

주기적 안전성평가(PSR) 추진현황과 개선방안

일시 2017. 10. 25(수), 13:00~17:30

장소 경주 현대호텔, 지하 1층 제이드



주최 | 원자력학회 원전건설 및 운영기술 연구부회
한국수력원자력 중앙연구원

Contents

1. PSR 도입취지 및 제도개선방안	1
박윤원 박사(비즈)	
2. PSR 규제현황과 현안	15
홍진기 박사(한국원자력안전기술원)	
3. 발전소 안전성 증진을 위한 PSR 수행체계 개선 방안	23
박선배 팀장(한국수력원자력)	
4. PSR 경년열화분야 평가개선방안	37
정성규 상무(한국전력기술)	
5. PSR 안전성능/발전소운영분야 평가개선방안	55
박강민 부장(미래와도전)	
6. PSR 추진현안과 개선방안	65
송태영 팀장(한국수력원자력)	
7. 고리1호기 영구정지원전 PSR 수행현황	75
김동욱 박사(한국수력원자력)	

I. 배경 및 목적

- 전 원전 대상 1차 PSR 및 고리1/월성1호기 계속운전 안전성평가 완료 후, 현재 2차 PSR을 추진 중에 있는 시점에서
- PSR결과 활용, 평가전략(범위,기준,방법), 제도개선 등 측면에서 향후 PSR 추진방안에 대해 산·학·연과 소통하고자 함

II. 행사 개요

- 제 목 : 주기적 안정성평가(PSR) 추진현황과 개선방안
- 일 시 : 2017. 10. 25(수), 13:00~17:30
- 장 소 : 경주 현대호텔, 지하 1층 제이드
- 주 최 : 원자력학회 원전건설 및 운영기술 연구부회, 한국수력원자력

III. 워크숍 일정

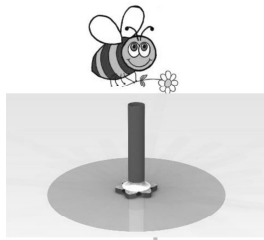
- 세부 일정표

시간	내용	소속/발표자
13:00~13:30	등록 및 개요	
13:30~13:40	개회사	한국수력원자력 나장환 센터장
13:40~14:05	PSR 도입취지 및 제도개선방안	비즈 박윤원 박사
14:05~14:30	PSR 규제현황과 현안	한국원자력안전기술원 홍진기 박사
14:30~14:55	발전소 안전성 증진을 위한 PSR 수행체계 개선 방안	한국수력원자력 박선배 팀장
14:55~15:20	휴식	
15:20~15:45	PSR 경년열화분야 평가개선방안	한국전력기술 정성규 상무
15:45~16:10	PSR 안전성능/발전소운영분야 평가개선방안	미래와도전 박강민 부장
16:10~16:35	휴식	
16:35~17:00	PSR 추진현안과 개선방안	한국수력원자력 송태영 팀장
17:00~17:30	고리1호기 영구정지원전 PSR 수행현황	한국수력원자력 김동욱 박사

1

PSR 도입취지 및 제도개선방안

박 윤 원 박사 (비즈)



주기적안전성평가 제도에 대한 고찰

2017.10.25.

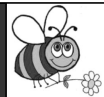
박윤원

CEO, BEES Inc.



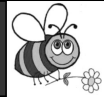
PSR 제도에 대한 고찰 2017 추계 원자력학회

목 차



- PSR 도입배경 및 취지
- 지속적인 안전성증진을 위한 PSR
 - ❖ 최신안전기술기준의 적용
 - ❖ 가동원전에 대한 Backfit(해외사례)
- PSR과 계속운전
- 향후 개선사항(제안)

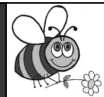
PSR 도입배경 및 취지



□배경

- ❖ IAEA는 1996년 10월 발효된 “원자력안전협약” 에서 주기적안전성평가를 회원국에 의무화 함
- ❖ 1999년 12월 제11차 원자력안전위원회에서 PSR 추진방안을 확정함
- ❖ 2000년 5월 고리1호기에 대해 PSR을 시범 수행;
 - 고리1호기 계속운전에 대비하여 사전에 향후 10년간의 안전성에 대한 평가를 수행
- ❖ 2001년 1월 원자력법을 개정하여 PSR을 법제화함
- ❖ IAEA Safety Guide 50-SG-012를 적용하였고 11개의 안전인자로 구성됨
- ❖ 2013년 IAEA PSR SSG-25 개정에 따라 14개의 안전인자를 포함하도록 2014년 11월 관련법령 개정
- ✓ 지속적인 안전성증진이 가장 중요한 목표

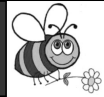
PSR 도입배경 및 취지



□주요내용

- ❖ 10년주기로 수행하되 기준일 : 고리1, 월성1호기는 초임계일자를 기준으로 나머지는 운영허가일 기준
- ❖ 오래된 원전부터 수행(고리1, 월성 1)
- ❖ 10년주기 인허가 갱신은 아님 : CSS vs. CLB
 - Current Safety Standards(IAEA SG-012)
 - Current Licensing Basis(미국 License Renewal)
- ❖ 계속운전과의 연계
 - 고리1호기의 계속운전을 위한 규정제정 (2005.9)
 - 계속운전 심사시는 최신의 기술기준을 적용하도록 요구
 - 최신의 기술기준은 고시로 명시함(미국의 LR요건을 반영)

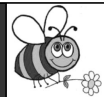
PSR제도상의 주요 이슈



□ 원자력법 시행령 제38조(PSR의 방법 및 기준)

- ① 법 제23조제3항에 따른 주기적안전성평가의 방법 및 기준은 다음과 같다
 4. 안전성평가 당시 해당 원자로시설에 유효한 기술기준을 활용하여 평가할 것
- ② 제36조의 제4항에 따라 계속운전을 하려는 원자로시설에 대해서는 제1항제4호에도 불구하고 다음 각호의 규정을 적용한다.
 1. 계통.구조물.기기에 대해 최신운전경험 및 연구결과 등을 반영한 기술기준을 활용하여 평가할 것
 2. 방사선환경영향에 대해 최신 기술기준을 활용하여 평가할 것

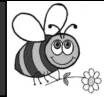
PSR제도상의 주요 이슈



□ 원자력법 시행규칙 제20조(주기적안전성평가의 세부내용)는 다음과 같다

- ① 영 제37조 제1항에 따른 주기적안전성평가의 세부내용은 다음 각호와 같다.
 1. 원자로시설 설계시 적용한 기술기준과 현행기술기준의 차이
 3. 결정론적 안전성분석에 관한 사항: ... 현행 결정론적 안전성분석방법과 기술기준을 고려하여...
 4. 확률론적 안전성평가에 관한 사항: ... 현행 확률론적 안전성평가방법, 운전정보 및 기술...
 5. 위해도분석에 관한 사항: ... 현행 분석방법 및 기술기준을 고려하여...

PSR제도상의 주요 이슈



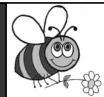
□ 적용 기술기준

- ❖ 최신기술기준(Current Safety Standards)
- ❖ 현행기술기준
- ❖ 해당 시설에 유효한 기술기준(Current Licensing Basis)

□ 시정조치(~Backfit)

- ❖ 원자력법 제23조(주기적안전성평가)
 - ② 위원회는 제2항에 따른 주기적안전성평가결과 또는 그에 따른 안전조치가 부족하다고 인정하면 발전용원자로운영자에게 그 시정 또는 보완을 명할 수 있다.
- ❖ 원자력법 제24조(운영허가의 취소 등)
 - ① ... 허가를 취소하거나 1년 이내 운전정지를 명할 수 있다.

PSR제도상의 주요 이슈



□ IAEA SSG-25 CSS에 대한 해석

- ❖ WENRA의 최신기술기준(Current Safety Standards)에 대한 해석

- National nuclear law and regulations;
- National regulatory guidelines and standards;
- IAEA safety standards

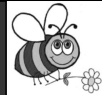


- WENRA Reactor safety Reference Levels(RLs);
- Standards and regulation of the country of origin of the reactor design
- Safety requirements for new nuclear power plants

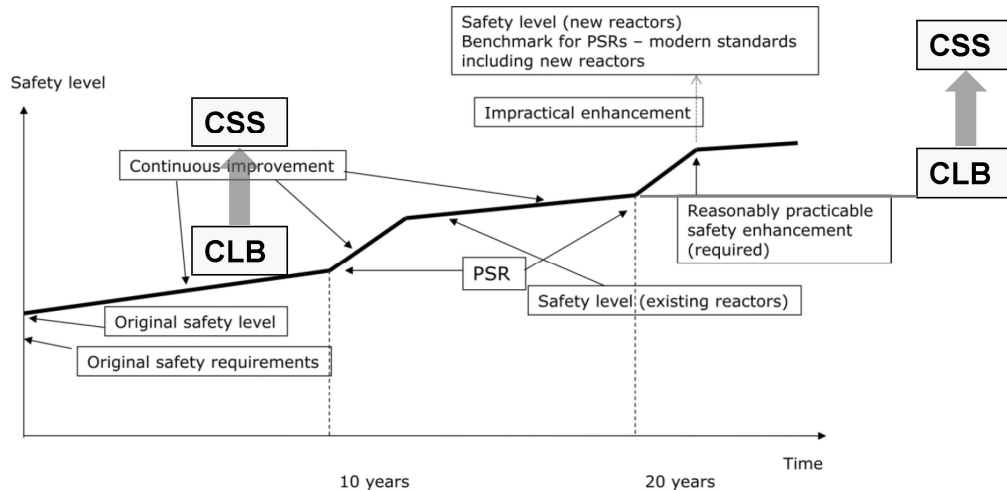


- WENRA safety objectives for new nuclear power plants
- the current level of science and technology

PSR제도상의 주요 이슈



□지속적인 안전성 증진

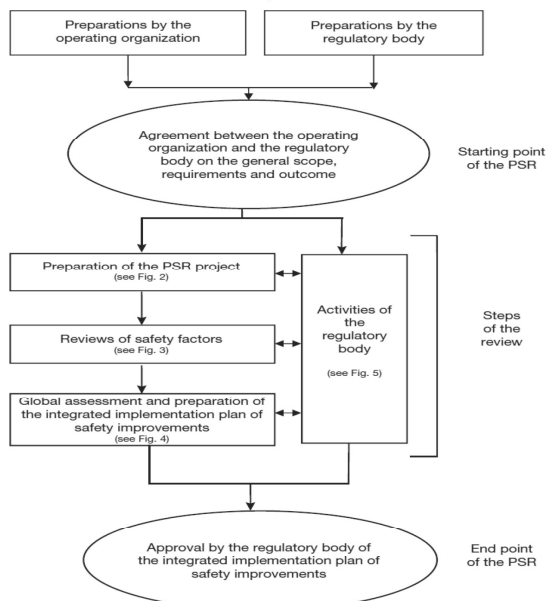


WENRA RHWG, "Position Paper on PSR taking into account the lessons learnt from the TEPCO Fukushima Dai-ichi NPP accident", 2013

PSR제도상의 주요 이슈

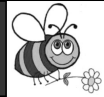


□10년주기 운영허가갱신을 피하기 위한 방안 (SSG-25)



8.4. The starting point of a PSR is the agreement between the operating organization and the regulatory body on the general scope and requirements for the PSR, and its expected outcome, as described in the basis document. As part of this agreement, the operating organization and the regulatory body should determine an appropriate point in time to 'freeze' the set of documents to be reviewed and the status of the safety performance of the plant to be taken as a basis for the PSR, so as to ensure consistency across all parts of the PSR.

PSR제도상의 주요 이슈(Backfit 미국사례)



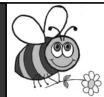
□미국에서 Backfit의 정의(10 CFR 50.109)

- ❖ 다음에 대해 수정이나 추가가 필요한 것
 - 시설의 계통, 구조물, 기기나 설계
 - 시설에 대한 설계승인이나 제작면허
 - 시설을 설계, 건설, 운전하는데 요구되는 절차서나 조직
- ❖ 다음의 사항을 초래하는 것
 - 위원회의 규칙에 새로운 규정이나 개정
 - 이전에 이미 승인했던 규제입장과는 다르거나 새로운 규제입장의 부과

□Backfit을 적용하려면 분석이 필요

- ❖ Backfit을 통해 공공의 건강과 안전 혹은 공통의 국방과 안보에 상당한 증진이 있음을 보여야 함
- ❖ Backfit을 통한 증진효과가 Backfit 이행을 위해 수반되는 직접, 간접의 비용에 비해 크다는 것을 보여야 함

PSR제도상의 주요이슈(Backfit 미국사례)



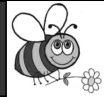
□Backfit 타당성 제시에외사항

- ❖ 수정을 통해 해당시설이 위원회의 규칙, 행정명령에 부합하도록 만들게 하거나 혹은 사업자의 약속사항에 일치시키는 경우
- ❖ 규제조치를 통해 해당시설이 공공의 건강과 안전을 적절하게 보호하게 만들고 공통의 국방이나 안보를 위해서 필요하다고 확인된 경우
- ❖ 규제조치가 공공의 건강과 안전 혹은 국방과 안보의 수준을 적절하게 정의하거나 재정정의하므로서 유발되는 경우

□Backfit에 대한 개념

- ❖ 공공의 이익을 위한 규제의 이행에 있어 Backfit은 필요하나,
- ❖ 이는 규제의 일방적인 결정에 의해서가 아니라 사업자의 사업에 대한 불필요한 부담이 되어서는 안된다.

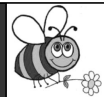
PSR제도상의 주요이슈(Backfit 미국사례)



□ 10 CFR 50.54 허가조건(Conditions of License)

- ❖ [f] 사업자는 허가가 종료되기전에는 언제든지 NRC가 요구하는 경우 해당 허가에 대해 수정, 정지, 철회 여부를 결정하는데 필요한 문서를 제출해야한다.
 - 단, 사업자가 해당시설에 대한 CLB의 충족여부를 입증하는데 필요한 정보이외의 정보를 요구할 경우는 해당요구로 인한 사업자의 부담이 요구된 정보가 제공할 수 있는 안전심각성 관점에서 정당화될 수 있도록 타당한 사유를 NRC가 제시하여야 한다.
 - Request for Information(RFI)로 처리

PSR제도상의 주요이슈(Backfit 일본사례)



□ 후쿠시마원전 사고 이전에는 Backfit이라는 것이 없었음(다음의 예)

- ❖ 내진안전성평가
 - 1981년 “발전용원자로시설에 관한 내진설계 심사지침 ” 이 NSC에 의해 제정되었고 2006년에 신지침으로 개정됨.
 - 이후 NISA는 각 사업자에게 내진안전성평가를 요구했으나 실제 규제차원의 점검은 극히 제한적이었으며, 이행은 사업자의 자발적 조치에 일임하고 있었음.
 - 2006년 조치에 대한 평가는 비공개로 진행
 - 쓰나미에 대한 평가가 전력업계의 이해에 따라 진행되었으나 규제기관은 정밀조사 없었음
 - 평가결과에 대한 조치도 사업자의 자발적 결정에 의존함
- ❖ 중대사고 대책
 - 일본은 자연재해 대국임에도 외부사건에 기인한 중대사고를 고려하지 않고 내부사건만을 고려한 SA 대책을 실시함
 - 1991년 NSC에서 SA 대책은 원자로설치자의 기술적 능력에 의존한 자주적 대응에 따르는 것으로 안전규제에 의해 구체적 내용이 요구되는 것이 아님을 명시함
- ❖ 규제기관과 사업자의 절충방침에는 이미 설치된 원전의 가동을저하로 연결되지 않도록 해야한다는 공감대를 기반으로 하고 있었음.

