

KNS(P)-002-2021 춘계학술발표회 워크숍 발표자료집

한국원자력학회 2021 춘계학술발표회 워크숍

국내 리스크정보활용 규제 현황과 추진 방향

2021. 5. 12 (수) 14:00 ~ 18:00

한국원자력학회
원자력안전연구부회

국내 리스크정보활용 규제 현황과 추진방향 워크숍

개최일시: 2021년 5월 12일 14:00 - 18:00

장 소: 온라인 (한국원자력학회 춘계학술발표회 워크숍)

	발표자	발표 제목
14:00 - 14:10	인사말	
14:10 - 14:40	KAERI 양준언	국내 리스크 정보활용 의사결정 활성화 방안
14:40 - 15:10	KHNP 변충섭	안전중요도 기반 의사결정 체제 구축 추진 현황
15:10 - 15:40	KINS 김도형	국내 리스크정보활용 규제 현황
15:40 - 16:00	Coffee Break	
16:00 - 16:30	KAERI 정원대	안전중요도 결정 프로세스 개발 현황
16:30 - 17:00	KINS 정수진	주요국 가동원전 규제감독체계 및 국내 추진 방향
17:00 - 18:00	Panel discussion (박윤원, 양준언, 변충섭, 정원대, 김도형, 정수진)	

문의처: 김만철 / 중앙대학교 / 02-820-5907 / charleskim@cau.ac.kr

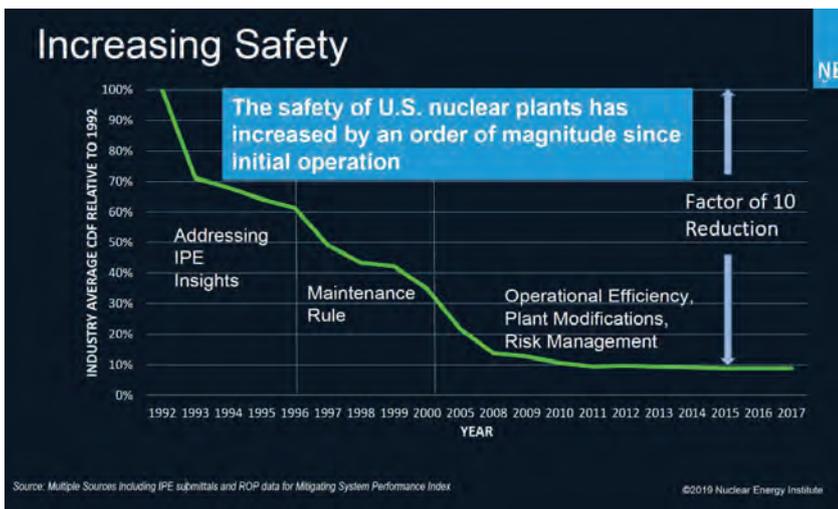
국내 리스크정보활용 의사결정 활성화 방안

2021.5.12

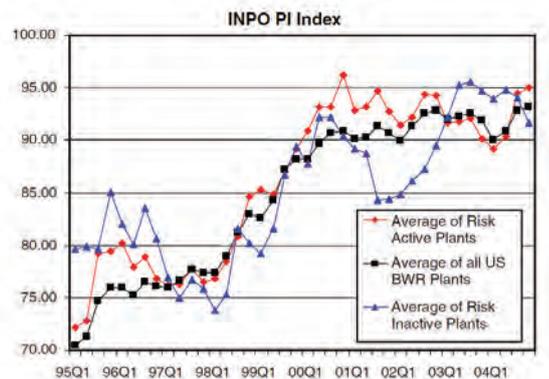
양준언

한국원자력연구원, 원자력리스크연구회

Benefits of Risk-Informed DM (1/2)



[Greg Krueger (NEI), Risk Informed Decision Making - It's Much More than Numbers, RIC2019]



	Slope (1995-2004)	Average Index (2000-2004)
Risk Active Plants	0.56	92.69
All US BWR Plants	0.60	91.22
Risk Inactive Plants	0.44	90.45

Fig. 3. Standard INPO performance indicator indices of PWRs.

From the results of these analyses, both safety and operational performances in risk active plants proved to have been more drastically improved than those of all US plants and risk inactive plants.

[Andrew C. Kadak et al (MIT), The nuclear industry's transition to risk-informed regulation and operation in the United States, Reliability Engineering and System Safety 92 (2007)]

Benefits of Risk-Informed DM (2/2)

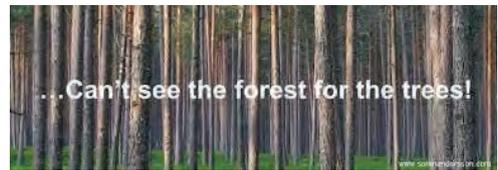
Regulatory Side

- **Improves Safety**
 - New requirements (SBO, ATWS)
 - Design of new reactors
 - Focus on important systems and locations
- **Makes regulatory system more rational**
 - Reduction of unnecessary burden
 - Operating experience accounted for in regulations
 - Consistency in regulations
- **Encourages performance-based regulation**
 - Maintenance rule
 - Fire protection
 - Determination of seismic design basis motion

[George Apostolakis, Safety Goals and Risk-Informed Regulation at the U.S. NRC, Canadian Nuclear Safety Commission, Ottawa, Ontario, Canada, January 13, 20140

Utility Side (Cultural Aspects)

- Once active use of PSA is implemented at plants, the impact on how the plant views safety is changed dramatically **from only compliance to awareness risk significance of activities**
- With the use of risk-informed initiatives that **provide more flexibility**, there is more responsibility in assuring that the plant actions are well controlled and monitored.



[Andrew C. Kadaka, Toshihiro Matsuob, The nuclear industry's transition to risk-informed regulation and operation in the United States, Reliability Engineering and System Safety 92 (2007) 609-618]

Post TMI Action Items & First PSA in Korea

기안용지		권역구경	과장	조항
분류기호 문서번호	원심 643-6611	(전화번호 591-5893)	과장	조항
처리기간				
시행일자	'83. 6.			
보존연한				
보조 기 관	과장	전관		
기안책임자	자카카과 홍성빈			
경유 수신 참조	한국전력공사상	발신		
제목	TMI 사고에 따른 조치계획 제출			
귀사의 원자력발전소에 대한 TMI 사고에 따른 조치계획 및 조치내용을 각호기 (1호기 - 10호기)별로 작성하여 '83.6.30 까지 제출하여 주시기 바랍니다. 끝.				
1983. 6. 30				
정시				

"미래를 창조하는 인류 안전"

안 국 전 력 공 사

기술안전지원처 안전분석부

550-3451

안전총(안)780.17-8289 1988. 11. 3.

수신 과장기술처장관

참조 원자력국장

제목 PRA 세부수행계획 제출

1. 원자 16231-1405('88. 2. 5) 관련입니다.

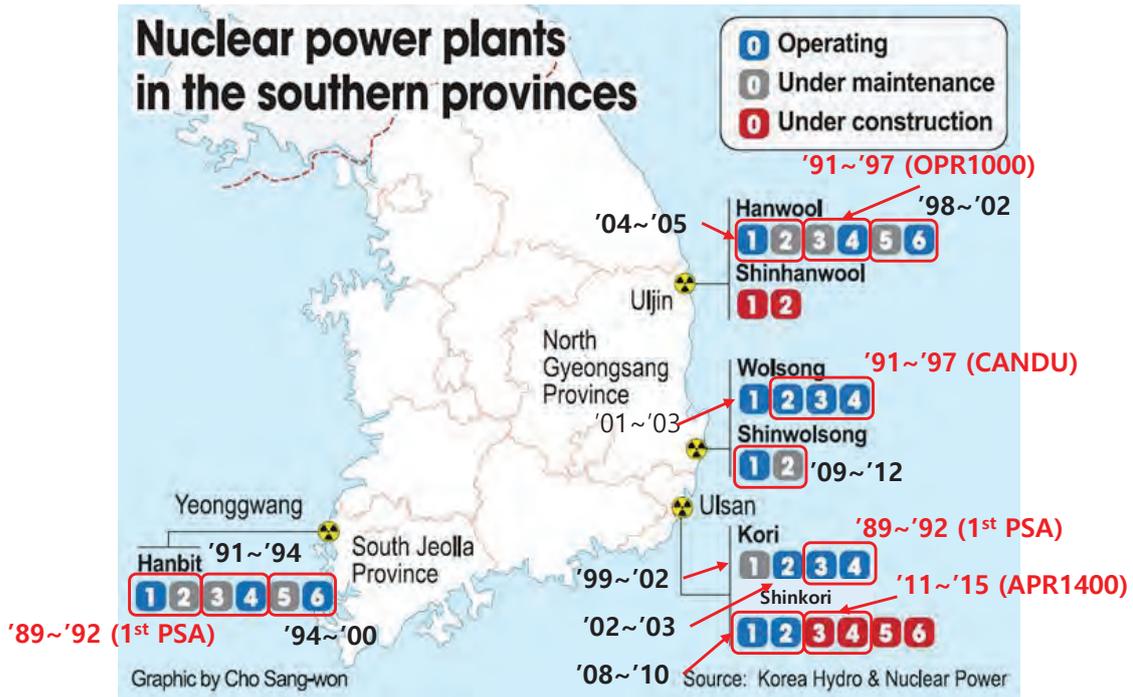
2. 2호기 3. 4호기 및 영광 1. 2호기에 대한 우리공사의 PRA 세부수행계획을 붙임과 같이 제출합니다.

붙임 : 2호기 3. 4호기 및 영광 1. 2호기 PRA 세부수행계획 1부. 끝.

선경과장	지
1988. 11. 7.	공
사	관
처리과	안전지원처 과장배

안 국 전 력 공 사 사

PSA in Korea



Nuclear Safety Policy Statement (1994)

原子力安全 政策聲明
 Nuclear Safety Policy Statement

1994. 9. 10

科學技術處
 Ministry of Science and Technology

- ❑ The regulatory organization reviews the introduction of "Optimum Assessment & Probabilistic Assessment" for safety analyses, and encourages the licensee to introduce new technologies when and if they are considered to be reasonable safety assurance measures, as proven by their application.
- ❑ An "Overall Safety Assessment" is performed using probabilistic safety assessment and "Nuclear Regulation based on Risk" is done through sound safety regulations in consideration of cost-benefit factors.
- ❑ Quantitative safety goals and regulatory guidelines for the examination, prevention and mitigation of severe accidents are established and improved to be gradually applied to advanced nuclear power plants as well as to existing ones. In addition, design and operational safety of nuclear power plants are achieved through the measures in order to minimize human errors.

Introduction of Risk-informed Approach in Korea

(The Plan of KHNP in 2005)

분류	상세항목	예비단계	1단계		2단계			3단계
		2004년 이전	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년 이후
(Man Power)	기술 및 인력 확보							
	공통 기술	진보 (RM for FP/LPSD)						
		(RDB)						
	정비 규정 (MR)							
활용 기술	위험도정보 IS (RI-ISI)							
	위험도정보 IS (RI-IST)							
	AOT/STI 연접 (RI-TS)							
	가동중 정비 (OLM)							
	차등 품질보증 (GQA)							

(The Results of RI-ISI, 2006)



(The Current Status of PSA)

Plants	PSA	Full Power		LPSD		Risk Monitor		Others	
	Level1	Level 2	Level 1	RIMS	ORION	DB	SPV		
K-1	○	○	- ☆	○	○	○	○		
K-2	○	○	- ☆	○	○	○	○		
K-54	○	○	- ☆	○	○	○	○		
Y-12	○	○	- ☆	○	○	○	○		
Y-24	○	○	- ☆	○	○	○	○		
Y-56	○	○	○ ☆	○	○	○	○		
U-12	○	○	- ☆	○	○	○	○		
U-24	○	○	- ☆	○	○	○	○		
U-56	○	○	○ ☆	○	○	○	○		
W-1	○	○	- ☆/L2	○	○	○	○		
W-254	○	○	- ☆	○	○	○	○		
SK-12	○	○	○ ☆/L2	○	○	○	○		
SW-12	○	○	○ ☆	○	○	○	○		
SK-34	○	○	○ ○	○	○	-	○		

RI-ILRT (5 yr. → 10 yr.)
 한국원자력연구원
 KAERI Korea Atomic Energy Research Institute

* KHNP: Korea Hydro & Nuclear Power Co., Ltd.

In Old Days

[2005 제3회 원자력안전해석 심포지엄]

II. 최근 KEPRI 연구 현황

- 계획예방정비기간 중 리스크 감시
경수로 ORION 개발
중수로 ORION 개발
- 정비효과감시기술 개발
울진 3,4호기 MR 기술 개발
가압중수로 원전 MR 개발
- 비상디젤발전기 상태진단 기술 개발
연진 진단
EDG 상태진단

II. 최근 KEPRI 연구 현황

- RI-ISI
울진 4호기 RI-ISI; 완료
울진 3호기 RI-ISI; 진행
TR 및 울진 3,4호기 RI-ISI
- ILRT 종합누설시험주기 최적화
경수로 원전 ILRT 최적화
- 5, 10년, 15년 20년
가압중수로 원전 ILRT 최적화
- 고리 1호기 ILRT 최적화
- RI-TS
고리 2호기 RPS/ESFAS 의 STI/AOT 최적화

정확단계의 연구 (5)

- 원전 정비 운전성능평가 규제기술 개발
 - PSA 품질 확보 및 인증 기준
 - 안전성능지표 (MSP/BR/IE) 설정 근거
 - 안전심각도 (SDP) 경계치
 - 사고·고장 안전중요도 (ASP) 평가기준
 - 리스크감시 (Risk Monitor) 규제요건
 - 정비효과성 감시 (MR) 규제요건
 - SSC 등급분류/처리 기준 (KINS/RR-482, 07)

[PSA/RIA 기술개발 방향, 2008. 6]



[제5차 PSA 워크샵 (2008.8.28)]

결론

- ASME PRA Standard & NEI PPRG, 기반 울진 3,4 호기 PSA 모델 품질 향상 연구 수행
- 국내 고유 자료 부족에 따른 품질 향상의 제한적 존재
- PSA 품질 ≠ CDF 값
= 불확실성 감소
- PSA 품질
= Program(모델 + 절차 + 인간)
= 믿음/자신감
- PSA 품질은 시건의 함수임,
- 국내는 여러 PSA 품질 유지 Framework이 미비
- PSA 표준, 확장 Program 및 조직 등
→ Cost-effective한 품질 향상 방안 도출 필요

Do we want to move RIR?

❑ Identification of Issues

- Insufficient Infra for the Introduction of RIR
 - No Consensus on the Introduction of RIPBR in Korea among Stakeholders
 - Lack of Understanding/Experiences on RIR
 - Lack of Experts
 - Lack of Education Program
- Lack of Necessary Regulation Environment
 - Lack of Integrated Plan for RIPBR
 - Lack of Regulatory Requirements

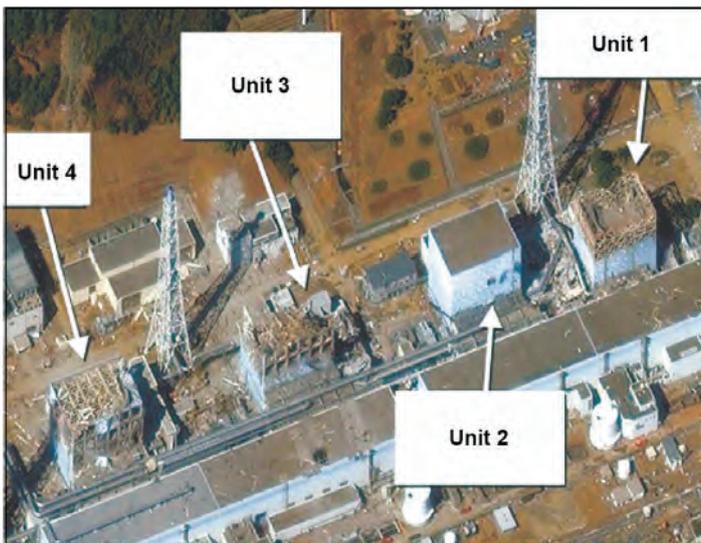
❑ What we need

- High Level Regulatory Policy Decision
 - Consistency
- Education of PSA/RIPBA
 - Staff and Students
- Research on
 - PSA Quality Issue
 - Uncertainty Reduction
 - Risk-informed Application
- Cultural Change

Are these enough?

[양준언 (J.E.YANG), RIA를 위한 PSA의 역할과 한계, 리스크정보활용과 원전 안전성 확보에 관한 토론회, **2009.8.11**]
(The Role and Limit of PSA for RIA)

Fukushima Accident (2011.3.11)



❑ Criticisms on PSA

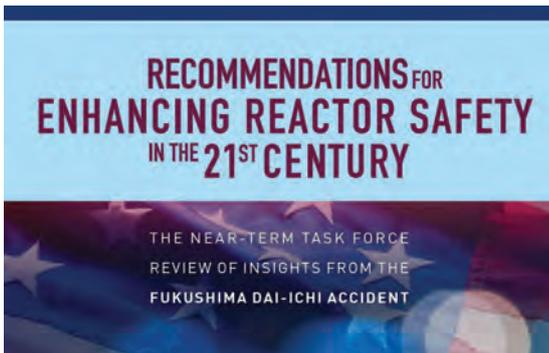
- 5 accidents during 40 years
 - $P(SA) = 12.5\%$
- 5 accidents among 442 NPPs
 - $P(SA) = 1.1\%$

❑ RIR is the relaxation of the regulation.

What is the Reg. Philosophy of Korea?

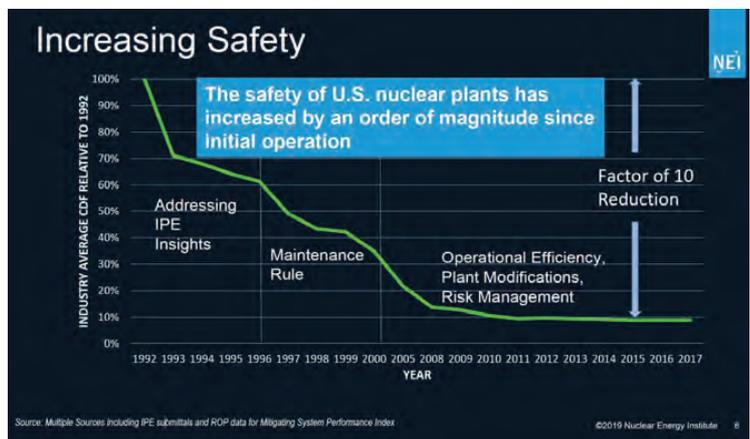


After the Fukushima Accident



Clarifying the Regulatory Framework: The Task Force recommends establishing a logical, systematic, and coherent regulatory framework for adequate protection that appropriately balances defense-in-depth and risk considerations.

[USNRC, Recommendations for Enhancing Reactor Safety in the 21st Century, 2011.7]



[Greg Krueger (NEI), Risk Informed Decision Making - It's Much More than Numbers, RIC2019]

Legalization of PSA & Safety Goal by NSSC*

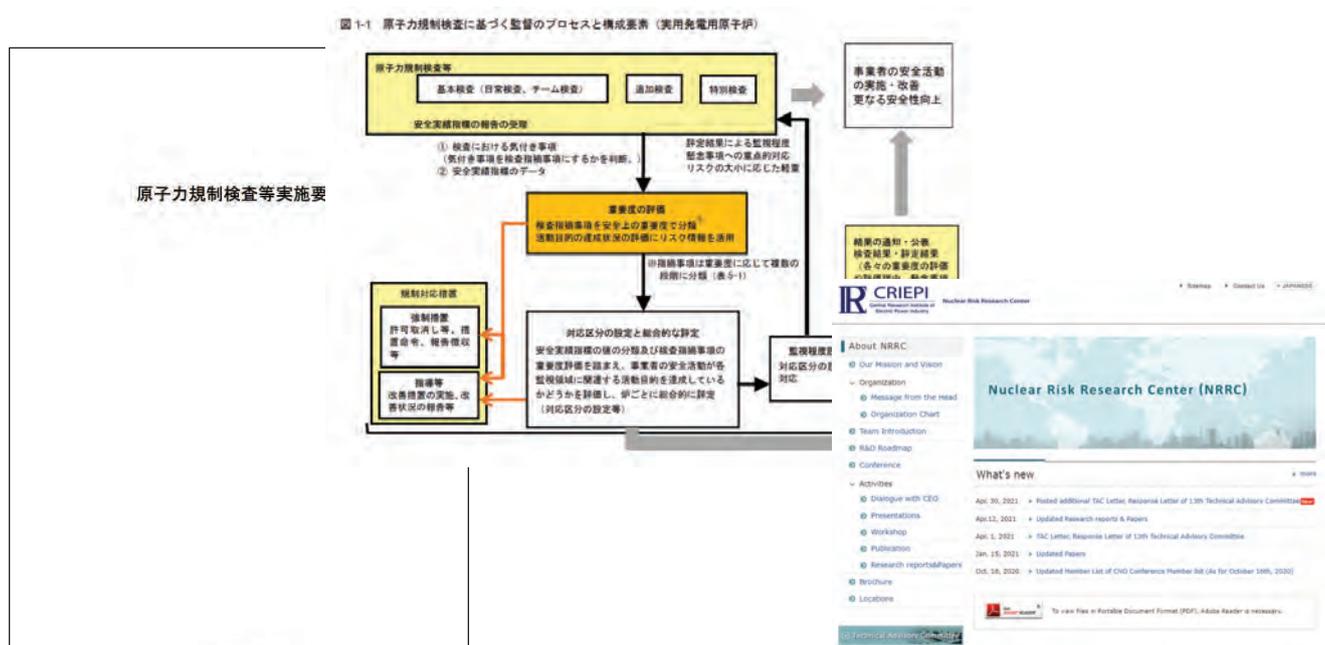
□ In 2014

- PSA is included as one of the review items for the **PSR (Periodic Safety Review)**

□ In 2016

- **PSA became the legal requirement** for the Accident Management Plan (AMP)
- The safety goals are defined as
 - 0.1% rule
 - **Cs-137 related goal:**
 - The Frequencies of the accident sequences that resulted in the release of Cs-137 more than 100 TBq should be less than 1.0E-6/yr

In Japan



令和元年12月
原子力規制庁

表 5-1 検査指摘事項の重要度及び安全実績指標の活動実績に応じた分類 (実用発電用原子炉施設)

緑	安全確保の機能又は性能への影響があるが限定的かつ極めて小さなものであり、事業者の改善措置活動により改善が見込める水準 (安全実績指標については、安全確保の機能又は性能に影響のない場合も含む)
白	安全確保の機能又は性能への影響があり、安全裕度の低下は小さいものの、規則間与の下で改善を図るべき水準
黄	安全確保の機能又は性能への影響があり、安全裕度の低下が大きい水準
赤	安全確保の機能又は性能への影響が大きい水準

Korean Risk-informed/Performance-based Approach Implementation Plan (2016.7)



□ 저자 (Authors)

- 양준언 (KAERI)
- 황태석, 이창주 (KINS)
- 나장환 (KHNP)
- 김명로 (KEPCO E&C)
- 강현국 (KAIST)

□ 감수 (Supervisor)

- 조영균 (Southern Company)
- 인용호 (MARACO S/W & Eng.)

