



Key Factors of Regulation Process for NuScale Standard Design Approval

발표자: 문장식

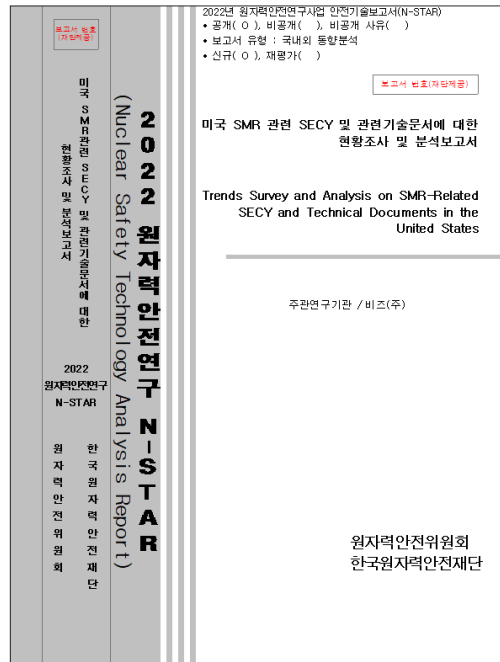
비즈(주)
2022.10.20, 14:00

- 서론
- NRC의 NuScale SMR 표준설계인가 관련 활동 내용
- NuScale의 표준설계인가 획득 전략
- 결론

■ 기관 수행과제 개요(Acknowledgement)

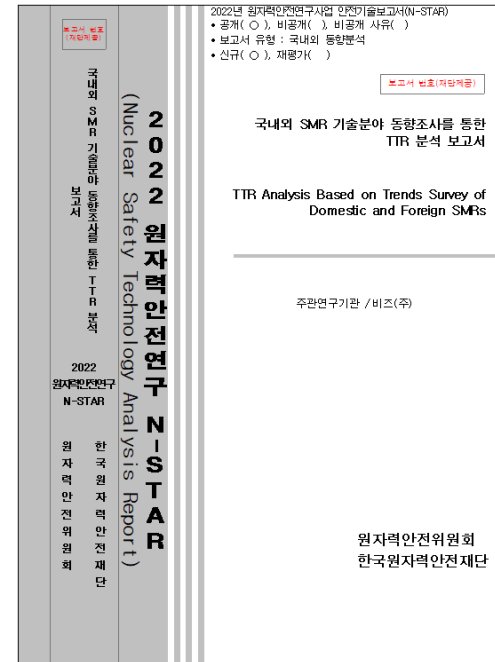
- “SMR 기술개발 동향분석 및 전략수립, 22.04~23.12”: 국내외 SMR(경수로 기반) 기술개발 동향 및 규제 현안 관련 정보 수집, 조사, 분석
- 국내 “경수형 SMR 인허가를 위한 규제체계 및 절차 개선(안) 개발(1-1-V1)”과제 지원

제출 N-Star 보고서, 심사중



- 미국 SMR 관련 규제기술 개발 동향 조사
- 미국 NuScale 표준설계심사 관련 NuScale 및 NRC 활동 분석
- 미국 SMR 및 신형원자로 규제 방향성 및 규제 현대화 분석
- ...

▲미국 SMR 관련 SECY 및 관련 기술문서에 대한 현황조사 및 분석보고서



- 국내외 주요 SMR 기술개발동향 조사
- SMR vs 대형경수로 TTR 비교분석
- i-SMR vs NuScale TTR 비교분석
- ...

▲국내외 SMR 기술분야 동향조사를 통한 TTR 분석보고서

▪ NuScale SMR은 NRC에서 표준설계를 승인한 유일한 SMR

- 인허가 당시, SMR을 위한 규제체계가 없었기 때문에, NRC는 현행 대형경수로 기반 규제체계에서 표준설계 심사를 수행함.
- 당시 SMR 관련 규제체계의 불완전성에도 불구하고, NuScale과 NRC는 긴밀한 협력을 통해 이를 극복하였음.
- 이에, 향후 국내 SMR 인허가 수요에 대비하여 개발자와 NRC의 인허가심사 관련 주요활동을 분석하여 SMR의 표준설계심사를 위한 핵심요소의 파악이 필요함.
- 국내에서도, 규제체계 관점에서는 초기 NuScale 인허가 당시와 유사하나 최근에 SMR에 정부가 적극적인 지원을 추진하게 됨에 따라 NuScale 및 NRC의 주요활동을 분석하여 규제 핵심 내용의 파악하여 개발자 및 규제자가 활용할 수 있도록 하는 것이 필요함.