PSR제도상의 주요이슈(Backfit 일본사례)



□2016년 IRRS Mission to Japan의 정책이슈로 Backfit을 다루게 됨

- ❖ 후쿠시마원전사고 이후 NRA는 Back-fit 규정을 도입하였음 (Reactor Regulation Act의 개정)
 - 새로운 원자력시설은 물론 기존의 원자력시설도 새롭게 도입된 규제요건을 만족시켜야 가동이 가능함
 - 이전의 인허가단계에서 예측하지 못한 새로운 위험요소가 확인된 경우, NRA는 규제요건을 개정할 수 있으며, 위험도 및 시급성을 고려하여 수정된 요건에 부합하지 않는다고 판단할 경우에는 해당시설의 운전을 정지시킬 수 있음

PSR제도상의 주요 이슈



□계속운전

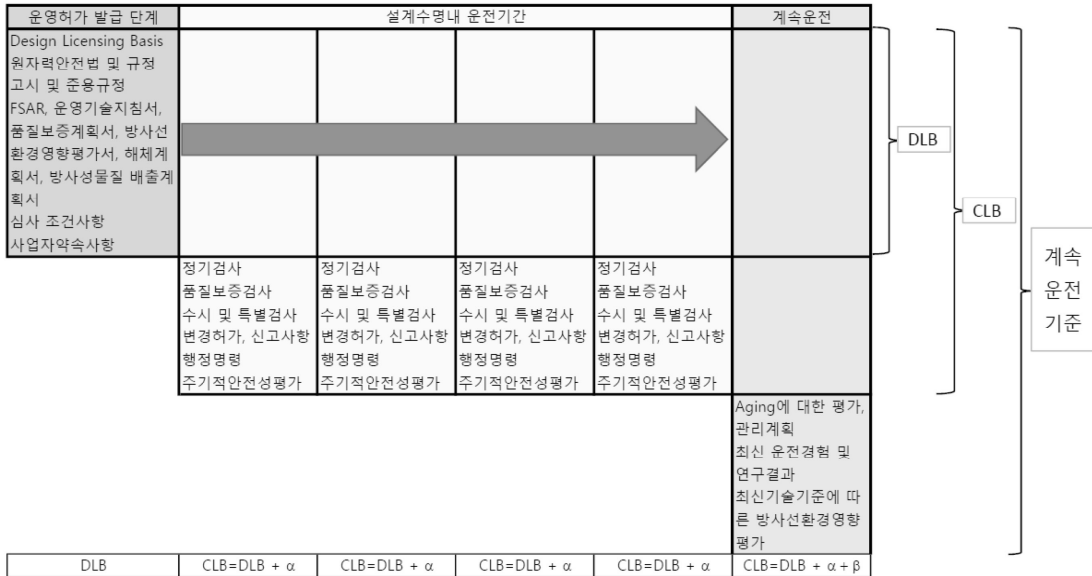
- ❖ 원자력법 제23조(주기적안전성평가) 아래에
- ❖ 원자력법 시행령(주기적안전성평가의 시기 등)의 제4항에서 계속운전 근거 제시
- ❖ 건설허가, 운영허가, 주기적안전성평가, 해체는 원자력 발전소 수명주기에서 중요한 시점으로 “법”에 근거가 있으나 계속운전은 PSR의 일부로 되어있음
- ❖ 계속운전 승인을 위해 변경허가를 적용



A cartoon illustration of a bee with large eyes and antennae, standing next to a small flower.



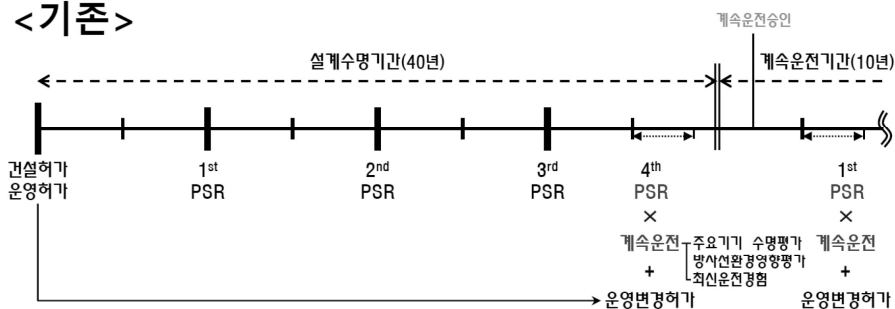
PSR과 계속운전



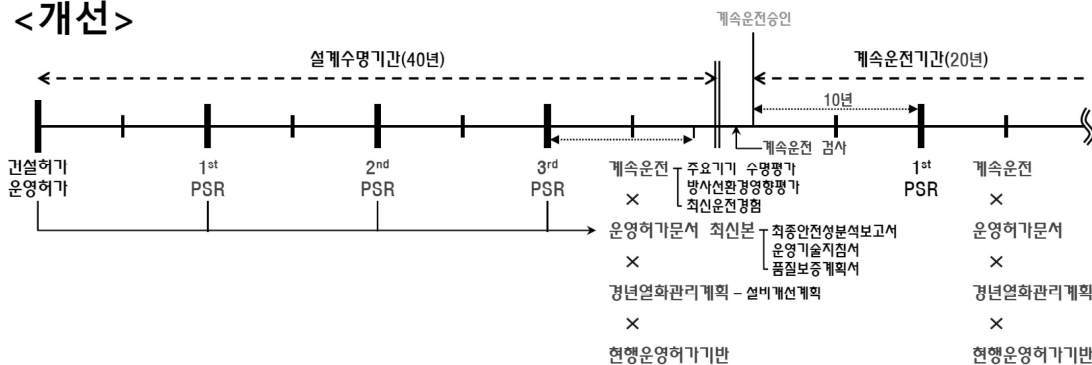
PSR과 계속운전



<기존>



<개선>





□PSR과 계속운전의 분리

- ❖ PSR은 허가기간내의 지속적 안전성증진
- ❖ 계속운전은 설계수명이후의 안전성확보

□적용 기술기준정의

- ❖ 최신기술기준(CSS)와
- ❖ 해당시설에 유효한기술기준(CLB)에 대한 정의

□PSR의 목표와 범위 설정에 대한 절차명시

- ❖ 해당시설별 CLB에 대한 지속적 Update 필요

□CLB vs. CSS 차이점 도출시 해결방안 제시

- ❖ DID와 PSA의 활용

→PSR이 제대로 이행된다면 계속운전제도는 필요없을 수도...



Thank you

2

PSR 규제현황과 현안

홍진기 박사 (한국원자력안전기술원)

주기적안전성평가 관련 규제 제도

한국원자력안전기술원, 원자력검사단, 홍진기



국민에게 신뢰받는 안전 최우선의 KINS

 한국원자력안전기술원
KOREA INSTITUTE OF NUCLEAR SAFETY

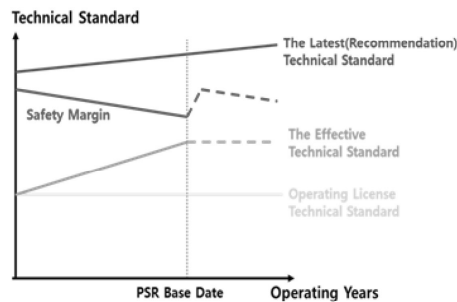
주기적안전성평가(PSR) 란?

 한국원자력안전기술원
KOREA INSTITUTE OF NUCLEAR SAFETY

- 가동 중인 원전의 안전성을 10년마다 종합적으로 평가하는 제도
- 운영허가 당시의 기술기준과 이후 변화된 기술기준을 근거로 원전의 현재 및 향후 10년 간의 안전성을 재평가하고 안전성개선 사항을 도출하여 이행함으로써 원전의 안전성을 향상
- 가동연수 증가에 따른 노후화 및 안전기준 변화 등에 따라 종합적인 안전성에 대한 재평가가 요구되어 추진
- 제 11차 원자력안전위원회에서 PSR 심사 제도 도입을 결정(1999년)하여 2001년 당시 원자력안전법에 반영
 - ※ 원자력법(2001.01.17.), 시행령(2001.07.16.), 시행규칙(2001.07.25.)

PSR 심사 목적

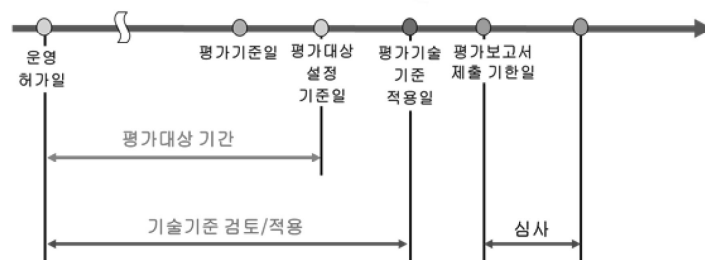
- PSR 보고서의 평가내용, 방법 및 적용기준의 적절성 확인
- 유효한 기술기준에 따른 원전 안전성 확인
- 사업자가 제시한 PSR 안전성증진사항의 적절성 확인 및 추가 도출



<원전 가동에 따른 안전여유도 및 기술기준의 변화>

-3-

PSR 보고서 작성 및 심사 시기

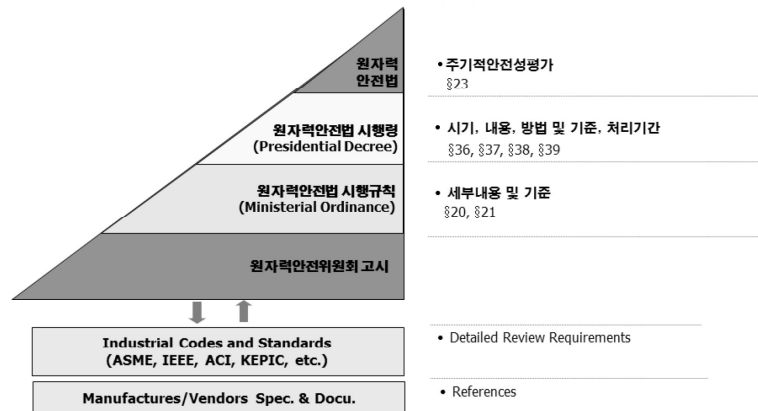


<PSR 보고서 작성 및 심사 일정 기준>

- 평가기준일 : 원자로 시설의 운영허가를 받은 날로부터 10년이 되는 날
- 평가대상 기간 : 운영허가일로부터 PSR 시작연도의 말일
- 평가보고서제출 기한일 : 평가기준일로부터 1년 6개월 이내

-4-

관련 법규



• 원자력안전법 제23조 (주기적 안전성 평가)

- 발전용 원자로 및 관계시설의 안전성을 주기적으로 평가하여 제출할 것
- 영구정지 원전에 대해서도 주기적안전성 평가를 수행할 것(2015.1.20.)

관련 법규

• 시행령 38조(주기적 안전성평가의 방법 및 기준)

- 원자로시설의 설계에 관한 사항과 2. 안전에 중요한 구조물·계통 및 기기의 실제 상태에 관한 사항에 대한
- 개별적인 평가 및 상호 연관성이 있는 사항은 복합적인 평가를 수행할 것.
- 평가의 안전조치 결과를 고려하여 평가할 것

• 시행규칙 제21조(주기적 안전성평가의 기준)원자로시설의 시간 경과에 따른 안전도 및 안전조치)

- 원자로시설은 시간 경과에 따라 나타날 수 있는 경년열화현상에 대하여 안전기능을 유지할 수 있어야 하며, 평가기준일 부터 10년 후까지의 기간 동안 안전성을 보장할 수 있는 안전 여유도를 확보할 것
- 전용원자로 운영자는 원자로시설의 경년열화관리계획을 수립·시행하여 구조물·계통 및 기기의 안전기능과 안전 여유도가 보증되도록 할 것

PSR 평가 항목

• PSR 평가항목 변화

- 2013년 3월 개정된 IAEA PSR 지침(SSG-25)을 반영하여 기존 11개 평가항목을 14개 항목으로 확대하는 원자력안전법 시행령 및 시행규칙의 일부 개정 안건이 24회 원자력안전위원회에서 의결(2014.11.22. 시행)
- 고리 3, 4호기 및 한빛 3, 4호기 PSR 부터 적용

• 개정 전·후 항목 변화

개 정 전	현 행
- 원자로시설의 평가 당시의 물리적 상태에 관한 사항	- 원자로시설의 설계에 관한 사항
	- 안전에 중요한 계통·구조물·기기의 실제 상태에 관한 사항
- 안전성 분석에 관한 사항	- 결정론적 안전성분석에 관한 사항
	- 확률론적 안전성평가에 관한 사항
	- 위험도 분석에 관한 사항
- 조직 및 행정	- 조직, 관리체계 및 안전문화

-7-

PSR을 통한 안전성 개선

• 안전성 개선사항의 도출

- 원전 운영자는 평가를 통해 도출된 안전성 개선사항을 포함한 평가보고서를 작성하여 원안위에 제출하고, 평가 수행중이라도 긴급한 안전 현안사항이 도출되었을 때에는 즉시 조치하여야 하며, 조치내용을 요약하여 평가보고서에 기술
- KINS는 원전 운영자가 수행하는 14개의 평가항목에 대한 평가를 통하여 개선이 필요한 사항을 도출
- 원전운영자는 평가보고서에 기술한 안전성 개선사항과 원안위의 심사결과를 반영하여 이행계획을 수립하고 이를 원안위에 제출

• 안전성 개선사항의 이행

- 원전 운영자는 원안위에 제출한 이행계획에 따라 필요한 안전성 개선사항을 이행하고, 안전성 개선사항에 대한 이행실적을 종합하여 원안위에 반기별로 제출

-8-

PSR 심사 개선점

- 심사 기간의 장기화
 - 현안 발생시 안전성개선사항 도출 등을 통한 조기 심사 완료
- 안전성개선 사항 조기 이행 필요
 - 차기 PSR 보고서 심사 개시 시점까지는 안전성개선 사항이 이행
 - 필요 시 관계 법령 개정 시 안전성개선사항 이행 기한 삽입
- 심사 현안 발생 시 처리 방안
 - PSR 도출 사항이 아닌 검사, 또는 심사 시에 발생한 현안을 PSR 심사에서 처리

감사합니다

3

발전소 안전성 증진을 위한 PSR 수행체계 개선 방안

박 선 배 팀장 (한국수력원자력)

발전소 안전성 증진을 위한 PSR 수행체계 개선 방안

2017.10. 25.

