

# 원전 계속운전의 안전성 확보

김 용 범 · 한국원자력안전기술원 안전총괄부, 장기운전심사PM

\_e-mail : ybkim@kins.re.kr

이 글에서는 원자력발전소를 계속운전 하고자 할 때 필요한 인허가 절차와 최근에 심사를 수행한 고리원전 1호기의 계속운전 안전성에 대한 심사내용과 심사결과를 소개하고자 한다.

## 계속운전 인허가 절차

원자력발전소에서 계속운전이란 개념은 발전소의 설계수명이 만료된 이후에 10년간 추가적으로 계속해서 운전하는 것을 말한다. 하지만 실제로 원자력발전소(이하 원전)는 설계수명 만료 후에 곧 바로 계속운전할 수 있는 것은 아니며, 설계수명 만료시점에서 여러 설비들이 노후화되어 있기 때문에 필수적으로 안전성 확인이 선행되어야 한다. 국내 원자력법에서는 이러한 안전성 확인과 관련한 인허가 절차와 기준 등이 잘 제시되어 있다.

원자력법에 따른 계속운전 인허가 절차를 간단히 소개하면, 그림 1과 같이 발전용원자로운영자인 한국수력원자력주식회사(이하

한수원)가 원전을 계속운전하고자 할 때에는 원전의 안전성을 입증하는 내용이 담겨있는 신청서류를 과학기술부(이하 과기부)에 제출하도록 되어 있다. 과기부는 이러한 신청서류를 토대로 원전의

안전성을 심사하게 되며, 전문적인 사항에 대해서는 안전규제 전문기관인 한국원자력안전기술원(이하 안전기술원)에 위탁 의뢰하여 안전성을 확인한다. 안전기술원은 안전규제 요건에 근거하여

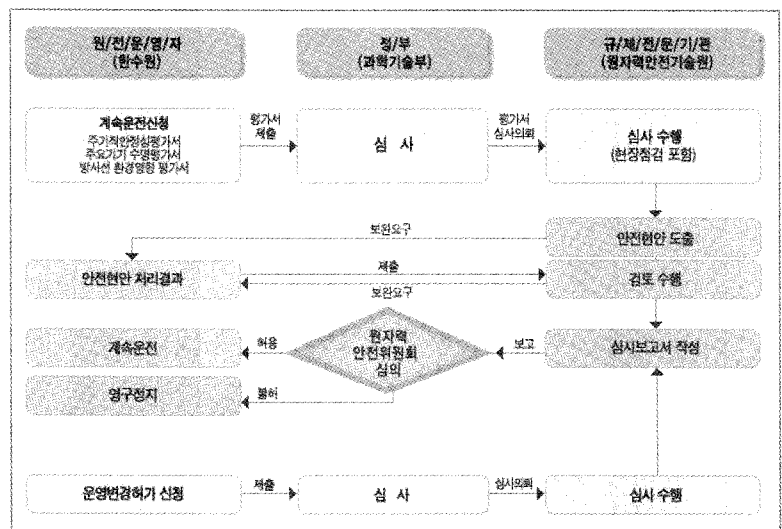


그림 1 계속운전 안전심사 절차도

원전의 안전성을 기술적으로 심도있게 확인하며, 그 결과를 과기부에 보고한다. 과기부는 안전기술원의 의견을 토대로 원전의 안전성에 대한 최종 입장을 결정하고 이를 한수원에 통보하는 것으로 계속운전 인허가 절차가 끝나게 된다.

계속운전 신청 시에 한수원은 계속운전 신청서류를 설계수명 만료일로부터 2~5년 이전에 과기부에 제출하도록 되어 있으며, 과기부는 신청서류 접수 후 18개월 이내에 심사를 하도록 되어 있다. 다만, 원자력법 시행령의 시행 당시('05. 9) 설계수명기간이 3년 이내에 만료되는 원전은 신청서류를 설계수명 만료일로부터 1년 이전에 제출이 가능하도록 되어 있으며 이 경우는 고리원전 1호기가 해당된다.

계속운전 신청서류에는 원전의 안전성을 한수원이 자체적으로 평가한 내용이 담겨있는 주기적 안전성평가보고서, 주요기기 수명평가보고서, 방사선환경영향 평가보고서가 포함되어야 한다. 여기서, 주기적안전성평가보고서는 10년 주기로 원자로시설의 물리적 상태, 안전성분석, 기기검증 등 11개의 평가분야에 대해 원전의 안전성을 평가한 내용이고, 주요기기 수명평가보고서는 계속운전 기간을 고려하여 원전의 주요 기기에 대해 수명을 평가한 내용이며, 방사선환경영향 평가보고서는 원전이 운영허가를 받은 이후

에 변화된 방사선환경의 영향을 평가한 내용으로 되어 있다.

