

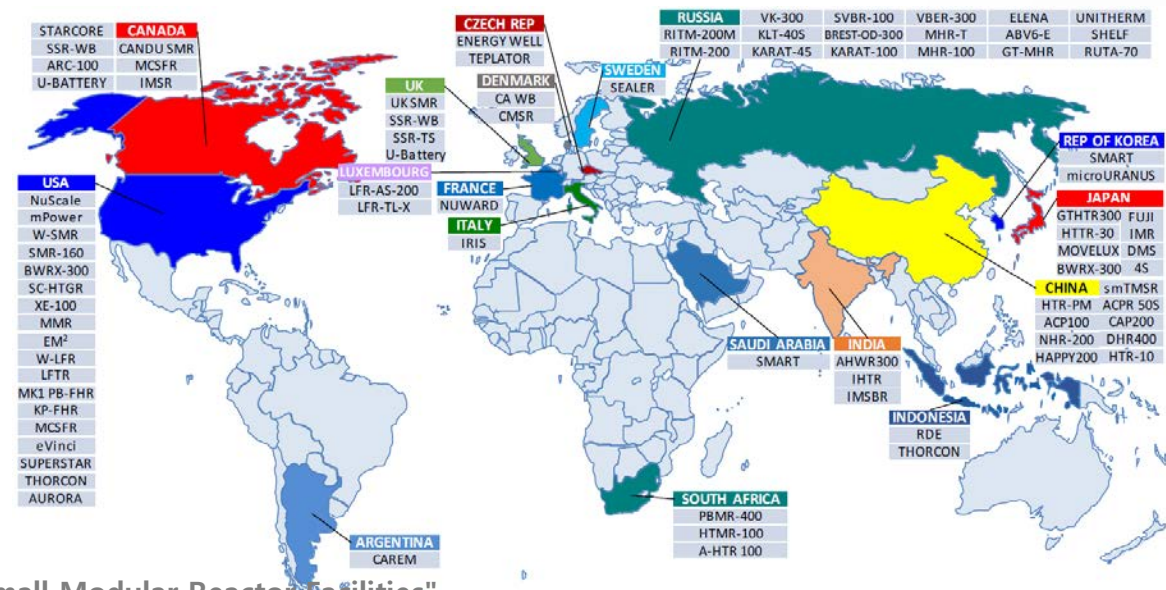
KOREA  
ATOMIC  
ENERGY  
RESEARCH  
INSTITUTE

# SMR의 사이버보안 현안

송재구

## ■ 해외 주요국 개발 동향

- 대형원전은 막대한 초기 투자비용에 대한 부담으로 인하여 기존의 원전사용국 또는 국가 재정규모가 큰 원자력 도입 희망국의 신규 원전, 또는 기존 노후 원전을 대체하는 정도로 제한 됨에 따라 원자력 원천기술 보유국의 관심이 시장전망이 밝은 SMR로 진화
- 미국, 영국, 러시아, 중국 등을 중심으로 각 국가는 SMR 개발을 위한 컨소시엄을 구성하여 개발 및 상업화를 추진중
- OECD 국가를 중심으로 2020년 기준 전 세계적으로 **70개 이상 다양한 노형의 SMR 개발중**



## ☞ 대형 원전 & SMR의 유사점/차이점

### Key Similarities :

- Regulation (Similar regulatory framework)
- Many fundamentals apply to both (“It’s still nuclear”)

### Key Differences :

- **Size**(Reduced capital and siting cost, Faster Deployment)
- **Simplicity**(Passive safety systems, Potential reduction in staffing)
- Reduced regulatory burden (in theory)

### Conventional NPP



### SMR





## 원전 계측제어기술의 발전(원자력시설 컴퓨터 및 통신망 적용이 확대)

SMR : 원격제어, 자율운전, 통합제어실 등 다수기 제어를 위한 신기술 적용 및 운영 환경의 변화



FIG. V-4a. Sweden's Oskarshamn unit 1 MCR before modernization in 2003



FIG. V-4b. Sweden's Oskarshamn unit 1 MCR after modernization

Image credit : Instrumentation and Control (I&C) Systems in Nuclear Power Plants: A Time of Transition - NTR2008 Supplement  
오스카스함 원자력 발전소 (1972)