박선배



순 서

I. 개 요

II. PSR 현황 및 문제점

III. PSR 수행체계 개선안

IV. 기대 효과



I. 개 요

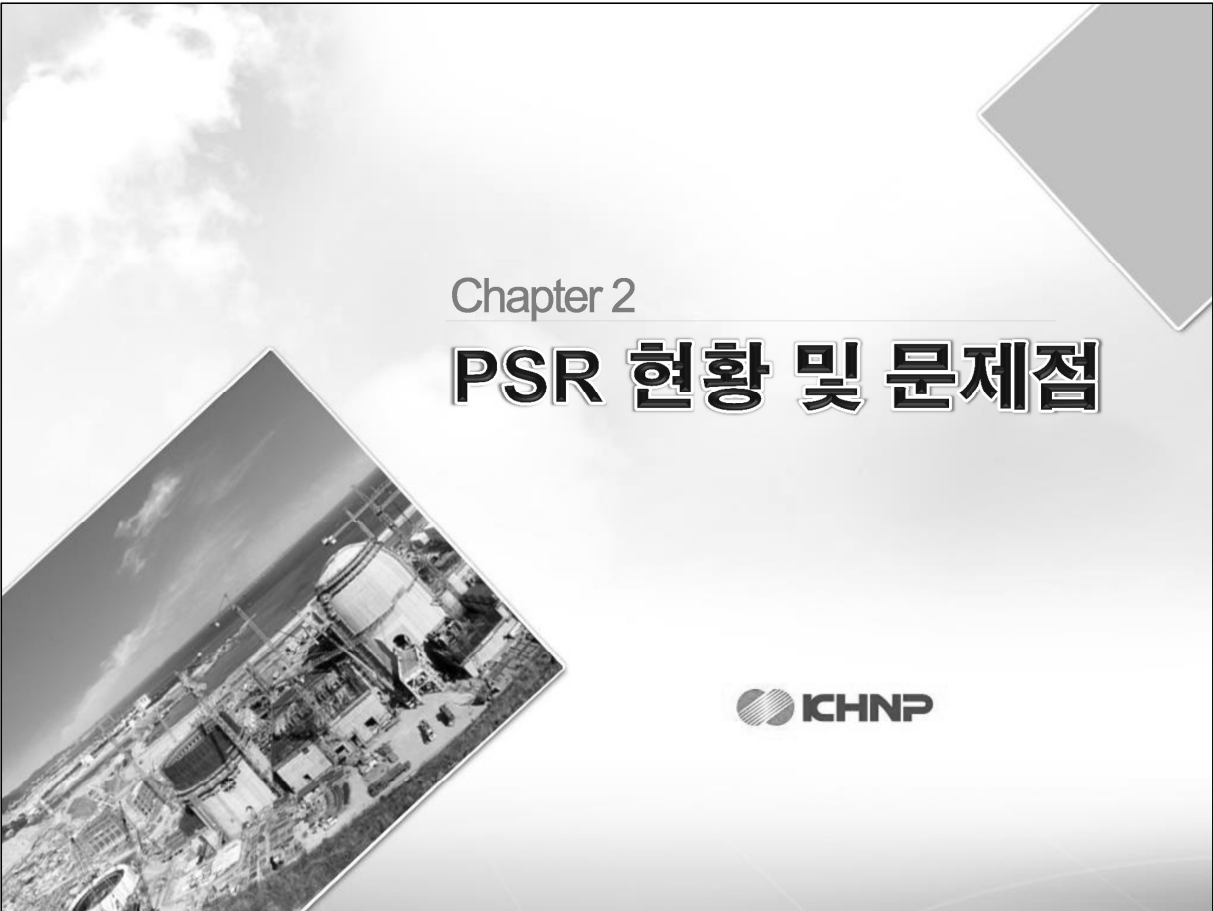
2017년 추계 원자력학회 워크숍

1. 배경 및 목적

- 원자력안전 관계법령에 따라 운영허가 이후 매 10년마다 주기적으로 원전의 안전성을 종합적으로 평가
- 주기적 안전성평가 결과를 통해 안전성증진사항을 도출, 이행하고 있으나 장기 수행 항목 발생
- 장기 수행 항목 발생원인 및 해결방안을 모색하여 원활한 안전성증진 이행을 통한 원전의 안전성 증진

2. 수행 근거

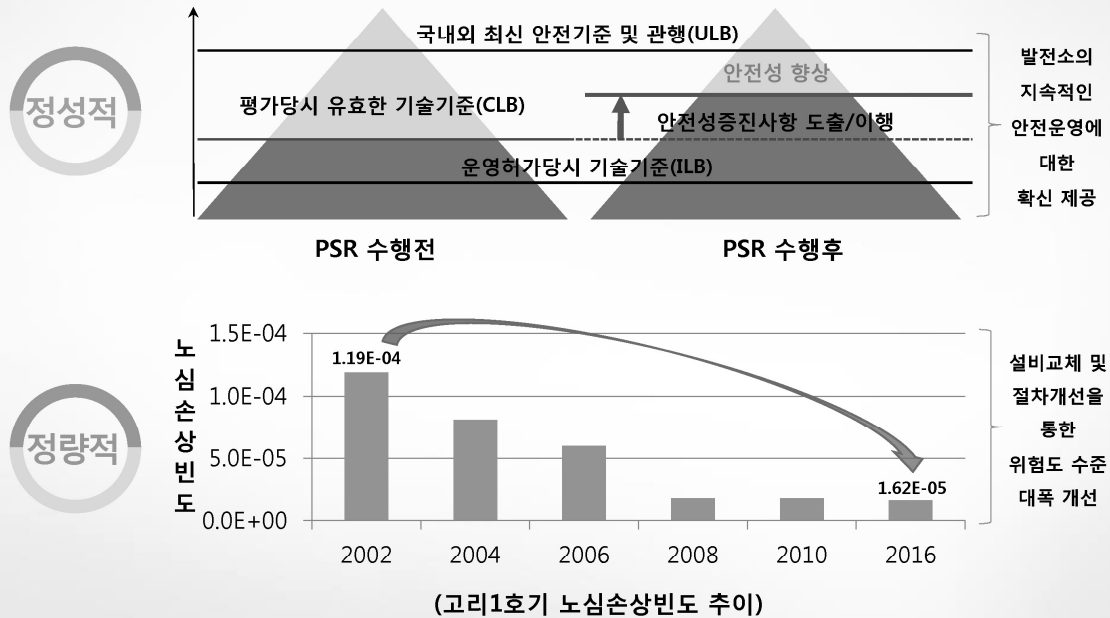
- 원자력안전법 제23조(PSR) ⇒ 원자로 및 관계시설의 안전성을 주기적으로 평가
- 원자력안전법 시행령 제36조(PSR 시기) ⇒ 운영허가를 받은 날로부터 매 10년마다
- 원자력안전법 시행령 제37조(PSR 내용) ⇒ 원자로시설의 설계 등 14개 인자
- 원자력안전법 시행령 제38조(PSR 방법 및 기준) ⇒ 평가 당시 유효한 기술기준 활용



<div> <div>II. PSR 현황 및 문제점(1/10)</div> <div>2017년 추계 원자력학회 워크숍</div> </div>												
<div> <div>1. PSR 수행현황</div> <div> <div>! 추진현황</div> <div> <div>■ PSR 법제화, 원자력법 개정('01.07) ⇒ 고리1호기 등 27개 호기 평가 완료, 월성2호기 평가 중</div> <table> <tr> <th>구분</th><th>대상 원전</th></tr> <tr> <td rowspan="4">평가/심사완료 (총 18개 호기)</td><td>고리 1호기('04.05), 2호기('05.01), 3,4호기('06.03)</td></tr> <tr> <td>한빛 1,2호기('06.12), 3,4호기('07.08), 5,6호기('15.10)</td></tr> <tr> <td>월성 1호기('05.02), 2호기('09.10), 3,4호기('10.11)</td></tr> <tr> <td>한울 1,2호기('08.08), 3,4호기('10.05)</td></tr> <tr> <td>평가완료/심사중 (총 9개 호기)</td><td>고리2호기('15.02~, 30년차), 고리3,4호기('16.03~, 30년차) 한빛3,4호기('16.02~, 20년차), 한울5,6호기('15.04~, 10년차), 한빛1,2호기('17.06~, 30년차)</td></tr> <tr> <td>평가중(총 1개 호기)</td><td>월성2호기('17.05~, 20년차)</td></tr> </table> </div> </div> </div>		구분	대상 원전	평가/심사완료 (총 18개 호기)	고리 1호기('04.05), 2호기('05.01), 3,4호기('06.03)	한빛 1,2호기('06.12), 3,4호기('07.08), 5,6호기('15.10)	월성 1호기('05.02), 2호기('09.10), 3,4호기('10.11)	한울 1,2호기('08.08), 3,4호기('10.05)	평가완료/심사중 (총 9개 호기)	고리2호기('15.02~, 30년차), 고리3,4호기('16.03~, 30년차) 한빛3,4호기('16.02~, 20년차), 한울5,6호기('15.04~, 10년차), 한빛1,2호기('17.06~, 30년차)	평가중(총 1개 호기)	월성2호기('17.05~, 20년차)
구분	대상 원전											
평가/심사완료 (총 18개 호기)	고리 1호기('04.05), 2호기('05.01), 3,4호기('06.03)											
	한빛 1,2호기('06.12), 3,4호기('07.08), 5,6호기('15.10)											
	월성 1호기('05.02), 2호기('09.10), 3,4호기('10.11)											
	한울 1,2호기('08.08), 3,4호기('10.05)											
평가완료/심사중 (총 9개 호기)	고리2호기('15.02~, 30년차), 고리3,4호기('16.03~, 30년차) 한빛3,4호기('16.02~, 20년차), 한울5,6호기('15.04~, 10년차), 한빛1,2호기('17.06~, 30년차)											
평가중(총 1개 호기)	월성2호기('17.05~, 20년차)											
<div> <div>! 평가결과</div> <div> <div>■ 27개 원전을 유효한 기술기준에 따라 평가한 결과, 차기 PSR까지 안전성 확인</div> <div>■ 최신 운전경험 및 연구결과를 활용하여 총 236건의 안전성증진사항을 도출 및 이행 중</div> </div> </div>												

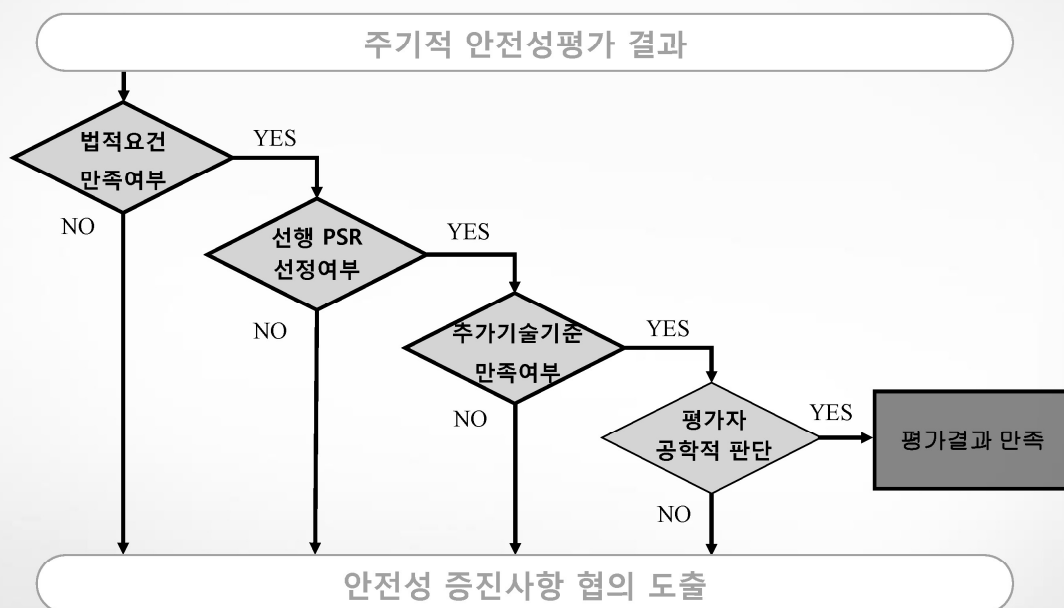
II. PSR 현황 및 문제점(2/10)

2. PSR 수행 효과



II. PSR 현황 및 문제점(3/10)

3. 안전성 증진사항



II. PSR 현황 및 문제점(4/10)

2017년 추계 원자력학회 워크숍

3. 안전성증진사항(계속)

! 이행현황 [발전소별]

구분	고리			한빛			월성			한울		계
	#1	#2	#3,4	#1,2	#3,4	#5,6	#1	#2	#3,4	#1,2	#3,4	
총 건수	40	23	22	25	16	28	24	12	13	18	15	236
기 종결	40	21	19	21	14	7	24	6	6	12	11	181
추진 중	0	2	3	4	2	21	0	6	7	6	4	55

II. PSR 현황 및 문제점(5/10)

2017년 추계 원자력학회 워크숍

3. 안전성증진사항(계속)

! 이행현황 [평가분야별]

평가분야	구분	고리	월성	한빛	한울	총계	비율
경년열화(AG)		16	15	11	11	53	62 %
운전경험, 연구개발(OE)		17	11	13	6	47	
안전해석(SA)		11	6	22	7	46	
현 상태평가(PC)		7	3	5	2	17	38 %
기기검증(EQ)		5	5	5	2	17	
인적요소(HF)		6	3	5	2	16	
안전성능(SP)		9	1	2	1	13	
절차서(PR)		6	2	3	0	11	
환경영향(EI)		2	1	2	2	7	
비상계획(EP)		2	2	1	0	5	
조직행정(OA)		4	0	0	0	4	
총계		85	49	69	33	236	100 %

II. PSR 현황 및 문제점(6/10)

2017년 추계 원자력학회 워크숍

3. 안전성증진사항(계속)

! 장기 수행 항목(11개)

구분	항목
고리 #2 (2개)	· 내환경 검증 재수행 및 유지관리 체계 개선
	· 내진검증 재수행 및 유지관리체계 개선
고리 #3,4 (3개)	· ~~~~~ 유지관리절차 수립
	· ~~~~~ 경년열화 평가 및 관리
	· ~~~~~ 장기성능감시계획 수립
한빛 #3,4 (2개)	· ~~~~~ 관리체계 수립
	· ~~~~~ 해석 수행
한빛 #1,2 (4개)	· ~~~~~ 관리체계 수립
	· ~~~~~ 경년열화 평가 및 관리
	· ~~~~~ 장기성능감시계획 수립
	· ~~~~~ 절차서 보완 및 제어반 개선

II. PSR 현황 및 문제점(7/10)

2017년 추계 원자력학회 워크숍

3. 안전성증진사항(계속)

! 사례1 (내환경 검증 재수행)



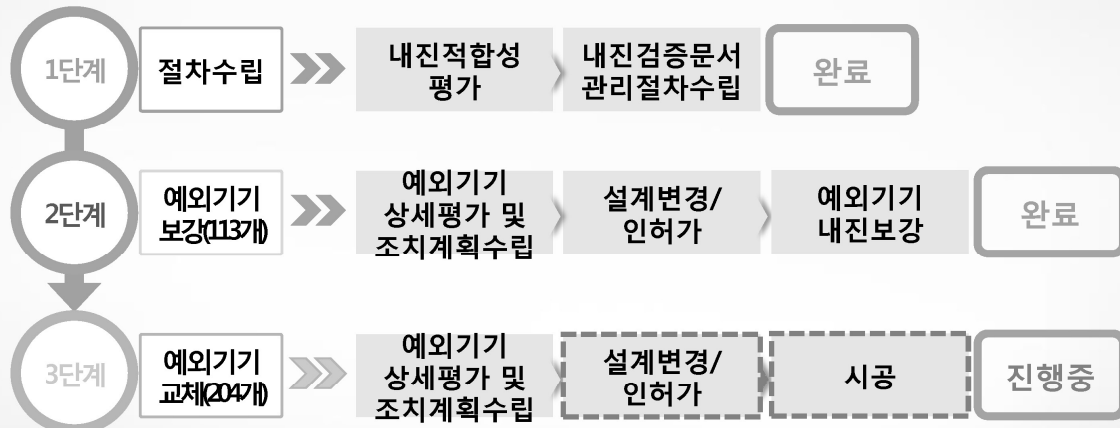
■ 지연사유

- ① (시스템구축지연) 유지관리시스템 구축 후 시범 적용 및 보완 사항 반영에 의한 장기화
- ② (행정지연) 설계변경서 작성 및 대상기기 목록 변경에 따른 재개정으로 행정처리 장기화
- ③ (자재구매지연) 내환경 요건을 만족하는 제작사 부족으로 인한 구매 장기화