■ 사전인허가 활동(Pre-Application Activities)

- NRC의 정책성명에서 “개발자, 규제자, 정부의 조기 상호소통을 장려하여 예상 현안의 조기 도출”을 권장함 (2008).
- NEI는 Position Paper: SMR Pre-Application Engagement 문서를 발간(2011), NRC는 이를 수용하여 사업자가 NRC와의 사전인허가 활동(갭 분석, DRSR 개발 등)을 수행할 수 있도록 함.
- NuScale은 NRC의 사전인허가 활동을 활용하여 조기 갭 도출 및 이에 대한 NRC 의견 도출을 이끌어냄.

■ NuScale DSRS (Design Specific Review Standard)

- 사전인허가 활동을 통해, NRC는 DSRS의 개발을 목표로 함.
- NRC 위원회는 인허가 신청 노형에 기반한 심사지침 개발을 지시하는 SRM 발행(2010), 이에 따라 NRC는 NuScale과 협력하여 NuScale DSRS를 개발함.
 - NuScale은 갭 분석을 수행하고, 갭 해소를 위한 NuScale DSRS의 개발 필요사항을 도출하여 제출(2012)[17]
 - NRC 및 NuScale은 공동으로 DSRS를 개발하여(2013~2015), NuScale DSRS 초안을 발표(2014.06)하였고, 이에 대한 공개 의견수렴(Public comment, 2015.07) 결과를 반영한 NuScale DSRS 최종본을 발표함(2016.08).

장,절	장,절 제목	DSRS Matrix
5.3.3	Reactor Vessel Integrity	수정된 DSRS 적용(ML15355A530)
5.4	Reactor Coolant System Component and Subsystem Design	기존 SRP 적용(NUREG-0800)
5.4.1.1	Pump Flywheel Integrity	해당 절 작성하지 않음(냉각재펌프 없음)

▲NuScale DSRS Matrix 일부

■ 혁신설계 심사 및 수용

- 현행 규제체계는 모든 상업용 노형이 10CFR50 Appendix A에서 기술된 최소요구조건인 일반설계기준(GDC)를 만족하도록 요구함.
 - SMR은 적용 불가 항목이 존재, 이에 대한 대안으로 10CFR50 Appendix A는 개발자 노형 특성에 맞는 기준(Principal Design Criteria, PDC)를 제안할 수 있음.
 - 따라서, NRC는 SMR 개발자가 GDC에 비해 안전성이 낮지 않으며, 해당 GDC의 목적을 만족할 수 있는 PDC를 제안 가능하게 함.
- 제안된 PDC의 적합성 평가를 위해, NRC는 10CFR50.12 특정 예외(Specific Exemptions)의 준수 여부를 판단함.
 - 개발자는 PDC가 과도한 위험을 초래하지 않고, 규제요건의 근원적 목적(Underlying Purpose)을 침해하지 않음을 증명해야 함.
- NRC는 10CFR50.12 준수 여부를 파악하는 방법론으로, 결정론적 방법론 뿐만 아니라 위험도 정보 기반 방법론도 함께 활용하였음.
 - 일부 현안에 대해 확률론적 위험도 평가(Probabilistic Risk Assessment, PRA) 결과를 근거로, 해당 혁신설계를 수용함.

