

# 리스크정보활용 규제 제도개선 연구 현황 및 계획

KINS 중대사고·리스크평가실  
장동주

본 자료의 내용은 발표자의 개인적인 의견일 뿐, KINS의 공식 입장이 아닙니다.

# Contents

1

Introduction

2

RIR 규제 제도 개선 연구 현황

3

RIR 규제제도 개선 연구 추진 방향

# 01 Introduction

# 리스크정보활용 규제?

→ 리스크정보를 규제의사결정(Risk informed Decision Making)에 사용하는 모든 활동

- 규제기관 관점 (RIR, Risk-informed Regulation)
  - 리스크정보를 활용하여 규제 조치(허가, 변경허가, 검사지적 및 보완 요구 등)의 정당성 제시
- 산업계 관점 (RIA, Risk-informed Applications)
  - 리스크정보를 활용, 원전 운영 효율성 제고를 위해 규제 요건 합리화 (TS STI/AOT 연장, 가동중정비 등)

## ■ KINS의 RIR 도입 노력들

- 리스크 기반 검사 및 정비규정 시험 프로그램 (2002)
- 리스크정보활용 차등검사 시험 프로그램 (2006)
- 정비규정 제도화 추진 (2007)
- 리스크정보활용 규제 적용 현황 보고서 발간 (2010)
- 가동중정비 안전성 영향 평가기술 개발 (2010~12)
- 규제검증용 PSA 모델 활용 체계 구축 연구 (2015~2018)
- '사고위험도 관리 기반의 규제감독 체계 구축' 연구 진행 중 (2020~)

## ■ 산업계 RIA 노력

- 격납건물 종합누설률 시험 주기 연장 (5년 → 10년)
- 리스크정보활용 운영기술지침서 변경허가신청(RI-AOT, RI-STI)
- 리스크정보활용 배관가동중검사 방법론 특정기술주제보고서
- 리스크모니터 시스템(RM) 및 정비효과성 감시 체계(MR) 자체 운영 등
  - RM은 중대사고정책(2001)에서 이행 요구, 관련 제도 부재로 규제 대상 X
  - MR은 한수원 자체적으로 도입, 이행

구 분	국내 도입	미 도입
RIA	RI-ILRT, RI-ISI, RI-STI, RI-AOT	OLM, RI-TS, RI-IST, Option-2 ...
RIR	RM, ASP(?)	MR, ROP(SDP)

- 리스크정보활용 성능기반 체계 국내원전 적용방법론 개발 연구 (2019~2021)
- 가동중정비 연구 수행 중 (2022~2024)

# Lessons Learned

## ▪ RIA 경험은 多, RIR 경험은 無 ?

- 규제 활동(심검사)에 리스크정보를 활용하기 위한 제도화 노력 부족
  - 사고고장보고서에 ASP 평가 결과 기재하도록 고시 개정하였으나 활용 미흡
- RIA 신청 심사를 통해 'PSA를 활용한 규제 의사결정(RIDM)'을 경험
  - PSA 기반 평가 결과 수용 및 요건 변경 승인 경험 축적
  - 관련 규제 요건 개발 및 내부 논의 촉진 등 의의

## ▪ 관점 차이

- '규제 완화' vs. '규제 합리화 '
- '규제 자원의 효율적 활용' vs. '의사결정에 투입하는 정보의 확장'
- '불확실성이 큰 PSA 결과' vs. '불확실성을 명확히 드러낼 줄 아는 PSA'

## [참고] RIA 심사 사례

### ▪ RI-STI (시험주기 변경)

- RPS/ESFAS analog channel 시험주기(STI) 연장 (1개월→3개월)
  - 한빛1,2('99 승인) 포함 7건 승인
- 터빈계통 시험주기(STI) 연장 (1개월→3개월)
  - 한빛1,2('02 승인) 포함 12건 승인
- 배터리 인버터 시험주기(STI) 연장 (12개월→18개월)
  - 한울5,6('08 승인)
- 예비디젤발전기 시험주기(STI) 연장 (2주→1개월)
  - 월성2,3,4 심사 진행 중