II. PSR 현황 및 문제점(8/10)

3. 안전성증진사항(계속)

! 사례2 [내진검증 재수행]



■ 자연사유

- ① (문서확보지연) 내진검증 문서 확보시 기기교체 불필요하나, 문서 미확보로 인한 조치 장기화
- ② (행정지연) 설계변경서 작성 및 대상기기 목록 변경에 따른 재개정으로 행정처리 장기화
- ③ (자재구매지연) 내진검증기준을 만족하는 제작사 부족으로 인한 구매 장기화

II. PSR 현황 및 문제점(9/10)

4. 원인 분석

! 이행 원동력 부족

- 多부서 연계업무(내진/내환경 등)의 경우 조치 이행에 대한 구심력 상실
- 수행기간 장기화에 따른 문제점 인식 부족으로 잦은 조치기한 연기 발생
- 조치완료까지 장기간 소요로 인한 집중력 저하
- ➡ 분위기 환기 등 조치수행에 구심력을 발휘할 수 있는 조직적 체계 개선 필요

! 행정처리 장시간 소요

- 사내 행정처리(설계변경 제안, 평가/심의, 설계사 설계검증 등) 단계가 복잡하며 설계변경 제안부터 시공까지 장기간 소요
- 인허가 취득(질의 대응 등)과정에 장기간 소요(항목별로 평균 1~1.5년 소요)
- ➡ 행정처리 소요시간을 단축 시킬 수 있는 행정 체계 개선 필요

II. PSR 현황 및 문제점(10/10)

4. 원인 분석(계속)

I 조치사항 추가에 따른 장기화

- 초기 안전성증진사항 도출시의 항목들은 대부분 조기 종결
- 안전성증진사항 이행실적에 대한 반기별 심사중 추가적인 이행요구 사항 도출
- 추가된 요구사항에 따른 이행범위 증대로 조치 지연 발생
 - ➔ 반기별 이행실적에 대한 규제기관과의 의사소통 채널 마련 필요
 - ➔ 최초 안전성증진사항 도출시 개선내용이 만족되면 종결 가능토록 개선 필요

I 기타 장기화 원인들

- 신규 기술기준 도입 적용관련 방법론 개발 및 현장 적용 연구 등으로 인한 장기화
 - CV 재순환집수조 성능개선을 위해 성능평가 및 상세 설계
- 시공사 문제로 인한 지연(기존 공급사 폐업, 기존 설계사의 설계변경 거부 등)

Chapter 3

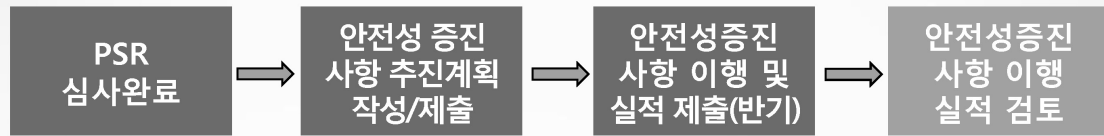
PSR 수행체계 개선 방안



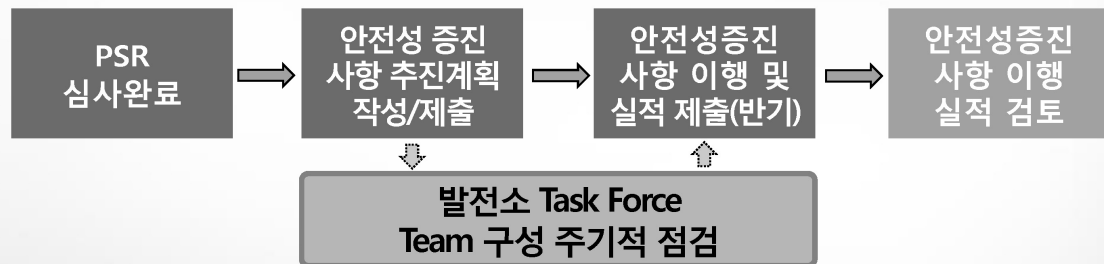
III. PSR 개선 방안

1. 이행현황 점검조직 개선

! 기존



! 개선안



! 기대효과

- 안전성증진사항 종결 기한 단축
 - T/F TEAM 운영을 통한 진도점검으로 3~4년 단축 예상 (OO발전소 사례)

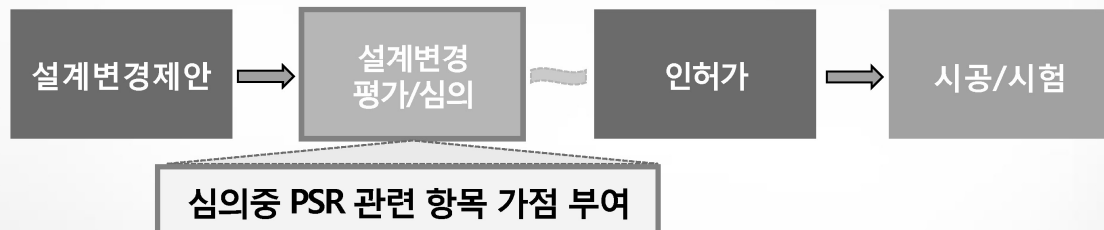
III. PSR 개선 방안

2. 행정 처리 체계 개선[설계변경]

! 기존



! 개선안



! 기대효과

- PSR 관련 항목의 설계변경 제안 우선 채택으로 행정 처리 기간 단축(6개월 단축)

III. PSR 개선 방안(제안)

3. 주기적 규제기관 설명회(PM회의) 개최

! 기존

PSR 반기실적취합		발전소/본사 자체점검		반기실적 제출	
종합적인 설명 없이 규제기관으로 제출됨에 따라 불필요한 보완요구 자료 발생					
구분	'15년 상반기	'15년 하반기	'16년 상반기	'16년 하반기	
보완요구 건수	10건	28건	31건	26건	

! 개선안



! 기대효과

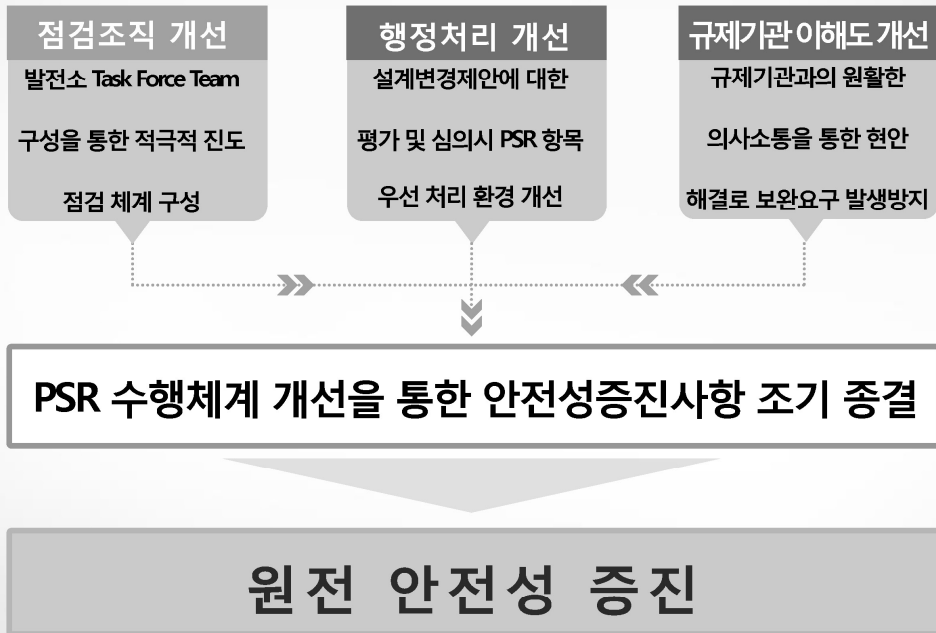
- 규제기관에 상세한 실적 설명 및 계획 제시로 불필요 보완요구 발생 방지
- 원활한 의사소통을 통한 현안 사항 해결로 안전성증진사항 조기 종결 도모

Chapter 4

기대 효과



IV. 기대 효과



THANK YOU



설계변경제안 평가 개선 항목 내용

설계변경 중요도 항목

중요도 분류	중요도 점수	내 용	예 시
안전성, 규제요건 [Safety, Regulatory]	5	<ul style="list-style-type: none"> ○ 규제요건에 의한 의무사항 ○ 인허가 및 약속사항 ○ 공중의 보건/안전 사항 ○ 종사자의 안전 사항 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 성능저하/관료제도 교체사업 ○ PSR 안전성증진사항
대형고가기의 설계변경 [Asset repair or replacement]	4	<ul style="list-style-type: none"> ○ 불시정지 방지 혹은 운영허가에 필요한 사항 ○ 고장 난 혹은 고장 날 기기에 대한 설계변경 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사용수명이 지난 기기의 설계 변경 ○ 차단기/밸브/전동기의 교체를 위한 설계변경
발전소 성능개선 [Plant Upgrades]	3	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기기신뢰도 향상 ○ 생산중단기기의 대책 ○ 발전소 효율 향상 ○ 발전소 출력 향상 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 디지털 성능개선 ○ 예비 변압기 ○ 출력증강 (Power Upgrades) ○ 계속운전 (License Renewal)
산업안전 설비개선 [Industrial Safety]		<ul style="list-style-type: none"> ○ 유독물 발생설비의 설계변경 ○ 안전사고 예방에 필요한 사항 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수소/산소감지기 설치 ○ 사용빈도가 높고 대안이 없는 안전사고 발생분야의 개선
발전소 비 운전 설비의 변경 [Productivity or Efficiency]	2	<ul style="list-style-type: none"> ○ 비용절감 ○ 생산성 향상 ○ 계획예방정비 기간 단축 ○ 기간시설 보전 혹은 사업소 개선 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사무건물 등 발전소 외의 건물 개선 ○ 재장전기종기 개선 ○ 건식 사용후연료저장조
편의성 향상을 위한 변경 [Convenience]	1	<ul style="list-style-type: none"> ○ 운전 편의 설비 ○ 정비 편의 설비 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사다리 설치 ○ 그라데팅 설치

설계변경 긴급도 항목

긴급도 분류	긴급도 점수	내 용
긴 급 (Urgent)	3	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단기간에 수행해야 할 중요 긴급 변경사항 <ul style="list-style-type: none"> - 안전성에 악영향을 주는 현재상태 혹은 긴급한 상태를 조치할 수 있는 유일한 대책인 경우 - 규제요건을 위반할 수 있는 잠재적인 사항 - 발전소 정지 혹은 기동을 지연시킬 수 있는 잠재적인 사항 ○ 임시변경 항목으로 관리되고 있는 사항
일반 (General)	2	<ul style="list-style-type: none"> ○ 설계인력, 자금 등에 여유가 있는 경우 ○ 경제성이 매우 높은 변경사항 ○ 주요 설비의 신뢰도가 크게 향상되는 경우
기한 제한이 없는 경우 (Schedule Not Constrained)	1	<ul style="list-style-type: none"> ○ 계획 수립에 여유가 있는 변경사항

4

PSR 경년열화분야 평가개선방안

정 성 규 상무 (한국전력기술)

가동원전 주기적안전성평가 개선방안(경년열화)

2017.10.25.

재료연구기술그룹 정성규

*Safety First,
Last and Always*

목차

1

개요

2

원자로시설의 설계에 관한 사항

3

경년열화

4

맺음말

개요

❖ 목적

- 가동원전 안전성 극대화 및 안정적 전력수급 기여

❖ 배경

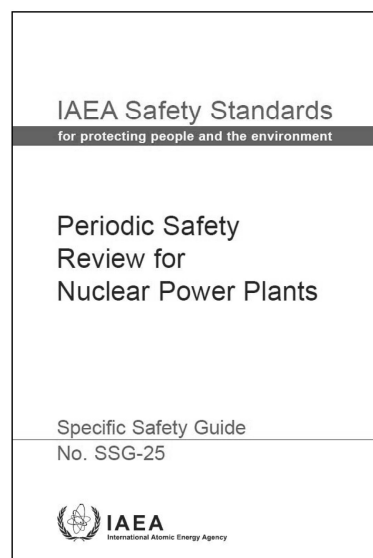
- 경주지진 발생, 가동원전 운전년수의 증가, 영화 판도라 등으로 국민들의 원전에 대한 막연한 불안심리가 최고조에 달함
- 가동원전에 최신 기술기준이 적용되어도 안전함을 입증 하도록 요구
 - 가동원전에 대해 강화된 기술기준을 적용해도 문제가 없음을 증명하거나, 필요시 설비개선 등을 통한 원전 안전성 극대화로 국민의 신뢰도 제고
- 가동원전 안전성 극대화를 통한 안정적 전력수급 기여
- 현행 원안법 체제(PSR)에서 추진 필요



PSR 개요(1)

❖ 주기적 안전성 평가(Periodic Safety Review)

- 국제원자력기구(IAEA)의 권고사항 [Specific Safety Guide No. 25]
- 가동 중 원전에 대해 주기적으로 안전성 관련 인자들을 체계적 분석
- 해외 여러 원전 보유국들이 PSR 제도를 도입하여 시행 중

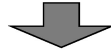


PSR 개요[2]

❖ PSR 국내 현황

1996. 10.

IAEA, 원자력안전협약에서 회원국에 대해 PSR 시행 권고



1999. 12.

국내 가동원전 PSR 추진방안 확정(제11차 원안위 의결)



2000. 5.

가동원전 PSR 기본계획 수립 및 고리1호기 PSR 착수



2001. 7.

원자력안전법, 시행령 및 시행규칙 제정, 공포



2014. 11.