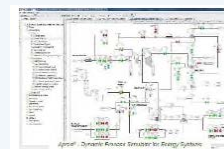
Image credit : SMART원전 MMIS 국산화, 우리가 책임진다, & I&C 기술 도약 “한국형 원전의 자부심이 되다”, 원자력 신문



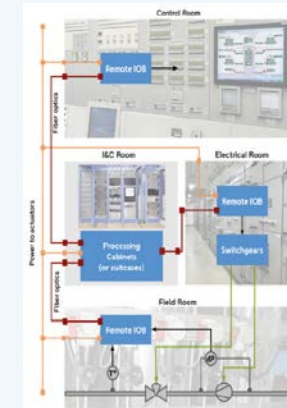
원격자율 운전, 디지털 트윈기술



FPGA 등 최신 플랫폼 기술 활용



최신 소프트웨어 적용



Multiplexed Communication, Remote



스마트 센서,  
무선기술 적용

# SMR의 사이버보안 현안

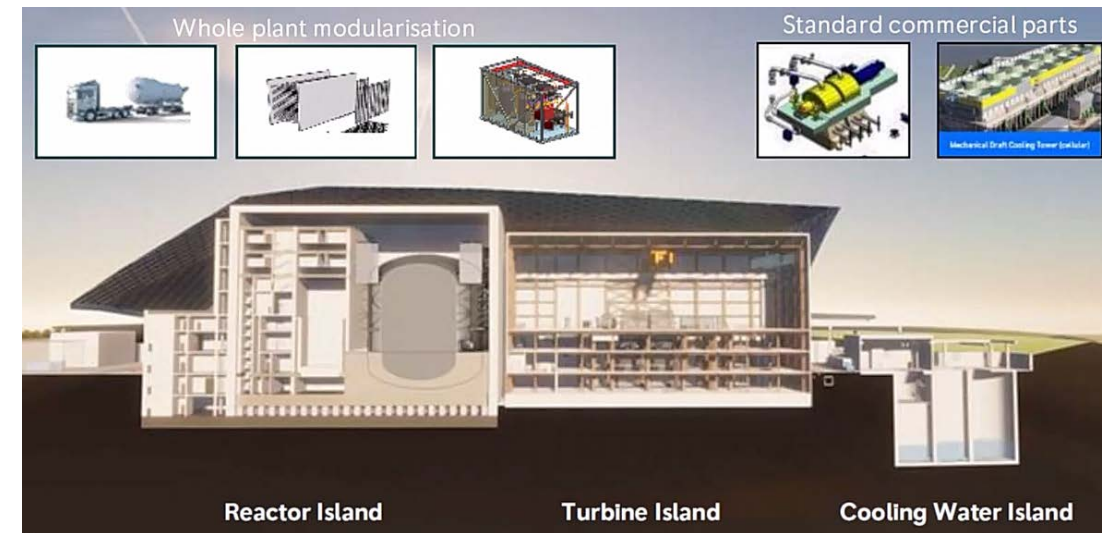
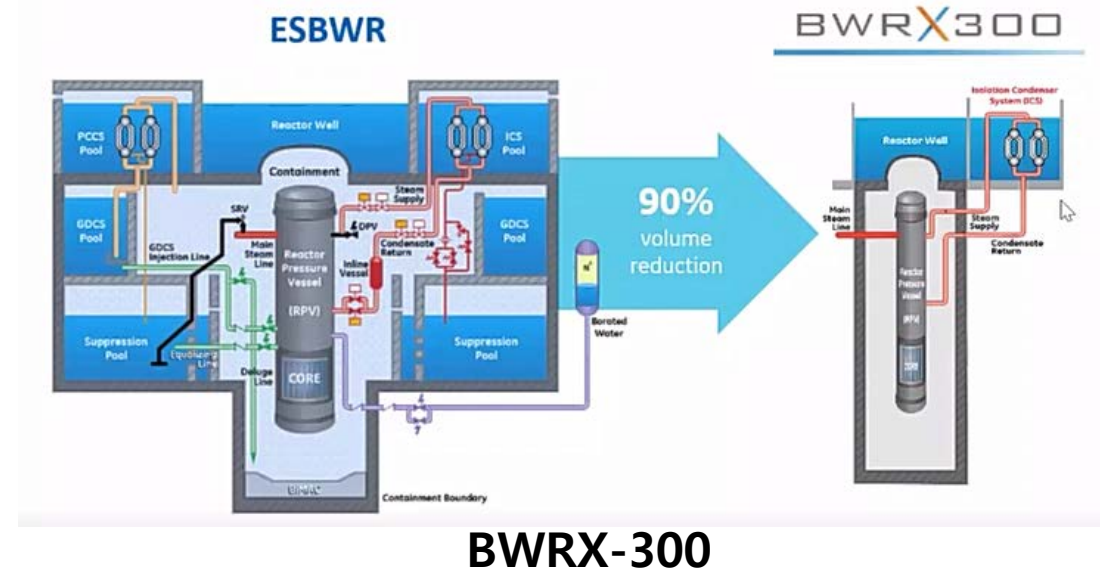