## ■ RI-ILRT (격납건물 종합누설률 주기 변경)

- 격납건물종합누설률시험(ILRT) 주기연장 (5년→10년)
  - 한빛1,2('05 승인) 포함 8건 승인 / 신고리1,2 심사 진행 중

## ■ RI-AOT (허용정지시간 변경)

- RPS/ESFAS analog channel 허용정지시간 (AOT) 연장 (1시간→6시간 등)
  - 한빛1,2('99 승인) 포함 3건 승인
- 배터리 인버터 허용정지시간(AOT) 연장 (24시간→7일)
  - 한울3,4('06 승인)

## ■ RI-ISI (가동중검사 대상 변경)

- RI-ISI 방법론 특정기술주제보고서 신청
  - 방법론 승인('08)



## [참고] 정비규정 제도화 관련

- '01.03 정비규정 적용방법 조사 및 적용 연구 (KAERI)
- '02.12 제22차 원자력안전위원회
  - 가동 원전 특별점검 결과 미국의 MR(10CFR50.65)와 유사한 정비제도 도입 필요성 제시
- '04.01 미국 정비규정의 이행 방법론 및 규제 사례 분석 (KINS)
- '04.02 제26차 원자력안전위원회(2004년 원자력 안전규제 정책방향)
  - 안전검사 및 정비 관련 선진체계 확립 추진
    - 전 부품 정비관련 감시, 유지, 보수 절차 점검 체계 구축
    - “원전 정비규정” 제정 및 운영 (미국 NRC 정비규정 참조)
- '06.03 제31차 원자력안전위원회
  - 정비규정 제도화 및 시범운영 추진
- '07.11 제91차 안전전문위원회 (계통분과)
  - 중점과제로 시범적용 결과에 따른 제도화 검토 선정

## ■ MR 제도화 관련 연구 보고서

- '02~'06년 원전설비 운전성능평가 규제기술개발(KINS/RR-261)
  - 정비규정 이행방법론 및 과거 미국의 정비 규정 규제사례 분석
  - 국내 원전 정비규정의 지속적 이행을 유도하기 위한 고시화 방안 및 규제지침(안) 개발
- '07~'08년 정비규정 이행기술 및 이행프로그램 시범운영 점검
  - 고리 3,4호기 정비규정 시범운영 점검결과 보고서(KINS/AR-883)
  - 울진 3,4호기 정비규정 시범운영 점검결과 보고서(KINS/AR-877)
    - ❖ 일정기간 사업자의 자율적인 운영 이후 재평가 필요성 제기
- '08년 원전 정비규정 이행 적합성 평가체계 수립(KINS/RR-621)
  - 국·내외 원전 정비규정 최신 이행 및 규제사례 분석
  - 시범원전 점검 결과에 따른 제도화 필요성 검토 및 규제지침(안) 개발
  - 국내 원전 정비규정 이행 적합성 평가체계 수립

## 02 RIR 규제 제도 개선 연구 현황

# 가동원전 규제감독 체계 구축 연구

## ■ 추진 배경\*

- 1980년대 검사 제도 도입 이후, 국내·외 원자력 산업 및 규제 환경 변화
  - 후쿠시마 원전 사고 이후 국제규범 이행의 중요성 강조
  - 국내·외 안전 사고를 계기로 사고 예방과 사업자 안전관리 책임 강화 요구 증대
  - 주요 원전 운영국은 가동원전에 대한 별도의 규제감독 체계 운영 중
- 규제 역할과 감독에 대한 패러다임 변화
  - 원자력 안전관리에 있어 사업자 책임과 규제 역할(독립적 확인) 명확화
  - 사후적 확인 및 조치에서 사전에 다양한 문제를 파악하고 근본 원인 확인 조치 필요
  - 시설 성능에서 사업자의 안전 운영 역량으로 포커스 전환
  - 사업자 스스로 안전성을 높여 나가도록 개별 원전의 안전성을 확인하여 감독 수준 차등화 추진