평가항목 확대(11→14개 인자) 원안법 시행령 개정



- 4 -

PSR 안전인자

❖ 14개인자 (총 68개 평가항목)

안전인자	항목 수	안전인자	항목 수
① 원자로시설의 설계에 관한 사항	5	⑧ 안전성능에 관한 사항	5
② 안전에 중요한 구조물·계통 및 기기의 실제 상태에 관한 사항	6	⑨ 원자력발전소 운전경험 및 연구결과의 활용에 관한 사항	2
③ 결정론적 안전성분석에 관한 사항	4	⑩ 운영 및 보수[補修] 등의 절차서에 관한 사항	5
④ 확률론적 안전성평가에 관한 사항	4	⑪ 조직, 관리체계 및 안전문화에 관한 사항	7
⑤ 위험도[危害度] 분석에 관한 사항	3	⑫ 인적 요소에 관한 사항	5
⑥ 기기검증에 관한 사항	6	⑬ 비상계획에 관한 사항	6
⑦ 경년열화에 관한 사항	5	⑭ 방사선환경영향에 관한 사항	7



- 5 -

PSR 개선 의견(안)

안전인자	비고
1. 원자로시설의 설계에 관한 사항	개선 필요[최신 기술기준]
2. 안전에 중요한 SSC의 실제 상태에 관한 사항	개선 필요[AMP 강화, 안전영향 설비분류 등]
7. 경년열화에 관한 사항	
4. 확률론적 안전성 평가에 관한 사항 6. 기기검증(내환경검증)	<ul style="list-style-type: none"> - 주기적으로 상세평가 수행 - PSR에서는 기존 수행결과의 타성성 입증 ☞ 2개 분야 주기를 통합 수행
5. 위험도 분석에 관한 사항	현행 유지
6. 기기검증에 관한 사항	내진검증 : 현행 유지
9. 원자력발전소 운전 경험 및 연구 결과의 활용에 관한 사항	현행 유지

원자로시설의 설계에 관한 사항



평가방법(현행)

- ❖ 목표 : 원자로시설의 평가 시점에서 유효한 기준에 따라 설계되었는지를 확인

평가항목	평가 방안	비고
안전에 중요한 SSC목록/ 등급분류	○설계기준 문서인 FSAR Ch.3.2에 기술된 SSC 목록, 등급 분류 기준 및 결과 반영	-
설계문서 (원본 및 개정본)	○설계문서 범위 : FSAR, 운영기술지침서(개정 관리문서) ○설계문서 관리체계 검토 > 개정 관리체계, 개정현황 검토	-
설계시 기술기준과 현행 기술기준과의 차이	○ !호기 설계기준과 현행 기술기준과의 차이검토 > 최신 가동 원전(!호기)의 적용기준과 비교 > 원안위 규칙 제2장의 기술기준 관련 각 항목별 호기 적용사항 검토(GDC 포함)	선행호기 심사질의 반영
심층방어 측면에서 안전에 미치는 영향	○심층방어와 관련한 안전영향을 검토 > 심층방어 설계 검토/심층방어의 적용 검토/구조물, 계통, 기기 설계개념 검토	FSAR 참조
인구밀도·산업 및 교통시설	○발전소 주변의 인구밀도·산업 및 교통시설 > 반경 50km이내 상주인구/인구밀도 조사 > 발전소 주변의 산업 및 교통시설 분석	-

가동원전 최신기술기준 적용방안

❖ 개념

- 신규원전 설계를
가동원전 설계검증으로...
- 원자력 발전소의 설계 및
문서화의 적절성을
국내외 기준 및 요건,
관행 등에 따라 검토

절차



단계 1. 설계문서 확보

❖ 발전소 별 설계문서 목록 작성

- 건설 당시의 기술기준 문서(ASME 등)
- 설계 계산서, 응력해석 보고서, 기기 사양서 등 원천 설계문서
- 설계변경 문서



단계 2. 검토대상 기술기준 도출

❖ 1안) 신규원전 설계에 적용되는 모든 규제요건 및 기술기준

- 10CFR50, 부록 A 일반설계기준(GDC) 요건 + 국내 규제요건

➢ 해당 요건을 만족하기 위한 세부기술기준 : APR1400은 약 1,500 여 개

평가항목	주요 내용	세부 기술기준
규칙 제12조 ^[1] 및 일반설계기준 1	품질표준 및 기록	<div><ul style="list-style-type: none">- 원안위 고시- ASME Code- ANSI/ANS- Reg. Guide- IEEE 등</div> <div>현실적으로 어려움</div>
규칙 제14조 및 일반설계기준 3	화재방호	
규칙 제15조 및 일반설계기준 4	환경 및 동적영향 설계기준	
규칙 제16조 및 일반설계기준 5	구조물, 계통 및 기기의 공유	
규칙 제17조 및 일반설계기준 10	원자로 설계	
~		
규칙 제34조 및 일반설계기준 64	방사능 누출감시	

현실적으로 어려움

1) 원자력안전위원회 규칙 제3호(원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙)



단계 2. 검토대상 기술기준 도출

❖ 2안) 신규원전 FSAR 기준(승인된 최신기술기준) + α

- SSC 별 FSAR에 제시된 기술기준(붙임 사례 참조) +
- 안전성을 위협할 수 있는 사고의 예방 및 완화와 관련된 기술기준
- 방사능 물질의 확산을 방지하기 위한 심층방어 등과 관련된 기술기준
- TMI, 후쿠시마 후속조치 관련 강화된 기술기준 등

FSAR 목차	관련 기술기준	분야
3.3	ASCE/SEI 7 - 2005	토목
3.10.2	IEEE 344 - 1987(2004)	기기검증
3.7.2.5	ASCE 43-05, 3.4.1	토목
3.9.3.2.2.1	KEPIC END 2000 IEEE 344 - 1987(2004)	기기검증
6.2.6	ANSI/ANS 56.8-1994	시운전

설비 별 유효한 기술기준
사례(FSAR)



단계 3. 최신 기술기준과 차이분석(1)

❖ 검토대상 기술기준에 대한 개정이력 및 개정내용 분석

- 발전소 운전기간 동안 설계변경 현황조사(FSAR 변경이력 조사)

❖ 가동원전 원 설계 부합성 평가

- 원자로심, 원자로냉각재계통, 격납건물계통, 계측제어계통, 전력계통 및 보조계통 등 발전소 계통 별로 구분하여 평가
- 원 설계 부합성 평가를 위해 기술기준 별 각 Edition 간 변경사항 비교

기술기준 항목	원 설계기준	최신 설계기준	변경내용	변경영향 평가
				영향 있을 경우 정량평가



단계 3. 최신 기술기준과 차이분석[2]

❖ 변경된 경우 최신 Edition 요건에 따른 평가 수행

- 원 설계 영향여부 판단 - 정성적 평가[신규원전 설계경험 활용]
- 원 설계의 보수성 여부평가 - 정량적 평가
 - 보수적 결과 : 설계 당시 적용한 기술기준의 부합성 확인
 - 비보수적 결과 : 안전성 확보대책 수립 필요

단계 4. 차이 해결을 위한 의사결정[대책수립]

❖ 안전 개선사항 도출

- 설계변경/재해석
- 운전 및 비상절차서 개정 등

❖ 규제기관 협의

❖ 시정조치 이행

경년열화



- 16 -



2017년 추계 원자력학회 워크숍

SSC의 실제상태/경년열화에 관한 사항

❖ 평가목표

- 안전 관련 설비의 실제 상태가 다음 PSR평가 시점까지 설계요건을 만족하며, 그 내용이 문서화되어 있음을 확인
- 안전 여유도 유지 위해 경년열화가 효과적으로 관리되고 있는 지, 향후 안전운전을 위해 적절한 경년열화관리계획이 확립되어 있는지를 확인

SSC 실제상태	경년열화
<ul style="list-style-type: none"> • 건전성 및 기능 수행능력에 관한 정보 • 현상태, 진행 또는 예상되는 경년열화 정보 • SSC 기능수행능력을 확인 위한 시험결과 • SSC의 검사결과 및 보수기록 • SSC에 대한 운전이력과 현재 상태 • 소 내,외 지원시설 현황 	<ul style="list-style-type: none"> • 평가대상 SSC의 분류 및 선정 • 평가대상 SSC별 경년열화현상 분석 • 경년열화현상에 따른 SSC의 기능 및 안전 여유도 • SSC의 성능미달시점 및 미래상태 예측 • SSC의 경년열화 완화대책 및 관리계획

- 17 -



평가대상 SSC의 분류 및 선정

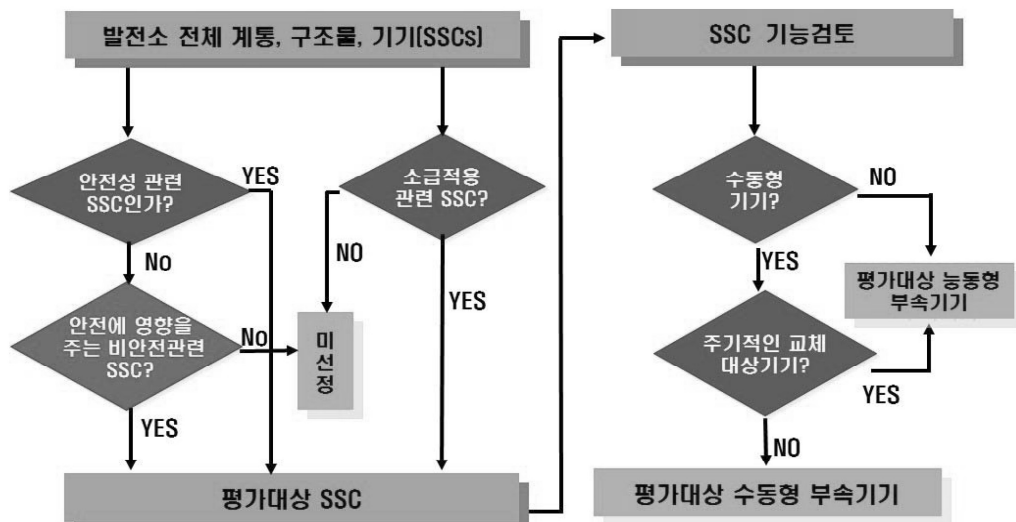
- 18 -



목적 및 선정기준

2017년 추계 원자력학회 워크숍

- ❖ 목적 : 안전 관련 설비의 집중관리를 통한 안전성 확보
- ❖ 기준 : 고시 및 10CFR 54.4/10CFR 54.21 반영



안전영향 비안전 설비 도출

❖ 현재 평가현황

- 1차 PSR
 - 품질등급 T를 대상으로 선정
- 고리1/월성1호기 계속운전 PSR
 - IAEA Peer Review 권고사항으로 NEI95-10, Rev.6, App. F 절차 반영
 - 공간적으로 SR설비에 영향을 줄 수 있는 NSR 설비 도출
- 2차 PSR
 - 품질등급 A를 안전영향 비안전 설비로 분류(품질등급 T 없어짐)
 - 1차 PSR 대상설비 + 공학적 판단 추가



문제점

❖ 발전소 A등급 현황(예)

품질등급	갯수	비고
Q	00,000	계측제어설비 포함
A	00,000	
S	00,000	
계	00,000	

- A 등급의 물량이 너무 과도하여 안전등급 처럼 관리 불가(안전 저해요소)

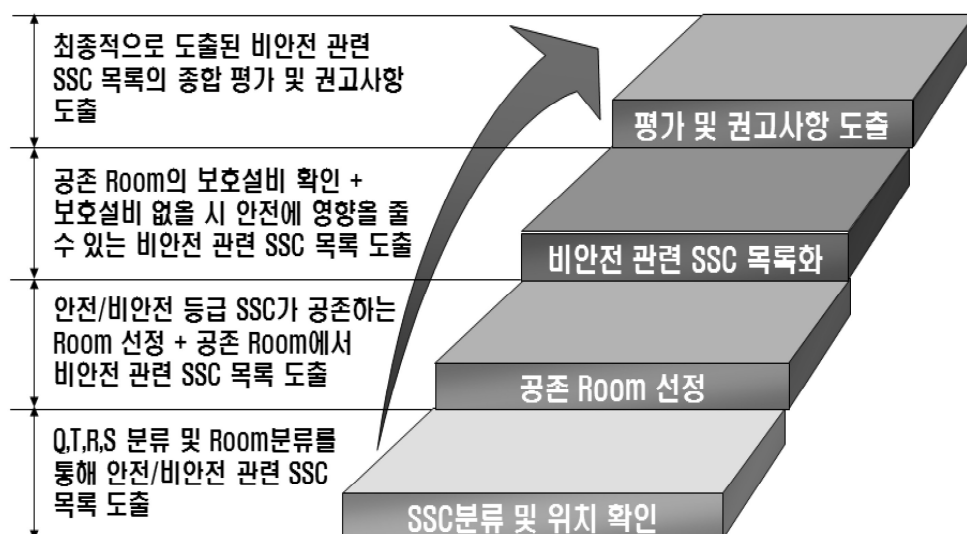


개선방안

❖ NEI95-10, Rev.6, App. F 절차 반영[고리1/월성1 수행경험]

- 비안전관련 SSC가 안전관련 SSC에 영향을 줄 수 있을 것인지 판단
 - 비안전관련 SSC의 파단 시 안전관련 SSC를 보호할 수 있는 보호설비 유무 확인
 - 보호설비가 있는 경우 : 해당 보호설비 목록 도출
 - 보호설비가 없는 경우 : 비안전관련 SSC 파단 시 인접한 안전관련 SSC에 영향을 줄 수 있을 것인지 판단 및 관련 기기 도출

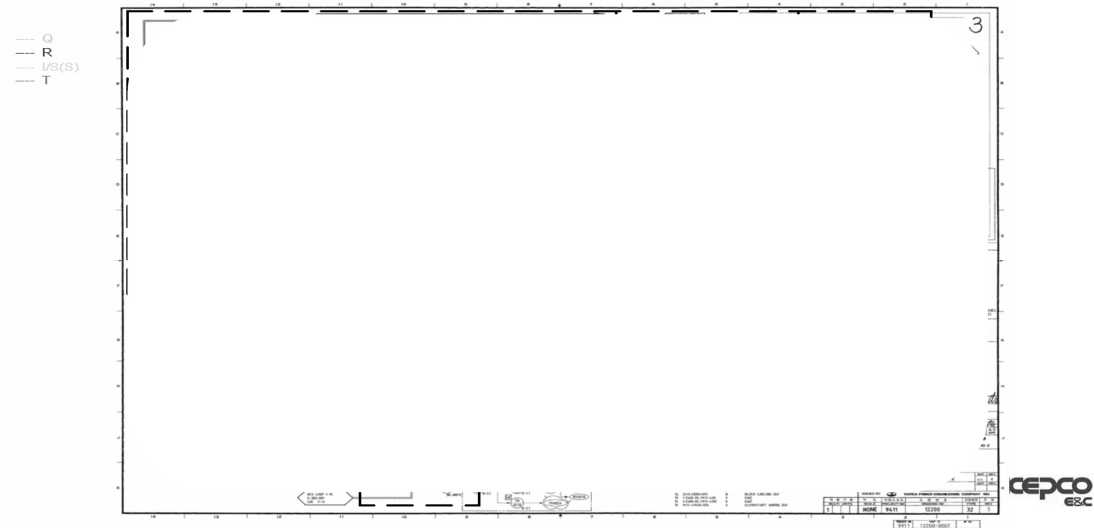
평가 흐름도



PSID 표기

❖ 1차계통 : 00장, 2차계통 : 00장

- 000개 Room 표기



검토대상 Room 선정

❖ 선정기준

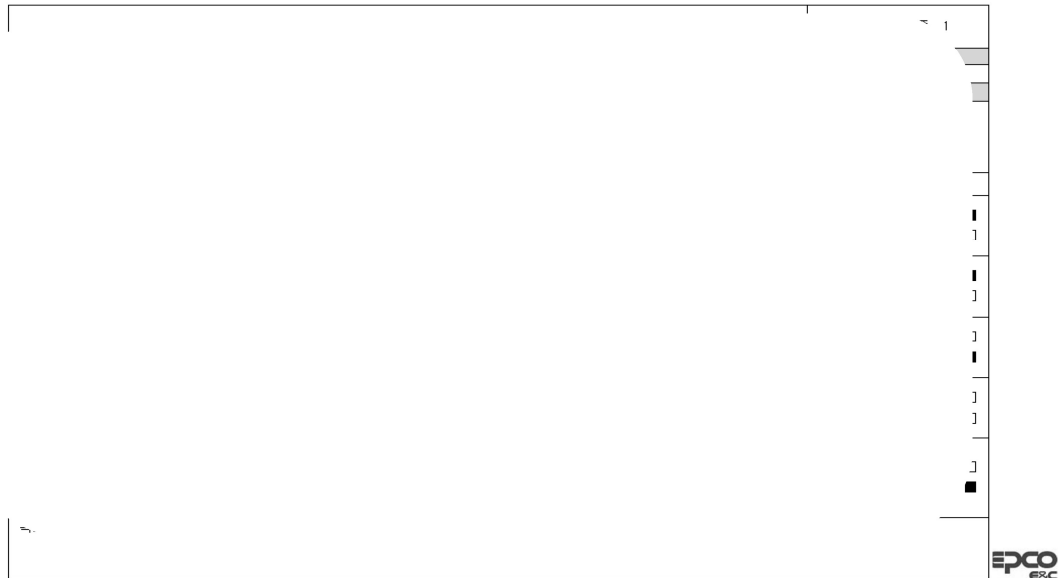
- 안전 및 비안전관련 SSC가 공존(펌프, 밸브, 탱크, 열교환기, 배관 등)하는 Room