## 해외 주요국 SMR 설계의 특성

### 모듈화 및 시스템 통합을 통한 단순화 (Simplification by Modularization and System Integration)

- 기존 원자로에 비해 개발중인 SMR 설계는 일반적으로 더 단순함.
  - 일체형원자로 설계
  - 능동형 공학적안전설비 축소 또는 제거

### 컴팩트한 아키텍처는 제조(공장 내)의 모듈화를 가능하게 하며, 이는 또한 고품질 표준의 구현을 용이하게 하는 특성이 있음.



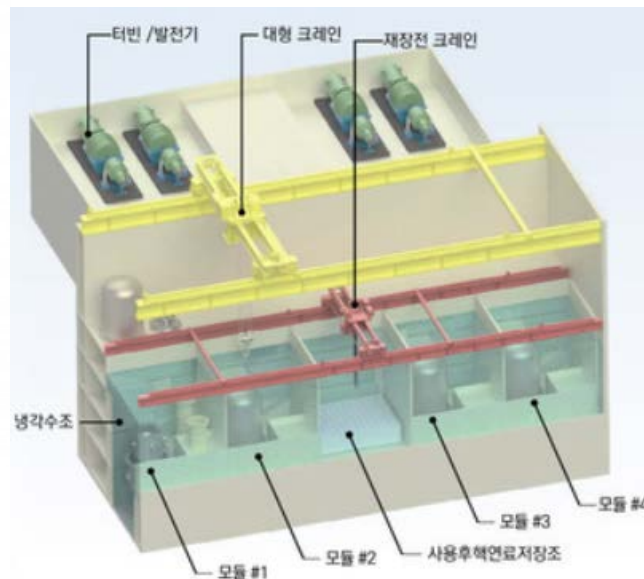
## Rolls-Royce SMR



## ■ 해외 주요국 SMR 설계의 특성

### ■ 다중모듈 플랜트 배치구조 (Multi-module Plant Layout Configuration)

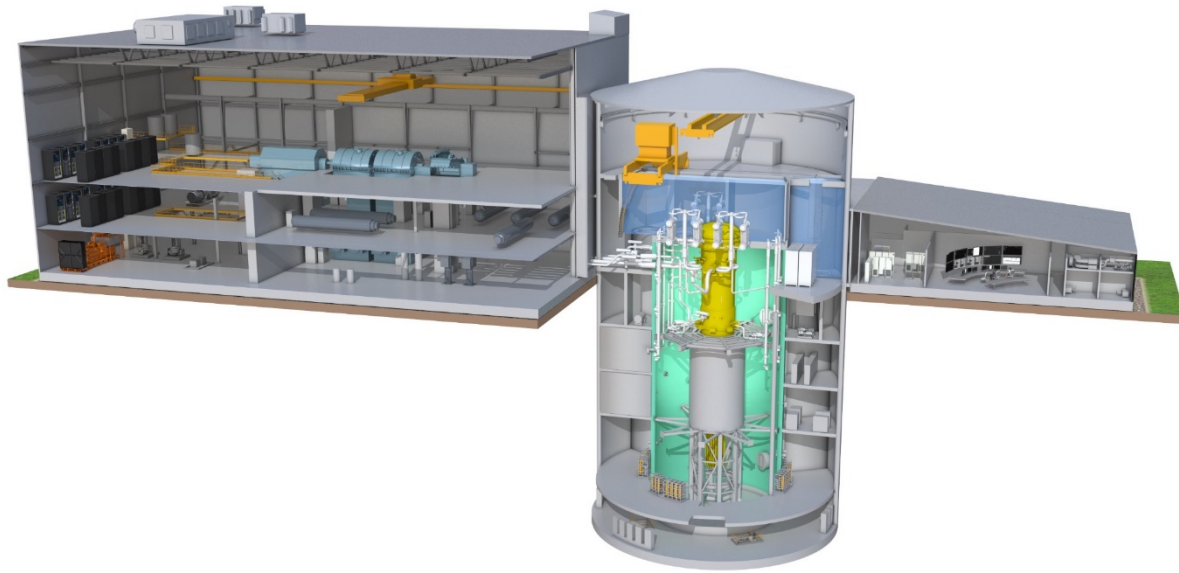
- 소형 모듈식 원자로는 동일 부지(site)에 복수 개의 원자로를 건설
- 소형 모듈식 원자로들 조합을 통한 **유연한 출력량 조절** 및 타 에너지시스템과의 연계 용이
- 예산절감과 운전효율 개선을 통해 **운전원의 수를 최소화**



## ■ 해외 주요국 SMR 설계의 특성

### ■ 보안 및 내진 강화를 위한 지하공법 (Underground construction for enhanced security and seismic)

- 자연적(예: 위치에 따른 지진 또는 쓰나미) 또는 인위적(예: 항공기 충돌) 위험으로 부터 원자로 및 주요 설비를 지하 또는 수중에 설치하여 안전성 개선
- 이를 통해 원자로 및 주요 설비에 대한 외부인의 접근 가능성을 감소

