

## 일본의 주기적 안전성 평가(PSR) 시행

마다 가주아키

규슈전력(주) 원자력관리부 차장

### PSR 시행 배경

일본에서는 1966년에 가스냉각로와 함께 원자력 발전이 시작된 이래, 연속적으로 경수로가 건설되어 왔다. 현재 상업용으로 52기의 원자로가 운영중이며, 원자력 발전은 일본 전체 발전량의 약 35%를 차지한다.

첫 번째 원자로 건설 이래 수많은 기술 개발 결과가 차례로 신규 원전에 도입되었으며, 많은 문제점에 대한 기술적 해결 방안도 취해졌다. 이러한 전략에 따라, 1995년 이래 평균 설비 이용률은 80%를 초과했다.

운영 원전의 안전성과 신뢰성은 주기적 검사를 포함하는 정부의 안전 규제와 전기 사업자에 의한 자체 안전 유지 활동에 의해 확보된다. 그러나 오래된 발전소의 수가 증가함에 따라 이들 노후 발전소의 안전성과 신뢰성을 확인하고 보다 더 개선하는 것이 관심사가 되었다.

따라서 1992년 6월 이래 발전소의 안전성과 신뢰성을 보다 확보하고 개선할 의도로 전기 사업자들은 전기사업법에 따른 연차 주기 검사 이외에 일정한 주기로(대략 10년) 주기적 안전성 평가(PSR)를 시행하고 그 결과를 보고하도록 정부로부터 요청받았다.

### PSR 개요

PSR은 전기 사업자의 자체 안전 유지 활동의 일환으로 포괄적인 예방 정비의 관점에서 시행된다. PSR을 시행하는 데 있어서, 전기 사업자들은 과거 운영 경험과 최근 기술 지식을 토대로 기초 원자로 설비의 안전성과 신뢰성을 일정한 주기로 포괄적으로 평가해야 한다.

그 결과에 따라, 요구되는대로 설비 및 운영 관리 체계의 적합한 개선을 시행함으로써 전기 사업자들은 안전한 상태에서 그러한 원자로 설비를 연속 운전할 전망을 얻어

야 한다.

PSR은 세 가지 항목, 즉 운영 경험의 포괄적 평가, 최신 기술 지식의 반영, 확률론적 안전성 평가를 중점으로 시행된다. 이외에 2001 회계 연도부터 「노후화의 기술적 평가 및 장기 안전 유지 계획 작성」 항목이 PSR에 포함되었다.

PSR 항목은 다음과 같다.

- ① 운영 경험의 포괄적 평가
- ② 최신 기술 지식의 반영
- ③ 확률론적 안전성 평가
- ④ 노후화의 기술적 평가 및 장기 안전 유지 계획 작성

### PSR 시행 현황

PSR은 1994년 처음으로 가장 오래된 발전소인 쓰루가 1호기(일본원전 소유 BWR, 1994년 현재 24년 경과), 미하마 1호기(관서전력 소유 BWR, 1994년 현재 24년 경과) 및 후쿠시마 제1발전소 1호기(동경전력 소유 BWR, 1994년 현



재 23년 경과)를 대상으로 처음 시행되었다.

그 이후 PSR은 대략 오래된 발전소 순서로 시행되었다. 이들 발전소들을 포함하여, 제1차 PSR을 시행한 원자로의 수는 2002 회계 연도 말까지 총 34기에 이른다.

노후화에 대한 대책과 관련하여 초기에 상업 운전을 시작한 상기 3기의 원전에 대한 PSR 보고서와 별도로 노후화 대책 검토 보고서가 1998 회계연도에 정부에 제출되었다.