❖ 선정결과(예) → 도면 검토와 현장검사 병행수행

Room 선정 결과	RM 수
대상기기가 없거나 내부유체가 공기/가스인 경우	00개
안전관련 SSC만 존재하거나 비안전관련 SSC만 존재하는 경우	00개
검토대상 Room (안전관련 SSC와 비안전관련 SSC가 공존)	00개
Total Room	000 개

현장점검

❖ 안전관련 SSC에 미치는 영향분석



- 26 -

선정결과

❖ 안전관련 SSC에 영향을 줄 수 있는 비안전관련 SSC 도출

- 배관 29개, 밸브 69개, 탱크 3개 및 1개의 펌프 등 총 102개 확인
- 보호설비 52개[지지대]

⇒ 공간적으로 안전에 영향을 줄 수 있는 비안전설비 154개를 경년열화
평가대상으로 선정

2017년 추계 원자력학회 워크숍

- 27 -

SSC의 경년열화 완화대책 및 관리계획 [별도 소개]

- 28 -



맺음말(1)

2017년 추계 원자력학회 워크숍

❖ 최신 기술기준 적용

- 가동원전에 최신 기술기준이 적용되어도 안전함을 입증
 - 필요시 신규 제작/설치 등 후속작업 수반
- 설계 당시 원본자료 부족
 - 보유 자료부터 분석 수행
 - 국내 미보유 자료 도출 후 종합적인 대책마련 필요
- 최신기준 적용은 구조적 안전성이 보장되는 범위 내에서 최적 적용방안 도출 후, 해결 방안 모색

- 29 -

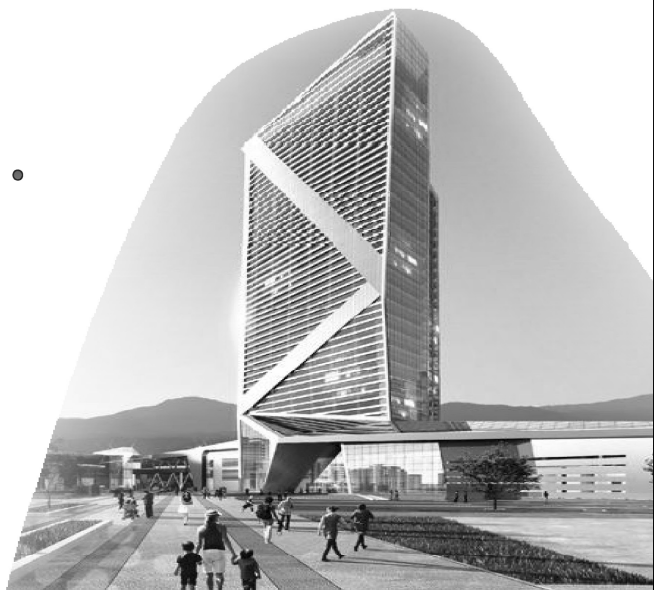


맺음말[2]

❖ 안전영향 비안전 설비 도출

- NSR 대상 선정(NEI 95-10, App. F 이용)
 - 발전소 품질등급 'T' 또는 'A' 의 목록과 다른 결과 도출
 - 변경된 품질등급 체계 (Q, A, S)
 - 품질등급 A와 10CFR54.4, (2)와 동일한 것으로 판단하기는 부적절
 - 경험상 150개 정도만 관리해도 되는데 A등급 설비수는 너무 과도함
 - PSR 평가대상 선정의 최적화 전략 필요
 - 안전관련 대상설비를 중점 관리하여 경제적 이득은 물론 안전성 극대화 가능

감사합니다.



5

PSR 안전성능/발전소운영분야 평가개선방안

박 강 민 부장 (미래와도전)

향후 주기적 안전성평가(PSR) 추진방안

PSR 안전성능/발전소운영 분야 평가 개선방안

2017. 10. 25.

박강민



(주)미래와도전
FNC Technology Co., Ltd.

www.fnctech.com



CONTENTS

I 평가범위

II 평가현황

III 평가를 통해 얻은 교훈

IV 평가 개선방안

V 결 론

I. 평가범위

분야	항목	비고
안전성능	가. 안전 관련 사건의 분류 및 근본원인 분석 결과 이행체제 나. 보수·시험 및 검사를 포함한 안전 관련 운전자료 선별 및 기록 방법 다. 안전 관련 운전 자료에 대한 경향분석 및 안전계통의 기능이 불가능한 정도 라. 안전성능지표에 대한 분석	
운전경험 및 연구 결과의 활용	가. 원자로시설의 운전경험·연구결과의 반영을 위한 계획 및 체계의 적절성 나. 원자로시설의 운전경험·연구결과의 반영 및 조치방안	평가인자별 반영
운영 및 보수 등 의 절차서	가. 안전관련 절차서 수립 및 개정체계 나. 절차서에 대한 주기적 검토 및 보완계획 다. 인적요소의 원리를 고려한 절차서의 명확성	절차서 관리 절차서 명확성
조직, 관리체계 및 안전문화	가. 안전목표 및 안전 우선원칙 이행을 포함한 안전체제 나. 개인과 단체의 역할 및 책임에 관하여 정한 문서 다. 원자로시설 운영의 유기적 구성을 유지하기 위한 방법 라. 외부 인력 및 전문가 활용을 위한 체제 마. 직원의 교육훈련 시설 및 계획 바. 독립된 평가자가 포함된 정규 품질보증검사와 품질보증계획 사. 안전문화에 대한 진단, 분석, 주기적인 평가 및 안전문화를 위한 이행체계	안전문화 조직행정 안전문화
인적요소	가. 교대근무 및 초과근무 제한을 포함한 직원관리 수준 나. 자격이 있는 직원이 상시 임무수행을 하는지의 여부 다. 모의제어반의 사용을 포함한 초기 재교육 및 능력향상을 위한 훈련계획 라. 인적 정보요건과 업무량에 대한 분석 마. 인간-시스템의 연계체계 분석	근무자격훈련

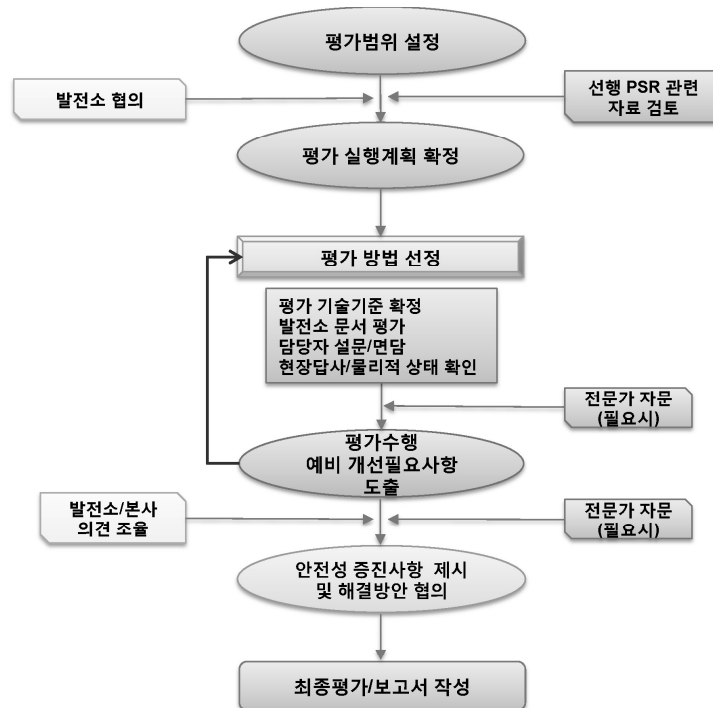
II. 평가현황

■ 평가 목적

분야	원자력안전법 시행규칙	IAEA SSG-25
안전성능	원자로시설의 안전성능과 운전경험에 관한 기록의 조사 및 분석을 통하여 안전성능의 변화 경향 확인	안전성능지표, 사건 원인분석 등 운전경험 기록을 통해 안전성 향상 필요성이 있는지 확인
운전경험 및 연구 결과의 활용	다른 유사한 원자로시설의 운전경험과 안전성 연구결과가 적절하게 반영되고 있는지 확인	타 시설의 운전경험/연구결과 피드백이 안전성 개선에 활용되고 있는지 확인
운영 및 보수 등의 절차서	원자로시설의 운전·보수·점검·시험·변경 및 비상대응을 위한 절차서가 적절한 기준에 따라 작성되어 있는지 확인	절차서 작성, 개정 및 관리체계가 안전성 유지를 위해 적절하고 효과적인지 확인
조직, 관리체계 및 안전문화	조직과 행정이 원자로시설의 안전운전을 위하여 적절하게 운영되고 있는지 확인	조직행정 및 안전문화가 안전운전을 확보하는데 적절하고 효과적인지 확인
인적요소	원자로시설의 안전운전에 영향을 줄 수 있는 다양한 인적요소의 관리상태 확인	안전운전에 영향을 줄 수 있는 다양한 인적요소를 평가하여 실질적인 안전성 개선사항을 도출

II. 평가현황

■ 평가 흐름도



II. 평가현황

■ PSR(발전소운영) 주요결과(안전성 증진사항)

- ▶ 인간공학을 고려한 절차서(EOP 등) 명확성 개선
- ▶ 인간공학을 고려한 주제어실 등 MMI 개선
- ▶ 인적요소 개선 및 관리체계 개발
- ▶ 직무분석, 업무량 적정성 평가
- ▶ 교육훈련(모의제어반 등) 개선(업무수행 능력 제고 등)
- ▶ 안전목표의 구체적 설정 및 이행

분야	고리1	고리2	고리 3,4	한빛 1,2	한빛 3,4	한빛 5,6	한울 1,2	한울 3,4	한울 5,6	월성1	월성2	월성 3,4
안전성능	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
운전경험 및 연구결과의 활용	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
운영 및 보수 등 의 절차서	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
조직, 관리체계 및 안전문화	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
인적요소	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Ⅲ. 평가를 통해 얻은 교훈

■ 순기능적인 측면

▶ PSR 발전소운영 평가방법론 정립

- 반복적인 평가를 통해 체계적인 평가방법론 정립
- 3자 검토(평가)를 통한 평가의 신뢰성 확보
- 10년 단위 안전성평가에 대한 현장의 부담 최소화

▶ 안전성 증진사항 이행

- 인적오류 유발가능성 인자에 대한 사전 확인
- 발전소간 유사한 문제점 확인 및 시정조치 수행
- 안전성 증진사항을 계획적으로 이행함으로써 인적성능 향상에 기여

▶ 발전소 운영 프로세스 강화에 기여

- 각종 생산자료 관리의 중요성 인식
- 지속적인 개선계획의 수립, 이행의 필요성 및 근거 제공
- 운영 프로세스의 효과성, 유효성 자체 진단에 대한 근거 제공

▶ 장기 발전소 안전운영 근거 확보

- 평가대상 발전소 운영시스템의 적절성을 인정받음

Ⅲ. 평가를 통해 얻은 교훈

■ 평가의 한계

▶ 정형화된 평가

- 안전성 증진사항 도출에 초점을 맞춤
- 발전소별 고유의 운영 특성을 평가에 반영하는데 한계
 - 긍정적인 면보다는 부정적인 면을 평가하는데 치중
- 기술기준과 부합성을 평가하는데 집중함으로써 특정 안전인자에서 안전성 증진사항 도출
 - 인적요소 측면에서의 절차서 명확성 개선
 - 인간공학을 고려한 제어반 개선 등

▶ 정기검사, 인허가 심사등과 중복성

- 정기검사, 인허가 심사 등에서 확인된 사실에 대한 중복 검토
 - 안전성능, 근무자격훈련, 조직행정 등
- 평가 대상기간의 경향성(안전성 저하 징후 확인) 검토에 자원활용 필요
 - 안전관련 운전자료(정주기 시험 등), 운전경험 발행, 안전문화 진단/원인분석 등

Ⅲ. 평가를 통해 얻은 교훈

■ 평가의 한계

▶ 평가항목별 평가 대상기간의 유연한 적용 필요

- PSR은 미래지향적인 안전성 평가방법
 - 향후 10년 동안 안전운전을 보장할 수 있느냐에 초점
- 10년전 자료 혹은 데이터가 현재시점에 갖는 의미에 대한 고민
 - 주요 운전변수 추이분석, 운전경험의 반영 등

▶ 평가 안전인자간 영향 고려 부족

- 발전소운영 분야 안전인자의 평가에 집중
 - 평가방법론을 정형화함으로써 다른 분야에의 관심 저하
- 발전소운영 분야 안전인자가 상호영향 및 교차검토는 평가과정에 수행
- 타 분야 안전인자의 평가과정/평가결과는 참고수준으로 이해
 - 착수회의 및 평가방법 워크숍, 진도점검회의, 현장 설명회 등을 통해 개략적인 평가결과는 인지하지만 평가인자간 상호 연관성을 검토할 수준의 내용 분석에는 한계
- 타 분야와의 복합적 평가를 통해 의미있는 Insight가 도출될 것으로 기대
 - 복합적 평가에 대한 방법론 개발 필요

Ⅳ. 평가 개선방안

■ 경향성 분석 강화

- ▶ PSR은 평가 대상기간은 이전 평가기준일 이후 10년
- ▶ 향후 10년간 안전운전을 보장할 수 있는지 평가
- ▶ 10여년간의 발전소 문서자료를 통해 발전소 운영의 적절성 검토
 - 안전성 저하 징후를 확인하기 위해서는 다년간의 자료/데이터의 경향성 확인이 필요함

■ 평가결과 다양성

- ▶ 10여년간 발전소운영의 결과로서 나름의 문화와 방식이 존재
- ▶ 발전소운영 분야는 특정 기술기준의 만족여부로 평가하기엔 한계
- ▶ 긍정적인 요소(우수사항)와 부정적인 요소(개선사항)를 함께 도출 필요
 - IAEA SSG-25는 긍정적/부정적 결과를 모두 기술할 것을 권고함
 - 각종 외부 점검(Peer Review, 안전문화 평가 등)에서는 개선 필요사항(Area for Improvement)와 함께 강점(우수한 사항)을 도출함

IV. 평가 개선방안

■ 평가인자간 복합적 평가

▶ IAEA SSG-25은 개별 안전인자(14개) 검토결과에 근거하여 평가인자간 상호 영향을 고려하여 복합적 평가를 수행할 것을 권고

- 안전인자 상호간 검토시 겹쳐지는 문제에 대하여 PSR시 고려
- PSR 범위와 방법론, 규제 요구사항(선행 PSR 포함), 규제기관 현안 포함
- 개별 안전인자 검토로 도출된 긍정적/부정적 결과 고려
- 부정적인 결과(안전성 증진사항)가 개별적으로 받아들여 질 수도 있지만 결합된 효과의 수용가능성 검토

▶ 현재까지의 PSR(발전소운영)은 개별 안전인자의 평가에 집중

▶ 발전소운영 외의 안전인자와 연계성 검토

- 평가 입력자료 검토, 예비 평가결과, 안전성 증진사항 도출 등에서 다른 분야 평가자, 평가결과에 대한 상호 교류 강화
- 타 안전인자의 영향에 대한 별도 평가보고서 작성

