

---

# 위험도(Risk) 평가

(사고관리 능력의 평가)

---

2016.05.11



# CONTENTS

---

- 1 PSA/사고관리계획서
  - 2 PSA 수행현황
  - 3 현안사항 및 이행방안
  - 4 주요 의견 및 제안
-

## ● 기술기준 규칙 : 제85조 22(사고관리능력의 평가)

- ① 2. 발전용원자로 및 관계시설의 운영으로 인하여 부지 인근 주민의 건강과 환경에 미치는 위험도(risk)의 증가량이 극히 낮을 것
- ② ~ 확률론적 방법으로 수행되어야 하며 ~

## ● 세부기준 규정 : 제3장 사고관리능력의 평가('16.3.24)

### - 제 9조(위험도(risk) 평가)

- ① 확률론적 안전성평가의 **기술적 적합성, 상세성 및 분석범위**는 발전용원자로 시설의 사고로 인한 위험도(risk)를 종합적으로 평가하기에 적합하여야 한다.
- ② 제1항의 확률론적 안전성평가에 적용하여야 할 목표치는 다음 각 호와 같다.
  - 1. 부지 인근 주민의 발전용원자로시설 사고로 인한 초기사망 위험도 및 암사망 위험도가 각각의 전체 위험도의 0.1% 이하이거나 또는 그에 상응하는 성능 목표치를 만족할 것
  - 2. **방사성핵종 Cs-137의 방출량이 100TBq을 초과하는 사고발생빈도의 합이 1.0 E-6/년 미만일 것**
- ③ 제1항의 확률론적 안전성평가의 결과는 발전용원자로시설의 **중대사고 예방 및 완화능력을 향상시키기 위하여 활용**되어야 한다.

## ● 사고관리의 범위(세부기준 규정 제 2장의 제3조 및 제5조)

■ 제3조 : 다중고장에 의한 사고의 범위 (별표 1 : 추가적으로 고려하여야 하는 사고)

■ 제5조 : 노심의 현저한 손상 이후 발생하는 위험요인의 범위

(별표 2 : 추가적으로 고려해야 하는 위험요인)

■ ~ 필수적으로 고려해야 하는 사고(위험요인)와 유사한 수준의 발생 가능성 및 영향을 가지는 ~

## ● 원자력안전법 시행규칙 ('16.1.28) : 제20조(주기적안전성평가의 세부내용)

① 주기적안전성평가의 세부내용

① 4. 확률론적 안전성평가에 관한 사항 : 원자로시설의 설계와 운전조건 변경사항, 현행 확률론적 안전성 평가방법, 운전정보 및 기술을 고려하여 기존의 확률론적 안전성 평가가 타당성을 유지하고 있는지를 확인하는 것으로 다음 각 목의 사항을 포함하고 있을 것