\* 2021 NSSIC, "원전 규제감독 제도 해외 사례와 국내 추진방향", 정수진

# 가동원전 규제감독 체계 구축 연구

## ■ 주요 추진경과

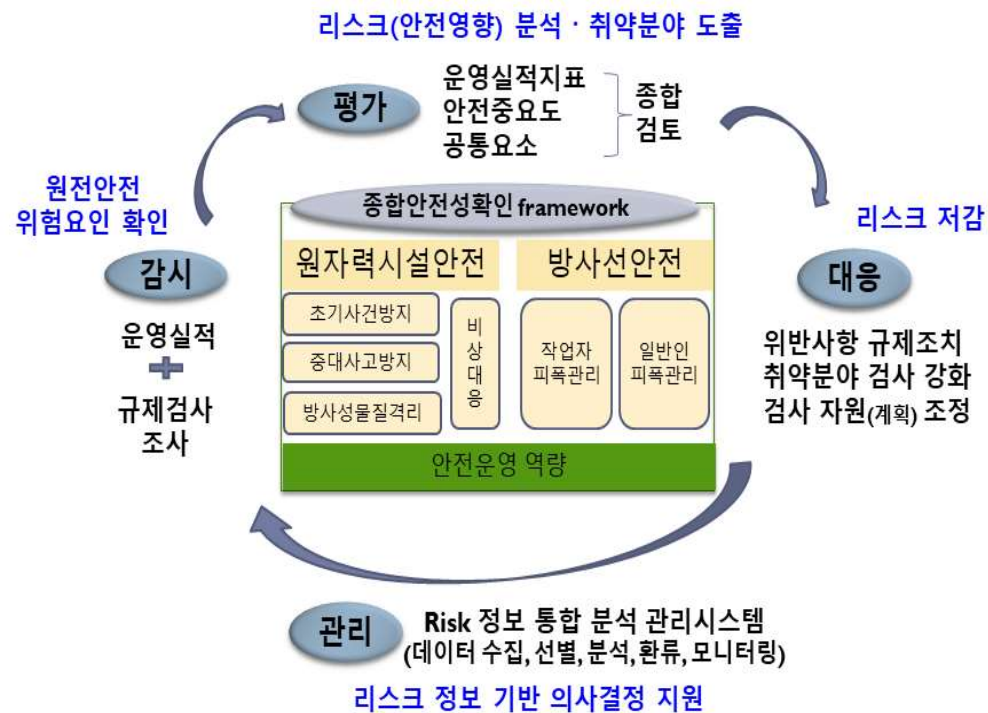
- 제2차 원자력안전종합계획(2017~2021) : 원전 종합분석·평가체계 도입
  - “PSA 등 안전평가 정보 종합·분석, 검사기법 개선 등 규제혁신 추진”
- 제3차 원자력안전종합계획(2022~2026) : 리스크정보활용 검사체계 마련
  - “원전 취약정보를 체계적으로 관리하는 정보시스템 구축 추진”



- 가동 원전 통합 안전관리체계 개념(안) 개발 및 기반기술 구축 (~2019)
- 사고위험도 관리 기반의 규제감독 체계 구축 (2020~, 진행중)
  - (1세부과제) 위험도 중심 규제감독 수행 체계 개발
  - (2세부과제) 전 원전 위험도 평가 모델 및 전산관리 시스템 개발