NRC의 NuScale SMR 표준설계인가 관련 활동 내용

■ 혁신설계 심사 및 수용 예시

항목	내용
GDC 27	반응도 제어계통은 가정된 사고 조건에서 고착된 제어봉에 대한 적절한 여유를 가지고 노심을 냉각하는 능력이 유지되도록 신뢰성 있게 반응도 변화를 제어할 수 있는 복합능력(비상노심냉각계통 (Emergency Core Cooling System, ECCS)에 의한 독물질 첨가가 결합된)을 가지도록 설계되어야 함.
NuScale PDC 27	반응도 제어계통은 가정된 사고 조건에서 고착된 제어봉에 대한 적절한 여유를 가지고 노심을 냉각하는 능력이 유지되도록 신뢰성 있게 반응도 변화를 제어할 수 있는 복합능력을 가지도록 설계되어야 함. 가정된 사고 후 제어봉은 모든 봉이 완전히 삽입된 경우 상온 조건에서 원자로 노심을 미임계 상태로 유지할 수 있어야 함.
변경 내용	NuScale의 ECCS는 붕소 주입 없이 원자로를 안전하게 유지하도록 설계되었고(독물질 첨가 없음), 일부 시나리오에서 제어봉 고착 시 출력복귀 현상이 일어나지만, 냉각능력을 유지할 수 있음(장기 냉각 가능). 이에 따라 PDC 27로써 “ECCS에 의한 독물질 첨가” 부분의 제외와 “미임계 상태 조건”의 추가사항 을 제안
개발자 근거	NuScale은 PRA를 수행하여 출력복귀 현상이 일어나는 시나리오의 발생확률이 $7 \times 10^{-8} \sim 2 \times 10^{-7}/\text{yr}$ 수준임을 보였고, 해당 시나리오에서도 노심 냉각능력이 유지됨을 안전해석 코드를 통해 보임
NRC 검토 내용	NRC는 NuScale 설계가 노심 출력복귀 확률이 매우 낮고, 피동 안전계통에 의해 적절한 노심 냉각이 유지되기 때문에 제어봉 고착에 대한 가정이 필요 없음을 인정함. 또한, NRC는 PDC 27의 추가사항(미임계 상태 조건)이 해당 요건의 근원적 목적인 “장기간에 걸쳐 안전하고 안정적인 원자로를 확보”를 여전히 만족하므로 혁신설계를 수용하였음.

■ 특정기술주제보고서(Topical Report, TR) 개정

- SMR 혁신설계의 초기 기술 검토를 위해 NRC는 TR 규칙을 개정하였음(2018, LIC-500:Topical Report Process, Rev.6)
- 기존 TR 범위는 특정 안전관련 및 완전하고 상세한 정보로 제한되었지만, 개정본에서는 주제가 설계와 관련된 모든 사항으로 확장되었고(PDC 제안까지 포함), 개념적이고 불완전한 예비정보도 검토대상으로 범위를 대폭 넓힘.
- 이를 통해, 사전인허가 활동에서 도출된 갭에 대해 초기 기술검토를 수행할 수 있음.

개정 전 TR 적용 기준	개정 후 TR 적용 기준
NRC 규제자의 안전평가가 필요한 특정 안전관련 (Specific Safety-related) 주제를 다룸	NRC 규제자의 안전평가가 필요한 특정 안전관련(Specific Safety-related) 및 기타 포괄적인 주제를 다룸
다수의사업자에게 다수의 인허가 신청에 적용이 가능해야 함. (변화 없음)	
특정주제에 대해 완전하고 상세한 정보를 담아야 하며, 개념적이고 불완전한 예비정보는 검토대상에서 제외됨	해당 조항 삭제
TR을 인용함으로써 인허가검토 과정에 효율성을 제고할 수 있어야 함. (변화 없음)	

■ NuScale Gap Analysis Report

- NuScale 인허가 핵심전략은 NRC와의 사전인허가 활동(2008~2016년)을 통한 규제 갭 분석 및 갭 해소 방안 도출임.
- 2012년 5월 9일 NuScale는 NEI에서 제시한 갭 분석 프로세스를 적용하여 수행한 갭 분석 프로세스, 갭 분석 결과 등을 NRC에게 발표함[16].
- 2012년 7월 31일, 갭 분석 보고서 초안을 NRC에 제출함. 갭 도출 뿐만 아니라 NuScale 설계특성으로 인해 영향받는 심사지침도 함께 도출함(DSRS 개발에 활용). NuScale은 현행 10CFR50, 10CFR52의 요건과 NuScale 설계 차이에 기반하여 17개 항목으로 갭을 도출하였음.
- 2014년 7월 31일 NuScale은 갭 분석 보고서 수정본을 NRC에 제출함[17].

10 CFR	주제	갭 결정을 위한 근거 및 추가 고려사항
갭 해당 요건	해당 요건의 주제	<p><u>규제 요구사항</u>: 갭 해당 요건에 대해 기술</p> <p><u>갭 결정을 위한 근거</u>: NuScale 설계에 대한 규제근거 및 기술 근거에 대해 기술</p> <p><u>추가 고려사항</u>: NuScale이 고려하는 갭 처리 방식 및 추후 NRC와 논의 계획</p>