IV. 평가 개선방안

안전인자 상호 연관 관계 비교표

		입력을 주는 안전인자													
		SF1	SF2	SF3	SF4	SF5	SF6	SF7	SF8	SF9	SF10	SF11	SF12	SF13	SF14
안전인자 상호 연관 관계	SF1		X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X
	SF2	X		X				X	X	X		X			
	SF3	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	
	SF4	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	
	SF5	X	X		X		X	X	X	X	X		X	X	X
	SF6	X	X	X		X	X	X	X	X	X			X	
	SF7	X	X	X	X		X		X	X	X				
	SF8	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X		X
	SF9	X									X	X			X
	SF10	X	X	X	X		X		X	X	X		X	X	X
	SF11		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X
	SF12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	SF13	X		X	X	X	X		X	X	X				
	SF14	X	X		X		X		X	X	X				

SF1: 원자로 및 관계시설의 설계
SF2: 구조물·계통 및 기기
SF3: 결정론적 안전성분석
SF4: 확률론적 안전성분석
SF5: 위험도 분석
SF6: 기기검증
SF7: 경년열화
SF8: 안전성능
SF9: 운전경험 및 연구결과 활용
SF10: 운영 및 보수 절차서
SF11: 조직, 관리체계 및 안전문화
SF12: 인적요소
SF13: 비상계획
SF14: 방사선환경영향

V. 결 론

- 그간의 PSR 발전소운영 평가를 통해 발전소 안전운영 확인
- 평가과정에서 평가방법의 개선 필요사항 확인
- 10년 동안 발전소 운영에 따른 경향성 분석에 집중하여 안전성 저하 징후를 도출
- 평가 대상 발전소의 운영상 긍정적인 요소와 부정적인 요소를 함께 도출
- 발전소운영 분야외 타 안전인자와 연계성을 검토하는 복합적 평가를 통해 개별 안전인자의 평가결과를 보완하고 발전소 안전성 증진에 의미있는 Insight 도출이 가능하도록 평가방법 개선이 필요함

THANK YOU





www.fnctech.com

본 사 : 경기도 용인시 기흥구 흥덕1로 13, 32층(영덕동, 흥덕아이티밸리 타워동) 우)16954
TEL. 031-8065-5114 / FAX. 031-8065-5111

연구소 : [본관] 경기도 용인시 기흥구 탑실로 46 (주)미래와도전 부설 미래에너지기술연구소 우)17084
TEL. 031-8005-6010 / FAX. 031-8005-6014

[신관] 경기도 용인시 기흥구 탑실로 44 (주)미래와도전 부설 미래에너지기술연구소 우)17084
TEL. 031-8005-5939 / FAX. 031-8005-7377

경주 지사 : 경북 경주시 화랑로 90, 4층 우)38154
TEL. 054-749-6085 / FAX. 054-749-6089

FNC Technology Co., Ltd.

6

PSR 추진현안과 개선방안

송 태 영 팀장 (한국수력원자력)

2017년 추계 원자력학회 워크숍

PSR 추진현안과 개선방안

2017.10.25

한수원 중앙연구원
PSR팀 송태영

한국수력원자력주

2017년 추계 원자력학회 워크숍

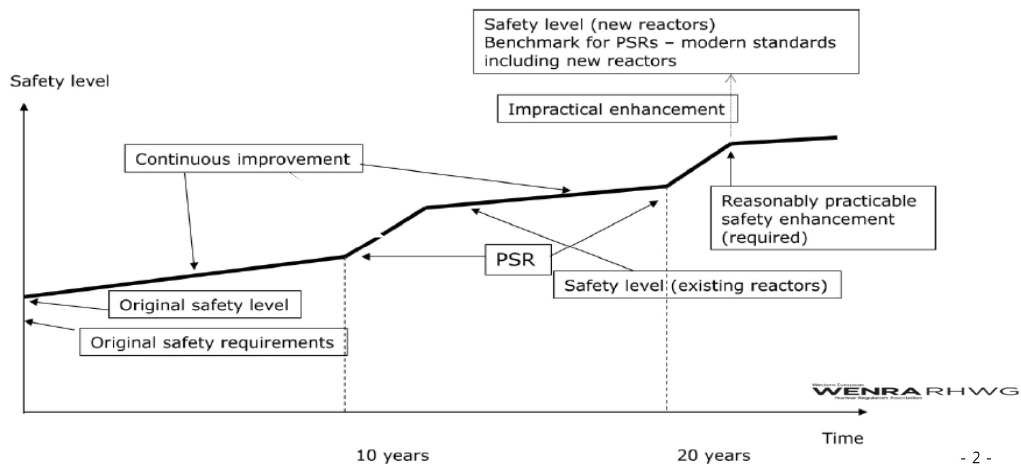
목 차

- PSR 개념
- 국내·외 PSR 추진현황
- PSR 추진현안과 개선방안
- 맺음말

PSR 개념

■ 지속적인 안전성 향상

- 기존 활동 : 심사/검사, 품질보증활동, CAP/설계개선 등
- PSR: 운영허가 당시의 안전성요건 유지 확인 및 계속적인 안전성 향상

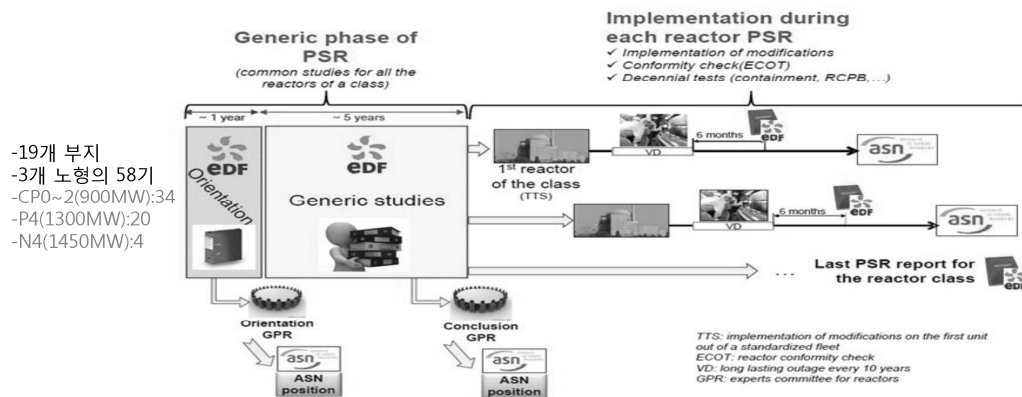


- 2 -

국내외 PSR 추진현황

■ IAEA PSR 지침서(SSG-25)를 기반으로

- 각 국들은 규제/운영환경을 반영하여 다양한 방법/수준으로 PSR 수행
- 일본 : 운전경험, 경년열화평가 등 일부 → SSG-25적용한 PSR⁺(2013:신규제기준)
- 영국 : 평가차수별로 평가범위와 수준을 차등화 수행 (2차 PSR 추진중)
- 프랑스 : 동일 노형별로 그룹핑하여 2단계로 수행 (3차 PSR 추진중)



- 3 -

국내외 PSR 추진현황

■ IAEA PSR 지침서(SSG-25)를 기반으로

- 국내 : 원자력안전법 준수를 위해 발전소/호기별로 수행
- 2000년 부터 17년에 걸쳐 약 20회의 PSR 수행으로
 - ✓ 원전 산업계의 전문 기술력 활용과 교류를 통해,
 - ✓ 체계화된 고유의 평가기술/프로세스 정착→ 해외원전 대비 우수한 PSR
 - ✓ 안전성증진사항(약 350개) 도출/이행으로 원전 안전성 향상에 기여해 왔음
- 2013년 부터 2차 PSR 추진중인 현 시점에서
 - ✓ 그 동안의 PSR 수행경험을 기반으로 개선사항을 도출하고
 - ✓ 해외 원전들의 PSR 수행사례들을 조사하여
 - ✓ 제도적, 수행방법, 수행체계 개선 및 수행목적 재정립 등을 통해
 - ✓ 더 체계적/합리적인 PSR 추진 필요→ PSR Upgrade → 안전성 증진 주역할

- 4 -

PSR 현안-기술기준 문서 개발-1

■ 현황 및 현안

- PSR 기술기준문서(PSR Basis Document, PBD) : PSR 평가범위, 방법 및 기술기준을 설정한 문서
- 2000년 당시 PBD 개발 않고 PSR 착수← IAEA PSR 지침서 요구
 - ✓ 최근 루마니아 '체르나보다 원전' PSR 입찰 참여 추진중 : PBD 요구
 - ✓ 영국 : 1차 PSR 에서 대부분의 안전현안과 기술기준 불일치 사항 해결
- 이에 따라 규제기관 심사현안 발생
 - ✓ 평가범위, 최신기술기준 적용여부에 대한 시각차이 발생
 - ✓ 한울5,6호기 PSR 기준 : 심사질의(RAI) 약 600건중 100여건이 기준에 대한 질의

■ 개선제안

- PBD 필요성에 대한 규제기관과 협의/결정
- PBD 개발 및 후속 PSR에 적용

- 5 -

PSR 현안-기존 운영/규제체계와의 관계-2

■ 현황 및 현안

● 발전소 운영체계

- ✓ 설비유지관리 : PM, PDM(예측정비), MR(정비규정), LTAM, ISI/IST 등
- ✓ 종사자/운영관리 : 엔지니어링 역량, 경험/지식 전수, RCA, CAP, SA 등
- ✓ (현안) PSR 에서 이들 운영체계들을 어디까지 다룰 것인가 ?

● 규제체계

- ✓ 심사, 수시검사, 정기검사, 특별안전성점검
- ✓ (IAEA) PSR 은 기존 규제체계를 보완하는 역할
- ✓ (현안) 많은 심사현안들이 PSR 을 통해 도출되고 있음
 - 수시/정기검사 관련사항을 PSR을 통해 질의/심사 : 안전팩트 압력/유량 현안

■ 개선제안

- 향후 운영/규제관점에서 PSR 활용/성격에 대한 논의/토의 필요

- 6 -

PSR 현안-안전성 증진사항 최적화-3

■ 현황 및 현안

- 1차 PSR을 통해 설계 당시 고려하지 못했던 안전현안 해소
 - ✓ 잠재 규제현안들을 PSR 을 통해 해결
 - ✓ 최신 기술기준 적용 등으로 인해 2차 PSR 에서도 다량의 증진사항 발생
- 증진사항 조치기간이 길고, 계획기간 초과 사례 발생
- 발전소(호기)별 평가로 동일 증진사항이 동일 노형에 동시에 미적용
 - ✓ 동일 노형 원전에 대한 안전성 증진 지연

■ 개선제안

- PSR 제도성격 재정립 및 적용되는 최신 기술기준 사전협의
- 증진사항 이행 신속화 및 체계적인 관리 필요 (유럽원전: 3년내 이행 목표)
- 프랑스와 같이 단일 운영회사 장점을 살려
 - ✓ 동일 노형에 대해 공통 증진사항을 동시에 적용/단계적으로 추진필요

- 7 -

PSR 현안-IAEA 지침서 충실화-4

■ IAEA PSR 지침서 요구사항

- PSR 기준문서 개발, 심사후 평가착수 요구
- 종합평가(Global Assessment) → 요약보고서로 대체
 - ✓ 14개 평가인자별 평가결과(강점/약점)를 종합하여 안전성을 총괄적으로 평가
 - ✓ 평가인자간 영향(연계) 평가 : 불일치 사항 및 현안/증진사항들의 중복 여부 등
 - ✓ 현안/증진사항 : 합리적이고 실현가능성 검토, 안전 중요도에 따라 우선순위 결정
 - ✓ 종합평가 결과 평가인자별 보고서 수정
 - ✓ (종합평가팀) 분야별 전문지식을 보유한 팀을 구성하여 수행
- 형상관리(CM) 만족여부를 강조 : 낮은 수준으로 평가



■ 개선제안

- 기준문서 : 체계적인 평가 및 심사를 위해 개발 필수
- 종합평가 : 유럽원전을 참조하여 평가여부 논의 필요
- 형상관리 : 경공업무 → PSR에서 평가수준 논의 필요

- 8 -

PSR 현안-평가수준 차등화-5

■ 현황 및 현안

- 영국 : 1차 PSR-안전현안 해결에 중점, 2차 PSR-경년열화에 중점
- 국내 : 1,2차 PSR-동일한 평가항목/평가수준으로 수행 중
- 문서기반 표준화된 평가 : 장점 vs 단점
 - ✓ 지난 10년간 운영자료(약 6만개 파일)를 수집, 분석 수준
 - 경년열화 : IST관 련 펌프변수 추이분석 → IST 사항
 - 방사선안전 : 방사선준위 및 방사성물질 방출량 분석
 - 발전소운영 : 교육훈련평가, 운영조직평가
 - ✓ 동 자료들은 정기검사 등을 통해 규제받은 사항들

■ 개선방안

- PSR 차수별 또는 발전소별로 평가항목에 대한 평가수준을 차등화
 - ✓ 법령상 평가를 준수 + 차수별/발전소별 평가 중점항목을 차별화하는 방안
- 가동원전 PSR 과 계속운전 안전성평가를 통합하는 방안
 - ✓ PSR에 대부분의 계속운전 평가항목이 포함되어 있음, 평가상세수준 상이

- 9 -

PSR 현안-평가 실효성-6

■ 현황 및 현안

- 유럽 : 대다수 원전에서 발전소 엔지니어가 PSR 수행
- 국내 : 중앙연구원 및 산업계를 통해 수행
- 현 평가방법 : 문서기반(운영이력) 평가에 주력
- 발전소 실질적인 운영실태, 문제점 파악·도출로 안전성증진에 한계
 - ✓ 원자력안전법 준수차원에서 PSR 수행
 - ✓ 발전소 관리자들의 PSR에 대한 관심도, 인식도 저하

■ 개선방안

- 적극적인 발전소 참여
 - ✓ 계획수립단계 : 발전소 의견 수렴, 반영
 - ✓ 평가단계 : 현업 엔지니어 직·간접 참여 확대
- 발전소 공통/고유 현안 추적관리 → PSR 평가범위 추가
 - ✓ (예) CLP(내부철판), MR 정착, 발전소 운영프로그램(CAP, SA 등)

- 10 -

PSR 현안-평가중 도출 현안 처리-7

■ 현황 및 현안

- 유효한 기술기준 불만족 사항 도출 : 발전소에 평가기간내 조치 요구
- 최신 기술기준 적용 : 타당하고 실현가능한 범위내에서 증진사항 도출
- 최신 운영데이터 적용 재평가/재해석 : 증진사항으로 처리
 - ✓ 사고시 주증기 침투압력 평가, 대기확산인자 재평가, 방사선 선량 재평가 등
- 심사단계에서 재평가/재해석 요구 → 증진사항 발생

■ 개선방안

- 평가현안 발생시 가능한 해결
 - ✓ 관련 예산확보 : 연구원 협업팀 또는 자문을 통해 조치
- 발전소 현안 해결 : PSR 관심도 및 만족도 제고

- 11 -

PSR 현안-평가기초자료 표준화-8

■ 현황 및 현안

- 평가범위,기준,방법 결정 → 평가기초자료 선정/입수 → 평가 수행
- 다음과 같은 여건으로 기초자료 확보에 어려움이 많음
 - ✓ 발전소별로 비표준화된 상태로 운영자료를 생성하고 있음
 - ✓ 평가자 요구자료와 발전소 제공하는 자료간 불일치 사항 발생
 - ✓ 발전소에서 요구자료 검색/제공하는 데 많은 시간 소요
 - ✓ 평가항목별 평가요구 자료 표준화 및 상세화가 낮은 수준 (45개 지침서 기준)

■ 개선방안

- 평가기초자료 표준화
 - ✓ 세부평가 항목별(약 200개)로 요구 입력자료 구체화/상세화/DB화
 - ✓ 생성자료 표준화 : 자료명, 분류번호체계 등
- 발전소 운영자료 생성과 연동화
 - ✓ 운영자료 생성 목적에 PSR 추가 → 생성단계에서 PSR 요구자료와 연계
 - ✓ 향후 전사차원에서 논의/협의필요

- 12 -

맺음말

■ 그 동안의 PSR 수행사례를 되돌아 본 결과,

- 다 수의 PSR 수행으로 한국식 수행체계가 확립되었고,
- 여러 경로를 통해 비교한 결과, 다른 국가와 동등/이상으로 수행 중
- 발전소별 약 15~20개의 안전성 증진사항 도출/이행 : 경산시 할 수 없었던 안전성 향상에 기여

■ PSR 수행방안에 대해 제고가 필요한 시점

- 기존 수행방법대로 지속할 것인가 ?
- 발전소 활용도를 고려하여 개선의 여지를 모색할 것인가 ?
- 관련하여 향후에도, PSR 수행방안 개선이나 제도 개선에 유관기관/산학연들의 집단지성이 필요함

사업자 자체 추진사항	규제기관/산업계 연계사항
<ul style="list-style-type: none"> • 평가수준 차등화 • 평가 실효성 향상 • 평가중 도출현안 처리 • 평가기초자료 표준화 	<ul style="list-style-type: none"> • 기술기준문서 개발 • 기존 운영/규제체계와의 연계 • 안전성증진사항 최적화 • IAEA 지침서 충실화

- 13 -



7

고리1호기 영구정지원전 PSR 수행현황

김 동 욱 박사 (한국수력원자력)

고리1호기 영구정지원전 PSR 수행현황

2017.10. 25.