TOC of the Report

목 차	
목 차	i
요 약	iv
제 1 장 서론	1
제 2 장 국외 리스크 평가 및 관리 분야 현황	4
제 1 절 미국 현황	4
제 2 절 유럽 현황	16
제 3 절 일본 및 기타 국가 현황	19
제 4 절 국제기구 현황	23
제 3 장 국내 리스크 평가 및 관리 분야 현황	27
제 1 절 국내 PSA 수행 현황	27
3.1.1 국내 원전 PSA 수행 현황	27
3.1.2 신행 원자력 시설 PSA 수행 현황	28
제 2 절 국내 리스크정보활용 현황	30
3.2.1 리스크정보활용 관련 현황	30
3.2.2 정비규정	31
3.2.3 가동중정비	31
3.2.4 리스크정보활용 의사 결정	32
제 3 절 국내 PSA 인프라 현황	34
3.3.1 신뢰도 DB 개발 현황	34
3.3.2 PSA S/W 개발 현황	35
3.3.3 리스크 통합감시 및 관리 체계 구축 현황	36
3.3.4 리스크 분야 인력 현황	37
제 4 절 국내 PSA 관련 연구 현황	38
3.4.1 요소기술 연구 현황	38
3.4.2 외부사전 PSA 방법론 연구 현황	39
3.4.3 2/3단계 PSA 연구 현황	40
3.4.4 기타 현안 연구 현황	40
제 4 장 국내 리스크 평가 및 관리 분야 현안과 발전 방안	45
제 1 절 국내 리스크 평가 및 관리 기술 분야	46
4.1.1 PSA 수행 범위와 최신 PSA 방법의 도입	46
4.1.2 PSA 품질 확보	47
4.1.3 PSA Insight를 이용한 안전성 향상	52
4.1.4 기타	53
제 2 절 국내 리스크 평가 및 관리 제도 분야	56
4.2.1 사고관리계획서 PSA	56
4.2.2 주기적안전성평가(PSR) PSA	57
4.2.3 리스크정보활용 규제	57
제 3 절 국내 리스크 평가 및 관리 관련 환경 분야	62
4.3.1 리스크 평가/관리 관련 기술 인력 양성 및 수준 확보	63
4.3.2 리스크 커뮤니케이션 강화	63
제 4 절 국내 리스크 평가 및 관리 분야 로드맵	65
제 5 장 결론	69
참고 문헌	71
부록 A. 국내 동렬 검토(Peer Review) 방안	75
부록 B. 약 어	83
CH.1 Introduction	
CH.2 Current Status of Risk Assessment & Management in Foreign Countries	
CH.3 Current Status of Risk Assessment & Management in Korea	
CH.4 Korean Risk-informed/Performance-based Approach Implementation Plan	
CH.5 Conclusions	

Risk-Informed Approach*

A "risk-informed" approach to regulatory decision-making represents a philosophy whereby risk insights are considered together with other factors to establish requirements that better focus licensee and regulatory attention on design and operational issues commensurate with their importance to health and safety.

[Mike Franovich (NRC), Advancing the Use of Risk-Informed Decision Making in Regulatory Activities, RIC2019]

* NRC STAFF REQUIREMENTS - SECY-98-144 - White Paper On Risk-informed And Performance-based Regulation
<https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/commission/srm/1998/1998-144srm.pdf>

4

Reasons for the Delay (WASH-1400 ~ GL-88-20)

- Although using risk analysis to help with decision making has a number of advantages, it took over **twelve years** from the publication of the Reactor Safety Study in 1975 until the NRC produced Generic Letter 88-20 in 1988, formally enabling the use of PRAs in the industry. There are several reasons for this delay;
 - foremost was **the lack of understanding of just what a risk assessment was, and how it would be used.**
 - Second, **most engineers tend to stick with the methods that they learned**, and through the 1960s and 1970s, risk analysis education was not widespread and the NRC was dominated by staff comfortable and familiar with a deterministic/structuralist school.
 - Finally, **the administration of the NRC was not comfortable with the concept**, partly because of the initial reception of the Reactor Safety Study and partly due to the idea behind the quote from Max Planck in the introduction, **"A new scientific truth triumphs not because its opponents become convinced and finally see the light, [but] rather, because they eventually die and a new generation is born which is familiar with the new concepts"**.

Implementation Strategies of NRC

❑ Obstacles

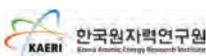
- some staff members believed **the application of risk information gives away safety margin.**
- NRC staff had **an internal struggle** with RIR since it also required a **culture change**
 - The NRC staff role was changed from requiring systems that were supposed to work to those which provide **a high level of assurance considering possible failures for all systems and components.**
 - This was a significant change since **the staff had a great deal of difficulty in dealing with determining “high level of assurance”**

❑ Without **top leadership support**, the **introduction of risk-informed regulation could not be done.**

- There needs to be an **overarching policy guidance** in terms of a safety goal or regulatory framework
- They must also have people in their organization who must also share the vision.
- It is vital to have an **integrated leadership team** supporting this transformation

❑ This transformation is **a cultural change in the way people perceive their responsibilities as they implement they oversee the safety of nuclear power stations.**

- In order to gain acceptance by the staff of PRA techniques, NRC management implemented an agency-wide **training program** for the staff not only on the principles of PRA but also on its applications.



[Andrew C. Kadaka, Toshihiro Matsuob, *The nuclear industry's transition to risk-informed regulation and operation in the United States, Reliability Engineering and System Safety 92 (2007) 609-618*]

19

Implementation Strategies of Utilities

❑ Early reluctance of the operations staff to accept the risk approach was quickly overcome **by showing how this tool could help them manage risky operations.**

❑ Utilities found that the development of a **risk monitor was an important part of culture transformation.**

- The maintenance department began to use the risk monitor to identify and improve the scheduling of work to minimize risk and vulnerabilities of the plant.

❑ The acceptance of PSA by the utility was met **with some challenges**

- Beyond the resistance of traditional engineers, **there was a general lack of understanding of the tool.**
- In response, **a site-wide training program** was initiated not only on the tool but also how it is to be used.
- This training was **expanded to the general training program for all plant staff.**

❑ To reinforce the importance of risk management, during their morning status reports senior plant management would require **a discussion of the risk status of the plant and what quantified changes in risk levels**

❑ Some utilities have included **risk performance metrics as part of their employee evaluation and bonus programs.**

- These metrics were used to demonstrate the importance of managing risk to all employees and to have employee ownership in the risk status of the plant.
- Based on indications, this practice has been **successful in transforming the culture** of the plant into a more risk-informed way of thinking about their jobs.



[Andrew C. Kadaka, Toshihiro Matsuob, *The nuclear industry's transition to risk-informed regulation and operation in the United States, Reliability Engineering and System Safety 92 (2007) 609-618*]

20

Lessons Learned (Utility Side)

- ❑ The introduction of risk-informed regulation cannot be done overnight due largely to **the institutional obstacles** that need to be overcome.
- ❑ The most important observation continues to be that **without the support of top management**, the introduction and safe use of risk information will be very difficult.
- ❑ **The most useful application of the risk was the maintenance rule** since it provided a foundation for making risk and priority determinations for day to day operations.
- ❑ There is a **large educational effort** on site to gain acceptance of the tool.
- ~~❑ There was a need to identify specific utilities that were willing to undertake the extra burden and cost to test these new initiatives for the rest of the industry~~
- ❑ **The role of NEI was quite important** in gaining NRC support for the use of risk-informed regulation. They provided the forum for meaningful dialogue for how best to develop and implement risk informed rules.
- ❑ The best way to deal with public and regulatory acceptance of the use of risk informed information is to **focus on the safety benefit** of such tools and approaches.
 - While there is considerable economic value in using risk management in operations, **adoption of risk informed operations and regulations should not be based on economics but on safety.**
- ❑ Public acceptance of risk informed approaches also needs a **strong communications program** to assure that the public understands the information being provided by the NRC and the utility.
- ❑ Management needs to continue to **focus on supporting a culture change** to be sure that people think in an integrated safety way.

[Andrew C. Kadaka, Toshihiro Matsuob, The nuclear industry's transition to risk-informed regulation and operation in the United States, Reliability Engineering and System Safety 92 (2007) 609–618]

Key Factor for the Success RIPBR in the NRC?

- ❑ This statement might be too black and white, but for the most part **adequately describes how the use of PRA became acknowledged as useful and later as fundamental by the NRC—engineers and scientists familiar with the process had to move into positions of power and policy-making to facilitate the use of PRAs**
- ❑ **In the U.S.A., they had a strong will & unexpected luck!!**
 - 4 Chairmen of NRC who support the RIR continuously
 - Maintenance Rule
 - Not only Safety Improvement but also Economical Benefit
- ❑ **NEI Letter to NRC (??)**
 - NRC tries to return to the deterministic regulation
- ❑ **RIC 2018, Keynote Speech by Chairperson, Kristine L. Svinicki**
 - We have to move more risk-informed approach

[William Keller, Mohammad Modarres, "A historical overview of probabilistic risk assessment development and its use in the nuclear power industry: a tribute to the late Professor Norman Carl Rasmussen," Reliability Engineering and System Safety 89 (2005) 271–285]

Can we establish the Korean RIDM Framework?

Issues	USA	Korean Reg.	Korean Utilities	Obstacles	How to solve it?
Motivation	TMI, Consistency of Reg., Economic Benefit	?	Consistency of Reg. (SDP)	No clear motivations	(Demo. Of) Safety/PI improvement
Leadership	Strong Leadership of NRC	?	?	No in the near future (?)	? (Bottom-up Leadership of PSA Experts)
Technical Capability	CAFTA in '90	MPAS (K-SPAR)	PSA for all NPPs	Rel. Data (Distrust)	It doesn't matter (In most cases, it doesn't change insights)
Reg. Framework	Safety Goal, PRA Policy Statement, MR, ROP (RMRP)	Nuclear Safety Policy Statement, Safety Goal	RI-ILRT, RI-ISI, RI-STI/AOT, MR, OLM	Limited applications	MR
Man Power	Training Program for Staffs in All areas	No experiences in real PSA	Not enough experiences	No effective PSA training program, No PSA certification/Peer Review framework	PSA School by experts (?)/OJT
Acceptability of players	Low (Struggled)	?	?	No interest, No experience	Ensure the Safety Benefit of RIPBR
Acceptability of observers	Increased	Very Low	Don't care	Distrust & Perception on PSA	Korean PSA Standard
Public view on RIR	Don't care	Relaxation of Reg. (?)			Select good sample cases to show the safety improvement
Cultural Changes	Risk Culture	?	?	?	(It comes later)

The First Step toward RIDM in Korea: Three Issues

❑ Credibility of the PSA

- Probability
- Reliability Data

❑ Cherry Picking



❑ Lack of Experts

- Lack of Official Education Program & Certification Process



❑ PSA Standard

- Korean PSA Standard TFT (KEPIC)
- Also as a communication tool (between DSA-PSA areas)



❑ Safety First Application

- To overcome the resistance of the traditional engineers



❑ Set-up a Credible Education Programs & Certification Process on PSA

- We may need an International cooperation for this area



Licensing of SMR, Dynamic PRA



Impact of RIPB Approach

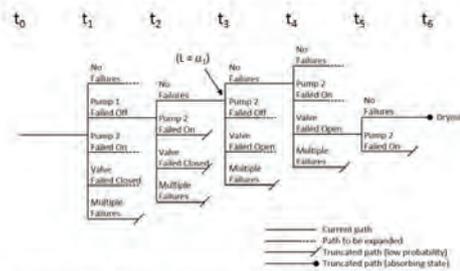
- Licensing Approach
 - Chapter 1
- Design
 - Chapters 3-10
- Implementation
 - Chapter 19 PRA
 - Chapter 3 SSC classifications and codes and standards
 - Tier 1 inspections, tests, analyses, and acceptance criteria
- Analysis or Programmatic
 - Chapter 15 design-basis events
 - Chapter 17 reliability assessment program

37

Nonproprietary
© 2012 NuScale Power, LLC



Tank Problem: Dynamic Event Tree



Adapted from N. Sliu, "Risk assessment for dynamic systems: An overview," *Reliability Engineering and System Safety*, 43, 43-73 (1994).



Risk Communication with Public

Experts:

- Frequency x Consequences

Public:

- Hazard + Outrage
- Factors that may influence public outrage include

- perceived magnitude of the hazard,
- lack of knowledge of the hazard,
- distrust in the institution managing the hazard, and
- level of media attention.

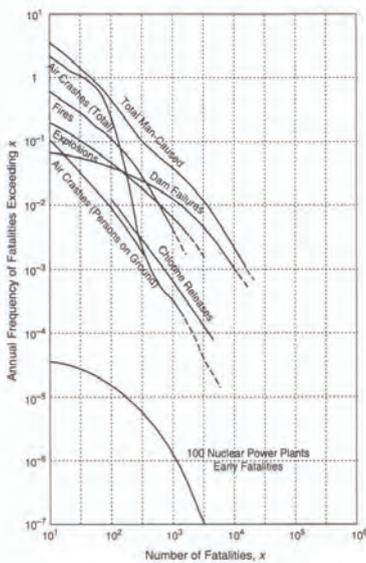


Table 1. Ordering of perceived risk for 30 activities and technologies (22). The ordering is based on the geometric mean risk ratings within each group. Rank 1 represents the most risky activity or technology.

Activity or technology	League of Women Voters	College students	Active club members	Experts
Nuclear power	1	1	8	20
Motor vehicles	2	5	3	1
Handguns	3	2	1	4
Smoking	4	3	4	2
Motorcycles	5	6	2	6
Alcoholic beverages	6	7	5	3
General (private) aviation	7	15	11	12
Police work	8	8	7	17
Pesticides	9	4	15	8
Surgery	10	11	9	5
Fire fighting	11	10	6	18
Large construction	12	14	13	13
Hunting	13	18	10	23
Spray cans	14	13	23	26
Mountain climbing	15	22	12	29
Bicycles	16	24	14	15
Commercial aviation	17	16	18	16
Electric power (non-nuclear)	18	19	19	9
Swimming	19	30	17	10
Contraceptives	20	9	22	11
Skiing	21	25	16	30
X-rays	22	17	24	7
High school and college football	23	26	21	27
Railroads	24	23	29	19
Food preservatives	25	12	28	14
Food coloring	26	20	30	21
Power mowers	27	28	25	28
Prescription antibiotics	28	21	26	24
Home appliances	29	27	27	22
Vaccinations	30	29	29	25

❑ Nuclear matters committee in the town of Plymouth

- From the perspective of risk informed operation and regulation, this committee has not observed any difference in regulatory effectiveness or interaction.



Risk Communication within Nuclear Community

- ❑ Why the CDF value is changed over time? Is it a kind of cheating?
- ❑ How can we believe the reliability data?
- ❑ Can we estimate the human error probability?
- ❑ The PSA model cannot describe the plant system exactly.
- ❑ Can four trains of a safety system fail at the same time?
- ❑ An accident with probability $1.0E-6$ can be happened tomorrow.
- ❑ If the CDF is $1.0E-4$ /yr., then why do severe accidents occur so frequently?
- ❑ The PSA did not predict the Fukushima accident. So, it's useless.
- ❑ What if the severe accidents are occurred in multi-units simultaneously?

원자력리스크연구회



- ❑ 창립 총회
- ❑ 개회 (총회 성립 공고: 참석자 수 및 동의서/위임장 제출자 수 공지)
 - 인사말(임시 회장)
 - 회장 선임
 - 추진 경과 보고
 - 회칙 공포 및 승인
 - 임원진 선정
 - 자문의원회 구성 승인
 - 회원 승인 (가입신청서 제출자)
 - 운영 및 발전 방안 보고
 - 폐회 및 기념 촬영
- ❑ 창립 총회 후 행사
 - 임원 회의
 - 안건 (별도 자료 참조)

감사합니다.

安心



risicare

원전 운영사건 안전중요도 기반 의사결정 체계

2021. 5. 12

한수원 중앙연구원 안전성평가그룹 변충섭



I. 안전중요도 기반 의사결정 체계 구축 및 시범적용

1. 추진 배경
2. 안전중요도 적용 프로세스
3. 개발 방향
4. 개발내용
5. 세부내용

II. 일본 신규제검사에 대한 사업자 대응 및 시사점

III. 제안



I. 안전중요도 기반 의사결정 체계 구축 및 시범적용

1. 배경

원전 운영사건* 발생 시 규제의 효과성과 효율성 제고를 위해 안전중요도에 비례적으로 규제조치를 부과하는 안전중요도 기반 규제 의사결정 필요

- 안전중요도(리스크)가 높은 사건에 규제와 조치를 집중하여 안정성 향상에 기여
- 다양한 원전 안전성 향상 활동에 규제기관 및 사업자 자원의 효율적 재분배
- 사업자의 안전문화 개선에 지렛대 역할 (리스크 개념과 안전성 확보 인식 확산)

* 운영사건 : 부적합 사항 보고, 사건·사고 보고, 검사 지적사항 등

국내 고유의 안전중요도 기반 의사결정 체계(SDP-RIDM*)를 구축하고, 운영사건 발생 시 자발적 추진 및 규제 의사결정 지원을 통해 원전 안전성 향상에 기여

- SDP 시행을 위한 규제기관 및 사업자 인프라(안전기준, 리스크 평가모델 등)는 형성되어 있으며, 도입을 위한 이해관계자 공감대 형성이 필요함

* SDP-RIDM : Significance Determination Process – Risk Informed Decision Making

2. 안전중요도 적용 프로세스

검사지적

검사지적사항은 원안위 고시 제2019-16호에 의거하여 검사 수행과정 중 지적/권고사항 도출 단계에서 검사지적사항 발급 단계까지, 그리고 검사지적사항 발급이후 사업자의의신청(발급 후 7일 이내) 단계에서 규제기관에 의견 개진이 가능함

사건사고보고

[원안위 고시 제2020-3호, 원자력이용시설의 사고·고장 발생시 보고·공개 규정], - 3) 안전성 평가에는 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.) 라) 평가에 대한 결론을 기술함

부적합보고

[원안위 고시 제2018-2호, 부적합사항의 보고에 관한 규정] 제8조(보고) ① 보고책임자는 ~ 보고서를 작성하여 원자력안전위원회에 제출하여야 한다. 별지 서식⑤ 항의 부적합 내용 : **즉시정지 필요성 여부를 포함하여 안전성 영향에** 관하여 평가한 내용 기술

- (대상범위) 상세보고서 작성 대상 사건 중 정량적 평가 가능 사건
 - 사건유형 1 : 원자로 정지 사건
 - 사건유형 2 : 공학적 안전설비 작동 또는 요구시 비작동 사건
 - 그 밖에, 정량적 평가가 필요하다고 판단되는 요청 예정임
- (평가지표) CCDP(Conditional Core Damage Probability) 또는 ΔCCDP(Core Damage Probability) 사용 합의 (미국 USNRC 평가지표 준용)
 - CCDP¹⁾ : 초기사건 발생 또는 기기고장 발생 조건에서의 CDP
 - ΔCCDP²⁾ : (CDF_{기기이용가능} - CDF_{base}) X Time(기기 이용가능 시간)

* 미국기준(USNRC, ASP 프로그램)

Criteria (CCDP / ΔCCDP)	ASP Grade	활용
1.0E-6 이하	No Precursor	-
1.0E-6 ~ 1.0E-3	Precursor	정책 참고자료
1.0E-3 이상	Significant Precursor	의회 등 대표회의 보고

- (평가기준) '어느정도 값이 안전한가' 기준설정 곤란 공감
 - 평가경험 축적 이후 중장기 논의 필요
 - ☞ 한수원은 평가지표만 제출하고 그 타당성은 규제기관이 판단

과징금부과

위반행위	1차 위반		2차 위반		3차 이상 위반	
	업무정지	과징금	업무정지	과징금	업무정지	과징금
다. 법 제21조의 허가기준에 미달하게 된 경우	3개월	12억	6개월	24억	9개월	36억
카. 법 제99조의 허가조건을 위반한 경우	2개월	8억	4개월	16억	8개월	32억

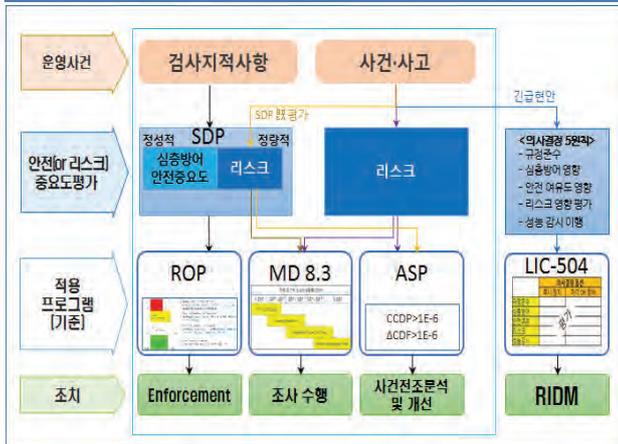
* 감경(가중) 사유 : 내용 및 정도가 경미하여 국민건강 및 환경에 미치는 피해가 적은(큰) 위반행위