▲NuScale 갭 분석 형식

장/절	주제	DSRS 작성 희망 여부 및 코멘트
5.2.2	과압 보호	새로운 DSRS 작성 희망, NuScale은 격납 격리 밸브 내에 2차계통 과압 보호가 없음. 저온 과압 보호는 고유한 ECCS 밸브로만 구성됨
5.2.4	원자로냉각재 압력경계 계측 및 시험	기존 SPR의 적용 희망, 1차계통이 일체형으로 되어있어 필요하지 않을 수 있지만, 심사에는 포함되어야 한다고 생각함.
5.4.1	펌프 플라이휠 건전성	DSRS 삭제 희망, 원자로펌프 없음

▲초기 DSRS 항목 제시

■ NuScale Gap Analysis Report

- 도출된 갭에 대해 두 가지 조건 방식으로 NRC에 처리 희망
- NRC는 제출된 갭 분석 보고서에 대한 NRC 의견을 제시함(Response to Gap Analysis Summary Report, 2014~2016)

면제요청이 없어도, 해당 규정이 적용되지 않음	면제 혹은 대체요건 요청으로, 해당 규정이 적용되지 않음
<ul style="list-style-type: none"> • 규제요건에 적용되는 조항(Provision)이 존재하는 경우 • NuScale 설계가 규제요건이 적용되는 조항에 해당되지 않음을 근거, 추가적인 면제요청이 불필요함을 주장 	<ul style="list-style-type: none"> • 규제요건에 적용되는 조항이 없는 경우(반드시 준수해야 하는 경우) • NuScale 설계가 규제요건의 근원적 목표를 침해하지 않음을 보임으로, 해당 규제요건의 면제 혹은 대체요건을 요청
<p>예시: GDC41- 격납대기정화</p> <ul style="list-style-type: none"> • 요건: 원자로 격납에 유출될 수 있는 핵분열 생성물, 수소, 산소 및 기타 물질들을 제어하는 계통은 필요한 경우 제공되어야 한다 • NuScale은 격납건물이 아닌, 격납용기로 설계, • 격납 내에 사람이 출입하지 않고, 최악의 경우 핵분열 생성물의 외부 누출이 매우 작으며, 격납 내 산소-수소 결합이 문제되지 않음. • 따라서, GDC41은 NuScale에 적용되지 않아, 추가적인 면제가 불필요함을 주장함. 	<p>예시: GDC17-전력계통(면제)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 요건: 소내전력계통 및 소외전력계통은 안전에 중요한 구조물, 시스템 및 구성요소의 기능을 수행하도록 제공되어야 한다.... • NuScale은 안전에 중요한 구조, 계통 및 구성요소를 피동 운전으로 설계, 따라서 전기 없이도 발전소가 안전함. • 이를 입증하는 TR 제출 및 승인, 따라서 해당 요건에 대한 면제 승인. <p>예시: GDC34-잔열제거(대체요건)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 요건: GDC17의 면제에 따라, 잔열제거계통에 전력계통이 보증되어야 한다는 조항만 면제 신청함 (<u>PDC34 제시</u>)

■ NuScale Reactor Qualification Test Plan(2013)

- NuScale의 FOAK (First-Of-A-Kind) 설계 관련 시험계획으로, 초기 49개의 시험 및 데모 프로그램의 운영계획으로 시작하였고, 지속해서 업데이트하고 있음 [24].
 - 주로, 결정론적 안전성 평가를 위해 입증이 필요한 요소를 시험함.

성격	시험 및 데모 프로그램 내용
해석코드 검증 관련	<ul style="list-style-type: none"> • 임계열유속(Critical Heat Flux, CHF) 시험 • 증기발생기 세관(Helical Coil 형태) 열전달 시험 • 연료의 기계적 및 열수력 시험 • 증기발생기 오리피스(Orifice) 시험 등
주요 안전현안 관련	<ul style="list-style-type: none"> • 증기발생기 세관 관측 실현성 시험 • 상부 모듈 목업(Mock-up) 시험 • 제어봉집합체 및 구동 샤프트 시험 • 증기발생기 유동에 의한 진동 시험 등
통합 계통 관련	<ul style="list-style-type: none"> • 통합 계통 시험 • 12모듈 통합 주제어실 시뮬레이터 등

■ NuScale Topical Reports

- NuScale은 갭 해소를 위해 사전인허가 및 심사기간동안 TR을 제출하였음. 이는 NuScale 핵심설계에 대한 요건 면제 및 대체요건 적용의 기술적 근거로 활용됨.
 - 표준설계승인일 기준, 14개의 TR이 승인받았음.
 - 현재도 주요 현안 관련(비상계획구역의 Dose 관련 등) TR이 검토 중임.
- NRC의 TR 범위 확장에 기반하여, NuScale TR은 특정 안전관련 코드 및 방법론에 제한되지 않고 안전등급분류, 보호계통설계 등 폭넓은 주제를 작성제출함.