# 가동원전 규제감독 체계 구축 연구

## ■ 리스크 정보 활용 규제감독 수행 체계



### [감시] 원전안전 위험요인 확인

안전 관련 수행결함(Performance Deficiency) 사안 식별

### [평가] 리스크 분석 및 취약분야 도출

수행결함이 원전 안전성에 미치는 영향의 특성(분야·요소)과 정도(심각도)를 파악하고 취약 분야 도출

### [대응] 리스크 저감

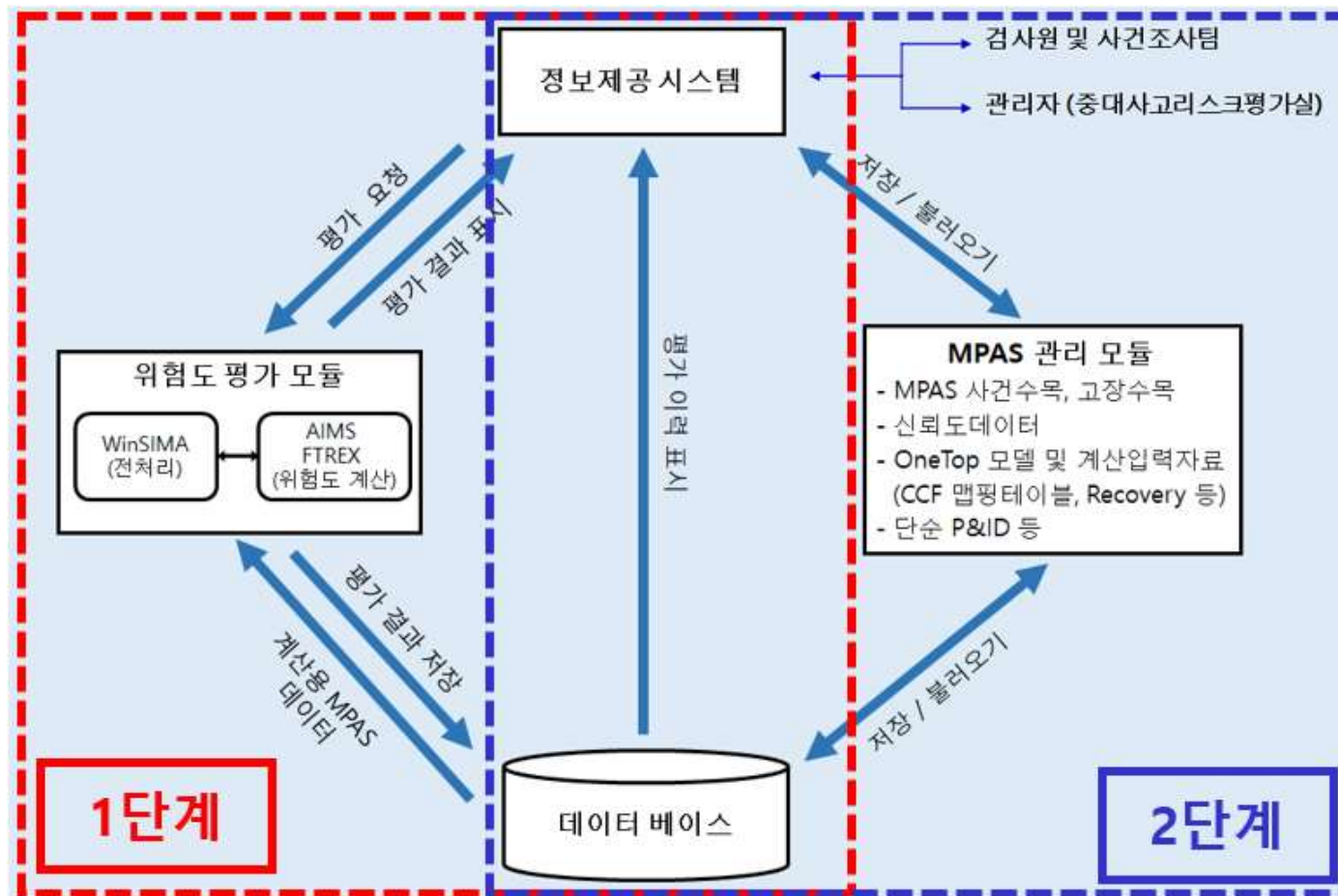
안전성 회복을 위한 적절한 안전조치 방안 도출 및 이행

### [관리] 리스크 정보 기반 의사결정 지원·규제경험 반영

종합적 리스크 정보와 경험에 기반한 규제 의사결정 지원

# 가동원전 규제감독 체계 구축 연구

## 정량적 안전중요도 평가 전산관리 시스템 개발



위험도 평가 관리 시스템 구조

# 가동원전 규제감독 체계 구축 연구

## ■ INL\* 기술 자문 수행 중

- 규제검증용 PSA 모델 신뢰도데이터 분석 체계 개발 관련 자문
  - 분석 방법론 (초기사건 및 기기고장)
  - NRC 및 INL 신뢰도데이터 수집 및 분석 체계
- 신뢰도 데이터 수집을 위한 미국 유관기관 간 협력 사항 및 공유 체계 확인
- 인간신뢰도 분석 방법론 검토를 위한 IDHEAS-ECA, SPAR-H, THERP 정성적 및 정량적 비교 분석 자문
- 이동형 기기에 대한 인간신뢰도 분석 방법론 적절성 확인 방안 자문
- SDP 관련 기술 자문 (2024~)
  - SSCs 성능 저하에 대한 정량적 처리 방법
  - 기기고장에 대한 CCF event 처리 방법 등

\*INL : Idaho National Laboratory



# 가동원전 규제감독 체계 구축 연구

## ■ 주요 연구 성과 및 계획

구 분	~ 2020	2023
감시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 심층방어 강화 및 리스크정보 활용 안전규제검사 개선 방법론 개발</li> <li>• 운영(기술능력) 심화검사 수행 프로세스(안) 개발</li> <li>• 원전 안전성능지표 평가 방법론 개선</li> <li>• 원자력시설 운영 사업자의 안전운영 역량 지표 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전운영 역량 평가 지표 정보 수집방안 개발</li> </ul>