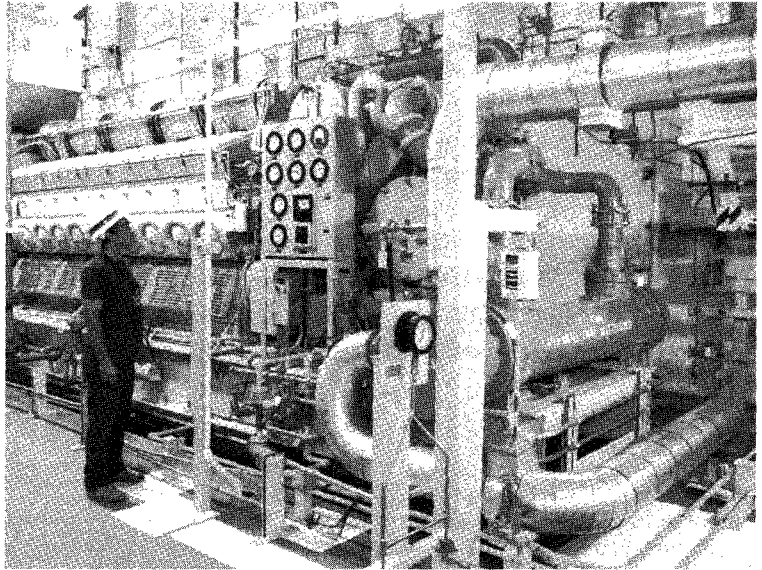
1999년 6월, 정부의 요청에 따라 「노후화의 기술적 평가 및 장기 안전 유지 계획 작성」 항목이 PSR에 추가되었으며, 2001 회계 연도에 노후화 대책의 평가 결과가 미하마 2호기(관서전력 소유 BWR, 2001년 현재 29년 경과) 및 후쿠시마 제1발전소 2호기(동경전력 소유 BWR, 2001년 현재 27년 경과)에 대한 두 번째 PSR 보고서에서 보고되었다.

### PSR의 검토 항목

PSR 검토는 다음 관점에서 시행된다.

#### 가. 운영 경험의 포괄적 평가

국내 및 해외 원전의 운영 경험에 근거하여, PSR은 원자로 설비의 안전성을 확보하고 개선하기 위해 적용되는 절차서에 반영함으로써 취해진 조치들의 적정성과 운영 경



PSR은 전기 사업자의 자체 안전 유지 활동의 일환으로 포괄적인 예방 정비의 관점에서 시행된다. PSR을 시행하는 데 있어서, 전기 사업자들은 과거 운영 경험과 최근 기술 지식을 토대로 기초 원자로 설비의 안전성과 신뢰성을 일정한 주기로 포괄적으로 평가해야 한다.

험의 관점에서 시행된다.

#### ① 운전 관리

평가는 다음 항목에 중점을 둔다.

- 운전 관리의 개선을 위한 절차를 포함하는 운전 조직
- 운전 매뉴얼의 체계적 개발 및 개선
- 잘 계획된 교육 훈련 시행
- 국내 및 해외의 운영 경험과 최근의 기술적 지식을 반영하는 적절한 개선
- 인적 실수 예방 활동

#### ② 정비 관리

평가는 기기의 노후화 영향과 대책을 고려하여 기기의 건전성, 정비

및 기기 신뢰도 개선을 확보하기 위한 조치에 중점을 둔다. 또한 평가는 정비 관리 및 품질 보증 활동 조직의 계획과 시행에 중점을 둔다.

#### ③ 연료 관리

평가는 설계 및 운전 관리의 관점에서 연료 건전성의 확보뿐만 아니라 사용후연료의 건전성에 대해 시행된다.

#### ④ 방사선 관리 및 환경 방사선 감시

방사선 작업 종사자의 피폭과 관련하여 평가는 피폭 저감 대책의 시행에 대해 이루어진다. 이 평가는 법적 피폭 한계의 준수 및 ALARA 개념에 따른 보다 가능한 저감 대책

의 관점에서 작업 내용의 설정 및 평가 그리고 그러한 조치의 피폭 저감 효과에 토대된다. 환경 방사선 감시에 대해서, 평가는 원전 주변 환경의 방사선 준위 변천에 중점을 둔다.

⑤ 방사성 폐기물 관리

기체 및 액체 방사성 폐기물에 대하여, 평가는 적절한 방출 저감 방안을 수행함으로써 원자로 설비의 안전 규정에 규정된대로 법적 농도 한계의 준수 및 방출 제한 목표의 달성에 대해 이루어진다.