안전성을 확인할 때 사용되는 기준으로는 원자력법과 과기부 고시 등의 안전규제 요건이 있으며, 이 요건은 이미 계속운전에 대한 규제경험이 있는 선진 외국 규제기관의 안전규제 요건들을 참조하여 수립되었다. 안전규제 요건은 유럽 국가에서 채택하고 있는 국제원자력기구(IAEA)의 규제요건과 미국의 규제요건의 주요 내용들을 모두 포괄하는 내용으로 되어 있고, 16개 평가분야의 112개 안전기준으로 구성되어 있어, 원전의 안전성을 충분히 보수적으로 확인할 수 있는 엄격한 기준으로 인식되고 있다.

### 고리원전1호기 계속운전 안전성에 대한 심사개요

과기부는 '06년 6월 16일에 한수원으로부터 고리원전1호기 계속운전·신청서류를 접수한 후 고리원전1호기가 설계수명 만료일로부터 10년 후까지의 기간 동안 계속운전이 가능한지 확인하기 위하여 안전기술원에 안전심사를 위탁 의뢰하였다. 이에 따라 안전기술원은 심사방향을 엄격한 안전기준에 따라 철저한 서류심사 및 현장점검을 통해 안전성을 확인하는 것으로 설정하고 심사에 착수하였다.

고리원전1호기 계속운전에 대한 안전심사는 안전기술원의 전

문인력 100여 명이 18개월 동안 수행하였고, 16개 평가분야의 112개 안전기준에 따라 계속운전 신청서류를 검토하면서 한수원과 3회에 걸쳐 1,000여 건의 서면 심사질의·답변을 주고 받았으며, 원전 주요설비의 설치상태 및 성능, 경년열화 관리계획의 구비 등 현장의 계속운전 준비상태를 확인하기 위해 수시로 현장점검도 실시하였다.

신청서류에 대한 심사 주안점으로서, 주기적안전성평가보고서에 대해서는 11개 평가분야에 대한 안전성 평가내용이 관련 요건을 만족하는지와 1차 주기적안전성평가시('04년) 도출되었던 40개 안전성증진사항이 모두 적절히 이행되었는지 확인하였다. 주요기기 수명평가보고서에 대해서는 ① 경년열화관리 대상이 되는 계통, 기기, 구조물의 범위와 항목이 빠짐없이 적절히 선정되었는지 확인, ② 경년열화 관리계획이 원자로의 설계 및 운전특성과 최신 운전경험 및 연구결과 등을 고려하여 적절히 수립되었는지 확인, ③ 계속운전을 위한 수명평가 대상이 적절히 선정되고, 수명평가 시 경년열화 영향, 시간제한 가정, 안전성 관련사항 등이 적절히 고려되었는지 확인하였다. 그리고 방사선환경영향 평가보고서에 대해서는 원전의 운영허가 이후 변화된 부지특성 변화, 부지 주변 환경변화, 방사성폐기물처리 관련계통의 주요 설계변경사항,

계속운전으로 인한 환경영향, 환경감시계획 등을 충분히 고려하여 방사선환경영향을 평가하였는지 확인하였다.

이번 계속운전에 대한 안전심사는 국내 처음으로 수행되는 것이기 때문에 계속운전에 대한 심사 경험이 풍부한 미국, 일본 등 선진 외국 규제기관과의 긴밀한 규제기술 교류를 통해 주요 현안사항에 대한 해결방안 및 최근의 기술동향을 파악하는 등 심사의 품질을 제고하는 노력도 병행하였다.

또한, 공신력있는 국제원자력기구(IAEA)의 전문가 7명을 초청하여 기계, 전기 및 계측, 구조물, 방사선환경영향평가 분야 등 6개 전문분야에 대해 2주간에 걸쳐

공동으로 고리원전 1호기 계속운전의 안전성을 확인함으로써 안전심사의 전문성과 공정성을 제고하였다.(그림 2 참조)

### 고리원전1호기 계속운전 안전성에 대한 심사결과

고리원전1호기 계속운전 신청서류 검토 및 현장점검을 통해 안전성을 확인한 결과, 주기적안전성평가보고서에 대해서는 ① 원자로시설의 물리적 상태, 안전성 분석, 기기검증 등 11개 평가분야를 고려하여 수행된 주기적안전성평가 내용 및 결과가 원자력법령 및 기술기준에 적합하여 안전성이 확보되어 있고, ② 1차

주기적안전성평가 시 도출되었던 40개 안전성증진사항이 모두 적절히 이행되었으며, ③ 1차 주기적안전성평가 시와는 다르게 이번에는 국외 운전경험인 화재방호, 원자로용기 가압열충격 등 미국의 소급규정 관련 5개 항목과 기기의 동적 및 내진검증 등 안전성 증진관련 3개 항목을 추가로 수행하여 국내·외 최신요건을 적절히 반영한 것으로 평가되었다.