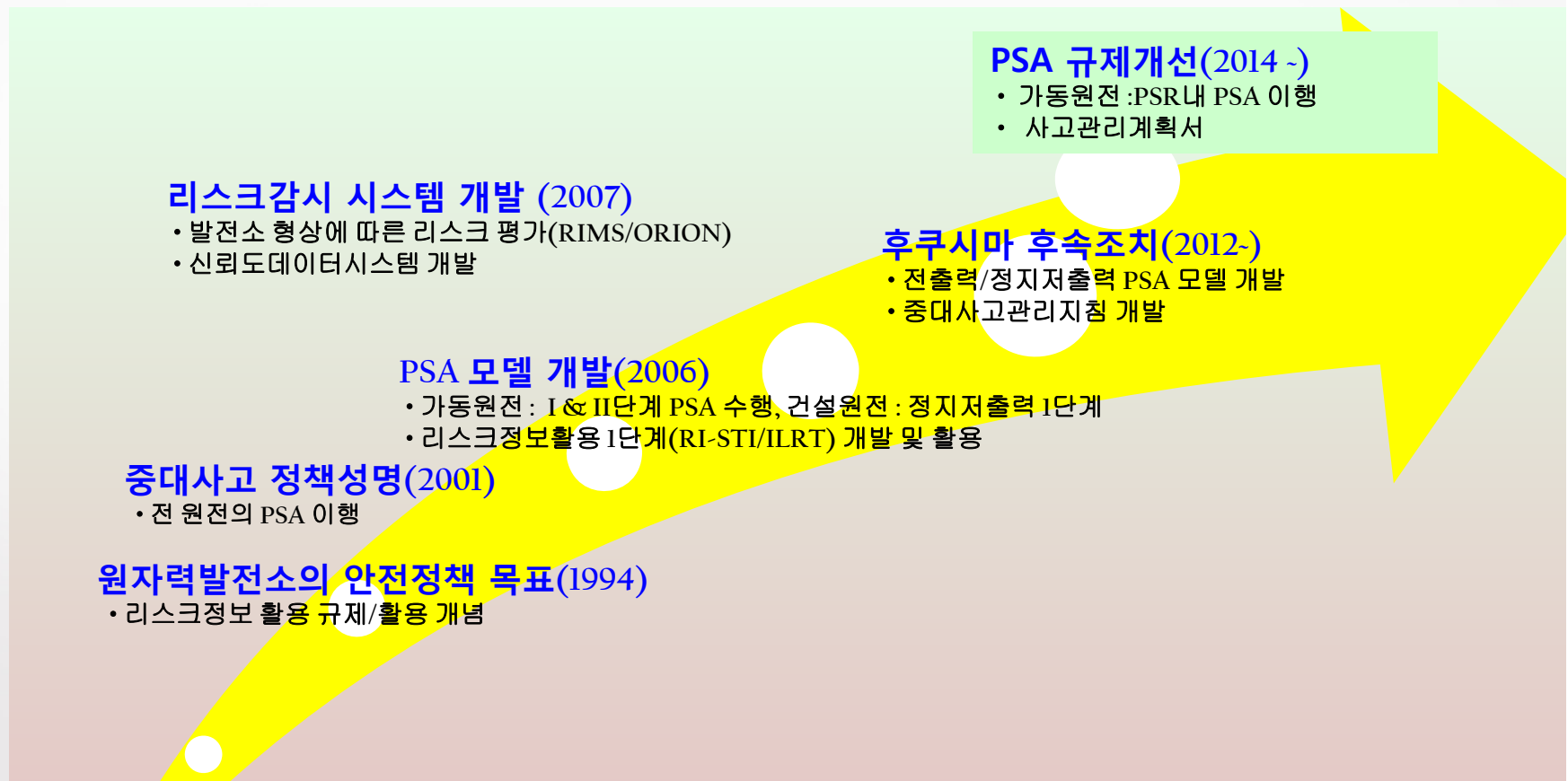
① 4.다. (기준) 설계기준사고 및 설계기준사고를 초과하는 사고에 대한 사고관리

계획과 확률론적안전성평가 모델 및 결과와의 연계성 → (개정) 사고관리계획과 확률론적안전성 평가 모델 및 결과와의 연계성

## 2. PSA 수행현황

### ● 중대사고 정책성명('01.8 : 제17차 원자력안전위원회)

- 안전목표(②) : 초기사망 위험도 및 암사망 위험도가 각각 전체 위험도의 0.1% 이하
- 확률론적안전성평가로 원자력발전소의 안전성을 평가(①)하고, 발전소 설계나 운영절차의 사고 예방 능력과 완화능력을 향상시킬 수 있는 사항들을 평가하고 비용-편익을 고려하여 이를 보완(③)하여야 한다.



### ● 중대사고 정책 이행현황

- PSA, RIMS, ORION 수행 현황 : 전 가동원전 개발완료 및 신규원전 개발중

- ▲ PSA/RIMS : 26개호기, ORION: 24개호기(신고리3,4 개발중)

- ▲ 신한울 1,2호기 PSA/RIMS 개발 중, ORION 개발예정

- ▲ 신고리5,6호기 이후는 건설사업 Package에 포함하여 일괄 개발 예정

### ● 가동원전 PSA

- 전출력/정지저출력 PSA 수행 (~2015)

- 후쿠시마 후속조치 : 50개 후속대책 중 44개를 완료

- 월성1호기 스트레스테스트 수행

- 2019년까지 제출되는 PSR 대상 원전 및 사고관리계획서 대비 기술개발 추진 중

### ● 건설원전 PSA

- 대상원전 : 신고리3,4/신한울1,2/신고리5,6/신한울3,4

- Independent Review, Level 3 PSA, ASME Category II(신고리5,6~)