⑥ 비상 계획

평가는 사고 예방 활동 계획 준비 및 비상 훈련을 통한 통신 수행, 통신 수단 준수 및 개선 대책에 대해 이루어진다.

⑦ 사건 교훈 피드백

평가는 다음 항목에 대해 이루어진다.

- 사건 발생시 원인 분석 조사 및 재발 방지 대책 시행
- 기기 기능 복구
- 자체, 국내 및 해외 원전의 경험 사례의 교훈을 반영함으로써 예방 조치 같은 경험 반영 절차

나. 최신 기술 지식의 반영

평가는 일본 및 해외 원전의 운영 경험과 안전성 연구 기술 개발의 결과로부터 얻어진 교훈과 문제점 같은 최신 기술 지식을 반영하는 초기 설계를 고려함으로써 원자로의 안

전성을 확보하는 데에 필수적인 기술 및 설비에 대해 안전성 개선이 이루어졌는지와 보다 더 개선이 필요한지에 대해 점검하도록 한다. 실제적으로 다음 항목이 이루어진다.

① 발전소 전체

평가는 지진·홍수 및 해일 같은 자연 재해의 영향, 비행기 충돌, 제3자의 불법 출입 같은 외부 사건의 영향, 터빈의 비상(미사일), 주변 기기의 열화 및 기기의 공동 활용에 따른 사건 같은 내부 사건의 영향, 그리고 인화성 물질에 의한 화재의 영향에 대한 발전소 안전성을 적절히 확보하기 위한 조치에 대해 이루어진다.

② 원자로 및 노심

평가는 노심 및 연료 설계, 적절한 반응도 제어 및 다양한 원자로 정지 계통에 의해 주어진 고유한 출력 억제 특징에 따른 연료 건전성의 확보 관점에서 이루어진다.

③ 1차 냉각 계통

평가는 원자로 냉각재 압력 경계를 구성하는 기기들의 건전성을 확보하기 위한 관점, 내부 압력과 온도를 제어하기 위한 고려 사항, 그리고 원자로 냉각재의 적절한 누설 확인 및 충수를 위한 고려 사항들에 대해 이루어진다.

④ 공학적 안전 특징

평가는 비정상 사건 동안 심각한 연료 손상을 예방하기 위한 비상 노심 냉각 계통(ECCS)의 노심 냉각

기능, 연료 피복재의 과잉 산화를 예방하기 위한 ECCS 설계의 고려 사항, 냉각재 누설 사고(LOCA)시 격납 용기의 방사능 물질 억제 기능, 그리고 주변 환경에 방출된 방사능 물질의 농도 및 양을 저감시키기 위한 격납 설계의 고려 사항에 대해 이루어진다.

⑤ 원자로 보조 계통

평가는 잔열 제거 계통의 붕괴열 제거 기능과, 연료 취급 및 저장, 시료 채취 계통의 적절성에 중점을 둔다.

⑥ 계측 제어 계통

평가는 안전 보호 계통의 신뢰성과 계측 제어 계통 및 주제어실의 적절성에 중점을 둔다.

⑦ 전기 계통

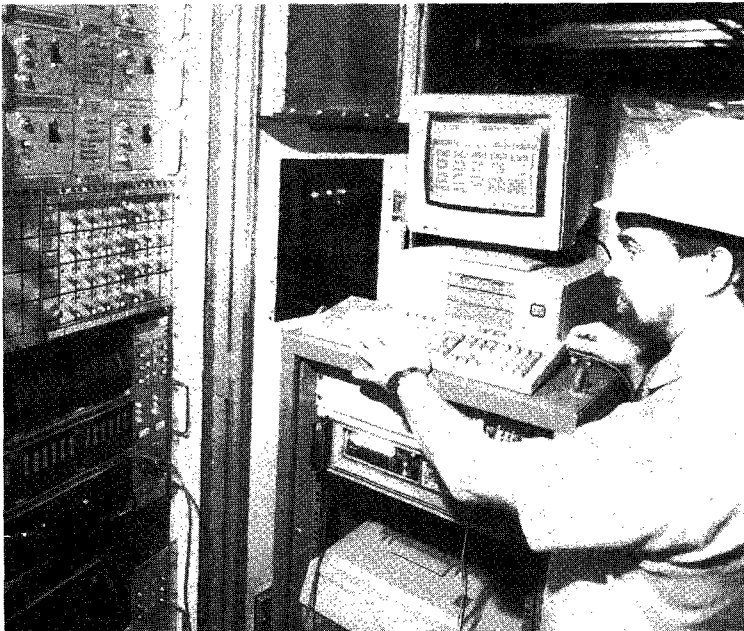
평가는 안전에 중요한 계통에 대한 전력 공급 계통의 신뢰성과 소내 정전 중 원자로 정지 및 냉각 기능의 확보에 중점을 둔다.