⇒ 명시적 방법론 제시는 없지만 의사결정을 위한 안전중요도 정보의 필요성이 내재되어 있음

3. 개발 방향

벤치마킹 Case

NRC, 안전중요도 평가 연계체제

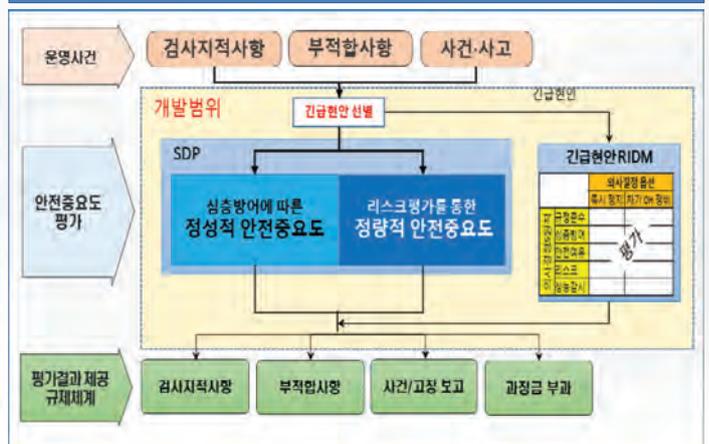


- ✓ 검사지적사항, 사건·사고에 대한 안전중요도 정량적 평가 후 행정집행, 조사, 사건전조 분석 관련 의사결정에 활용
- ✓ 긴급현안의 경우, 종합 위험도정보활용 의사결정 체제 운영

MD(Management Directive) 8.3 : NRC Incident Investigation Program
ASP : Accident Sequence Precursor

국내 개발 방향

국내 고유의 안전중요도 기반 의사결정 체제 구축



- 1 Overall SDP-RIPM Framework 개발
 - 2 SDP-RIPM 상세 평가기술과 지침 개발
 - 3 운영사건 사례별 시범 적용
- +

4 SDP-RIPM 국내 도입 활성화 노력

운영사건 규제 의사결정 참고자료로 제공

4. 개발 내용

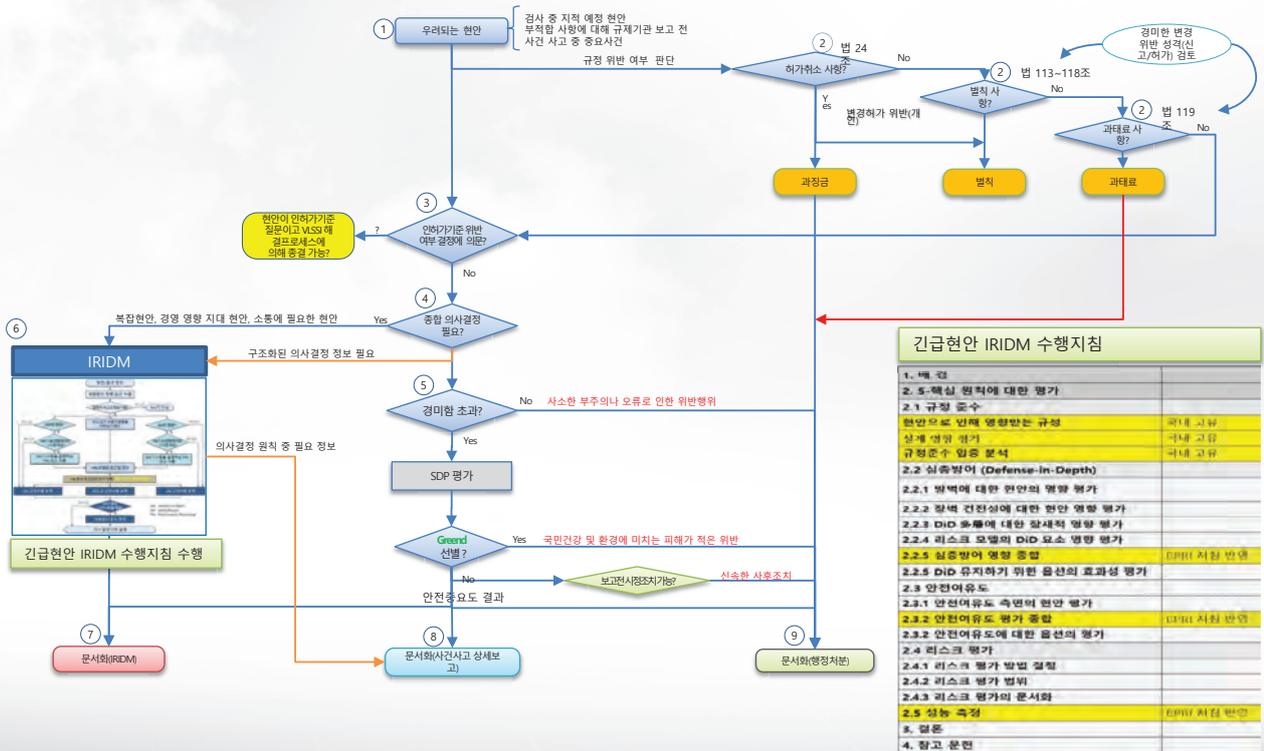
과제명/기간 : 안전중요도 기반 의사결정 체계 구축 및 시범 적용('19.10 ~ '21.9)



*의사결정 5-요소 : 규정준수, 심층방어, 안전여유도, 리스크, 성능감시

5. 세부내용 : 현안선별

국내 운영사건 처리 적용방안 : 현안 선별(Issue Screening)



긴급현안 IRIDM 수행지침	
1. 매 건	
2. 5-핵심 원칙에 대한 평가	
2.1 규정 준수	
현안으로 인해 영향받은 규정	위대 고위
상대 위험 평가	위대 고위
규정 준수 입증 분석	국내 고위
2.2 심층탐색 (Defense-in-Depth)	
2.2.1 방어에 대한 현안의 영향 평가	
2.2.2 방벽 건전성에 대한 현안 영향 평가	
2.2.3 DID 요소에 대한 상세적 영향 평가	
2.2.4 리스크 모델의 DID 요소 영향 평가	
2.2.5 심층탐색 영향 종합	대체 지침 보완
2.2.5 DID 유지하기 위한 옵션의 효과성 평가	
2.3 안전여유도	
2.3.1 안전여유도 측면의 현안 평가	
2.3.2 안전여유도 평가 종합	대체 지침 보완
2.3.2 안전여유도에 대한 옵션의 평가	
2.4 리스크 평가	
2.4.1 리스크 평가 방법 결정	
2.4.2 리스크 평가 범위	
2.4.3 리스크 평가의 문서화	
2.5 성능 측정	ESPI 지침 보완
3. 결론	
4. 참고 문헌	

5. 세부내용 : SDP 부록



SDP 부록 : 2020년 개발완료

NRC SDP 문서 구성	
NRC SDP 문서	내용
IMC 0609	SDP 목적, 조직/책임, 용어정의
IMC 0609 Att. 1	SDP 운영 (SERP 조직/운영, SDP 프로세스 및 최종결정 절차)
IMC 0609 Att. 2	SDP 결정에 대한 사업자 상고(Appeal) 절차
IMC 0609 Att. 3	Senior Reactor Analyst(SRA) 및 Risk Analyst의 ROP 지원 역할
IMC 0609 Att. 4	SDP 초기특성분석 - 검사지적사항 초기평가(정보수집, 안전초석결정, 부록결정)
IMC 0609 Att. 5	IFRB(Inspection Finding Review Board) 기능 및 절차
IMC 0609 App. A	출력 운전 중 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. B	비상대책과 관련된 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. C	중사자 방사선안전에 관련된 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. D	일반인 방사선안전과 관련된 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. F	화재방호와 관련된 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. G	정지운전 중 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. H	격납건물 건전성과 관련된 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. I	운전원자격 재심사와 관련된 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. J	"In-service Inspection"중에 발견된 SG세관 건전성에 대한 SDP
IMC 0609 App. K	정비규정(Maintenance Rule)과 관련된 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. L	B.5.b(광역상실사고)와 관련된 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. M	다른 Appendix에 해당하지 않는 IF에 대한 정성적 SDP
IMC 0612	이슈 선별 (목적, 용어정의)
IMC 0612 Att. B	이슈 선별 절차(flowchart) 및 기준
IMC 0612 Att. E	이슈 선별에 관한 다양한 예제 (선별기준의 일관성)
IMC 0612 Att. G	이슈 선별(App.B) 관련해서, 비상대책 초석에 대한 보충지침

한수원 운영사건 SDP 지침서 구성(안)	
한수원 안전중요도평가 지침	SDP 지침서 구성
1 안전중요도 평가 체계 - 목적, 용어정의, 조직/책임, 상위절차 (긴급현안RIDM 포함) - Att.1, 3 (한수원 조직/책임자, 절차에 맞게 정리) - Att.2, 5 (제외, NRC 내부 행정절차 부분) - Att.4는 안전중요도 평가 지침에서 커버	1. 운영사건 SDP 체계
2 안전중요도 평가 단계 2 (초기특성분석) - 검사지적사항 초기평가(정보수집, 안전초석결정, 부록결정) - (제외)	3. 운영사건 SDP 지침 (SDP 단계2: 초기특성분석)
3 부록 A. 출력운전 안전중요도 평가 지침서 부록 B. 비상대책 안전중요도 평가 지침서 부록 C. 중사자방사선안전 안전중요도 평가 지침서 부록 D. 일반인방사선안전 안전중요도 평가 지침서 부록 F. 화재방호 안전중요도 평가 지침서 부록 G. 정지운전 안전중요도 평가 지침서 부록 H. 격납건물건전성 안전중요도 평가 지침서 부록 I. 운전원 자격/수행도 안전중요도 평가 지침서 부록 J. SG세관건전성 안전중요도 평가 지침서 부록 K. 정비규정 안전중요도 평가 지침서 부록 L. 광역상실사고 안전중요도 평가 지침서 부록 M. 정성적 안전중요도 평가 지침서	4. 운영사건 SDP 지침 (SDP 단계3: 안전중요도 등급 결정)
4 안전중요도 평가 단계 1 (선별분석) - Att. B screening flowchart - Att. E&G 선별예제	2. 운영사건 SDP 지침 (SDP 단계1: 선별분석)

5. 세부내용 : 정량적 안전중요도 상세평가 방법



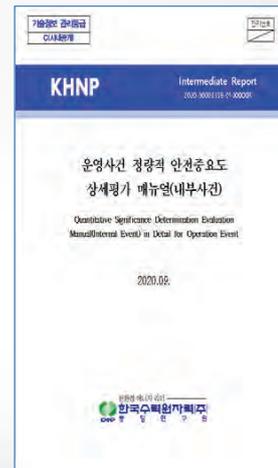
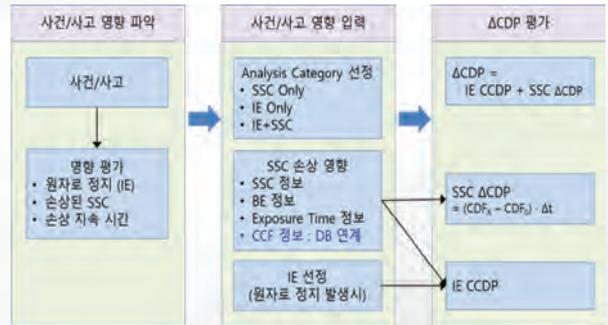
RASP 상세안전성 평가 흐름도

❖ 운영사건 리스크 평가 상세 매뉴얼 개발

- RASP Handbook 출력운전 내부사건(운영사건)
- 절차서 수준의 실무자 적용 지침 개발
 - ✓ 사건 분석, 기본 리스크 모델 평가, 운영사건 반영 리스크 평가 등

❖ 불확실성 평가 및 종합 의사결정 지침 개발

- 종합 의사결정 지침 : EPRI 3002003116
 - ✓ PSA역할 정의, 기준 PSA 평가 및 기여인자 식별
 - ✓ 운영사건에 대한 리스크 영향, 불확실도 근원식별 및 영향 평가
 - ✓ 의사결정 5원칙 종합 의사결정 루브릭 : 긴급현안 RIDM 시범적용과 연계
- 불확실성 평가 지침
 - ✓ NUREG-1855 및 EPRI 1026511 등의 방법론 준용
 - ✓ 매개변수 불확실성, 모델불확실성 및 완결성 불확실성
 - ✓ 기본모델 불확실성 평가 및 운영사건 의사결정 영향 평가



안전중요도 평가 체계 구축 및 상세평가 방법 개발			
분자번호	PSA (2007-03-01-030)	개발번호	0
페이지 수 (총/3판)	34/1	발행일	2020. 02. 20
리스크정보활용의사결정(RIDM)을 위한 PSA 불확실성 평가 및 처리 지침			
구분	소속	장별	시행
작성	한국에너지연구원	안전실	
검토	한국에너지연구원	안전실	
승인	한국에너지연구원	안전실	
한국원자력연구원 Korea Atomic Energy Research Institute			

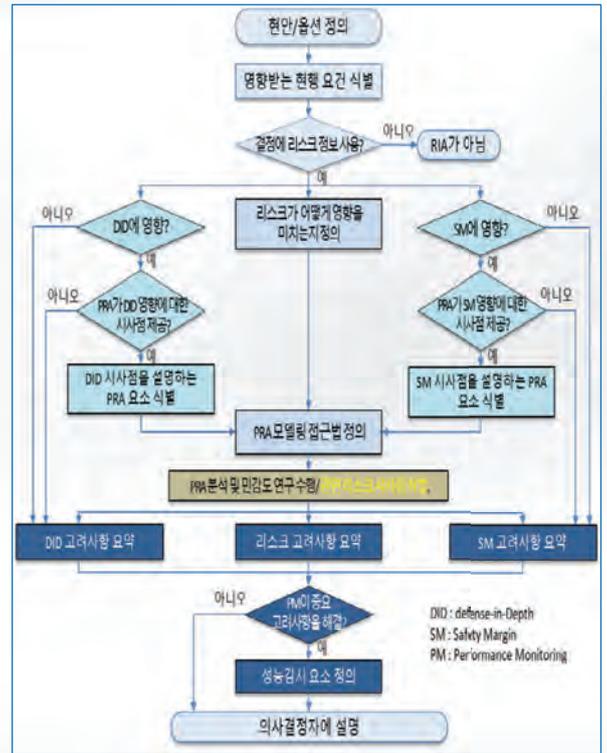
5. 세부내용 : Emerging Issue RIDM 평가 방법

❖ RG 1.174 준용 의사결정 5원칙 기반 종합 의사결정

- 기존 규정 준수
- 심층방어 철학과의 일관성
- 적절한 안전중요도 유지
- 수용가능한 수준의 리스크 증가
- 정의된 성과 측정 전략의 구현 방안

❖ 의사결정 프로세스

- 의사결정 옵션의 정의 : 즉각 발전 정지, 차기 OH 이행 등
 - ✓ 사업자 자체 결정 및 가능할 경우 규제기관과 사전 협의
- 옵션 별 5가지 의사결정 원칙의 영향 평가
- 상기 평가결과에 따른 최선의 의사결정 옵션 제안



긴급현안 RIDM 프로세스(LIC-504+EPRI)

5. 세부내용 : 시범적용

KAERI 수행 시범적용 사례 : 총 8건의 시범사례 선정

	대상시설	제목	조치내역
지적-01	한울2발	밸브 제작 시 열처리 시험요건 미준수	<ul style="list-style-type: none"> ● 주급수 역지밸브 7대 교체 및 운전가능성 평가 ● 취외밸브물성시험
지적-02	한울2발	스위치야드 충전기와 축전지의 각 전원케이블간 독립성 미준수	<ul style="list-style-type: none"> ● 스위치야드 충전기와 축전지의 각 전원용 케이블간 독립성(격리)유지 완료
사건-01	신고리1	SK12 화재방호계통 매설배관 누수	배관교체 후 펌프 주기 확인
사건-02	신고리1	신고리1호기 터빈구동보조급수펌프 전기적 과속도 정지(01A/01B)	스프링캐리어 정비(스프링 캐리어 절삭 가공 후 운전가능성 시험 만족)
사건-03	신고리1	주전력 계통 기능상실	운전모드 변경(4->5)
집행-01	신고리1	시운전 중 원자로 냉각재 원자로건물 살수	
집행-02	신고리,한빛 신월성,한울	가동원전 13기의 안전등급밸브 부품의 모의 후 열처리 및 충격 시험요건 불만족	
긴급-01		Containment Liner Plate 부적합 사항	

* 2021. 6월 이후, KAERI 지원 한수원 자체 추가 시범적용 사례 평가 수행

II. 일본 신규제검사에 대한 사업자 대응 및 시사점

1. 일본 검사제도 개선 배경

「동경전력 후쿠시마 사고의 교훈을 바탕으로 사업자, 규제기관 모두에서 안전신화에 빠지지 않고 지속적인 개선을 위한 노력을 해갈 필요가 있다.」 원자력규제청 「검사제도 재검토에 관한 중간 정리」 2016년 8월

2016년 당시 제도가 안고있던 문제

- 사업자의 한뜻(一義的)으로의 책임 불철저
- 복잡/세분화한 검사체계
 - 검사 종류의 세분화
 - 검사 종류에 따른 불일치
 - 품질보증 검사의 중복 및 세분화
- 하드웨어 측면의 검사 편중
- 유연성이 낮은 검사 체계
- 유효하고 효율적 검사 방법 도입 필요성
- 검사 결과의 행정 조치

IRRS를 통한 IAEA 권고 (검사제도)

- 성능기반의 보다 규범적이지 않은 리스크 정보 활용 원자력 안전 및 방사선 안전규제 실시
- 검사관이 언제든지 모든 시설과 활동에 접근할 수 있는 공식적인 권한 보유
- 가능한 가장 낮은 수준에서 대응형 검사로 규제기관이 의사결정을 할 수 있도록 검사 제도를 개선, 간소화해야함 권고사항 9

- 부적합에 대한 제재 또는 처벌에 대한 정도를 결정하기 위한 문서화된 집행정책 및 처리 기준과 프로세스 수립
- 안전상 중대한 사건의 위험이 임박한 경우 시정조치를 결정하는 시간을 최소화할 수 있는 명령을 처리하기 위한 규정을 수립 권고사항 10

미국 ROP 참조 신 검사제도 도입

2. 검사제도 개선에 대한 사업자 대응

- ◆ (원자로 시설의 안전성 향상 기대로 이어질 제도 설계) 리스크 정보활용 성능 기반 개념을 도입하는 원자로 시설의 안전성을 감시·평가하는 제도를 지금까지의 검사 제도의 대안으로 신설하는 것은 **실태적인 안전성의 중요도에 따라 발전소의 규제와 관리가 수반되는 결과를 낳아 원자로 시설의 안전성을 높여 갈 것으로 기대함**
- ◆ (사업자의 주체적인 안전활동의 중요성) 새롭게 설계될 감시·평가 제도는 미국 ROP가 제도 설계의 양식이 될 것으로 생각되는 데, **미국에서는 원자로 시설의 안전 확보의 一義的 책임은 사업자에게 있음을 전제로 부적합 관리 등의 시정 조치 프로그램 (CAP) 등 사업자의 보안 활동을 도입한 것으로 되어있어 규제와 사업자 쌍방의 활동을 서로 맞물리게하여 원자로 시설의 안전성 제고로 연결**
- * 따라서 사업자는 **CAP의 충실**과 더불어 안전관리 활동의 **리스크 정보 활용의 검토 (중요도 정량 평가에 활용 가능한 PRA의 향상)**과 JANSI·WANO의 피어 리뷰의 적극적 활용 등을 통해 사업의 주체인 안전 활동에 한층 더 충실성을 도모해 나간다.
- ◆ (일관된 규제 이념으로 지속적인 개선) 미국 ROP는 다수의 요소로 이루어진 큰 과정이다. 1990년대부터 계속 일관된 규제 이념 (위험도 정보활용 성능기반 등)에 따라, 2000년 초부터 10여 년에 걸쳐 개발·개선해온 것이다. 따라서 이번 제도 재검토에 있어서는 일관된 규제 이념 하에 단계적으로 도입하고 지속적으로 개선해 나가는 것이 중요하다. 또한 **향후의 구체적인 운용 논의에 미국 ROP의 정비 경과·경험에서 성공 요인을 배우는 것도 중요하다고 생각한다.**

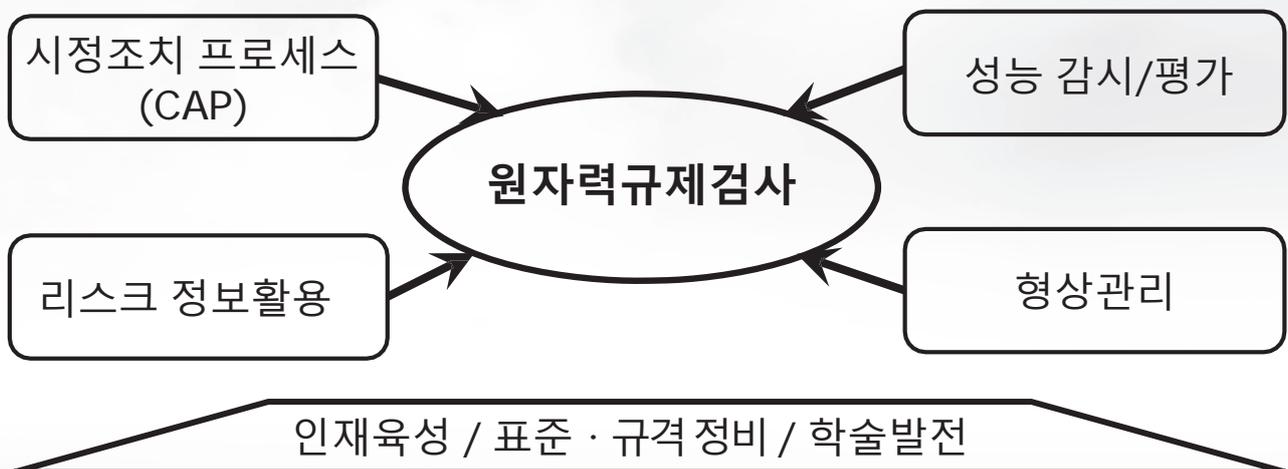
2016. 6. 20 靑氣車業連合會

2. 검사제도 개선에 대한 사업자 대응

- **원자력 규제검사를 리스크 정보활용, 안전 중심으로 실효적으로 전환하는 전제는 사업자가 스스로의 책임으로서 원자로 시설의 안전 확보를 주체적으로 완수하는 것(미국 ROP와 같이). 사업자는, 다음의 활동을 주체적으로 진행시켜 나감**