평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가동원전 안전관리 수준 종합 평가 프로세스 개발</li> <li>• 정량적 안전중요도평가 표준 절차(안) 개발</li> <li>• 원전 운영 취약분야 분석·평가를 위한 위험도 분석 프로세스 개발</li> <li>• 정량적 위험도평가에 활용하기 위한 표준기록양식 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 검사 결과 위험도정보(정성) 기록 양식 개발</li> <li>• 비상대책 영역 안전중요도평가 방법론 개발</li> <li>• 국내 고유 신뢰도 데이터 분석 체계 개발</li> <li>• 기기 성능 및 인적수행도 저하 평가의 정량적 계산 방법 확보</li> <li>• 규제검증용 MPAS 모델의 대표 사고경위에 대한 성공 기준 분석 및 모델링</li> </ul>
대응·관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원전 안전운영 수준별 차등적 검사 강화 전략 개발</li> <li>• 정량적 안전중요도 평가·결과 전산관리시스템 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위험도 정보 활용 규제집행 의사결정을 위한 규제조치 결정 프로세스(안) 개발</li> <li>• 원자력안전·규제정보 통합분석·관리시스템 구축 방안 마련</li> <li>• 사고위험도 평가 2단계 평가 모듈 RYAN의 Web 기반 프로그램 개발</li> </ul>

# 03 RIR 규제제도 개선 연구 추진 방향

- 리스크정보 활용 규제감독 “체계” 연구 지속 수행
  - 산학연 의견 수렴을 통해 국내 상황에 맞는, 고적응성 체계 제시 필요
  - 요구되는 규제 지침(안) 및 검사지침서 등 지속 개발
  - 규제검증 모델 고도화 노력 지속
- 리스크정보 활용 규제감독 체계 “Simulation” 결과 필요
  - 사업자 안전 운영 역량 평가 지표
  - 안전 현안에 대한 안전중요도 평가 (과거 사례 포함)
- 국내 규제 환경 변화에 따른, “유연한 연구 목표” 설정
  - 원전 정기검사 제도 개선 진행 중 (2023~)