TR 번호 및 ADAMS 접근 번호	TR 제목	제출일 및 관련 FS신형 원자로 장	요약
TR-1010-859-NP-A, Revision 5 (ML20176A494)	NuScale Topical Report: Quality Assurance Program Description for the NuScale Power Plant	2020.06 / FSAR 17	<ul style="list-style-type: none"> ▪ NuScale 발전소 품질 보증에 대한 설명 제공, 10CFR50 Appendix B 요건 충족을 보이기 위한 프로그램 제시
TR-0515-13952-NP-A, Revision 0 (ML16284A016)	Risk Significance Determination	2016.10 / FSAR 17, 19	<ul style="list-style-type: none"> ▪ PRA를 활용한 Risk-Significant SSC 분류 방법론을 기술함. 현재 요건에서는, 발전소 CDF 값에 비례한 기준으로 Risk-Significant SSC를 분류함, NuScale은 CDF가 매우 작아, 현재 요건에 의하면 대부분의 SSC가 Risk-Significant로 분류되므로, NuScale 기준을 제시하였음.
...	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ...

■ NuScale Exemption Report

- NuScale은 사전인허가활동 기간 수행한 갭 분석 내용 및 NRC 검토결과 기반으로 표준설계인가 신청 시 면제 보고서를 작성하여 제출함[11].
 - 기존 도출된 갭(갭 분석 보고서 기술 내용)과 새롭게 도출된 갭을 추가하여 17종류의 면제를 요청함.
 - 요청한 면제사항을 NRC에서 모두 승인함.

	NuScale Exemption Rev.5 Chapters	Sources (Gap Analysis Summary Report Rev.1)
1	10 CFR 50.46a & 50.34(f)(2)(vi)	From Gap 7
2	10 CFR 50.44	From Gap 6
3	10 CFR 50.62(c)(1)	From Gap 9
4	10 CFR 50.App.A, Electric Powers (GDC17,18, PDCs)	From Gap 10
5	10 CFR 50.App.A, GDC 33	From Gap 12
6	10 CFR 50.54(m)	From Gap 8
7	10 CFR 50.App.A, GDC 52	From Gap 17
8	10 CFR 50.App.A, GDC 40	From Gap 13
9	10 CFR 50.App.A, GDC 55, 56, 57	From Gap 18
10	10 CFR 50.App.K	From Gap 19
11	10 CFR 50.34(f)(2)(xx)	New (from Gap 2)
12	10 CFR 50.34(f)(2)(xiii)	New (from Gap 2)
13	10 CFR 50.34(f)(2)(xiv)(E)	New (from Gap 2)
14	10 CFR 50.46	New
15	10 CFR 50.App.A, GDC 27	From Gap 11
16	10 CFR 50.34(f)(2)(viii)	New (from Gap 2)
17	10 CFR 50.App.A, GDC 19	New

■ NuScale Exemption Report

- NuScale은 사전인허가활동 기간 수행한 갭 분석 내용 및 NRC 검토결과 기반으로 표준설계인가 신청 시 면제 보고서를 작성하여 제출함[11].
 - 기존 도출된 갭(갭 분석 보고서 기술 내용)과 새롭게 도출된 갭을 추가하여 17종류의 면제를 요청함.
 - 요청한 면제사항을 NRC에서 모두 승인함.

▼예시: Exemption Report Chapter 1. 10CFR50.46a and 10CFR50.34(f)(2)(vi) Reactor Coolant System Venting