부적합 시정 중심에서 예방 및
검출에 중점을 둔 활동으로

규제요구 성능지표(PI) 에더해
사업자 자주PI 설정

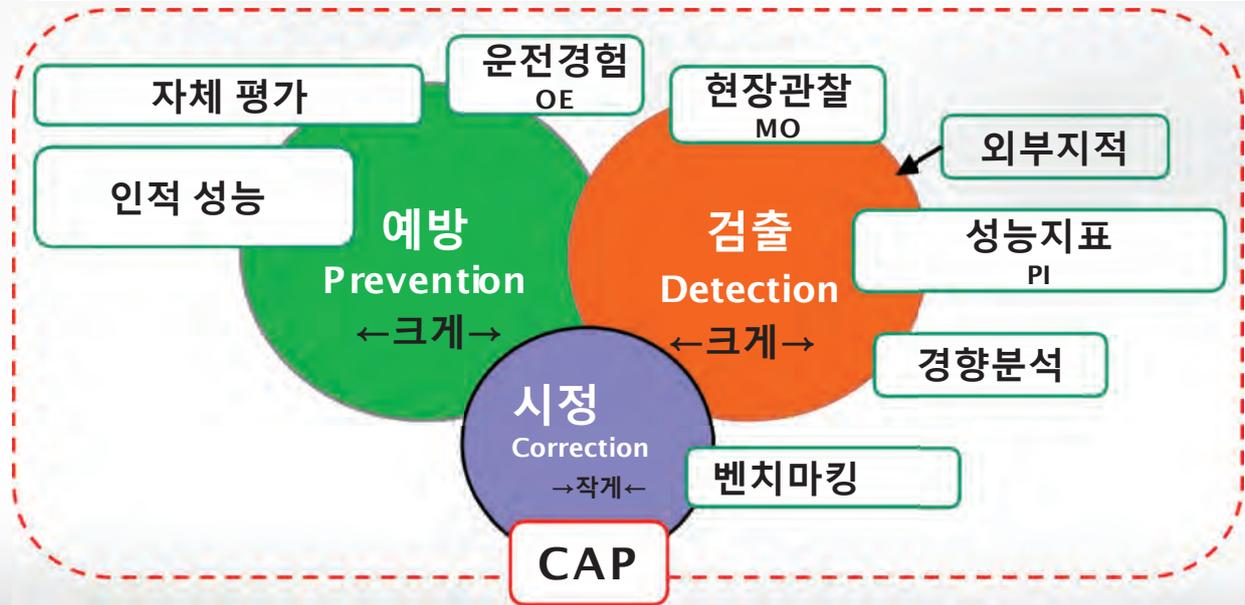


시정조치 프로세스 (CAP)

시정 중심의 활동에서, 예방 및 검출에 중점을 둔 활동으로

목표

- 지금까지, 사고 발생 후, 부적합 정보를 바탕으로 시정
- 사고 발생 전의 열화 징후나 품질 미달 사항을 특정하고, 원인 분석/시정



시정조치 프로세스 (CAP)

동경전력 HD에

가시와자키 가리와 CAP 개선

원자력규제검사 시운용 ▼

2017년 4분기	2018년 1분기	2018년 2분기	2018년 3분기
입력 확충 상태보고(CR)에 따른 보고의 운용	사내외 발견사항 입력 현장관찰 발견 · 원자로주임기술자 발견 · 검사지적 · 외부지적 등		
중요도판정, 분석 PICO*에 의한 선별, 분석	아차사례, 협력기업 발견 더 낮은 문턱, 더 넓은 입력		
* : PICO (Performance Improvement Coordinator) 성능향상요데이터			정보관리 일원화 상태보고(CR)와 부적합 보고의 보고 양식 통일

성능감시·평가

규제요구 성능지표(PI) 에 더해 **사업자 자주PI 설정**으로 발전소 약점 파악 및 성능 개선으로 연결시키는 시스템 구축

사업자가 선택하는 성능지표(예)

규제요구

안전실적지표 (PI)

원자력규제검사의 발전소 평가

NRC

횡단영역감시PI (30지표항목)

수년에 걸친 데이터 축적을 바탕으로 지표의 유용성, 결과 활용방법에 대해 원자력규제청 재검토 방침

정비활동 관리지표 (PC)

정비유효성 감시 및 평가

사업자 자주

사업자간에 공통 발굴

- JANSI와 사업자의 Task로 검토
- 사업자간 벤치마킹으로 활용 결정

PI 각 발전소 고유 설정 PI

발전소 성능 변화를 감시하는 데 유용한 PI를 개별회사가 설정하고 성능 개선으로 연결하는 활동을 지속 실시

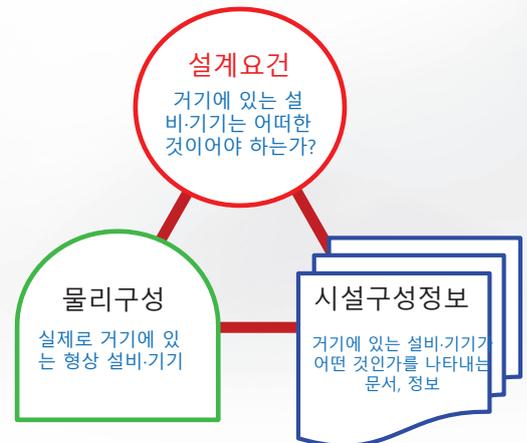
형상관리

형상관리(CM)는 사업자가 원자력 발전 플랜트를 적절히 운전·관리할 필요에서 발생한 결과이며, 사업자의 보안 활동의 기반이 되는 기능이다.

◆ 설계요건, 물리구성, 설비구성정보의 3요소의 정합성

유지·관리를 향한 체계 구축

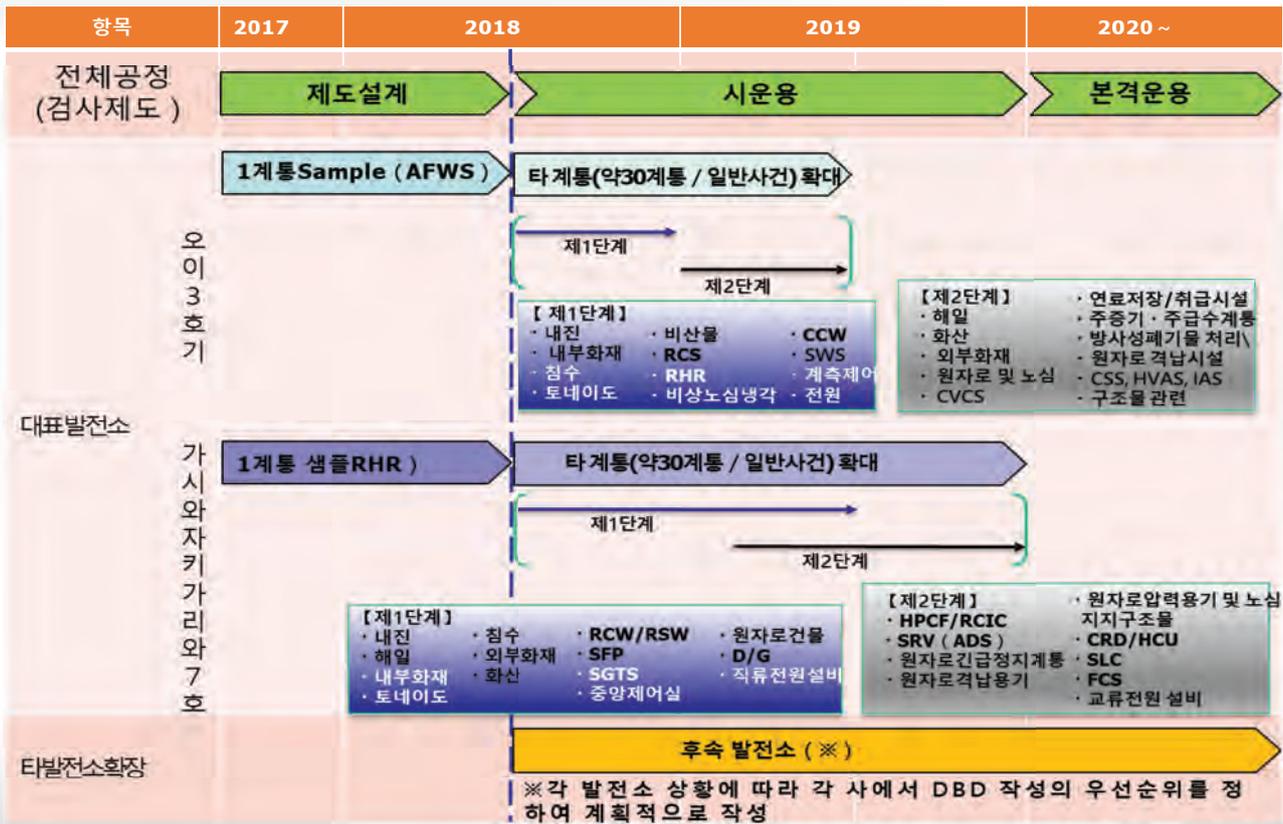
- 사업자로써 관리해야하는 설계/설비정보 추출
- **미국을 참고로 설계기준 문서(DBD) 작성**
 - 기기설계사양서, 계통설계사양서, 기술검토서 등으로 분사되어있는 설계요건을 설계기준문서에 집약



CM의 3요소

CM : Configuration Management

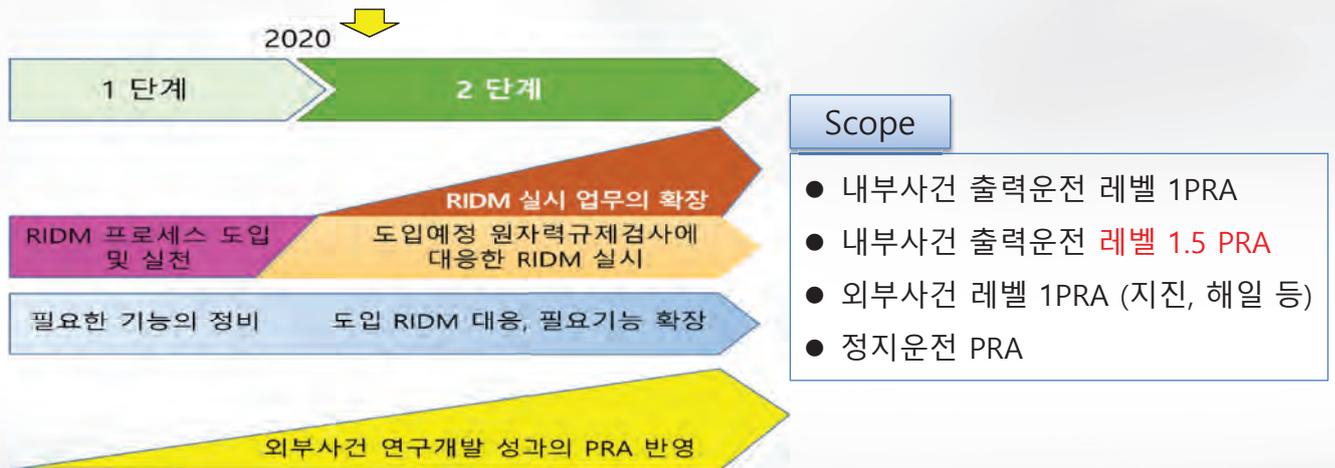
설계기준문서 (DBD) 작성 일정



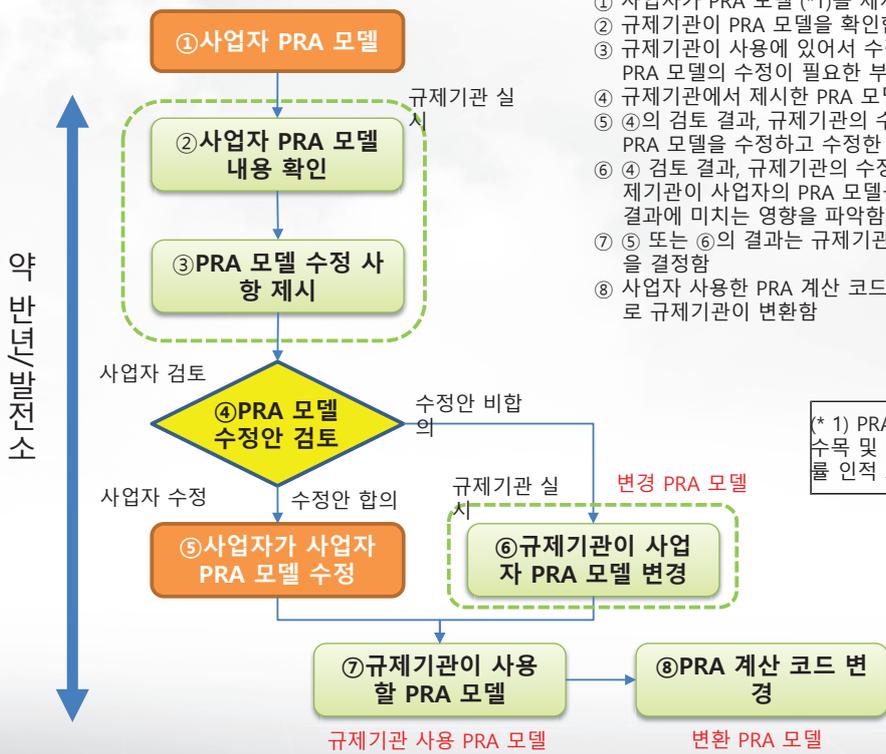
리스크 정보활용

- '리스크 정보 활용 실현을 위한 전략 플랜 및 액션 플랜'을 2018년 2월에 책정하고 리스크 정보활용을 발전소 관리에 도입 계획
- PRA 모델의 고도화를 실시하고, 사업자의 PRA 모델을 규제청에 제공
- 사업자 내에서도 PRA를 이용한 검사 지적사항의 평가나 PRA를 이용한 성능 평가(MSPI 평가)의 시행 예정

신 규제검사제도 도입



리스크 정보활용의 실현을 위한 전략 플랜 및 액션 플랜 (2018년 2월公表)



- ① 사업자가 PRA 모델 (*1)을 제시함
- ② 규제기관이 PRA 모델을 확인함
- ③ 규제기관이 사용에 있어서 수정이 필요한 경우 규제기관에서 사업자에 PRA 모델의 수정이 필요한 부분, 그 이유와 해결 방안을 제시함
- ④ 규제기관에서 제시한 PRA 모델의 수정 부분에 대해 사업자가 검토함
- ⑤ ④의 검토 결과, 규제기관의 수정안을 사업자가 승인한 경우 사업자는 PRA 모델을 수정하고 수정한 PRA 모델을 규제기관에 제시함
- ⑥ ④ 검토 결과, 규제기관의 수정안을 사업자가 받아들이지 않을 경우 규제기관이 사업자의 PRA 모델을 변경함 (별도 PRA 모델의 차이에 의한 결과에 미치는 영향을 파악함)
- ⑦ ⑤ 또는 ⑥의 결과는 규제기관이 원자격 규제검사에 사용하는 PRA 모델을 결정함
- ⑧ 사업자 사용한 PRA 계산 코드에서 규제기관이 사용하는 PRA 계산 코드로 규제기관이 변환함

(* 1) PRA 모델 : PRA에서 사용하는 사건수목, 고장수목 및 매개 변수 (초기사건 발생 빈도, 장비 고장률 인적 오류 확률 등)를 포함한 데이터

사업자의 실시 전체 일정

항목	2018년	2019년	2020년
전체공정	제도검토	시운용	본격운영
검사실시	단계 1 · 검사침 (IP)의 내용검증 · SDP 시행	단계 2 · 단계 1의 결과로 개선 · 검사계획에 의거 준 검사 시행 【대표 발전소 KK·오이】	단계 3 검사계획에 의거 준 검사 시행
시정조치 프로세스(CAP)	체계 구축 (입력 정보의; 확충 등)		
성능지표	규제PI 대표발전소 발굴	규제 PI 전 발전소 발굴	
형상관리	설계기준문서 정비 등		
리스크정보활용	PRA 모델 고도화 사업자 PRA 모델 규제기관 제공		

◆ 현실적 PSA 모델 개발 및 PSR PSA를 통한 지속적 유지관리

- [후쿠시마후속조치] 전원전 전출력 PSA 개정 및 정지저출력 PSA 개발(15)
- [AMP PSA] 전원전 사고관리계획서 PSA 개발 및 인허가대응 진행중(17~)
- [Scope] ROP 기본 범위 완비 : LVL 1 전출력 내/외부사건, 정지저출력 내부, LVL 2 전출력 내외부
- ★ 규제기관은 검증용 규제 PSA 모델(MPAS) 개발 중

◆ 리스크 정보활용 응용 경험 축적 : 후쿠시마 사고 이전까지 RIA 지속 추진

- RI-STI, RI-ILRT, RI-AOT, RM(Risk Monitor), RI-ISI

■ 시정조치 절차 수립 운영 : 표준운영-2036, "운영개선프로그램"

- 美, 최신 CAP 참고 개정 : 중요도등급 결정, 불확실성 : 원인분석, 경향분석
- 표준 업무지침 : 원인분석(2036-01), 경향분석 코드(2036-02), 유효성평가(2036-03)

■ 형상관리 절차 수립 운영 : 표준정비-9034A, "원자력발전소 형상관리"

- 최신기준 준용 : KEPIC QAP(2011) , ASME NQA-1(2008): 601, ANSI/NIRMA CM 1.0-2000/2007

- 운전에 관한 품질보증계획서 제3장(설계관리)
- 표준노심-1005(원전연료 개발 및 형상관리)
- 표준노심-1006(노심 및 연료 설계변경 관리)
- 표준운영-2037A(운영기술지침서 및 FSAR 개정 및 관리)
- 표준정비-9034B(설계변경 관리)
- 표준정비-9034C(임시변경 관리)
- 표준정비-9034D(엔지니어링 문서변경)
- 표준정비-9034E(소프트웨어 형상관리)

- 표준정비-9680B(정비작업 처리관리)
- 표준행정-9014(자료관리)
- 표준행정-9084A(절차서 작성, 개정 및 관리)
- 표준행정-9084C(협력회사 절차서 작성, 개정 및 관리)
- 표준지침-9022A-01(품질등급 관리)
- 표준지침-9034A-02(형상관리상태 평가팀 운영)
- 표준지침-9034-07(설정치 관리)

규제감독 체계 도입 시, 사업자 일의적 책임을 구현하기위한 실효성 보장 부분은 면밀한 검토가 따라야 함

III. 제안

◆ 규제 감독 체계 도입의 방향

- 종래의 "逐條型/Compliance" 기반에서 " 성능 기반 " 으로 생각과 행동의 전환에 중심에 둠
- 사업자의 일의적 책임을 강화하는 방향 -> 미국/일본, 규범적 적용보다 사업자 자주성 강화
- 국내 안전관리 기반환경의 면밀한 검토 후, 개선 필요 업무 도출 -> 既 구비 프로세스의 내실화 방향
- 일본의 CAP, RIA, PRA 모델 개발 수준 등은 국내와 차이가 있음
- 일본의 사업자 자주적 P는 일본 고유의 상황이 반영된 것임

◆ 공개적이고 소통에 기반한 추진이 성공의 첩경 → 정책 수립 단계부터

- 규제기관/사업자/공중 공히 성능기반 규제감독에 대한 공감대 형성 필요
- 美, 사업자(NEI) ROP 제안 모델 수용/이해관계자의 광범위 소통을 위한 일련의 청문회
- 日, 초기 단계부터 이해관계자 참여, 역할 분담
- NRA : 개선팀, WG, 의견수렴 회의, 원자력학회 : 신검사 제도의 효과적 실시 검토 WG
- JANSI : 사업자 신검사제도 이행전략, CAP 및 형상관리 공통 지침 개발 등

◆ 규제감독 체계 개선의 내용 자체보다 그로 인한 효과를 체감시키는 노력 필요

- 일본 조사 : 가시적 절차(CAP 등) 등은 수용성이 좋지만, 신검사 제도로인한 효과는 실감 못함
- 안전성 증진 효과, 안전문화 개선 등 공중의 수용성에 직결되는 성능기반 규제의 효과 제시 노력