# 정기검사 제도 개선 현황

## ■ 기존 원전 정기검사 제도 문제점

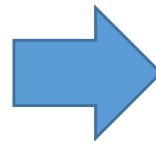
- **현행 정기검사 - 계획예방정비(O/H) 기간에만 수행**
  - 원자로 정지상태의 O/H 기간에만 수행하는 '정기' 검사 제도는 한국만 보유한 제도
  - 원안법에 따라 원전에 수행되는 다양한 검사 중 검사를 특정 시기로 한정하는 경우는 정기검사가 유일
    - ❖ 품질보증검사 등은 별도 계획에 따라 수행
  - 규제기관은 충분한 검사 기간 확보가 어렵고, 사업자도 단기간에 집중된 수검으로 준비 어려움
  - 운전 중에도 가능한 서류확인, 면담 등 검사도 O/H기간에 수행 중
- **원전 취약점에 대한 사전 인지, 안전성 확인 및 지속적 모니터링에 한계**
  - 현행 정기검사 체계에서는 원자로 운전 기간에는 안전성 확인을 사업자에게 일임하고, 규제기관은 사고·고장 발생 시에만 조사 및 사후조치를 취함으로써 예방적 선제적 측면의 규제 활동 부족
  - 운전 중 발생할 수 있는 문제점에 대한 확인, 안전성 점검 및 조치 등 예방적 규제 수단 미흡
  - 지역사무소 설치, KINS 주재원 확대 등 현장 안전규제를 강화해 왔으나, 가동원전의 안전성을 종합적으로 확인 및 조치하는데 한계

## ■ 검사제도 개선 방향

- 발전소의 성능 안전성을 충분히 확인하고, 기술기준에는 만족하더라도 이상징후 및 취약점을 사전에 인지할 수 있는 장치 마련
- 사업자의 OH기간에만 수행하던 검사를 운전 중에도 실시할 수 있도록 하고, 이상징후, 취약점을 모니터링할 수 있는 심층검사 도입

<현 행>

구 분	시 기
정기검사	OH기간



<개 편>

구 분		시 기
정기검사	운전검사	운전 中
	정비검사	OH 기간
	심층검사	이상징후 등 발견 시

## ■ 향후 계획

- 원안법 시행규칙 및 KINS 검사지침 등 관련규정 개정(~`23.12)
- 새울2호기 대상 시범검사 수행 예정(`24.4~`25.10)

# 한수원 RIA(RIR 대응 포함) 추진 현황



\*출처: 한수원, 원전 안전성 및 성능향상을 위한 리스크정보활용 체계 도입 추진(안), '23.04.28

	한국원자력안전기술원	한국수력원자력
SDP/PI	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 원전 수행결함 사안 식별 및 안전중요도 평가 연구</li> <li>➤ 안전중요도 평가 결과에 따른 조치방안 연구</li> <li>➤ 원전 안전규제정보 통합분석 관리 시스템 연구</li> <li>➤ 안전중요도 평가 시범 적용 추진 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ SDP, PI 표준지침/프로세스 개발</li> <li>➤ SDP 및 PI 시범적용</li> <li>➤ SDP 및 PI 법규/제도화 추진</li> <li>➤ SDP 평가 전문인력 양성·자격관리 및 교육프로그램 개발</li> </ul>
MR/OLM	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 제35차 원안위(정비규정 제도화 필요성 검토 요구)에 따른 정비규정 법제화 시도(2007)</li> <li>➤ <u>한수원 MR/OLM 추진 대응 필요</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ OLM 기반기술 개발, MR/PM 프로그램 재정비</li> <li>➤ 운기침 개정, AOT 연장 → OLM 시범 적용</li> <li>➤ 규제 제도화/전담인력 보강</li> </ul>
RIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ RIA 관련 규제지침 기 발간               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 규제지침 16.9 변경허가신청에서의 리스크정보활용 일반 사항</li> <li>• 규제지침 16.10 운영기술지침서 변경허가신청에서의 리스크정보활용</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 심사중 RI-STI/ILRT 연장 및 RI-ISI 시범 적용</li> <li>➤ 리스크관리 프로그램 신뢰성 제고</li> <li>➤ 가동중예방정비 수행을 위한 AOT 연장</li> </ul>
PSA 표준	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 규제검증PSA모델(MPAS)에 대한 주기적 개정 방안 수립 및 품질확보 노력</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ PSA 최적화 / 고유 PSA 표준 개발</li> <li>➤ 합리적인 PSA 정착을 위한 법규 개정</li> <li>➤ PSA 전문인력 양성 및 용역업체 역량 강화</li> </ul>