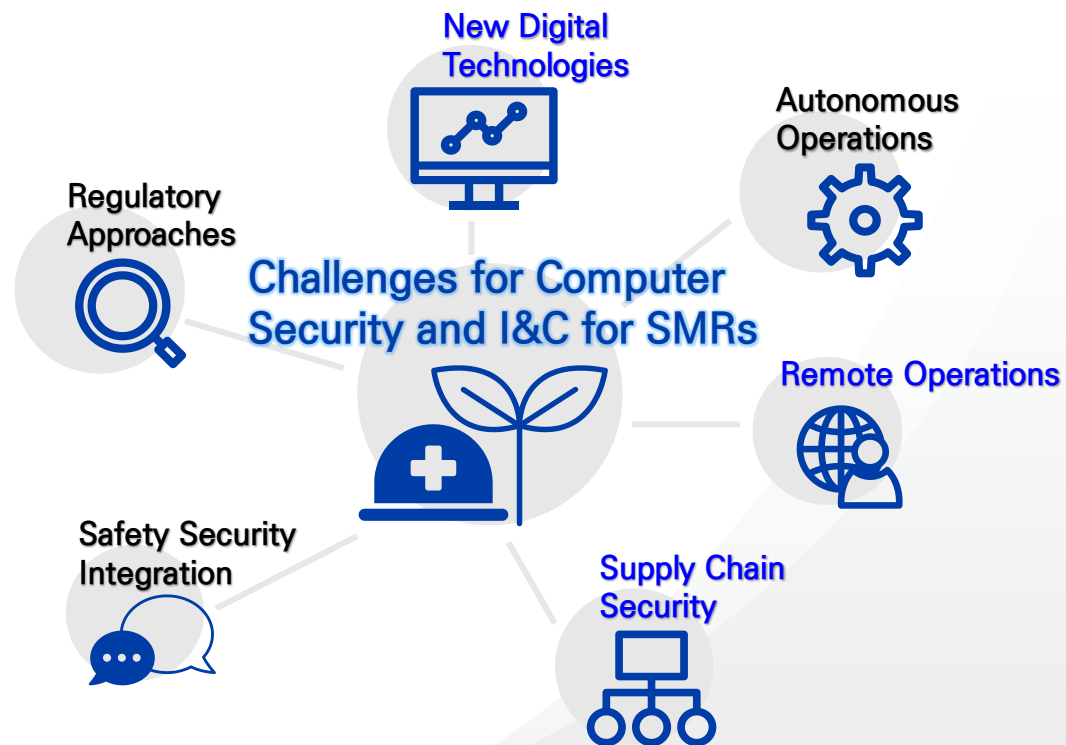


## SMR 사이버보안 고려사항

- 국외 규제기관(NRC 등) 및 SMR 개발자가 논의한 결과, 지금까지 **SMR의 사이버보안을 해결하기 위해 취한 접근방식은 기존 LWR의 접근방식과 다르지 않았으며, 원격지 건설 외는 특별히 다르지 않다는 것이 일반적인 견해임**
- 기존 LWR과 마찬가지로 SMR 설계자는 설계 초기부터 폐로까지 사이버보안을 고려해야 함. SMR 사이버보안 조치 이행 방안의 개발, 설계문서의 정보보안, 공급망에 대한 사이버보안, 디지털자산의 분류 및 사이버보안 심층방호구조 등이 고려되어야 함.

## SMR의 I&C와 사이버보안 이슈

- New Digital Technologies
- Autonomous Operations
- Remote Operations
- Supply Chain Security
- Safety Security Integration
- Regulatory Approaches







## SMR 모델의 기술개발 현황



## NuScale

NUSCALE™  
Power for all humankind

LO-0219-64505

April 29, 2019

Docket No. 52-048

U.S. Nuclear Regulatory Commission  
ATTN: Document Control Desk  
One White Flint North  
11555 Rockville Pike  
Rockville, MD 20852-2738

**SUBJECT:** NuScale Power, LLC Submittal of "Human-System Interface Design Results Summary Report," RP-0316-17619, Revision 2

**REFERENCE:** Letter from NuScale Power, LLC to Nuclear Regulatory Commission, "NuScale Power, LLC Submittal of Third Set of Human Factors Engineering Documentation for Design Certification Application," dated December 29, 2016 (ML16364A348)

NuScale Power, LLC (NuScale) submitted Revision 0 of the "Human-System Interface Design Results Summary Report," RP-0316-17619, to the NRC (Reference 1). The purpose of this letter is to submit Revision 2 of the "Human-System Interface Design Results Summary Report" to the NRC. Revision 1 of the "Human-System Interface Design Results Summary Report" was not submitted to the NRC.