THANK YOU



국민에게 신뢰받는 안전 최우선의 KINS

국내 리스크정보활용규제 현황

한국원자력안전기술원 김도형

 한국원자력안전기술원
KINS KOREA INSTITUTE OF NUCLEAR SAFETY



Contents



I 리스크정보활용규제 기반 구축

II 리스크정보활용규제 이행 현황

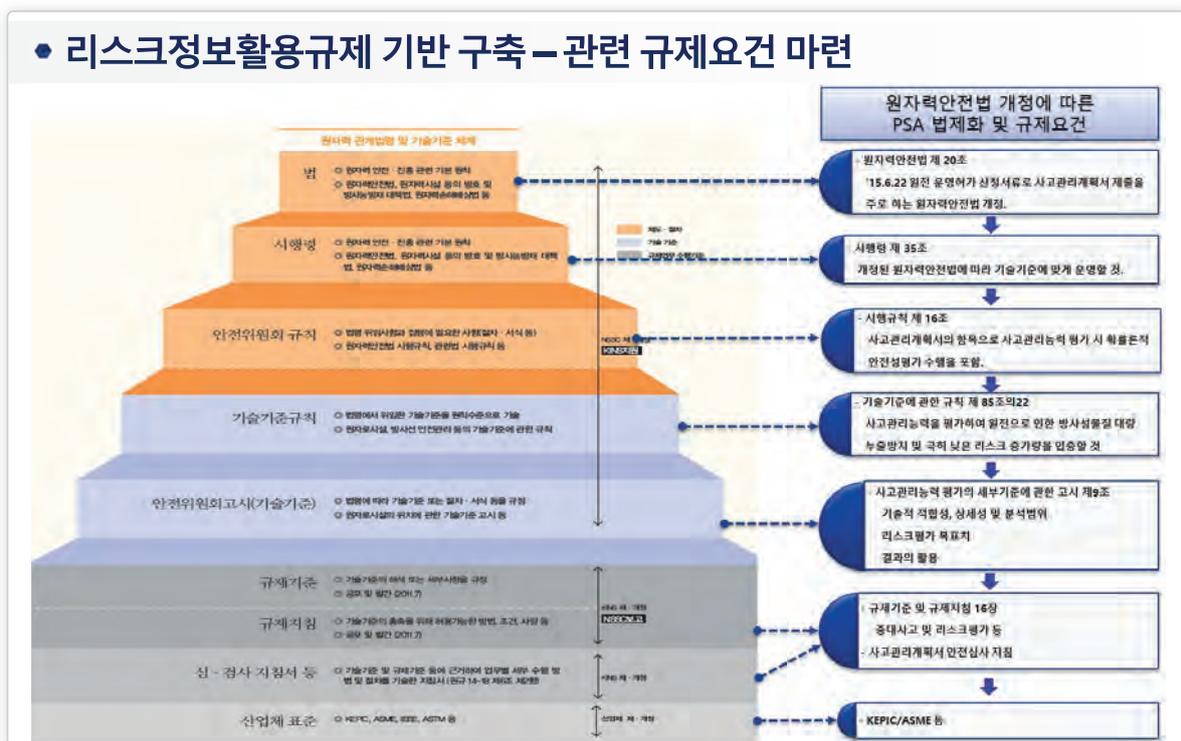
III 리스크정보활용규제 준비 현황

IV 요약

리스크정보활용규제 기반 구축 – 확률론적 안전성평가 수행

- TMI 후속조치
 - 고리 3,4호기 및 한빛 1,2호기 확률론적 안전성평가 시범수행 (1992)
- 원자력안전정책성명 (1994)
 - 원전의 종합적 안전성분석에 확률론적 평가 기법 도입
 - 합리적인 안전규제를 도모하며 위험도를 근거로 한 안전규제 실시
- 중대사고정책 (2001)
 - 전 원전 확률론적 안전성평가 수행
- 주기적안전성평가 항목에 확률론적 안전성평가 추가 (2014)
 - 주기적으로 확률론적 안전성평가 타당성 유지 확인
- 사고관리계획서 법제화 (2015)
 - 사고영향평가 목적의 전 원전 확률론적 안전성평가 수행

리스크정보활용규제 기반 구축 – 관련 규제요건 마련





• 리스크정보활용규제 기반 구축 – 관련 규제요건 마련

- **RIA (Risk Informed Application) 관련 규제요건**
 - 규제기준 16.6 '리스크정보활용 변경허가신청'
 - 규제지침 16.9 '변경허가신청에서의 리스크정보활용 일반사항'
 - 미국 R.G. 1.174에 대응
 - 규제지침 16.10 '운영기술지침서 변경허가신청에서의 리스크정보활용'
 - 미국 R.G. 1.177에 대응



• 리스크정보활용 원자로격납건물 종합 누설률시험(ILRT) 주기 변경

- 원자로격납건물 종합 누설률시험 (Integrated Leakage Rate Test, ILRT)
 - 원자로격납건물 내부를 설계기준사고 압력으로 가압후 누설률 측정 시험
 - 원자력안전위원회고시 제2018-05호 (원자로격납건물 기밀시험에 관한 기준)에 따른 방법과 주기로 수행
- 변경허가 신청 및 안전성 심사를 통해 주기 변경 가능
 - 종합 누설률시험의 주기연장에 따른 안전성 영향 평가
 - 최근 2회 이상의 가동중 종합 누설률시험 결과, 국부 누설률시험 결과 및 원자로격납건물 관련 운전이력 검토
- 안전성 영향 평가에 리스크정보 활용
 - LERF 및 선량 변화 등의 리스크정보 활용
- 적용 사례
 - 한울 1,2,3,4,5,6 호기 등 주기 변경 완료
 - 현재 신고리 1,2호기 심사중



리스크정보활용규제 이행 현황

• 리스크정보활용 운영기술지침서 변경

- **점검주기 (Surveillance Test Interval) 변경**
 - 운영기술지침서에 명시된 기기의 점검주기 변경
 - 안전성 영향 평가를 위한 리스크 척도는 CDF 및 LERF
 - 적용 사례
 - 고리 2호기 RPS/ESFAS 점검주기 변경 등
- **허용정지시간 (Allowable Outage Time) 변경**
 - 운영기술지침서에 명시된 기기고장시 원자로 정지까지 허용된 시간 변경
 - 안전성 영향 평가를 위한 리스크 척도는 CDF 및 LERF
 - 적용 사례
 - 한울 3,4호기 필수전원 인버터 허용정지시간 변경 등



리스크정보활용규제 이행 현황

• 리스크정보활용 배관 가동중 검사

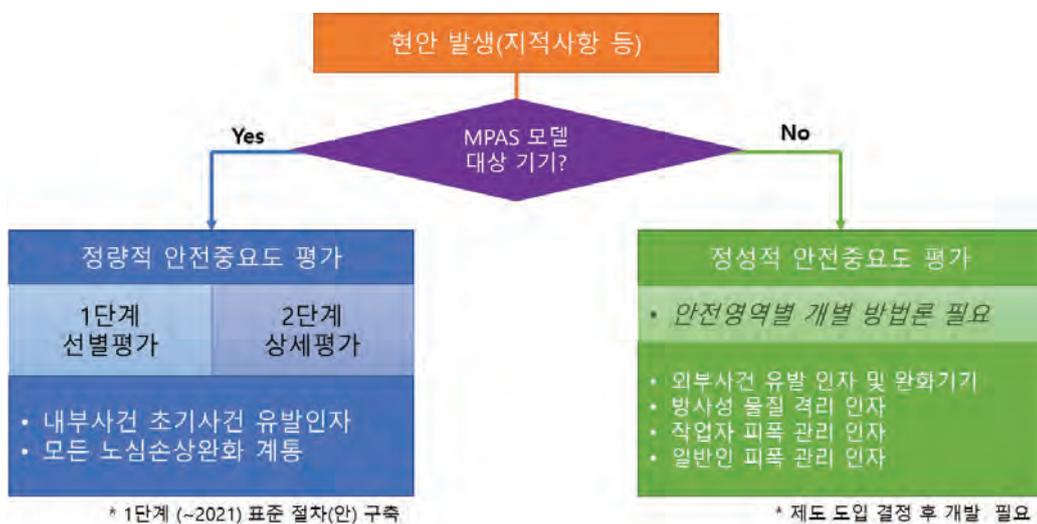
- **리스크정보를 활용하여 가동중 검사 대상 배관 선정 최적화**
 - 기존 방법론은 경험과 공학적 판단을 근거로 파손가능성이 큰 배관 선정
 - 주로 고응력 배관 및 연결 부위 선정
 - 호기 당 약 2,500 ~ 3,000 개소 선정
 - 신규 방법론은 경험/공학적판단에 더하여 리스크정보를 활용하여 선정
 - 파손 시 리스크 증가가 큰 부위를 중심으로 선정
 - 검사부위 약 60% 감소를 통한 방사선 피폭 등 저감 효과
 - 적용 사례
 - 한울 3,4호기 및 한빛 3,4호기 등

• 전 원전 위험도 평가모델 및 전산관리시스템 개발 수행 중

- 전 원전 위험도 평가모델 개발 (전출력 내부사건 1단계)
 - 대표노형에 대한 규제검증 PSA 모델 개정
 - 나머지 원전에 대한 규제검증 PSA 모델 개발
- 안전성능지표(PI) 검토 및 개선
 - 미국 및 일본 등 성능지표개발 검토
 - 국내 안전성능지표와의 비교검토 등을 통한 개선 필요사항 검토
- 전산관리시스템 개발
 - 안전중요도 평가 등을 위한 규제검증 PSA 모델 관리
 - 필요정보제공 모듈 및 DB 관리 등

• 전 원전 위험도 평가모델 및 전산관리시스템 개발 수행 중

▪ 안전중요도 평가 체계(안)



• 전 원전 위험도 평가모델 및 전산관리시스템 개발 수행 중

• 정량적 안전중요도 평가 체계(안)



1단계 선별평가

- 사용자 : 현장 검사원, 사건조사팀
- 목적 : 선별 평가
- 웹 기반 software (SEM) 사용
- PSA 모델링 된 기기 중 지적 중요도 결과가 '녹색'인 경우는 선별제거 됨

2단계 상세평가

- 사용자 : PSA 전문인력
- 목적 : 상세 평가
- PC 기반 software (RYAN) 사용
- 지적 중요도 '백색' 이상에 대해 수행
- 평가시점에 가용한 정보를 모두 활용하여 가능한 상세하게 수행

• 전 원전 위험도 평가모델 및 전산관리시스템 개발 수행 중

• 사례분석 등을 통한 안전중요도 평가 인자 및 방법론 개발

- 미국, 일본 및 유럽 등의 SDP 사례 수집 및 검토
- 국내 정기검사와 규제검증 PSA 모델의 연계성 검토
 - 지적사항표 내 정보만으로 안전중요도 평가 인자와 직접적 연결 어려움
 - 정기검사 세부항목과 규제검증 PSA 모델의 연계성 검토 필요
- 기기 성능저하의 정량적 평가를 위한 방법론 개발 필요
 - 민감도 분석 결과를 참조하여 기기의 종류, 성능저하 발생 시간, 성능저하 원인, 사업자 후속조치 등에 따라 차등 평가 가능성 검토 필요

◆ 리스크정보활용규제 기반 구축

- 리스크정보활용규제 이행을 위한 기반 구축
- 전 원전 PSA 수행 완료 및 관련 규제요건 마련

◆ 리스크정보활용규제 이행 현황

- 리스크정보활용규제 관련 일부 항목 이행 중
- ILRT 주기 변경, 운영기술지침서 변경, 배관 가동중 검사 대상 배관 선정 등

◆ 리스크정보활용규제 준비 현황

- 전 원전 위험도평가 모델 개발 등 관련 연구개발 수행 중
- 현안에 대한 영향 평가 시 리스크정보활용 목적

감사합니다



Independence

Transparency



Excellence



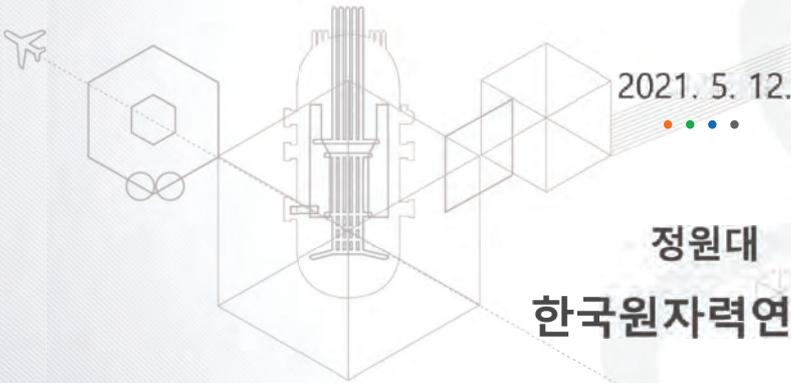
Responsibility



- 2021 KNS 춘계학술발표회 워크숍 -

『국내 리스크정보활용 규제 현황과 추진방향 워크숍』

안전중요도 결정 프로세스 개발 현황



정원대
한국원자력연구원



CONTENTS ●●●●

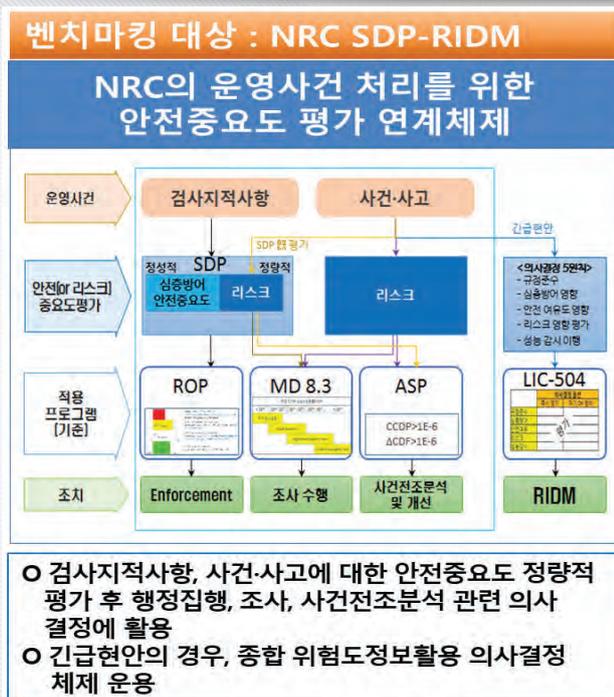
- I. 개요
- II. 운영사건 SDP 체계
- III. 운영사건 SDP 지침서
- IV. 맺음말

SDP: Significance Determination Process

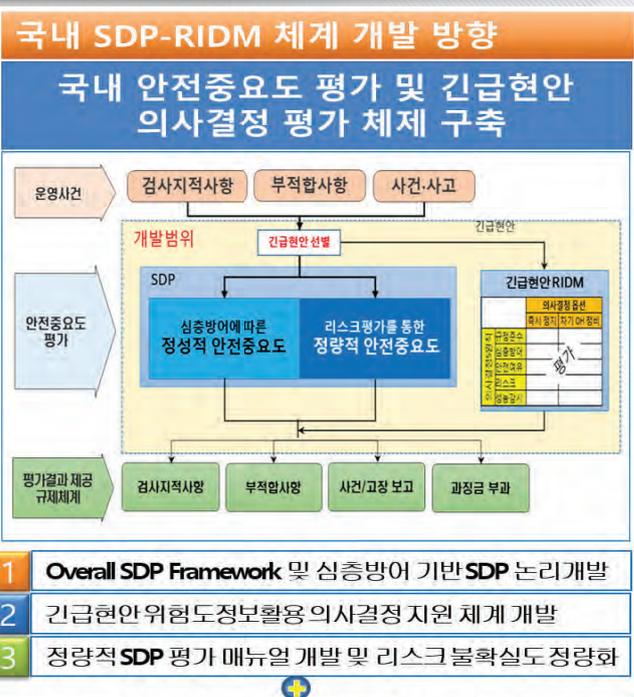
I. 개요

- 환경변화
 - (규제기관) 위험도 관리 기반 규제감독체계 도입 검토/준비
 - (사업자) 규제환경 변화에 대비한 안전중요도 기반 의사결정 체계/역량 구축 필요
- 본 과제 목표
 - 안전중요도 평가 프로세스 (SDP 체계) 구축 및 상세평가 방법 개발
- 추진전략
 - NRC SDP 프로세스 벤치마킹

I. 개요 - 한수원 SDP-RIDM 체계(안)



SDP: Significance Determination Process
 RIDM: Risk Informed Decision Making

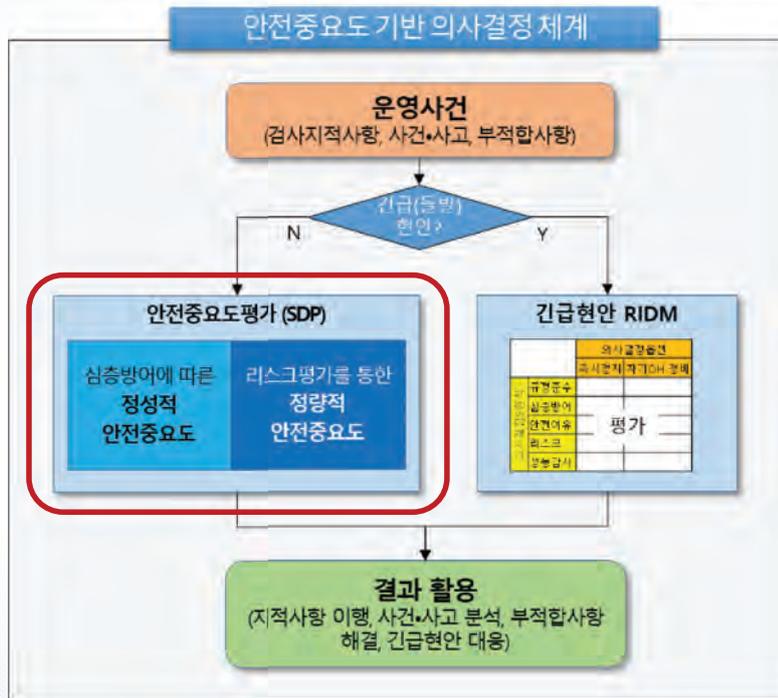


SDP-RIDM 국내 도입 활성화 노력

운영사건 규제 의사결정 참고자료로 제공

I. 개요 - SDP 체계/지침 개발

■ 운영사건 SDP 체계 및 지침 개발



II. 운영사건 SDP 체계 - 분석대상

■ 운영사건이란?

- 원자력시설 운영 시 발생하는 사건 중, 사업자가 규제기관에 보고해야 하는 사건

유형	내용	안전성 영향 평가 요구
부적합 사항 [원안위 고시 2018-2호]	<ul style="list-style-type: none"> 안전관련설비가 구조/설비/성능에 관한 기술기준에 적합하지 않은 경우 사업자가 안전관련설비에서 불일치(설계/구매 요건 위배)를 발견하고 평가한 결과 원전 허가기준을 위배할 가능성 있는 경우 	즉시정지 필요성 여부를 포함하여 안전성 영향 평가
사고·고장 [원안위 고시 2020-3호]	<ul style="list-style-type: none"> 원자력이용시설 운영 또는 방사성물질 취급 중 사건(사고·고장)이 발생한 경우 (대상은 별도로 제시) 	안전성 측면에서 사건의 심각도 평가 (가능한 정량적 평가 포함)
검사지적사항 [원안위 고시 2019-16호]	<ul style="list-style-type: none"> 원자력안전과 관련된 법규/허가조건/기술기준/절차서/도면 등을 위반하거나 위원회가 명한 것을 이행하지 아니하여 지적된 사항 	없음. 다만, 7일 이내에 이의 신청 가능

『운영사건 안전중요도 평가 체계』 필요

II. 운영사건 SDP 체계 - 개발전략

- 운영사건 SDP 개발전략
 - NRC SDP 체계/지침 벤치마킹
 - 사업자(한수원) 사용 용도에 맞게 개발
 - NRC SDP는 규제기관 사용 목적, 미국 원전 및 규제 상황에 맞게 개발 (다수 사업자/PSA 모델, 미국 법규 등)
 - 한수원 SDP는 운영자 자체 평가용, 국내 PWR PSA 모델에 맞게 개발
 - 다만, 안전중요도 평가 논리/기준은 NRC SDP의 논리/기준을 동일하게 적용

II. 운영사건 SDP 체계 - NRC SDP

- NRC SDP 문서 (IMC-0609, 0612)

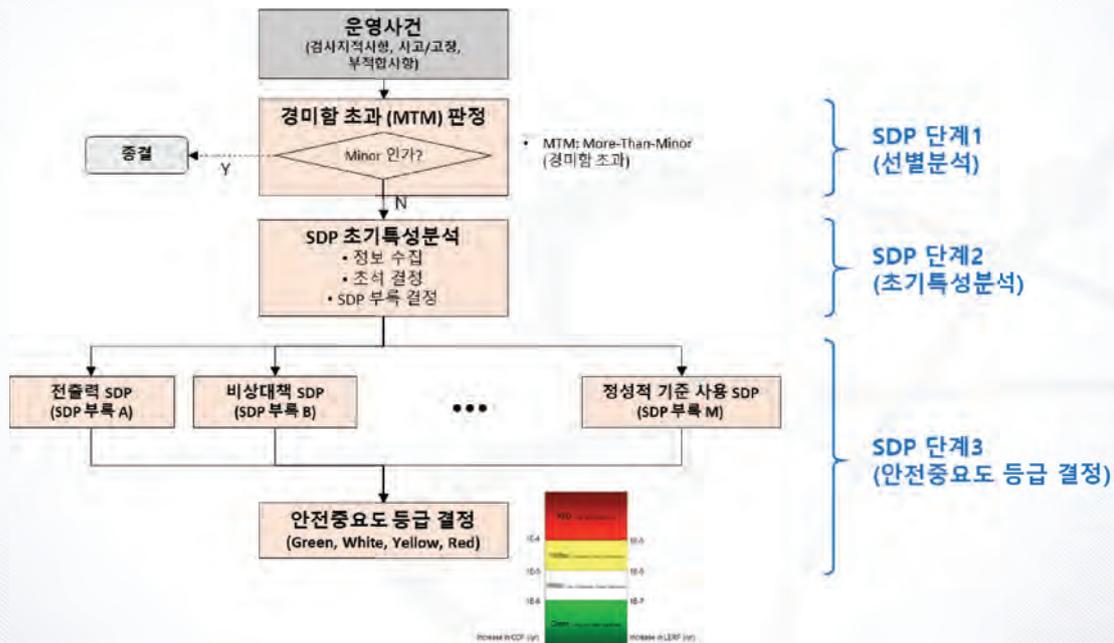
문서번호	문서 제목
IMC-0609	Significance Determination Process
IMC-0609 Attachment 1	Significance Determination Review Panel (SERP) Process
IMC-0609 Attachment 2	Process for Appealing NRC Characterization of Inspection Findings
IMC-0609 Attachment 3	Senior Reactor Analyst (SRA) and Risk Analyst Support Expectations
IMC-0609 Attachment 4	Initial Characterization of Findings
IMC-0609 Attachment 5	Inspection Finding Review Board
IMC-0609 Appendix A	The Significance Determination Process for Findings At-Power
IMC-0609 Appendix B	Emergency Preparedness Significance Determination Process
IMC-0609 Appendix C	Occupational Radiation Safety Significance Determination Process
IMC-0609 Appendix D	Public Radiation Safety Significance Determination Process
IMC-0609 Appendix E	Baseline Security Significance Determination Process for Power Reactors
IMC-0609 Appendix F	Fire Protection Significance Determination Process
IMC-0609 Appendix G	Shutdown Operations Significance Determination Process
IMC-0609 Appendix H	Containment Integrity Significance Determination Process
IMC-0609 Appendix I	Licensed Operator Requalification Significance Determination Process
IMC-0609 Appendix J	Steam Generator Tube Integrity Findings Significance Determination Process
IMC-0609 Appendix K	Maintenance Risk Assessment and Risk Management Significance Determination Process
IMC-0609 Appendix L	B.5.b Significance Determination Process
IMC-0609 Appendix M	Significance Determination Process using Qualitative Criteria
IMC-0612	Issue Screening
IMC-0612 Appendix B	Additional Issue Screening Guidance
IMC-0612 Appendix E	Examples of Minor Issues
IMC-0612 Appendix G	Emergency Planning Cornerstone-Specific Supplemental Guidance for Appendix B

- ② Initial Characterization of Findings
- ③ Appendixes- Significance Determination
- ① Issue Screening

* IMC: Inspection Manual Chapter, Data freezing: 2020.06.01.