⑧ 방사성 폐기물 취급 계통

평가는 특징에 따라 폐기물을 적절히 처리함으로써 방사능 물질의 방출을 저감하는 조치, 방사능 물질의 누설 및 확산을 방지하는 조치, 그리고 고체 폐기물 저장 시설의 용량을 확보하는 조치에 중점을 두게 된다.

⑨ 방사선 관리 계통

평가는 부지 주위 환경에 대기 선량율을 낮추는 조치, 방사선 작업 종사자의 피폭을 방지하고 감소시



PSR은 세 가지 항목, 즉 운영 경험의 포괄적 평가, 최신 기술 지식의 반영, 확률론적 안전성 평가를 중점으로 시행된다.

키는 조치 및 방사선 감시의 적절성에 중점을 두게 된다.

⑩ 소내 보조 계통

평가는 비상시 필요한 지시 및 명령을 발령하는 기능을 갖는 설비와 비상 통신 및 소개를 위한 설비/장비에 중점을 둔다.

다. 확률론적 안전성 평가

원자로 설비의 정상 운전 및 정지 동안 내부 사건의 확률론적 안전성 평가에 기초하여, 평가는 원자로의 안전성 특징에 대한 광범위한 이해에 대해 이루어진다.

① 노심 및 격납 건물의 건전성  
적정한 기법을 이용하는 PSA의

결과에 토대하여, 발전소 설계, 운영 및 정비 관리에 걸쳐 안전 정지, 노심 냉각 및 방사능 물질의 억제 같은 기본적인 안전 기능을 확보함으로써 원자로 설비의 안전성이 보장됨을 확인한다.

② 사고 관리 대책 준비

발전소 안전성의 개선이 사고 관리 대책의 준비를 통하여 효과적으로 달성됨을 PSA를 토대로 확인된다.

③ 계통 및 초기 사건의 중요성 분류

계통 및 초기 사건의 노심 건전성의 유지에 대한 기여가 계통 및 초

기 사건의 중요성 분류를 통하여 사업자에 의해 잘 이해됨을 확인한다.

라. 노후화의 기술적 평가 및 장기 안전 유지 계획 작성

① 전기 사업자는 상업 운전 개시 후 운전 기간이 30년을 초과하기 이전에 모든 경수로 원전을 위한 안전 기능을 갖는 기기 및 구조물에 대한 기술적으로 가능한 노후화 영향을 분석한다. 사업자는 상기 분석을 토대로 실제적인 노후화 영향으로 인한 기기 및 구조물의 기능 상실이 현재 적용되는 정비 활동에 의해 예방될 수 있는지를 평가한다.

② 위에 언급된 평가를 토대로, 대략 향후 10년간 장기 안전성 유지 계획이 준비된다.

③ 기술적 평가와 장기 안전성 유지 계획이 PSR과 함께 주기적으로 검토되며, 향후 10년의 연장 기간 동안 개정된 장기 안전성 유지 계획이 준비된다.

**향후 PSR**

지난해에 드러난 동경전력의 부적절한 검사 기록 취급에 따라 향후 PSR 시행은 개선될 것이다.

PSR의 법적 정의가 규명된 후, 즉 안전 규정으로 공포된 후, 전기 사업자의 자체 안전 활동은 안전 규정에 따라 시행되는 활동으로 개선될 것이다. 