김동욱



한수원 중앙연구원

1

필요성 및 문제점

- 가동원전에 대해 경년열화, 시설변경, 운전경험, 기술 발전 등의 누적된 영향을 다루고, 원전 운전기간 동안 고도의 안전성을 보증하기 위하여 일정주기로 수행되는 체계적인 안전성 재평가

PSR 평가범위 및 내용

평가내용 [평가인자]	주요 평가사항	세부평가 항목
		평가요소
1 발전소 설계	평가 시점에서 유효한 기준으로 설계	설계 시 적용한 기술기준과 현행 기술기준의 차이 등 5개
2 기기 설계 상태	SSC가 다음 평가시점까지 설계요건 만족	기기의 건전성 및 수행능력 등 6개
3 안전성분석	최신기준 대비 기존 안전분석 결과의 타당성	기존의 결정론적 분석 위한 해석방법과 현행기준 비교 등 4개
4 PSA	확률론적 안전성평가의 타당성 유지 확인	원자로 시설의 현재 반영 상태 등 4개
5 위해도 분석	내,외부 위해에 대한 시설방호의 타당성	화재, 비산물, 해일홍수, 강풍, 지진 예상규모와 발생 빈도 등 3개
6 기기검증	주요설비가 향후 10년 후까지 건전성 검증	기기검증 방법 및 품질보증 등 6개
7 경년열화	안전운전을 위한 경년열화관리계획 확인	경년열화현상에 따른 SSC 기능 및 안전 여유도 등 5개
8 안전성능	안전 성능의 변화 경향 확인	안전관련 사건의 분류 및 RCA 결과 이행체제 등 5개
9 운전경험 및 연구결과 활용	운전경험과 안전성 연구결과 반영	운전경험, 연구결과 반영 및 조치 방안 등 2개
10 절차서	운영, 보수 및 비상대응 절차서 적절 작성	절차서 수립 및 개정체제 등 5개
11 조직, 안전문화	조직과 행정이 안전운전에 적절하게 운영	안전목표 및 안전우선원칙 이행 포함 안전체제 7개
12 인적 요소	안전운전에 영향에 대한 인적요소 관리상태	교대근무 및 초과시간 제한을 포함한 직원관리수준 등 5개
13 비상계획	비상사태의 대응에 적합한 인원, 설비, 훈련	비상시 전략, 조직 및 계획서, 절차서 등 6개
14 방사성환경영향	환경영향 감시계획 적절성	오염가능성의 유출경로에 대한 방출제한치 및 기록 등 5개
14개 평가 인자		68개

○ 영구정지원전 PSR은 가동원전과 동일한 주기적 안전성평가 적용 요구

근거 : 원자력안전법 제23조(주기적 안전성평가, PSR)

동법 시행령 제36조(PSR 시기 등), 제37조(PSR의 내용)

5 / 20

제23조(주기적 안전성평가)

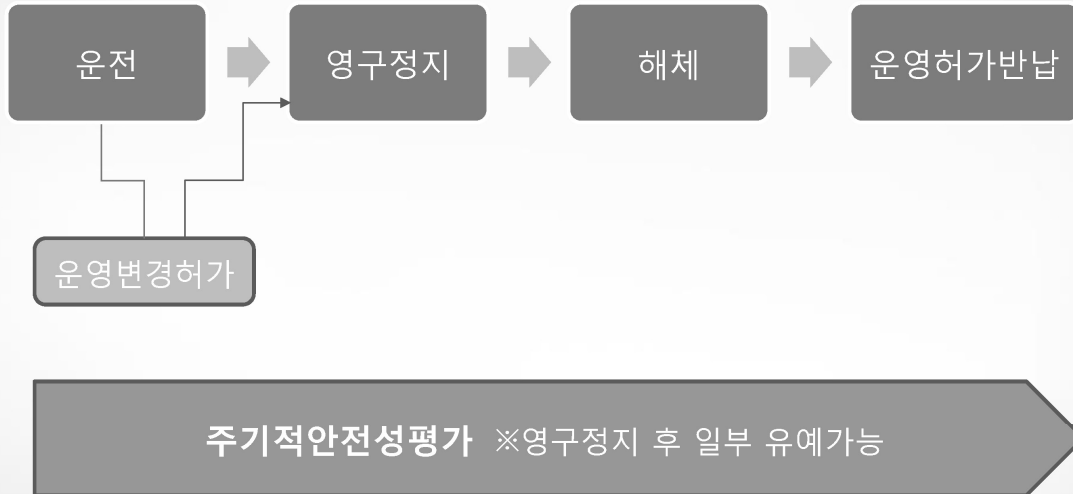
- ① 발전용원자로운영자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 발전용원자로 및 관계시설의 안전성을 주기적으로 평가하고, 그 결과를 위원회에 제출하여야 한다. 다만, 제21조제2항에 따라 변경허가를 받고 영구정지한 발전용원자로 및 관계시설의 주기적 안전성평가에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다 (개정 '15.1.20)

제36조(주기적 안전성평가의 시기등)

- ⑤ - - - - - 변경허가를 받고 영구정지한 원자로시설의 전부 또는 일부가 다음 각 호의 요건을 모두 충족하는 경우에는 사용하지 아니하는 부분에 대하여 주기적 안전성평가를 실시하지 아니할 수 있다. (개정 '15.7.20)
1. 원자로시설의 전부 또는 일부를 사용하지 아니할 것
 2. 제1호에 따라 사용하지 아니하는 시설과 부분에 대하여 주기적 안전성평가를 실시하지 아니하여도 안전상 지장이 없을 것
 3. 제1호에 따라 사용하지 아니하는 시설의 부분에 대하여 이 조부터 제38조까지의 규정에 따른 주기적 안전성평가의 시기, 내용 및 방법등을 그대로 적용하기 어려울 것

6 / 20

2. 영구정지후 해체단계 및 PSR



7 / 20

3. 문제점

- 현재 IAEA는 가동원전에 대한 PSR 지침만을 지원하고 있음
- 영구정지 PSR의 수행범위 및 방법이 불확실한 여건임

- ☞ 원자력안전법 시행령 제37조 ①항에 명기된 14개 안전인자에 대하여 영구정지기간동안 안전성평가 수행
- ☞ 안전성평가를 실시하지 아니하여도 안전상 지장이 없는 시설의 경우 충족사유 확보

8 / 20

2

주요 변경내용

1. 영구정지 이후 운전이 필요한 계통, 구조물, 기기(SSCs) KHNP

○ 운전이 필요한 계통, 구조물, 기기(SSCs) 선별기준

- ▶ 기준1 : 사용후연료 안전 저장(냉각, 재고량, 핵연료취급)
- ▶ 기준2 : 방사선 안전(방사선방호, 방사성폐기물 취급)
- ▶ 기준3 : 동력공급(전원, 공기)
- ▶ 기준4 : 작업환경(공기조화), 화재방호
- ▶ 기준5 : 감시 및 제어(경보, 제어 및 통신)
- ▶ 기준6 : 기타 보조계통
(가스공급, 용수, 음용수 및 위생 등)

1. 영구정지 이후 운전이 필요한 계통, 구조물, 기기(SSCs)

● 운전이 필요한 계통, 구조물, 기기(SSCs)

기준	운전 필요 계통	기준	운전 필요 계통
기준1	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 사용후연료저장조 냉각/정화계통 ▶ 재장전수저장탱크 및 가열계통 ▶ 기기냉각수계통 ▶ 기기냉각해수계통 ▶ 연료취급계통 	기준2	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 소내방사선감시계통 ▶ 액체폐기물처리계통 ▶ 기체폐기물처리계통 ▶ 고체폐기물처리계통 ▶ 15gpm 폐액증발기계통 ▶ 기기 및 바닥 배수 계통
기준3	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 345kv 전력공급계통 ▶ 154kv 전력공급계통 ▶ 디젤발전기계통 ▶ 공기압축기계통 	기준4	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 보조증기계통 ▶ 냉방수계통 ▶ 제어건물 환기계통 ▶ 보조건물 환기계통 ▶ 격납건물 배기 공급 및 배출계통 ▶ 화재방호계통
기준5	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 주제어반(경보, 컴퓨터계통 포함) ▶ 지진감시계통 ▶ 통신계통 	기준6	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 질소공급계통 ▶ 탈염수계통 ▶ 1차보충수계통 ▶ 조명계통

11 / 20

2. 원안법시행령 제37조 : 14개 인자에 대한 평가 방안

● 영구인출상태 고려하여 평가 범위변경

안전인자	항 목	범위
1	원자로시설의 설계에 관한 사항	축소
2	안전에 중요한 구조물 계통 및 기기의 실제 상태에 관한 사항	축소
3	결정론적 안전성분석에 관한 사항	축소
4	확률론적 안전성평가에 관한 사항	제외
5	위해도 분석에 관한 사항	축소
6	기기검증에 관한 사항	축소
7	경년열화에 관한 사항	축소

12 / 20

2. 원안법시행령 제37조 : 14개 인자에 대한 평가 방안



● 영구인출상태 고려하여 평가 범위변경

안전인자	항 목	범위
8	안전 성능에 관한 사항	유지
9	원자력발전소 운전경험 및 연구결과의 활용에 관한 사항	유지
10	운영 및 보수 등의 절차서에 관한 사항	유지
11	조직, 관리체계 및 안전문화에 관한 사항	유지
12	인적요소에 관한 사항	유지
13	비상계획에 관한 사항	유지
14	방사선환경영향에 관한 사항	유지

13 / 20

3. 주요변경내용



안전인자	항 목	구분	주요 변경 사항
경년열화	원자로 압력용기 원자로 내부구조물 제어봉구동장치 증기발생기 가압기 냉각재펌프 터빈	제외	영구정지 이후 운전 불필요 평가제외 충족사유 기술
	1차계통 배관 지지대 및 배관파단구속장치 밸브 및 밸브구동장치 펌프그룹 압력용기그룹 계측제어계통 전력계통열교환기 공기조화설비 2차계통 배관	축소	가동원전 PSR 평가대상과 비교 영구정지 PSR 제외기기 비교표 작성

14 / 20

3. 주요변경내용

안전인자	항 목	구분	주요 변경 사항
결정론적 안전성평가	연료 영구인출과 관련된 사고해석 평가	축소	액체방사성물질 함유탱크 파손사고, 사 용후연료 캐스크 낙하사고 핵연료취급사고
확률론적 안전성평가		제외	결정론적 안전성분석에서 사용후핵연료 저장조의 냉각기능상실사고 안전성평가 수행
기기검증	내진검증 내환경검증	축소	운전기기

15 /20

3

목표, 내용 및 수행일정

1. 고리1호기 영구정지원전 PSR 목표

목표

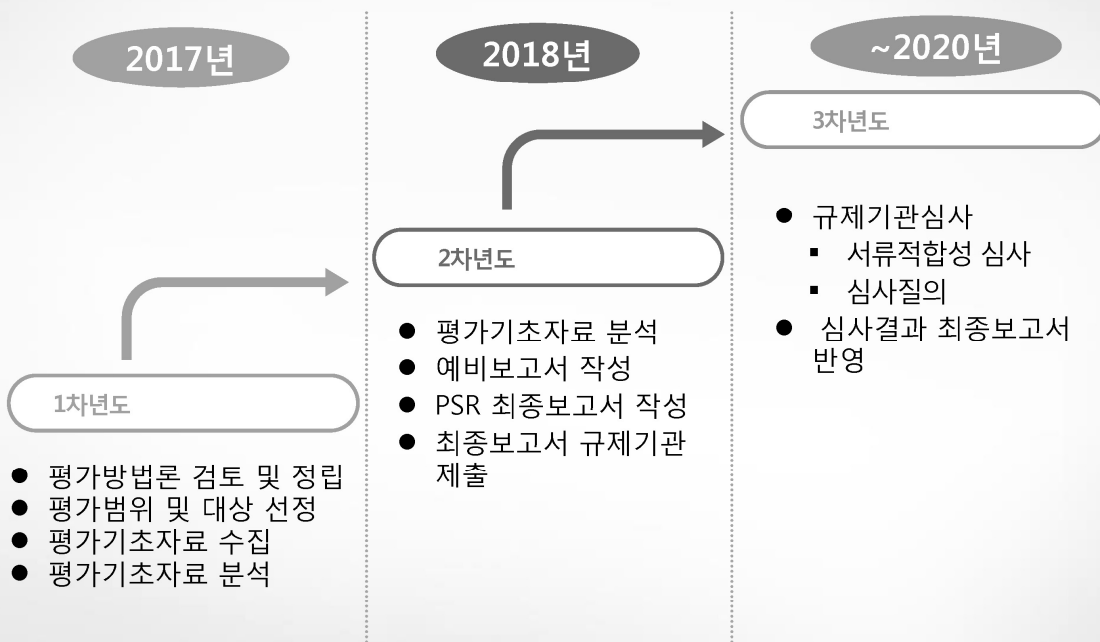
원자력안전법 시행령 제37조 ①항에 명기된
14개 인자에 대한 평가

가동원전 PSR과 비교하여 영구정지 환경
에서 사용되지 않는 구조물·계통 및 기기는
원자력안전법 시행령 제36조 ⑤항의 각
호에 대하여 모두 충족함 제시

고리1호기 영구정지 기간 동안 요구되는 원자로시설의 안전성평가

17 / 20

2. 고리1호기 영구정지 원전 수행내용 및 일정



18 / 20

8

향후 고려사항

- **현재 IAEA는 가동원전에 대한 PSR 지침만을 지원**
 - ☞ 영구정지 원전 PSR에 대한 규제 제도 정립 필요
- **영구정지 PSR의 수행범위 및 방법 정립 필요**
 - PSR 수행주기, 기간
 - 해체착수 전 후 평가 범위 및 내용