

첫째 지역 언론사에 정확한 정보를 제공하여 계속운전의 이해와 필요성을 알린다. 또한 지역 언론사와의 우호적인 관계를 구축하며 사이버 모니터링 팀을 운영한다.

최종적으로 지역 주민과 지역 단체와 접촉하여 신뢰를 형성한다.

둘째 환경 그룹, 에너지 전문가 및 시민 단체로 토론회를 가져 계속운전의 안전성을 알린다.

셋째 지역 주민의 대표 기구를 통하여 주민의 의견 수렴을 하고 사회적 합의를 이끌어 낸다.

### 결론

현재 원자력발전소의 경제적 가치 및 신규 전원 부지 확보의 어려움으로 인하여 설계 수명 이후의 계속운전을 여러 국가들이 추진하고 있다.

안전성 향상을 위해 꾸준한 설비 개선과 직원의 교육을 통하여 고리 1호기는 현재 최상의 운전 상태를 유지하고 있다.

원자력발전소의 계속운전과 관련된 원자력법의 개정에 따라 한수원은 계속운전 기술 기준을 만족시키는 조치를 하였다.

계속운전 사회적 수용성 확보를 위해 한수원은 세미나, 설명회 등을 개최하며 계속운전의 장점과 정확한 정보를 제공하여 사회적 합의를 이끌어 낼 예정이다.

고리 1호기 계속운전은 한국에서 시도되는 최초의 프로젝트이고 원전의 방향을 결정하는 전환점이다.

고리 1호기가 30년 운전을 성공리에 마칠 수 있는 가장 큰 요인은 지역 주민의 관심과 사랑이라고 생각하며 우리 회사 모든 직원은 고리 지역 주민에게 감사드린다. 