II. 운영사건 SDP 체계 - KHNP SDP

■ 운영사건 SDP 프로세스



II. 운영사건 SDP 체계 - KHNP SDP

■ 운영사건 SDP 등급 결정

1E-4/yr	적색 (Red) 높은 안전중요도	1E-5/yr	<ul style="list-style-type: none"> (정량적) $\Delta CDF > 10^{-4}$ 또는 $\Delta LERF > 10^{-5}$ (정성적) 발전소 성능이 허용될 수 없는 안전여유 상실. 공중 보건 및 안전에 필요한 안전여유는 아직 충분함.
1E-5/yr	노란색 (Yellow) 상당한 안전중요도	1E-6/yr	<ul style="list-style-type: none"> (정량적) $10^{-5} < \Delta CDF \leq 10^{-4}$, $10^{-6} < \Delta LERF \leq 10^{-5}$ (정성적) 발전소 성능이 허용 수준이고 안전초석의 목적도 만족하지만 안전여유가 상당히 감소됨
1E-6/yr	흰색 (White) 낮은~보통 안전중요도	1E-7/yr	<ul style="list-style-type: none"> (정량적) $10^{-6} < \Delta CDF \leq 10^{-5}$, $10^{-7} < \Delta LERF \leq 10^{-6}$ (정성적) 발전소 성능은 허용 수준이지만 정상 리스크 범위를 벗어남. 안전 여유 감소가 최소인 상태로 안전초석 목적 만족.
CDF 증가량 (/year)	녹색 (Green) 매우 낮은 안전중요도	LERF 증가량 (/year)	<ul style="list-style-type: none"> (정량적) $\Delta CDF < 10^{-6}$, $\Delta LERF < 10^{-7}$ (정성적) 발전소 성능 허용 수준 및 안전초석 목적 충분히 만족

CDF: Core Damage Frequency
LERF: Large Early Release Frequency

< 안전중요도 등급 및 결정 기준 >

III. 운영사건 SDP 지침

■ 운영사건 SDP 지침서 구성

NRC SDP 문서 구성	
NRC SDP 문서	내용
IMC 0609	SDP 목적, 조직/책임, 용어정의
IMC 0609 Att. 1	SDP 운영 (SERP 조직/운영, SDP 프로세스 및 최종결정 절차)
IMC 0609 Att. 2	SDP 결정에 대한 사업자 상고(Appeal) 절차
IMC 0609 Att. 3	Senior Reactor Analyst(SRA) 및 Risk Analyst의 ROP 지원 역할
IMC 0609 Att. 4	SDP 초기특성분석 - 검사지적사항 초기평가(정보수집, 안전초석결정, 부록결정)
IMC 0609 Att. 5	IFRB(Inspection Finding Review Board) 기능 및 절차
IMC 0609 App. A	출력 운전 중 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. B	비상대책과 관련된 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. C	중사자 방사선안전에 관련된 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. D	일반인 방사선안전과 관련된 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. F	화재방호와 관련된 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. G	정지운전 중 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. H	격납건물 건전성과 관련된 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. I	운전원자격 재심사와 관련된 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. J	"In-service Inspection"중에 발견된 SG세관 건전성에 대한 SDP
IMC 0609 App. K	정비규정(Maintenance Rule)과 관련된 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. L	B.5.b(광역상실사고)와 관련된 IF에 대한 SDP
IMC 0609 App. M	다른 Appendix에 해당하지 않는 IF에 대한 정성적 SDP
IMC 0612	이슈 선별 (목적, 용어정의)
IMC 0612 Att. B	이슈 선별 절차(flowchart) 및 기준
IMC 0612 Att. E	이슈 선별에 관한 다양한 예제 (선별기준의 일관성)
IMC 0612 Att. G	이슈 선별(App.B) 관련해서, 비상대책 초석에 대한 보충지침

한수원 운영사건 SDP 지침서 구성(안)		
	한수원 안전중요도평가 지침	SDP 지침서 구성
1	안전중요도 평가 체계 - 목적, 용어정의, 조직/책임, 상위절차 (긴급현안RIDM 포함) - Att.1, 3 (한수원 조직/책임자, 절차에 맞게 정리) - Att.2, 5 (제외, NRC 내부 행정절차 부분) - Att.4는 안전중요도 평가 지침에서 커버	1. 운영사건 SDP 체계
2	안전중요도 평가 단계 2 (초기특성분석) - 검사지적사항 초기평가(정보수집, 안전초석결정, 부록결정) - (제외)	3. 운영사건 SDP 지침 (SDP 단계2: 초기특성분석)
3	부록 A. 출력운전 안전중요도 평가 지침서 부록 B. 비상대책 안전중요도 평가 지침서 부록 C. 중사자방사선안전 안전중요도 평가 지침서 부록 D. 일반인방사선안전 안전중요도 평가 지침서 부록 F. 화재방호 안전중요도 평가 지침서 부록 G. 정지운전 안전중요도 평가 지침서 부록 H. 격납건물건전성 안전중요도 평가 지침서 부록 I. 운전원 자격/수행도 안전중요도 평가 지침서 부록 J. SG세관건전성 안전중요도 평가 지침서 부록 K. 정비규정 안전중요도 평가 지침서 부록 L. 광역상실사고 안전중요도 평가 지침서 부록 M. 정성적 안전중요도 평가 지침서	4. 운영사건 SDP 지침 (SDP 단계3: 안전중요도 등급 결정)
4	안전중요도 평가 단계 1 (선별분석) - Att. B screening flowchart - Att. E&G 선별예제	2. 운영사건 SDP 지침 (SDP 단계1: 선별분석)

III. 운영사건 SDP 지침 - SDP 지침서 개발

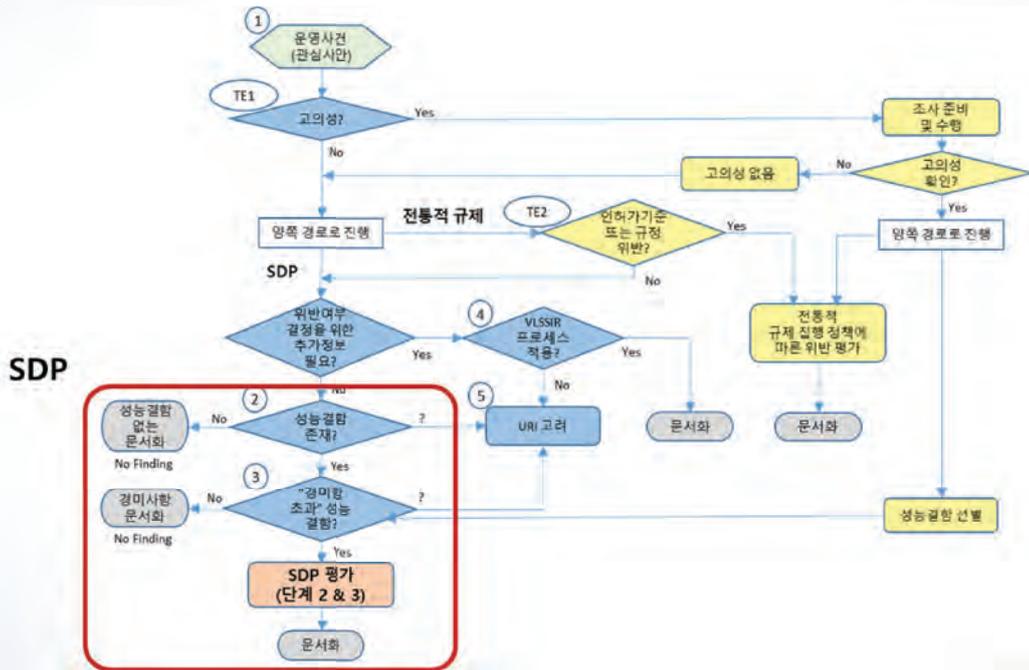
■ SDP 지침서

- 총 18문서, 430쪽

문서번호	제목
SDP지침	운영사건 안전중요도 평가 지침서
SDP지침-첨부1	<u>첨부1. SDP 단계 1: 선별분석 지침서</u>
SDP지침-첨부1-부록A	부록 A. 경미함 사건 (Minor Issue) 사례
SDP지침-첨부1-부록B	부록 B. 방사선비상대책 선별분석 추가 지침
SDP지침-첨부2	<u>첨부2. SDP 단계 2: 초기특성분석 지침서</u>
SDP지침-첨부3	<u>첨부3. SDP 단계 3: 안전중요도 등급 결정 지침서</u>
SDP지침-첨부3-부록A	부록 A. 출력운전 안전중요도 평가 지침서
SDP지침-첨부3-부록B	부록 B. 방사선비상대책 안전중요도 평가 지침서
SDP지침-첨부3-부록C	부록 C. 중사자방사선안전 안전중요도 평가 지침서
SDP지침-첨부3-부록D	부록 D. 일반인방사선안전 안전중요도 평가 지침서
SDP지침-첨부3-부록F	부록 F. 화재방호 안전중요도 평가 지침서
SDP지침-첨부3-부록G	부록 G. 정지운전 안전중요도 평가 지침서
SDP지침-첨부3-부록H	부록 H. 격납건물건전성 안전중요도 평가 지침서
SDP지침-첨부3-부록I	부록 I. 운전원 자격/수행도 안전중요도 평가 지침서
SDP지침-첨부3-부록J	부록 J. SG세관건전성 안전중요도 평가 지침서
SDP지침-첨부3-부록K	부록 K. 정비규정 안전중요도 평가 지침서
SDP지침-첨부3-부록L	부록 L. 광역상실사고 안전중요도 평가 지침서
SDP지침-첨부3-부록M	부록 M. 정성적 안전중요도 평가 지침서

III. 운영사건 SDP 지침 – SDP 단계 1 (선별분석)

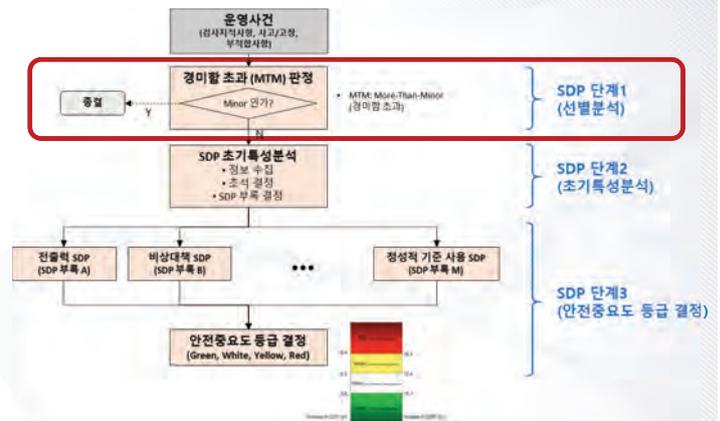
SDP 대상 선별 Flowchart



III. 운영사건 SDP 지침 – SDP 단계 1 (선별분석)

SDP 단계 1: 선별분석 지침

- 운영사건의 안전중요도가 "경미함"에 해당하는지 판정
- 아래 질문에 하나라도 "예"라면, "경미함 초과(MTM)"에 해당
 - 사건에 포함된 성능결함이 중요 사건의 전조(precursor)로 볼 수 있는가?
 - 해당 성능결함이 더 심각한 안전 문제로 이어질 가능성이 있는가?
 - 성능결함이 특정 안전초석의 목표에 부정적인 영향을 주었는가?
- 부록A. "경미함" 사건 사례 제시



III. 운영사건 SDP 지침 – SDP 단계 2 (초기특성분석)

■ SDP 단계 2: 초기특성분석 지침

- SDP에 필요한 정보를 수집하고, SDP 부록을 결정하는 단계
 - 사건 정보 수집
 - 7개 안전초석 중 관련된 안전초석 결정
 - 초기사건, 완화계통, 방벽건전성
 - 비상대책, 종사자 방사선안전,
 - 일반인 방사선안전, 보안
 - SDP 부록 결정
 - 12개 SDP 부록 중 하나 결정



III. 운영사건 SDP 지침 – SDP 단계 2 (초기특성분석)

■ SDP 단계 2: 초기특성분석 지침

- SDP에 필요한 정보를 수집하고, SDP 부록을 결정하는 단계
 - 사건 정보 수집

표 1. 검사 지적사항에 대한 통합정보 수집

명확히 관련된 검사 지적사항:
성능저하 상태 또는 프로그램적 취약점에 대한 사실 설명:
검사 지적사항과 성능저하 상태 또는 프로그램적 취약점 간의 연결 논리:
지원 문서 및 참고문헌:

III. 운영사건 SDP 지침 – SDP 단계 2 (초기특성분석)

SDP 단계 2: 초기특성분석 지침

- SDP에 필요한 정보를 수집하고, SDP 부록을 결정하는 단계
 - 7개 안전초석 중 관련된 안전초석 결정

표 2. 성능저하 상태 또는 프로그램적 취약점에 의해 영향 받는 안전초석
 (✓) 적절한 항목을 선택하십시오(중복 체크 가능)

<p>초기사건 안전초석</p> <p>() A. 입차측 계통 LOCA 초기인자 기여자 (예, 가압기 히터 슬리브, RPV 배관관통부, CRDM 노출, PORV, SRV, 연계계통 LOCA 이슈 등을 통한 RCS 냉각재 누설)</p> <p>() B. 파도사건 초기인자 기여자 (예, 원자로/터빈 트립, 소의 전원 상실, 주중기/급수 배관 기능저하, 내부 화재 또는 침수 등)</p> <p>() C. 보조계통 초기인자 기여자(서비스수 상실, 계기 공기 상실, DC 전원 상실 등)</p> <p>() D. 증기발생기 세관 파단 (SGTR)</p> <p>() E. 외부사건 초기인자들 (화재와 내부 침수로 제한됨)</p> <p>완화계통 안전초석</p> <p>() A. 완화계통 및 PSA 기능성(functionality)</p> <p>() 노심잔열제거 기능 저하</p> <p>() 단기 열제거 기능 저하</p> <p>() 열차측 (예, 고압안전주입, 저압안전주입)</p> <p>() 이차측 (예, AFW, 주급수, ADV)</p> <p>() 장기 열제거 기능저하 (예, ECCS 검토 재순환)</p> <p>() B. 외부사건 완화계통 (지진/화재/침수/극한기상 보호 기능저하)</p> <p>() C. 원자로보호계통(RPS)</p> <p>() D. 화재 소방법</p> <p>() E. 광역대처전략(MACST)</p> <p>발백건전성 안전초석</p> <p>() A. 핵연료 피복재 건전성</p> <p>() 반응도 관리 (예, 허가된 출력제한치 초과, 명형 및 제어, 통제 불능 제어봉 이동, 부적절한 RCS 방사희석 또는 냉수 주입)</p> <p>() 이물질 차단 프로그램의 관리요류(예, loose parts)</p> <p>() B. 발전소 이상상태에 따른 완화방법으로서 RCS 압력경계(예, 가압 열중적) 주의사항 누설과 같은 모든 다른 RCS 경계 문제는 초기사건 초석에서 고려된다.</p>	<p>() C. 원자로 격납건물 방벽 성능저하</p> <p>() 실제 균열 또는 우회(예, 관통부 밀봉을 통한 누설, ISLOCA에 기여할 수 있는 격리 밸브, 환기 및 피지 시스템, 스프레션 풀 건전성에 중요한 SSC 실패)</p> <p>() 열제거, 수소 또는 압력 조절 시스템의 성능저하</p> <p>() D. 제어실, 보조, 원자로 또는 사용후핵연료건물 방벽 성능저하</p> <p>() E. 사용후핵연료저장소(SFP)</p> <p>() 미일제 상태 유지</p> <p>() 사용후핵연료저장소 재고량 및/또는 온도(즉, 냉각)</p> <p>비상대책 안전초석</p> <p>() 계획기준 미준수</p> <p>() 실제의 사건 이행 문제</p> <p>중사자 방사선 안전초석</p> <p>() ALARA 계획 또는 작업 통제</p> <p>() 노출 또는 파다 노출 문제</p> <p>() 타협된(compromised) 선량 평가 가능</p> <p>일반인 방사선 안전초석</p> <p>() 방사능 폐수 방출 프로그램</p> <p>() 방사능 환경 감시 프로그램</p> <p>() 방사능물질 통제 프로그램</p> <p>() 수송 또는 10CFRPart 61 (방사성 폐기물의 매립 처분에 대한 허가 요건)</p>
--	---

III. 운영사건 SDP 지침 – SDP 단계 2 (초기특성분석)

SDP 단계 2: 초기특성분석 지침

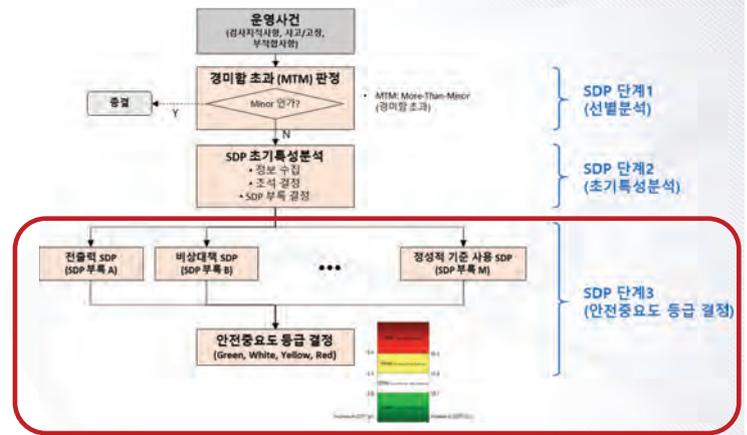
- SDP에 필요한 정보를 수집하고, SDP 부록을 결정하는 단계
 - SDP 부록 결정
 - 12개 SDP 부록 중 하나 결정



III. 운영사건 SDP 지침 - SDP 단계 3 (안전중요도 결정)

SDP 단계 3: 안전중요도 결정 지침

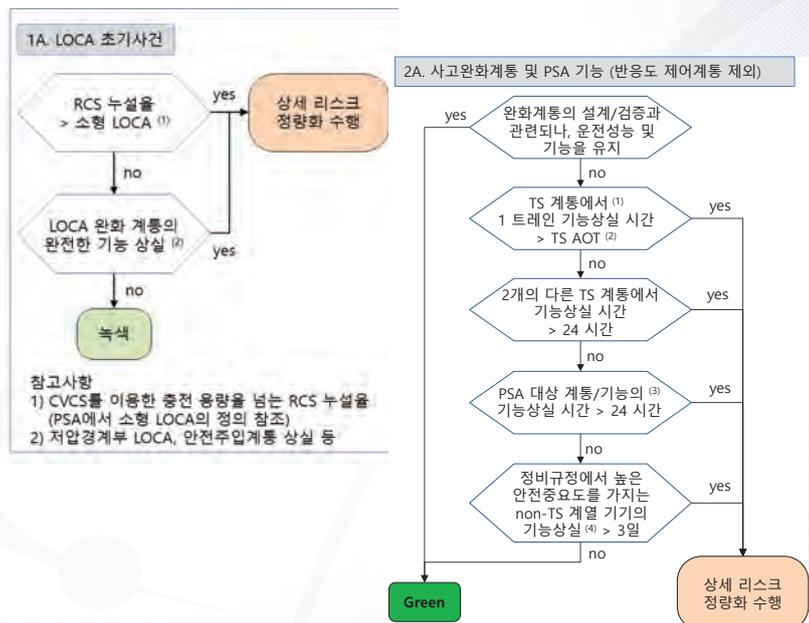
- SDP 부록 (12개)
 - 부록A (출력운전 SDP)
 - 부록F (화재방호 SDP)
 - 부록G (정지운전 SDP)
 - 부록M (정성적 SDP)
 - ...
- 운영사건의 안전중요도 등급 결정 논리 및 기준 제공
- SDP 부록 개발 전략
 - 사업자 사용에 적합한 형식/수준으로 개발
 - 안전중요도 평가 절차/논리/기준 제공



III. 운영사건 SDP 지침 - 부록 A (출력운전 SDP 지침서)

- 출력운전에 관련된 안전초석과 외부사건에 대한 'Green' 선별분석
 - 해당 성능결함이 'Green(low safety significance)' 수준인지 아닌지 판정
 - 'Green'에 해당하면 종료, 아니면 '상세 리스크 정량화' 수행