- 건설 원전에서의 PSA 분야가 SAR 19장에서 제외

### 3. 현안사항 및 이행방안

#### [ 현안사항 ]

- 확률론적 안전성평가의 기술적 적합성, 상세성 및 분석범위
- 안전 목표
- 확률론적안전성평가 결과의 발전소 중대사고 예방, 완화 능력 향상에 활용

#### ● 확률론적 안전성평가의 기술적 적합성, 상세성 및 분석범위

##### ■ 기술적 적합성 및 상세성

- ▲ 원전별 리스크에 영향이 큰 부분에 우선적으로 상세 모델링 및 기술적 적합성 등을 검토하여 지속적으로 모델의 불확실성 저감 노력
- ▲ 건설원전 등에 적용된 신규 방법론의 확대 적용은 PSA 수행 목적, 결과의 활용성 등 제반 여건을 고려하여 반영

##### ■ 분석범위

분석범위		1 단계	2 단계	3 단계
전 출력 운전	내부사건			
	외부사건*			
정지저출력 운전	내부사건			
	외부사건*			



신고리1&2, 신월성1&2를 포함한 전 가동원전

신고리3&4, 신한울1,2 (APR1400)

Shin-Kori 5&6~

\* 외부사건 = 내부화재/침수 + 외부재해

### 3. 현안사항 및 이행방안

#### ● 안전 목표

##### ■ 안전목표에 포함되는 PSA 수행범위

- ▲ 가동원전/건설원전에 같이 적용되는 토지오염 제한요건(Cs-137)
- ▲ 정량적 보건목표(QHO) 0.1% 및 성능목표(CDF, LERF : 1.0E-4/년, 1.0E-5/년)  
(신형원전은 1/10로 강화)
- ▲ CS-137 100TBq 요건은 가동원전 및 신형원전 모두 1.0E-6/년 미만으로 강화  
: QHO 요건에 비해 강화된 토지오염방지 제한치에 따라, 목표 만족에 대한 제반 조치 필요

##### ■ 예비계산(예)

발전소	내부사건 (/년)	내·외부사건	비고
고리3,4호기	1.32E-6	3.27E-5	
신고리3,4호기	1.38E-7	6.48E-7	

##### ■ 조치사항

- ▲ 기존 중대사고 정책이행/후쿠시마 후속조치의 일환으로 수행된 PSA 결과로는 Cs-137 요건 불만족으로 예비 평가됨
- ▲ 후쿠시마 후속조치의 설비개선 및 절차서 개선, 중대사고 현상 최적분석 등 불확실성 저감 노력시 일부 감소로 예상되나,
- ▲ 외부사건 분석의 Uncertainty 및 분석범위의 증가 등을 고려시 만족을 위한 기존 분석 방법론 개선 등의 상당한 노력 필요



### 3. 현안사항 및 이행방안

- 확률론적안전성평가 결과의 발전소 중대사고 예방, 완화 능력 향상에 활용
  - PSA 모델을 이용한 발전소 리스크 관리가 핵심 요소임
  - 발전소별 PSA 주기적 모델 개정, PSA Insights 활용 설비/절차서 등 개선 및 관리  
(절차서 1035-A, B 활용)
    - ▲ Risk Management (RIMS, ORION, SPV)
    - ▲ PRinS 활용 : DataBase Vs. Work Process
  - 효율적인 모델 관리 방안에 대한 검토/개발 필요
    - ▲ 주기적안전성평가(PSR) 일정 및 PSA 모델 유지관리(절차서)에 따라 개정
    - ▲ 정지저출력 모델의 경우, ORiON으로 리스크 관리 중
    - ▲ 설계, 절차서 등 원전 변경사항에 대한 평가 및 이행으로 Safety Culture 향상
      - ASP/SDP (사고, 고장 평가, 규제대응)

## 4. 주요 의견 및 제안

- 중대사고 정책성명, PSR에서의 PSA 이행, 사고관리계획서에서의 요구사항 이행
  - 안전목표가 우선적인 관심사항이지만, 리스크관리(Risk Management) 체계 구축 및 이행이 궁극적인 법제화의 지향점으로 판단함
    - ▲ PSA 모델의 활용 → 기술적 적합성 확인 → 안전목표
  - 사고관리계획서/PSR과 PSA의 연계 사항은 발전소의 활용(리스크관리) 중심으로 수행
  