NuScale Exemption Report Rev.5			
Regulatory Requirements	Exemption Sought	Technical Basis	Regulatory Basis
<p>적절한 노심 냉각을 유지하기 위해 필요할 수 있는 원자로 냉각재계통 및 기타 계통으로부터 비응축성기체의 고점 배기 능력을 제공해야 함.</p> <p>이 기능을 달성하기 위한 시스템은 제어실에서 작동할 수 있어야 하며, 제어실의 작동은 냉각재상실사고의 확률을 증가시키거나 또는 격납건물 건전성에 대한 부정적 영향으로 이어져서는 안됨.</p>	<p>10 CFR 52.7에 따라, NuScale은 RCS 및 RPV 헤드의 고점 배기구를 규정하는 10 CFR 50.46a 및 10 CFR 50.34(f)(2)(vi)에 포함된 요건에 대한 면제 요청</p>	<p>NuScale 설계에는 RPV에 통합된 RCS가 포함되어 RCS 루프 및 가압기의 고점은 RPV의 고점임. RCS 및 가압기 증기 공간 내 비응축성기체의 축적은 고점 배기관을 통해 정상운전 중에 최소화됨. RCS에는 별도의 사고 후 고점 배기 기능이 포함되어 있지 않음.</p> <p>ECCS는 작동 시 CNV로 방출되는 RPV 상부에 위치한 3개의 원자로 배기 밸브를 포함하고 있어 가압기 공간에 축적된 비응축성기체를 방출하여, ECCS 운전 중 적절한 노심 냉각을 유지할 수 있는 능력이 저해되지 않음. (FSAR 5.4.4)</p> <p>DHRS을 이용한 냉각 과정 중 가압기 체적이 DHRS 냉각 흐름 경로에 있지 않기 때문에 가압기 내 비응축성기체의 축적은 DHRS의 노심 냉각 유지 능력에 영향을 미치지 않음. DHRS 운전 중 RPV에 비응축성기체의 축적은 액체 위상이 압축할 수 없기 때문에 RPV의 비응축성기체의 축적의 영향을 크게 받지 않음. (FSAR 5.4.3)</p>	<p>10 CFR 50.12(a)(1) NuScale 설계는 RCS 및 RPV의 고점 배기구에 의존하지 않으며, 사고 전, 중 및 사고 후 시스템의 비응축성기체가 ECCS 작동을 억제할 정도로 NuScale 모듈에 축적되지 않음.</p> <p>10 CFR 50.12(a)(2)(ii) 규칙의 근본적인 목적을 달성하기 위해 특정 상황에서 규정을 적용할 필요가 없다는 점에서 특수 상황이 존재함.</p> <p>적절한 노심 냉각을 유지하는 데 필요한 RCS, RPV 및 기타 시스템의 설계는 자연 순환 중에 노심 냉각을 억제할 수 있는 비응축성기체의 축적을 방지함. (기술문서 제출, TR-0916-51299-NP, Rev. 3, "장기 냉각 방법론")</p>



■ NuScale Exemption Report

- NuScale은 사전인허가활동 기간 수행한 갭 분석 내용 및 NRC 검토결과 기반으로 표준설계인가 신청 시 면제 보고서를 작성하여 제출함[11].
 - 기존 도출된 갭(갭 분석 보고서 기술 내용)과 새롭게 도출된 갭을 추가하여 17종류의 면제를 요청함.
 - 요청한 면제사항을 NRC에서 모두 승인함.

▼예시: Exemption Report Chapter 1 관련 Gap Analysis Summary Report의 GAP 7 내용

Gap Analysis Summary Report Rev.1			
Regulatory Requirement	Summary Basis for Gap Determination	Further Consideration	Response Result
<p>10 CFR 52.47(a)(4)은 설계 인증 신청자에 대해 "ECCS 냉각 성능의 분석과 평가 및 가 정된 LOCA에 따른 고점 배기 필요성은 본 챗 터의 50.46 및 50.46a의 요건에 따라 수행되 어야 한다."라고 요구됨. 10 CFR 50.46a는 " 각 원자로에는 원자로냉각재계통, 원자로 용기 헤드 및 비응축성기체의 축적이 이들 계 통의 기능 상실을 야기할 경우 적절한 노심냉 각 유지에 필요한 다른 계통을 위한 고점 배 기가 제공되어야 한다." 와 같이 규정하고 있 음. 원자로냉각재계통 환기능력에 대한 실질 적으로 유사한 요건은 10 CFR 50.34(f)(2)(vi) 에 체계화되어 있음.</p>	<p>이 요건의 기본 목적은 비응축성기체의 축적 이 사고 후 장기 냉각을 저해할 수 있는 사고 후 자연 순환 또는 펌프 작동을 방해할 수 있 다는 TMI 후 우려를 해결하는 것임. NuScale 설계의 경우, RCS 또는 원자로 압력 용기의 비응축성기체의 축적은 사고 후 노심 냉각 흐름을 억제할 수 없다는 상당한 증거가 있음. 이러한 이유로 10 CFR 50.46a 및 10 CFR 50.34(f)(2)(vi)에 의해 기존의 LWR에 대해 고려된 장기 노심 냉각 능력을 보장하기 위해 응축 불가능한 가스의 배출은 불필요함.</p>	<p>NuScale은 비응축성기체의 수집이 사고 후 노심 냉각을 저해하지 않기 때문에 10 CFR 50.46a의 면제를 요청하는 것이 적절한 접근 방식이라고 믿음. 10 CFR 50.34(f)(2)(vi)는 TMI 요건의 기술적으로 관련된 부분을 준수 해야 하는 10 CFR 52.47(a)(8)에 따라 NuScale 설계와 기술적으로 관련이 없는 것 으로 간주함. NuScale은 신청 전 단계에서 이 문제에 대한 NRC의 동의를 구할 것임.</p>	<p>NRC 직원은 NuScale이 현재 ECCS의 일부 인 원자로 배기 밸브를 원자로냉각재계통 배 기로 50.46a의 요건을 충족시키지 못하고 있 다는 점에 주목함. 단, 10 CFR 50.34(f)(2)(vi)는 <u>비응축성기체 가 ECCS 작동 시 적절한 노심 냉각을 할 수 있는 격납용기에 축적될 수 있으므로</u> 기술적 으로 NuScale 설계와 관련이 있다는 것이 NRC 직원의 현재 견해임. 따라서 <u>NuScale의 입장이 문서화되어야 하며 면책 요청에서 기 술적으로 정당화</u>되어야 함. NRC 직원은 NuScale이 제공하는 추가 정보 를 계속 수용하며, 면제 프로세스가 설계 인 증 심사 중에 사용되는 필수 인허가 과정이라 고 결론지음.</p>