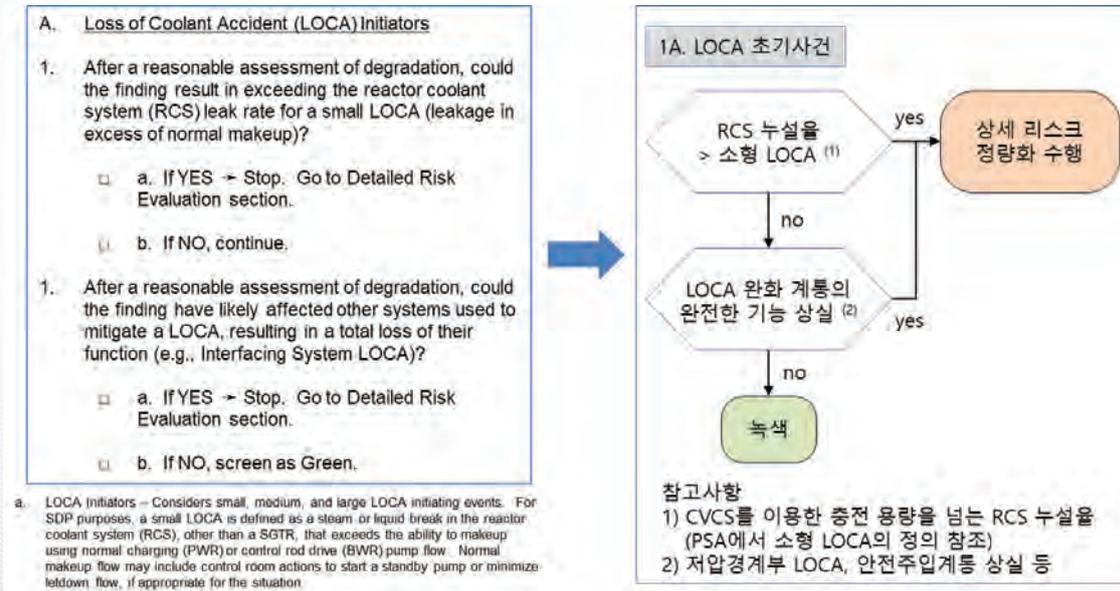
Exhibit	선별분석
초기사건 (Exhibit 1)	1.A - LOCA 초기사건 1.B - 과도사건 초기사건 1.C - 보조계통 초기사건 1.D - SGTR 초기사건 1.E - 화재와 내부침수
완화계통 (Exhibit 2)	2.A - 사고완화계통 및 PSA 기능 2.B - 외부사건 완화계통 -> Exhibit 4 2.C - 원자로보호계통 2.D - 소방대 2.E - MACST 대응전략
방벽건전성 (Exhibit 3)	3.A - 핵연료피복재 건전성 3.B - 원자로냉각재계통 경계 3.C - 원자로건물 3.D - 주 제어실, 보조건물, 핵연료건물 3.E - 사용후핵연료저장조
외부사건(Exhibit 4)	



III. 운영사건 SDP 지침 - 부록 A (출력운전 SDP 지침서)

■ SDP 지침서 개발

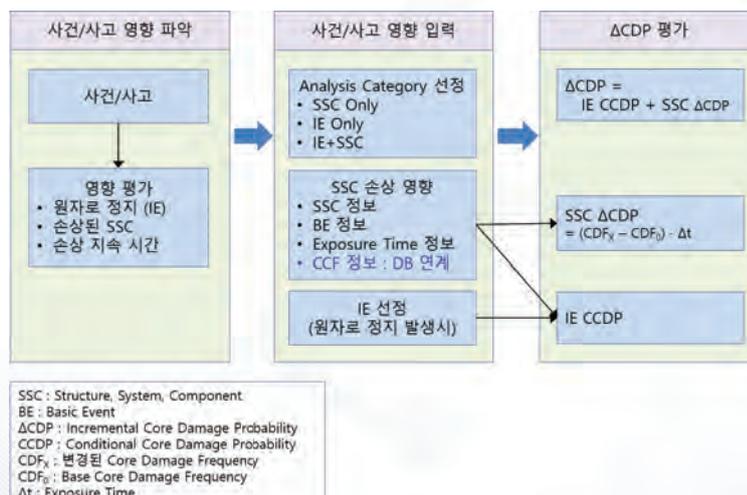
- Check Box 형식 → Flowchart 형식으로 정리
- Exhibit와 분리된 별도의 설명 → 요약하여 Flowchart의 참고사항으로 정리



III. 운영사건 SDP 지침 - 정량적 안전중요도 평가 매뉴얼

■ 상세 리스크 정량화 지침서 개발

- RASP (Risk Assessment Standardization Project) Handbook Vol.1 기반
 - 리스크 영향 평가를 위한 PSA 모델/데이터 처리 방법/절차 기술
 - 해당 사건으로 영향을 받는 초기사건, 계통/기기, 고장지속시간 등을 PSA 모델/데이터에 반영하는 방법
 - NRC SPAR 모델 기준으로 상세히 설명 → 국내 PSA 모델/사용자에게 적합하도록 개발
 - 정량적 안전중요도 상세 평가 절차



III. 운영사건 SDP 지침 - 정량적 안전중요도 평가 매뉴얼

정량적 안전중요도 상세평가 매뉴얼

RASP Handbook Vol.1 - Contents

1. Introduction
 2. Exposure Time Modeling
 3. Failure Modeling
 4. Mission Time Modeling
 5. Common-Cause Failure Modeling
 6. Modeling Recovery and Repair
 7. Multi-Unit Considerations
 8. Initiating Events Analyses
 9. Human Reliability Analysis
 10. Loss of Offsite Power Initiating Events
 11. Support Systems Initiating Events
- Appendix A. Road Map for RAOE

RASP: Risk Assessment Standardization Project
RAOE : Risk Analysis of Operational Events
IE: Initiating Event
SSC: Structure, System, Component
CCF: Common Cause Failure



- **사건/사고 리스크 평가 방법**
 - RAOE 평가 개념 (Chap 1, App. A)
 - 사건/사고 리스크 평가 절차 (간단한 절차)
 - 성능결함의 PSA 정량화 (분석 유형별 전반적인 방법)
 - PSA 모델 반영 방법
- **부록: 항목별 PSA 모델 반영 방법 (항목별 상세 내용)**
 - IE Modeling
 - IE Modeling (Chap 8)
 - Support systems initiating events (Chap 11)
 - SSC Failure Modeling
 - Failure modeling (Chap 3)
 - CCF modeling (Chap 5)
 - Recovery and Repair modeling (Chap 6)
 - Human reliability analysis (Chap 9)
 - Exposure time modeling (Chap 2)
 - Specials
 - Loss of offsite power initiating events (Chap 10)
 - Multi-unit considerations (Chap 7)
 - Mission time modeling (Chap 4)

IV. 맺음말

- **운영사건 SDP 체계/지침서 개발**
 - 운영사건 안전중요도 평가 지침서(초안) 완성 (2020년 12월) → 독립 검토 중
 - 시범분석 수행 중
- **SDP 지침서 발간**
 - 한수원 안전중요도 평가 지침서(Rev.0) 발간 (2021년 9월 예상)
- **향후 과제**
 - 활발한 적용과 개선을 통한 우리 고유의 SDP 체계/지침 완성
 - 규제기관/사업자 자체의 리스크정보활용 인력 및 역량 제고

감사합니다

Q&A

주요국 가동원전 규제감독 체계 및 국내 추진방향

2021.5.12(수)

한국원자력안전기술원 안전정책실 정수진
sjj@kins.re.kr

CONTENTS

01 규제감독 개요

02 주요국 규제감독 체계

03 국내 추진방향

01 규제감독 개요

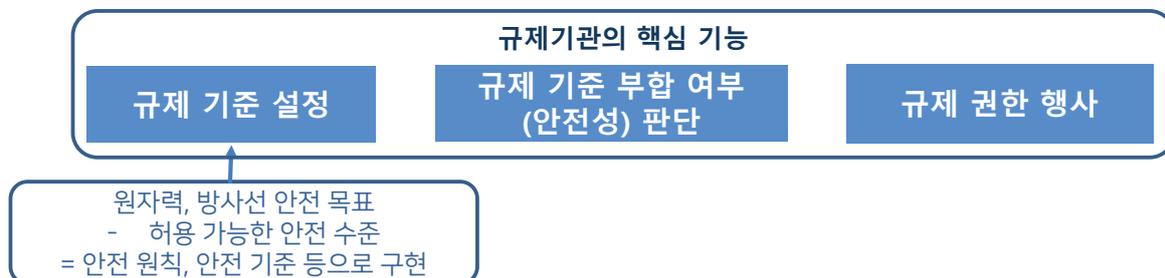
규제감독의 의미와 구성 요소

1 규제기관의 역할과 감독

- ◆ 원자력 안전규제 기관의 역할은 원자력 시설과 활동에 대한 감독을 통해 안전 목표와 안전 기준이 충족되는지 국민을 대신하여 확인하는 것

- 원자력 시설의 안전한 운영(안전성 확보)은 근본적으로 사업자의 책임
- 규제기관은 안전성 확보 (안전 목표 달성) 여부 독립적 판단으로 안전 운영 보증

- 규제기관은 인허가된 시설 상태 또는 활동에 대한 독립적 확인(검사)을 통해 규제 부합성 판단에 중요한 정보를 수집·분석하고,
- 안전 관련 정보로부터 시설·활동이 규제 요건 및 인허가 조건에 부합하는지 검토·평가하는 과정을 거쳐 사업자의 안전 운영 여부를 확인하여,
- 규제 기준에 미달하는 시설이나 활동에 대해 위험도(안전 여유도, 고의성, 시급성 등)에 상응하는 규제 조치를 부과하여 안전성이 확보되는 상태로 유지되도록 함



2 규제감독의 의미

- ◆ 규제감독의 목적은 사업자의 안전 목표 달성 여부(규제 부합성)를 확인하고, 이에 미달하거나 규제 불응시 적절한 규제 집행 의사결정을 위한 정보를 제공하는 것

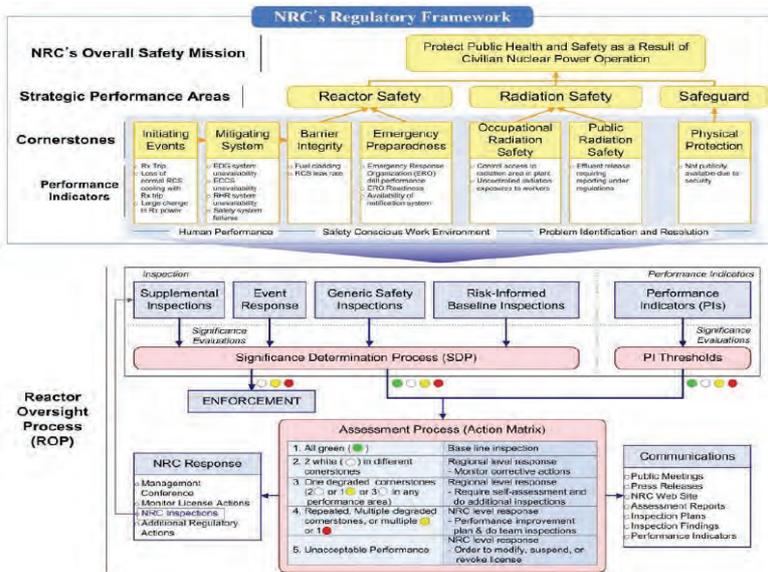


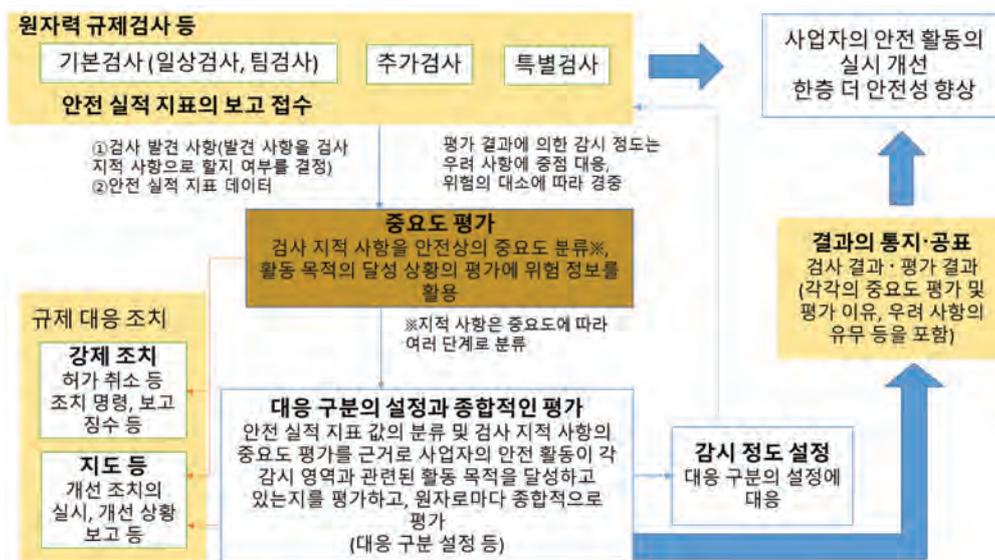
그림 미국 NRC의 원자로 감독 프로세스 (Reactor Oversight Process; ROP) 도식



- 규제기관은 사업자와 직·간접적 interaction을 통해, 독립적으로, 안전성 판단에 필요한 정보를 수집·분석하여 안전성 확보 여부를 확인
- 사업자의 활동과 구분하여 '규제감독(Regulatory oversight)'을 사용

참고 해외 원전 규제감독 프로세스 예: 일본

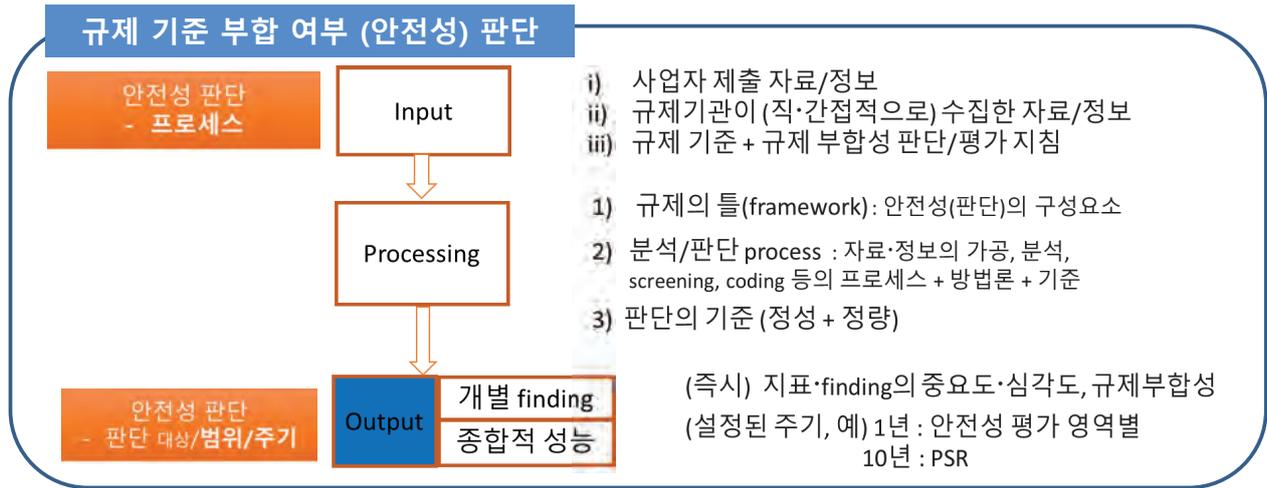
그림 원자력규제검사에 따른 감독의 프로세스 및 구성요소 (출처: 원자력규제검사 등 실시 요령, NRA)



- 원자력규제검사의 실시, 안전 실적 지표의 확인
- (개별)중요도 평가, (영역별)활동목적 달성여부 평가, (원자로)종합 성능 평가
- 대응 구분·감시 정도 설정, (차기)규제 검사 조정, 규제 대응 조치, 검사·평가 결과 통지

3 규제감독의 구성 요소

- 규제감독은 규제기관이 규제 기준 부합 여부를 판단하기 위해 수행하는 다양한 활동(검사·조사, 검토·평가 등)을 종합적으로 표현
 - ▶ 검사: 시설/활동에 대한 독립적 확인을 통해 안전성 판단에 중요한 정보를 수집, 분석
 - ▶ 검토·평가: 안전 관련 정보로부터 사업자의 시설/활동의 규제 부합성 확인
 - 규제 기준 부합성 및 여유도, 안전 운영 수준의 변화, 규제 불응의 정도, (자발적)시정조치 역량 등을 확인
 - 그 정도가 안전 목표 달성에 미치는 영향을 판단
- 규제감독을 위해 **정보의 수집·분석 방법, 안전성 판단 mechanism, 대응 방안**이 필요.
보조적으로 규제 부합성 촉진을 위한 수단과 규제의 적정성 확인·조정 수단 활용



02

주요국 규제감독 체계

미국, 일본, 캐나다, 영국 사례

1 주요국 가동 원전 규제감독 Overview

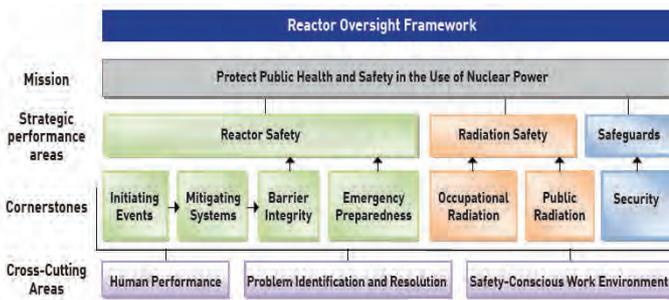
- ◆ 가동 원전에 대한 규제감독 제도와 이행 방식은 국가별 차이
 - 국가별 법률 형성 기반, 안전에 대한 접근, 규제의 역할에 대한 기대, 산업 발달 단계와 다양성 등에 기인
 - ✓ 미국은 2000년 4월부터 ROP 시행. 멕시코('04), 대만('06), 스페인('06) 등이 ROP 도입
 - ✓ 캐나다, 영국, 프랑스 등은 검사-평가 결과에 따른 차등적 검사제도 시행
 - ✓ 일본은 2020년 4월부터 원자력규제검사 체제로 전환. 미국 ROP를 벤치마킹
 - 규제 역량 향상, 연구개발, 규제 체계 고도화와 함께 지속적으로 변화·발전
- ◆ 미국, 일본, 캐나다, 영국 등 주요 원전 국가는 종합적 안전성 평가를 수행, 차기 검사 등 감독 수준 결정에 활용하는 *risk informed, performance based* 규제감독 시행

구분	미국	일본	캐나다	영국
등급 체계	5등급	5등급	4등급	3단계
세부 등급 (감독 수준이 높아지는 순서대로)	Column I Column II Column III Column IV Column V	감시 완화 모니터링 감시 강화 특별 감시 대응 조치	· FS (Fully Satisfactory) · SA (Satisfactory) · BE (Below Expectation) · UA (UnAcceptable)	· routine · enhanced · significantly enhanced

표) 원자로(발전소)별 종합 평가 등급체계 비교

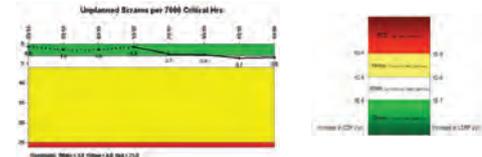
2 해외 규제감독 체계 (1) - 미국

그림) NRC ROP 7개 안전초석 및 공통영역 3개 분야



- ✓ PI 활용, 기본검사 외 보충(1,2,3단계)/특별 검사 수행
- ✓ 정량적 risk에 기반한 안전중요도 평가
- ✓ ROP 효과성 평가 수행

16개 성능지표(PIs) PI threshold



40여개 검사 분야
기본검사 + 보충검사
공통영역 요소 식별

검사 절차서
검사 매뉴얼

(개별 finding)
안전중요도,
위반심각도 평가

Issue Screening,
Significance
Determination Process,
Enforcement Policy
Statement

녹/백/황/적색, SL(minor, 1~IV)
• SL : Severity Level

(영역별)
안전 성능 평가

(위반 사안별)
규제 집행 결정

녹/백/황/적색
(분기별/호기별)
규제 대응 수준 결정

Action Matrix

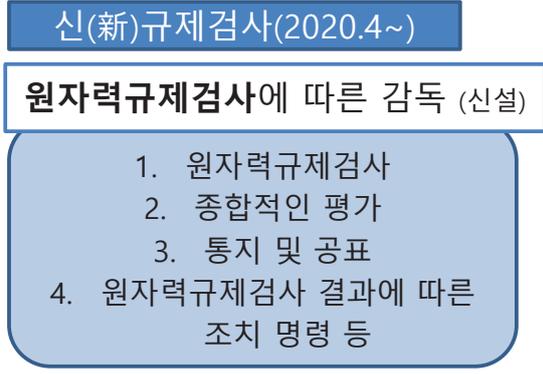
통지, 공개, 규제 감독 수준
(차기 검사 계획 등) 조정

Column I ~ V

그림) NRC 규제 감독 프로세스 요약



2 해외 규제감독 체계 (2) - 일본



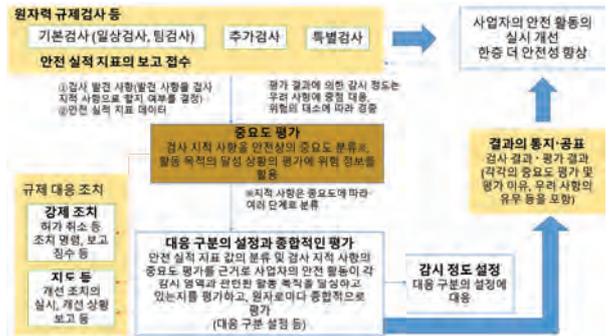
* 보안검사: 보안(保安)활동(안전 확보를 위한 일체의 활동)에 대한 검사

그림) NRA 감독 체계: 7개 감시영역 및 3개 횡단영역



- ✓ 안전실적지표와 검사 발견사항에 대한 평가
 - 13개 지표, 45개 검사 가이드, 5개 평가 가이드
- ✓ 영역별, 원자로별 종합 평가
- ✓ 5단계(감시완화~대응조치)로 감독 수준 차등화