# RIDM 도입 SWOT

<div> <div>내부환경</div> <div>외부환경</div> </div>		강점 Strength	약점 Weakness
		<ul style="list-style-type: none"> <li>PSA 법제화에 따른 Living PSA 이행</li> <li>RIR 관련 축적된 연구 결과들</li> <li>KINS 규제검증 PSA 모델 확보</li> <li>사고고장 고시에 ASP 반영</li> <li>한수원 RIMS, ORION 운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Data Rule 부재</li> <li>As-found test 미수행</li> <li>국내 PSA 품질 향상 필요</li> </ul>
기회 Opportunity	<ul style="list-style-type: none"> <li>NSSC 관심 확대</li> <li>한수원의 RIDM 도입 의지</li> <li>안전종합계획에 따른 KINS RIR 연구 수행</li> <li>원전 상시검사 체계 도입</li> <li>일본 ROP 도입</li> </ul>	<b>(강점으로 기회를 살리는 전략)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>상시검사 시범 적용과 SDP 연계</li> <li>검사 지적사항에 대한 SDP DB 구축</li> <li>고장/정지 사례 ASP DB 구축</li> <li>OLM 관련 협의 채널 구축</li> </ul>	<b>(약점보완으로 기회를 살리는 전략)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>리스크모니터링(RM) 제도화 추진</li> <li>정비규정(MR) 제도화 추진</li> <li>Data rule 연구 추진</li> </ul>
위협 Threats	<ul style="list-style-type: none"> <li>신뢰도데이터에 대한 부정적 시각</li> <li>ROP 도입 부정적 분위기</li> <li>규제 완화로만 보는 시각</li> </ul>	<b>(강점으로 위협 피하기 전략)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>SDP 시범 평가 결과 활용, 안전현안 확인 사례 제시</li> <li>국제협력 통한 연구 성과물 객관화</li> </ul>	<b>(약점은 보완하고 위협 피하기 전략)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>작은 것부터</li> <li>준비된 것부터</li> </ul> <div> <pre> graph TD     Experience --&gt; Confidence     Confidence --&gt; Understanding     Understanding --&gt; Experience             </pre> </div>



# [참고] RIR 제도 개선 사례 (ASP)

## ■ 원안위 고시 '원자력이용시설의 사고고장 발생시 보고공개 규정'

### • 제5조(보고) 제5항

- 별지2호 서식 및 에 따른 '상세보고서' 제출 요구

### • 제5조(보고) 제6항

- 상세보고서는 '부록 1. 사건보고서 작성 지침'에 따라야 함

[별지 제2호서식]