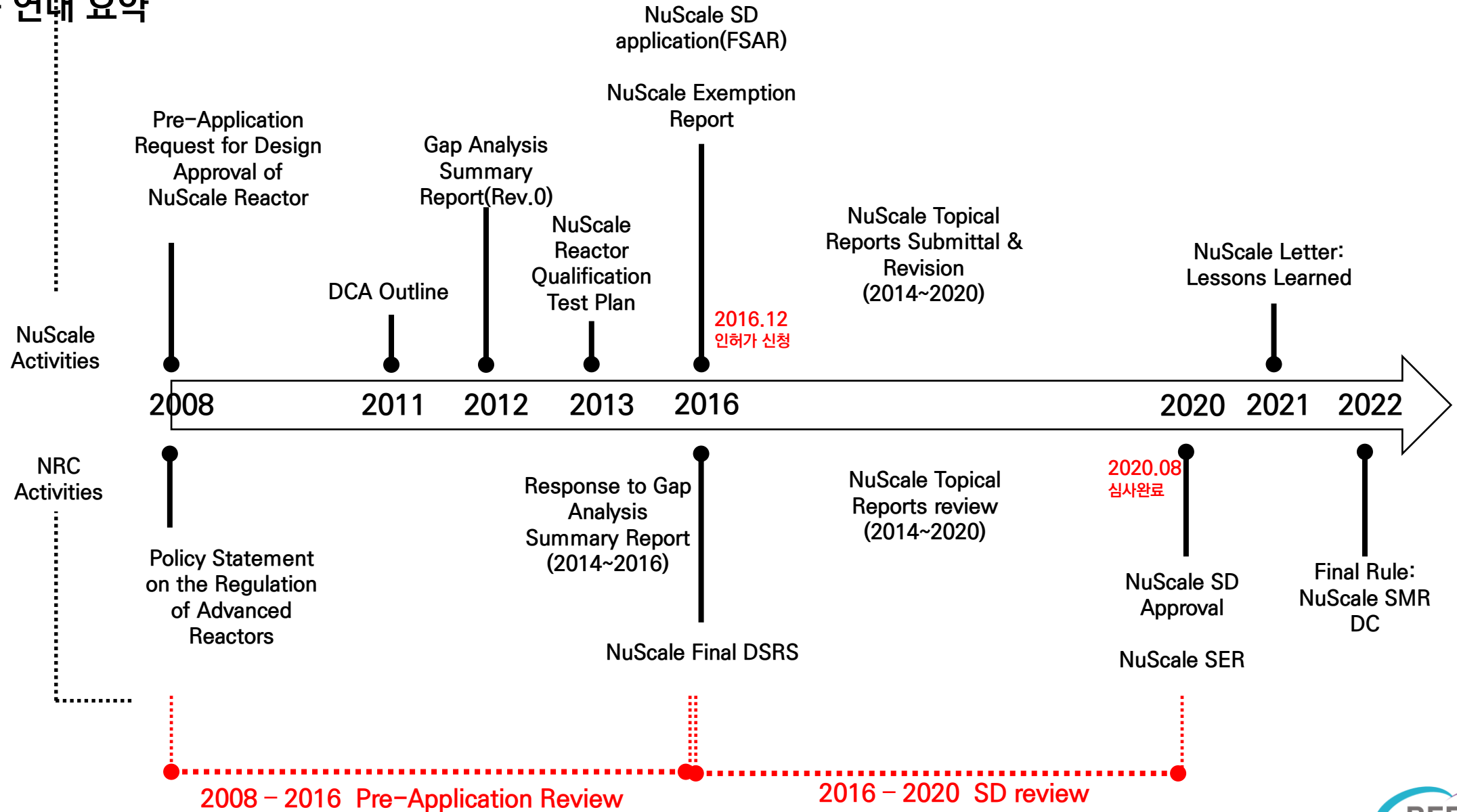
▪ NuScale Letter: Lessons Learned(2021)