주요기기수명평가보고서에 대해서는 ① 경년열화 관리대상이 되는 기기 및 구조물이 빠짐없이 적절히 선정되었으며, ② 경년열화 관리계획이 적용범위, 예방조치, 감시 및 검사변수, 경년열화 탐지 등의 과기부 고시에서 요구



고리1호기 계속운전 안전성의 공동 확인을 위해 방문한 IAEA 전문가단

하는 항목 및 내용으로 적합하게 수립되어 있고, ③ 계속운전을 위한 수명평가 대상이 안전과 관련된 기기들로 적절히 선정되고, 수명평가 시 경년열화 영향, 시간제한 가정, 안전성 관련사항 등이 적절히 고려되어 수행되었으며, ④ 국내·외 운전경험 및 연구결과를 반영하여 안전성을 증진시킨 것으로 평가되었다.

특히, 계속운전 여부를 판단하는데 있어 가장 핵심적인 기기로 볼 수 있는 원자로용기의 경우, 핵분열 시 발생하는 중성자의 조사로 인해 재질 특성이 변하기 때문에, 원자로용기의 최대흡수에너지, 가압열충격 특성 등을 평가해서 건전성을 확인하였다. 원자로용기의 최대흡수에너지 특성과 관련하여 한수원은 과기부 고시 제 2005-03호에 따라 계속운전 목표시점인 40년에 상당하는 중성자 조사량을 가진 원자로 용기 내의 시편을 사용한 파괴인성시험을 수행하였으며, 파괴인성시험결과, 계속운전기간에도 최대흡수에너지 저하로 인한 원자로용기의 파손 가능성은 없는 것으로 확인되었다. 또한, 원자로용기의 가압열충격 특성과 관련하여, 한수원은 미국에서도 인정되고 있는 최신의 해석방법인 Master Curve 방법을 이용하여 계속운전 목표시점인 40년에서 원자로용기의 가압열충격 기준온도가 127°C(260°F)인 것으로 평가하였으며, 이 값은 허용기준(149°C 또는 300°F 이하)

을 만족하므로 원자로용기는 계속운전기간에도 가압열충격사고에 대해 건전성을 확보할 수 있을 것으로 확인되었다.

방사선환경영향평가보고서에 대해서는 인구현황과 환경방사선 현황, 방사성물질의 확산특성 등 환경의 현황과 발전소 현황이 과기부 고시에서 요구하는 기준에 따라 적절히 제시되어 있으며, 계속운전으로 인해 원전 주변 주민 및 환경에 미치는 방사선 영향평가 결과가 관련 기준을 만족하는 것으로 확인되었다. 또한, 가상사고로 인한 방사능 누출량과 주민의 피폭선량이 적합한 방법으로 평가되었으며, 피폭선량 값이 허용기준보다 매우 작은 값을 확인하였고, 환경감시계획도 계속운전에 대비하여 환경 방사선 영향평가가 가능하도록 적절하게 수립된 것으로 확인되었다.

현장점검 결과로는, 원전의 주요설비들이 실제로 안전한 상태로 설치되어 있고, 또한 성능을 충분히 발휘할 수 있는 것으로 현장 확인되었다. 특히, 지진 발생에 대비한 내진설비, 가상배관 파단 사고에 대비한 내환경 설비, 화재방호설비, 안전관련 설비 등 많은 설비들이 이번에 보강 및 교체 등을 통해 개선되어 원전의 안전성이 제고된 것으로 평가되었다. 그리고 원전의 장기간 운전 에 따른 노후화에 대비한 경년열화 관리계획도 잘 구비되어 있는 것으로 확인되었다.

국제원자력기구(IAEA)의 전문가와 공동으로 안전성을 확인한 결과로는, 원전의 안전성 증진 차원에서 2건의 제안사항과 3건의 권고사항이 도출되었다. 제안사항으로는 가압기 하부헤드 등 주기기 피로평가의 보완과 격납건물 전기관통부집합체의 제어/계측 케이블 연결을 보호튜브 방식으로 교체하는 것이었고, 권고사항으로는 비안전 관련 설비의 위치영향 분석, 가압기 살수 헤드에 대한 일회검사 수행, 그리고 지하수위의 관측 시스템을 구축하는 것이었다. 한수원은 이러한 사항들을 모두 적절하게 조치완료 하였고, 조치결과는 적합한 것으로 확인되었다.

종합적인 안전심사 결과로는, 고리원전1호기 계속운전 신청서류인 주기적안전성평가보고서, 주요기기수명평가보고서, 방사선환경영향평가서 등의 심사를 통해 원자로 용기, 안전등급 배관, 격납건물 등 주요 기기에 대한 수명평가 및 경년열화 관리계획이 관련 요건에 따라 적절하게 수립되어 있고, 운영허가 이후 변화된 자연환경 및 부지특성을 반영한 방사선환경영향평가 내용이 관련 요건을 만족하고 있어 고리원전1호기는 향후 10년간 안전한 상태로 계속운전이 가능한 것으로 최종 결론을 내렸다. 과기부는 이러한 심사결과를 토대로 고리원전1호기가 계속운전이 가능함을 '07년 12월 11일에 한수원에 공식적으로 통보한 바 있다.