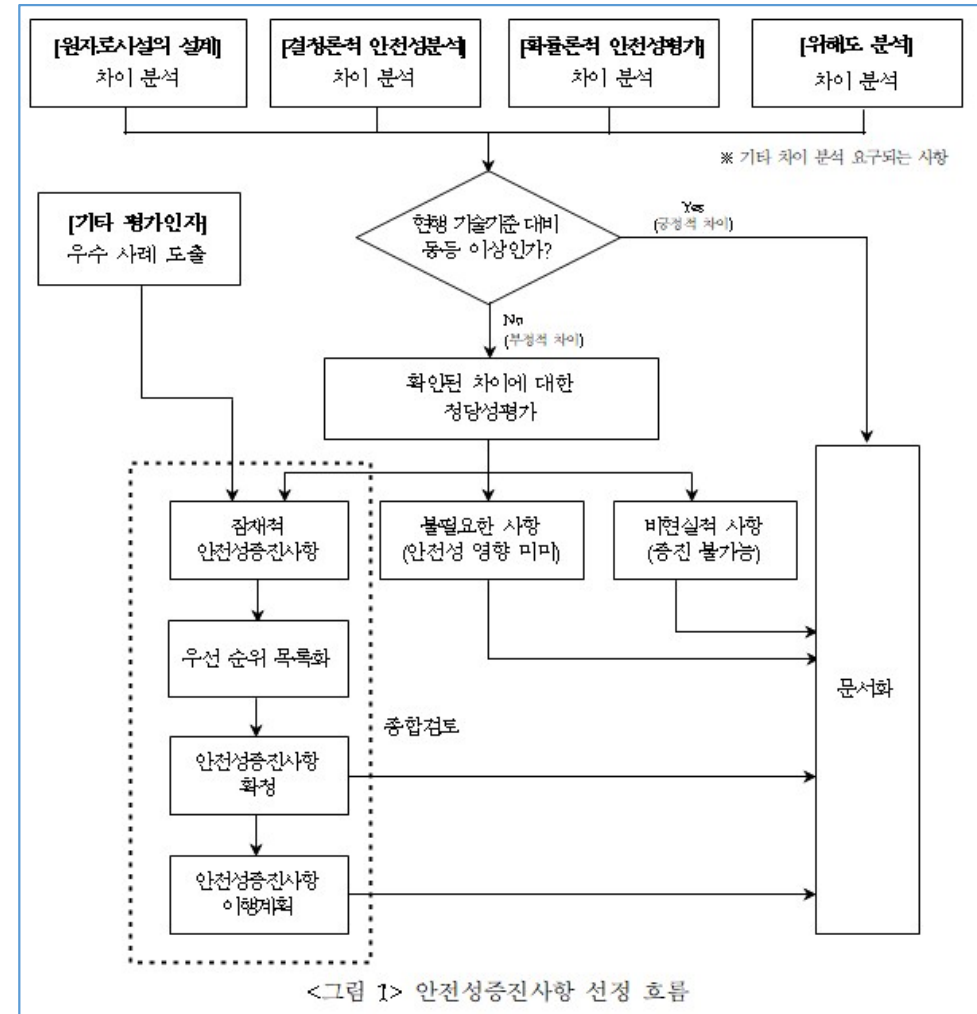
원자력이용시설 사건 상세보고서(계속)

원자력이용시설 사건 상세보고서(계속)	
보고서 일련번호	
<사건 내용>	
II. 사건 세부내용	
III. 안전성 평가	
IV. 근본원인 및 시정조치	
V. 사건으로부터 얻은 교훈	

"....3) 안전성 평가에는 "2) 사건 세부내용"과 "4) 근본 원인 및 시정 조치"에 관한 사항에서 언급된 사항은 기술하지 아니하고 다음 사항을 기술한다.  
가) 원인 확인을 위한 조사 수행내용 및 결과  
나) 사건 대응조치를 포함한 진행과정 및 결과에 대한 안전성 평가  
다) 안전성 측면에서 사건의 심각도 평가 (가능한 경우 정량적 평가를 포함한다.)"

# [참고] 주기적안전성평가(PSR)의 PSA

- 원자력안전법 시행규칙 제20조(주기적 안전성 평가의 세부내용) 개정 (2011)
  - PSA를 신규인자로 포함
    - ❖ 4.1 기존의 확률론적 안전성평가에서 고려된 가정사항과 가상 초기사건, 평가방법론 및 컴퓨터 코드에 대해 현행 기술과의 비교 상태 및 원자로시설의 현재 반영 상태
  - PSA의 주기적 개정 근거 마련
- PSR 안전성증진사항 도출에 PSA 활용 고려 중



## [참고] 사고관리계획서(AMP)의 PSA

- 원자력안전위원회 고시 제2017-35호(사고관리계획서 작성방법에 관한 규정)
  - 제2장 사고관리계획서 작성계획서의 기재사항, 제4조(사고관리능력의 평가)
    - “ 4. 확률론적 안전성평가(평가결과의 활용에 관한 사항을 포함)”
- KINS 경수로형 원전 규제기준 16.5.3, 제1항
  - “사용목적에 적합한 수준의 품질을 확보해야 한다.”
- KINS 경수로형 원전 규제지침 16.5, II.본문
  - “2) ASME/ANS PRA Standard와 같은 PSA 표준을 활용한 품질 확인 절차를 이행해야 함.”