- NRC는 NuScale에게 인허가심사 과정에 대한 교훈을 요청하였고, NuScale은 5가지 주요 교훈을 전달하였음
- 특히, NuScale은 명확한 위험도 정보 원칙의 적용이 필요함을 강조하였음.
- NuScale은 GDC 27 사례를 NRC에서 위험도 정보 원칙을 적용한 우수한 사례로 평가하였음.
- 하지만 가연성 가스 모니터링에 의한 방사능누출과 같은 낮은 예상 누출선량 및 빈도($3 \times 10^{-10}/\text{yr}$)에도, NRC가 이에 대한 해석이 필요하다고 결정하는 등, 위험도 정보 원칙에 대한 명확한 기준의 정립이 필요함을 주장함.

번호	내용
1	요건 및 지침에 대해 개발자와 규제자간 의견 불일치를 해결하기 위한 이의신청 절차의 수립 필요
2	위원회 SRM이 없는 경우(ECCS 밸브의 심사 사례에서는 SRM 발행하여 위험도 정보 원칙으로 처리), 위험도 정보 원칙을 제한적으로 적용함. 따라서 위험도 정보 원칙의 명확한 적용 범위 필요
3	신뢰도(Credible)의 정의가 필요(발생빈도가 매우 낮고 누출 결과가 미미한 경우에도 검토가 필요했음)
4	체계적인 절차(Downstream 기반)에 따른 설계문제 해결 및 보완 필요(현재는 설계검토 프로세스 초기부터 높은 수준의 설계 완성도와 설계정보 필요)
5	원자력안전자문위원회 (Advisory Committee on Reactor Safeguards, ACRS)의 역할 명확화 필요(불필요하게 광범위한 검토로, ACRS의 제한된 인력에 의해 검토 지연이 발생)

NuScale의 표준설계인가 획득 전략

주요 활동 연대 요약



▪ NuScale 인허가 핵심 활동의 주요사항은 다음과 같음.

- 조기 현안파악 및 현안 해결도출을 위한 사전인허가활동 운영 및 활용
- 사전인허가활동을 통한 심사지침(NuScale DSRS) 조기 개발
- 현안 조기 해결을 위한 TR 범위 확대
- 면제 및 대체요건 적용을 가능하게 하는 규제 근거(PDC 조항, 10CFR50.12)
- 혁신설계 심사를 위한 위험도정보 방법론 활용

▪ 이에 대응하는 국내 환경을 요약하면 다음과 같음.

- 현재 원자력안전위원회 및 원자력안전기술원은 2022년 사전인허가활동 지침 개발 완료를 목표로 하고 있음.
- 사전인허가활동 지침 내에 DSRS 개발 프로세스를 도입할 것으로 예상함.
- 현재, 국내 TR 제도는 특정 안전관련 방법론 및 코드 관련으로 주제범위가 제한되어있어, 범위 확대가 필요할 것으로 판단됨.
- 국내 기술기준에 관한 규칙 제 11조에는 원자력안전위원회가 인정하는 경우 일부 규정이 적용되지 않을 수 있음을 명시하고 있어 면제근거가 있기는 하나, 이에 대한 구체적 이행방안이 필요함.
- 현행 국내 규제체계는 결정론적 방법론에 기반하고 있으며, 이는 미국이 20여 년간 위험도 정보 방법론을 실제 규제에 활용한 것에 비해 위험도 정보 방법론의 규제 활용에 대해서는 경험이 부족하므로 조속히 위험도 정보 평가 방법론의 도입이 필요함.

감사합니다