- 안전목표를 충족하는 기술개발 및 이행
  - 후쿠시마 후속조치 이행 (설비, 절차서 개선, 생존성 평가 등)
    - ▲ 중대사고 실제적 시나리오 기반 및 사고대응설비의 정량적 안전성평가 기술 개발
  - 중대사고 예방, 완화 관련 기술 개발 및 조치사항 이행, SOARCA 과제를 통한 Level 2 최적 분석, Cs-137 평가 기술개발 등
    - ▲ CDF 저감, 격납건물손상빈도 및 방출율 감소, Source term 최적화 등
  - 외부사건(내부 재해사건 포함) 리스크 평가기술 개발 및 Uncertainty 저감
    - ▲ 외부사건 PSA 평가 방법론 개발 및 평가

### ● 제안사항

- PSA 평가 및 안전목표 만족여부는 후쿠시마 후속조치 이행, 설비/절차서 개선, 중대사고 현상 최적분석 등의 이행 업무의 후속단계에 확인 사항임
- '19년 사고관리계획서 개발을 위한 제반 조치를 반영한 기술개발 및 확률론적 안전성평가는 일정상 병행이 용이치 않음
  - ▲ 이행계획 및 전체 필요업무를 고려한 Roadmap 개발 및 이행 필요
- 평가, 절차서, 설계담당부서의 유기적 협력 필요(기존 PSA 수행 프로세스로는 대처 어려움)
- 발전소 운영시 PSA 활용강화의 기회로 활용 및 국내 PSA 분야 전문가 저변 확대

**THANK  
YOU**

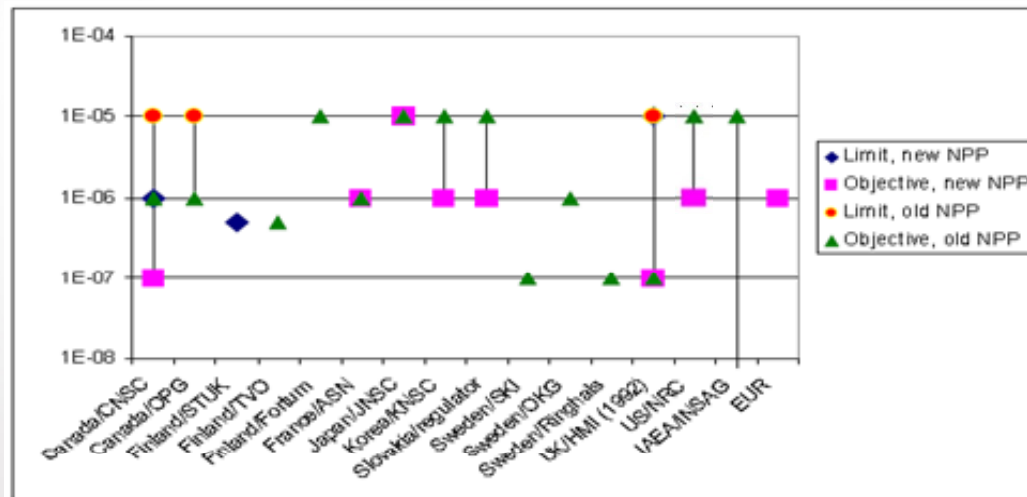


## ■ 정량적 안전목표 및 Cs-137

- ▲ NRC : 모든 사고에 의한 치명적인 사상/암 가능성 :  $1.0\text{E}-4/\text{년}$ ,  $1.0\text{E}-3/\text{년}$
- ▲ 원전의 안전계수를 1,000배 적용하여 각각  $1.0\text{E}-7/\text{년}$ ,  $1.0\text{E}-6/\text{년}$  이하로 제시
- ▲ Large Release & Cs-137
  - 100 TBq of Cs-137 (캐나다/CNSC, 핀란드)
  - 10,000 TBq I-131, 200TBq (영국)
  - 1% of Cs-137 from Core Inventory (캐나다/OPG)
  - 0.1% of Cs-134 & Cs-137 in 1,800 MWt (스웨덴)

## ■ 안전 목표(Objective), 안전 제한치(Limit)

[from VTT(Technical Research Centre of Finland) material]



\* Some definition are presented in official documents, others are in-official or proposals

\*\* The definition of "Large release" varies