그림) NRA 원자력규제검사에 따른 감독 프로세스



• NRA : Nuclear Regulatory Authority, 일본 원자력 규제기관

참고 일본 규제감독 체계 개편 사례

	제도 개정 전후 비교	
	(전)	(후)
1. 사업자 스스로의 개선 활동 촉진	<p><사업자의 개선을 촉진하지 못하는 체계></p> <ul style="list-style-type: none"> • 사업자의 유일한 안전 확보 책임 불명확 • 규제기관의 보증주의에 빠질 우려 	<p><사업자의 책임을 명확히 하여 스스로의 개선을 촉진하는 체계></p> <ul style="list-style-type: none"> • 사업자 스스로 검사 의무를 부과 • 규제기관의 역할은 사업자의 노력을 확인하는 것
2. 안전 활동 모두가 감시 대상임을 명확히 함	<p><사업자의 모든 안전 활동 파악이 어려움></p> <ul style="list-style-type: none"> • 중복되고 안전 활동에 집중하기 어려운 혼잡한 형태의 검사 • 법령에 검사 대상과 시기가 세세히 정해짐 	<p><규제기관의 면밀한 확인을 가능하게 함></p> <ul style="list-style-type: none"> • 규제기관의 모든 검사를 하나의 구조로 일원화 • 검사 대상은 사업자의 모든 안전 활동 <p>(사업자 의무 부과) 원자력시설의 기준 적합성 유지, 그 상황을 스스로 검사 (NRA) 사업자의 보안활동 전반을 상시 체크</p>
3. 리스크 관점을 도입한 검사	<p><안전상 중요한 것에 집중하기 어려운 체계></p> <ul style="list-style-type: none"> • 미리 정해진 항목의 적합성을 확인하는 소위 체크리스트 방식 	<p><안전상 중요한 곳에 집중할 수 있는 체계></p> <ul style="list-style-type: none"> • 안전상 중요한 곳에 검사의 중점을 설정 • 리스크 정보의 활용 및 안전실적지표(PI)의 반영 등을 도입한 체계 • 안전 확보의 관점에서 평가하여 다음 검사 등에 피드백
4. 현장의 실태를 확인	<p><사업자의 관점에 영향을 받을 가능성></p> <ul style="list-style-type: none"> • 사업자의 검사 지원 부문을 통한 도면, 기록의 확인, 현장 순찰 중심 	<ul style="list-style-type: none"> • 검사관이 필요하다고 생각할 때 현장의 실태를 직접 확인 • 규제기관이 필요로 하는 정보 등을 자유롭게 접근할 수 있는 구조를 효과적으로 운용

표) NRA 원전 검사 제도 개정 전후 비표 (출처: NRA 홈페이지 "원자력규제검사의 개요" <http://nsr.go.jp>)

참고 일본 원자로 종합평가 프로세스

1. 중요도 평가

발견 사항	녹색
	흰색
	황색
	적색

중요도 평가

개선요구 (지적사항)
(+) 개선조치 양호
(0) 개선요구 없음
(-) 개선조치 강화

안전 실적 지표

녹색
흰색
황색
적색

2. 종합 평가

감시영역별 : 4단계(A, B, C, D)

감시 발견 사항에 의한 평가 결과 (감시 영역)	감시 영역 평가 지표에 의한 평가 결과																														
<table border="1"> <tr><th>구분</th><th>평가</th><th>결과</th></tr> <tr><td>제1구분</td><td>평가</td><td>결과</td></tr> <tr><td>제2구분</td><td>평가</td><td>결과</td></tr> <tr><td>제3구분</td><td>평가</td><td>결과</td></tr> <tr><td>제4구분</td><td>평가</td><td>결과</td></tr> </table>	구분	평가	결과	제1구분	평가	결과	제2구분	평가	결과	제3구분	평가	결과	제4구분	평가	결과	<table border="1"> <tr><th>구분</th><th>평가</th><th>결과</th></tr> <tr><td>제1구분</td><td>평가</td><td>결과</td></tr> <tr><td>제2구분</td><td>평가</td><td>결과</td></tr> <tr><td>제3구분</td><td>평가</td><td>결과</td></tr> <tr><td>제4구분</td><td>평가</td><td>결과</td></tr> </table>	구분	평가	결과	제1구분	평가	결과	제2구분	평가	결과	제3구분	평가	결과	제4구분	평가	결과
구분	평가	결과																													
제1구분	평가	결과																													
제2구분	평가	결과																													
제3구분	평가	결과																													
제4구분	평가	결과																													
구분	평가	결과																													
제1구분	평가	결과																													
제2구분	평가	결과																													
제3구분	평가	결과																													
제4구분	평가	결과																													

시기 : 분기별 + 연간

반영방안 검토 중

3. 대응구분 설정

미국 ROP와 동일

4. (차기)검사계획 반영

제2구분	추가검사1	전문검사관 1~2 + 사무소 검사관, 총 2~3명	40MH
제3구분	추가검사2	전문검사관 3~4 + 사무소, 총 5~6명	200MH
제4구분	추가검사3	총 10~20명	2,000MH

표) 원자로 종합 평가 및 대응 구분

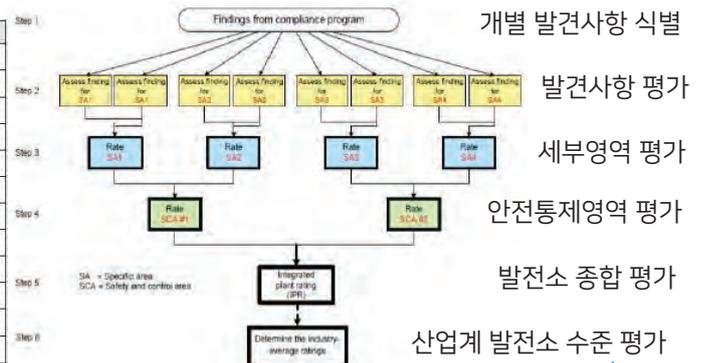
구분	제1구분 사업자에 대한 대응	제2구분 규제 기관에 대한 대응	제3구분 감시 영역의 불합	제4구분 다수면역 및 감시 영역의 불합	제5구분 사용하지 않는 상태
사실적 상태	과 감시 영역에서의 활동 목적은 명확하고, 사업자의 자발적인 개선 활동이 이루어지는 상태	과 감시 영역에서의 활동 목적은 명확하고, 사업자의 자발적인 개선 활동이 이루어지는 상태	과 감시 영역에서의 활동 목적은 명확하고, 사업자의 자발적인 개선 활동이 이루어지는 상태	과 감시 영역에서의 활동 목적은 명확하고, 사업자의 자발적인 개선 활동이 이루어지는 상태	과 감시 영역에서의 활동 목적은 명확하고, 사업자의 자발적인 개선 활동이 이루어지는 상태
평가 기준	모든 안전 실적 지표가 녹색 또는 감시 영역이 있는 경우 그 모든 평가가 녹색	감시 영역 (대부분)에서 불합이 1 또는 2	하나의 감시 영역 (소부분)에서 불합이 2 이상 또는 불합이 1 이상	감시 영역(소부분)의 불합이 3 이상 또는 불합이 1 이상	감시 영역에서의 활동 목적은 불확하고 지적된 사항이 감시되는 동안 활동이 정기적으로 이루어지는 불합이 3 이상
대응	규제 제3도 제1항에 따른 기본 검사 + 추가 검사 없음	규제 제3도 제2항에 따른 추가 검사	규제 제3도 제1항에 따른 기본 검사 + 규제 제3도 제2항에 따른 추가 검사	규제 제3도 제1항에 따른 기본 검사 + 규제 제3도 제2항에 따른 추가 검사	감시 영역(소부분)의 불합이 3 이상 또는 불합이 1 이상
감시 대응	사업자의 자발적인 개선 활동이 이루어지는 상태				

2 해외 규제감독 체계 (3) - 캐나다

표) CNSC 가동 원전 규제 framework - 14개 안전·통제 영역(69개 세부 영역으로 구성)

기능 영역	안전 통제 영역
관리	1. Management system (경영시스템)
	2. Human performance management (인적수행도 관리)
	3. Operating performance (운영 성능)
시설과 장비(설비)	4. Safety analysis (안전성 분석)
	5. Physical design (발전소 설계)
	6. Fitness for service (유지보수)
핵심 프로세스	7. Radiation protection (방사선방호)
	8. Conventional health and safety (보전 관리)
	9. Environmental protection (환경 보호)
	10. Emergency management and fire protection (비상대응, 화재방호)
	11. Waste management (방사성폐기물 관리)
	12. Security (보안)
	13. Safeguards and non-proliferation (물리적방호 및 핵비확산)
	14. Packaging and transport (용기, 포장, 운반)

그림) CNSC 원전 평가 프로세스



- ✓ 규제 감독에 사업자 보고 정보 활용
 - 사업자 보고사항: 안전·통제 조치 실적(분기별/연간), 25개 안전 성능지표, 위반 의심 사항에 대한 위험도 평가 결과 등
- ✓ 5년 단위 검사 계획 수립
 - 1년 단위 세분화, 매분기 조정
- ✓ 원전별(동일 노형 조직) 질적 평가 수행
 - 안전·통제 영역별, 발전소별, 산업계 수준 평가 수행 및 공개
 - 사업자 조치의 효과성에 대한 정성적 판단에 기반한 평가

표) 캐나다 원전 연간 평가 결과 예시

Safety and control area	Bruce A	Bruce B	Darlington	Pickering	Gentilly-2	Point Lepreau	Industry average*
Management systems	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA
Human performance management	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA
Operating performance	FS	FS	FS	FS	SA	SA	FS
Safety analysis	SA	SA	FS	FS	SA	SA	SA
Physical design	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA
Fitness for service	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA
Radiation protection	SA	SA	FS	FS	SA	SA	SA
Conventional health and safety	FS	FS	FS	FS	SA	FS	FS
Environmental protection	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA
Emergency management and fire protection	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA
Waste management	FS	FS	FS	FS	SA	SA	FS
Security	FS	FS	SA	SA	SA	SA	SA
Safeguards and non-proliferation	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA
Packaging and transport	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA
Integrated plant rating	FS	FS	FS	FS	SA	SA	SA

2 해외 규제감독 체계 (4) - 영국

그림) ONR 연간 규제감독 흐름도

그림) ONR의 연차 평가 결과 예시

Significantly enhanced	Change in attention since 2018/19
Licensed site Safefield - First Generation Magnesium Storage Pond, Magnesium Sulfate Storage Site and Site Final Chilling Site Safefield - Overall Site Security (Safefield Ltd)	← →
Enhanced	Change in attention since 2018/19
Licensed site Atomic Weapons Establishment, Aldermaston & Burghfield (AWE plc) Decontopart (Decontopart Royal Dockyard Ltd) Downroy (Downroy Site Restoration Ltd) Safefield - Remainder of estate (Safefield Ltd) Humberston B (EDF Energy Nuclear Generation Ltd)	← →
Dungesley B (EDF Energy Nuclear Generation Ltd)	↑ Down by increased regulatory attention in return to improve safety cases ↓ Down by both safety performance and control of hazard and risk factors

그림) 원전 안전성능지표 체계



표) ONR의 검사 발견사항 평가 등급

등급	판단 기준	규제 조치
green	• 요건 만족	없음. 필요시 자문
amber	• 유의한 불안족사항 발견	개선을 제안 (이메일, letter, intervention record 공유 등)
red	• 규제 조치가 요구되는 불안족 사항	행정조치 및 (필요시) 추가 검사

✓ (연간)통합규제개입전략 수립

- 검사 발견사항 3등급 평가
- 평가영역(분야)별 질적 평가 수행
- 사업자별 소통 수준(4단계)과 개입 수준(3단계) 결정
- 규제 조치는 위험도에 기반

✓ 5년 주기 검사 수행

- ✓ 사업자의 위험 관리 노력을 확인

표) ONR의 가동 원전 검사 형태

검사 종류	검사 방식	검사 내용
LC compliance inspection	각 LC당 1회/5년/부지별, 검사당 0.5일(위험도에 따라 가감)	LC 부합 여부를 이행의 적절성 관점에서 확인
Themed compliance inspection	2~4명의 검사원이 합동 검사	연관된 LC를 한번에 검사
System based inspection (SEI)	주요 SSC별 1회 이상/5년, 검사당 1~3일	SSC의 안전기능 수행여부 (LC 10, 23, 24, 27, 28, 34 관련)
CNI inspection	CNI가 검사팀 구성, 장기간 검사	안전 보안 중요도가 높거나, 대중 신뢰에 문제를 야기한 사안 심층검토
Integrated specialism inspection	CHS(안전보전) 검사, 화재안전 검사, 수송 검사, 공급망 품질검사, safeguards 검사 등. (혼선/CH 기간을 피해서 검사)	

* LC : License Condition, SSC : Structure, System, Component
* CNI : Chief Nuclear Inspector (ONR의 최고규제자)

참고 해외 가동 원전 규제감독 제도 비교

구분	(1) 미국	(2) 일본	(3) 캐나다	(4) 영국
1. 정보 수집·분석				
1.1 사업자 (규제기관에 제출)	PI(7개 안전초석 16개: 분기별)	PI(7개 감시영역 13개: 분기별, 안전관리활동 관련 30여개: 매년), 원자로 안전성 향상 평가 신고서 (매 OH 종료 후)	SPI(25개: 분기별), 기타 사업자 제출 자료(안전 통제 영역 부합도, 규제위반 의심사안 보고서, 안전계통 변경 영향 보고서 등)	SPI(3개 영역/사업자 자체 지표 설정: 매년)
1.2 규제기관	기본검사(2년 계획) + 차등적 보충검사(95001, 2, 3) 사건 조사	기본검사(2년 계획) + 차등적 보충검사(1,2,3) 사건 조사	기본 검사계획(5년 주기) + 집중 검사 사건 후속조치 확인	기본 검사계획(5년 주기) + 연간 규제개입계획에 따른 각종 검사 사건 조사
2. 평가				
2.1 평가 대상	개별 finding(즉시): 안전중요도 4등급, 위반심각도 5단계 PI(분기): 4등급 안전초석별(분기): 4등급 + 공동영역 연계성 원자로별(연간): 5등급	개별 finding(즉시): 4등급 + 우수 사례 PI(분기): 4등급 감시영역별(분기): 4등급 원단영역별: 3등급 원자로별(연간): 5등급	개별 finding(즉시): 5등급	개별 finding(즉시): 규제부합성 3등급 (+ 이슈 중요도 4등급)
2.2 평가 방법	성능지표: PI threshold 안전 중요도: Significance Determination Process 위반 심각도: Enforcement Policy Statement 원자로: Action Matrix	성능지표: PI threshold 안전 중요도: 안전 중요도 평가 프로세스	안전·통계 조치 효과성 정성 평가	인허가요건 부합성과 위험관리 노력 정성 평가
3. 평가 결과 활용				
3.1 규제 집행	'규제집행 정책'에 따라 위반사항의 심각도와 이력 고려	규제 검사 결과에 따른 강제 조치 및 지도 시행	안전 우려 사안 규제집행	'규제집행 원칙'과 '매뉴얼'에 따라 집행 수준 결정
3.2 규제 감독	차년도 보충검사 수준과 대상 조정	차년도 감시 정도 설정	의심사안 조사·검사 강화	차년도 규제개입 전략 및 소통 수준 결정, 규제지침 유효성 검토
3.3 공개	홈페이지 (모든 평가 결과) 공청회: 원전별 연 1회 원전별 평가 보고서	홈페이지 (PI, 검사결과) (미정) 원전별 평가 보고서	홈페이지 (감독 보고서) 공청회: 연 1회 (규제감독 결과 전체) 규제감독 보고서(연간)	홈페이지 (개별 finding, 규제개입수준) 연차 검토회의: 원전별 지역별 이해관계자회의에 보고 : 분기별 규제 활동 보고서(연간)

03

국내 추진방향

위험도·성능 기반의 규제감독 체계 추진 방안(안)

1 추진 배경 : 변화된 인식과 요구

◆ 국내외 원자력 산업 및 규제 환경의 변화

- 80년대 검사 도입 이후 원전 규제검사의 근본적 변화 필요시기 도래
- 후쿠시마 원전 사고 이후 국제규범 이행의 중요성 강조
- 국내외 안전사고를 계기로 사고예방과 사업자 안전관리 책임 강화 요구

◆ ROP 등 감독제도 적용시 규제 성과 달성 여부에 대한 평가와 소통이 용이

- 종합적 평가와 주기적 피드백을 통해 규제기관과 사업자 양측의 지속적 개선을 유도

◆ 규제의 역할과 감독에 대한 패러다임 변화

- 원자력 안전관리에 있어 사업자 책임과 규제 역할(독립적 확인) 명확화
- 사후적 확인·조치에서 사전에 다양한 문제를 파악하고 근본 원인을 확인·조치(PI&R)
- 시설 성능에서 안전 운영 역량으로 포커스 전환
- 사업자 스스로 안전성을 높여 나가도록 개별 원전의 안전성을 확인하여 감독 수준 차등화

* PI&R : Problem Identification and Resolution
문제 식별과 해결

* NRC ROP 도입 근본 목적(SECY-99-007):

전통적(기존) 감시방법을 개선하여 객관적이고, 위험도 기반의, 이해하기 쉽고, 예측가능한 방식으로 사업자의 성능을 검사하고 평가.

* ROP 3대 목표

- 리스크정보 활용으로 안전성에 큰 영향을 주는 성능 요소에 집중
- 사업자의 성능과 규제조치 간의 명확한 연관성 제시
- 객관성, 예측 가능성 증진 (SDP, IMC, Action Matrix 등)

2 규제감독 관련 정책 및 추진 현황

제2차 원자력안전종합계획 (2017-2021)

1-2. 원전의 안전한 운전을 위한 종합분석·평가체계 도입

- 사업자는 원전 상황 감시의 시각지대 해소, 안전 신뢰도 증진을 위해 전 원전 통합경영 및 과학화된 시스템 구축. 운영
- 원안위는 원전별 사고. 고장 근본원인 분석을 위한 제도 마련,
종합적인 안전성 확인을 위한 새로운 검사기법 개선 등 규제혁신 추진

❖ 가동 원전 통합 안전관리체계 개념(안) 개발 및 기반기술 구축 (~2019, 진행 중)

❖ 사고위험도 관리 기반의 규제감독 체계 구축 (2020~, 원자력규제기금사업 신설)

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| 1. 위험도중심 규제감독 수행체계 개발 | 2. 위험도 평가모델 및 전산관리시스템 개발 |
| 1) 안전관리체계 기본개념 설계 | 1) 사고위험도 및 안전성 저하 수준 정량평가 모델 |
| 2) 사고위험도 중심 규제검사 개선방안 개발 | 2) 안전중요도 평가지표 개발 |
| 3) 위험도 중심 규제감독 체계 및 이행방안 개발 | |
| 4) 제도 도입 및 이행을 위한 규제 체계 정비 | |

원자력안전위원회 업무계획(2021)

□ 다수기 위험도 평가모델(PSA) 등 위험도를 활용한 안전규제 추진

- 위험도 기반 한국형 가동원전 규제감독체계 도입 기본계획을 수립하고 이를 지원하기 위한 종합안전성평가 모델을 개발

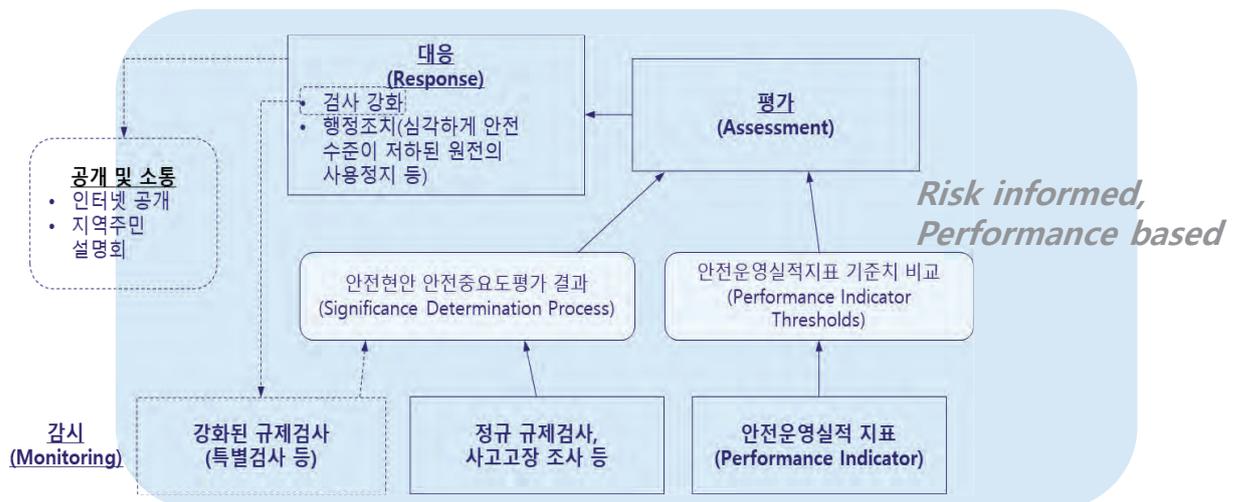
※ 사업자의 안전운영책임수행충실도를 감시및평가하여상응하는조치부과(21년방법론설계)

3 가동 원전 규제감독 체계(안)

“ 규제감독 = 감시(검사) + [종합 평가와 관리] ”

원전 안전 수준을 종합적으로 확인, 안전 운영 수준에 대한 객관적 평가 및 상응하는 후속조치를 부과하고 관리

- **규제감독 체계** : 가동 원전에 대해 검사, 평가, 집행 등의 규제 활동을 통해 안전성 요소(시설 성능 및 안전관리 역량)를 종합적으로 확인·조치하고 더 나아가 사업자가 스스로 안전성을 유지·향상하도록 유도하는 체계
- **위험도 관리 기반 규제감독 체계 개념(안)**



감사합니다.