### 3.4.2 Automation Roles

Automation plays a key role in the control of a NuScale plant. Beyond controlling plant functions and systems, automation is applied to a wide range of other functions, including monitoring and notification, situational assessment, response planning, response implementation, and interface management. Automation is a critical component of the HSI design and supports operators in operation of the plant. Examples of automation as a function of the HSI design are:

- placing equipment in service, conducting tests, and controlling processes
- automated notifications and recommended sequences
- performance of sequences not suited to manual operation (see description of process control roles below)

## SMR 모델의 기술개발 현황

### X-energy



**X Energy, LLC**  
801 Thompson Avenue  
Rockville, MD 20852  
+1 301.358.5600

21-May-2021

XE00-R-G1ZZ-GLZZ-G\_001264\_Rev 1

Docket No. NRC-2021-0048

U.S. Nuclear Regulatory Commission

ATTN: Mehdi Reisi Fard (Chief, Performance and Reliability Branch, Division of Risk Analysis, Office of Nuclear Regulatory Research)  
Washington, DC 20555-0001

**SUBJ: Response to U.S. NRC Request for Comment, Agency/Docket Number: NRC-2021-0048**

**"Role of Artificial Intelligence Tools in U.S. Commercial Nuclear Power Operations"**

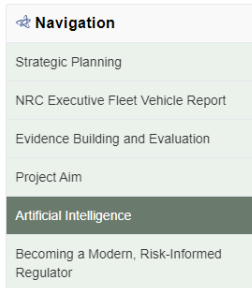
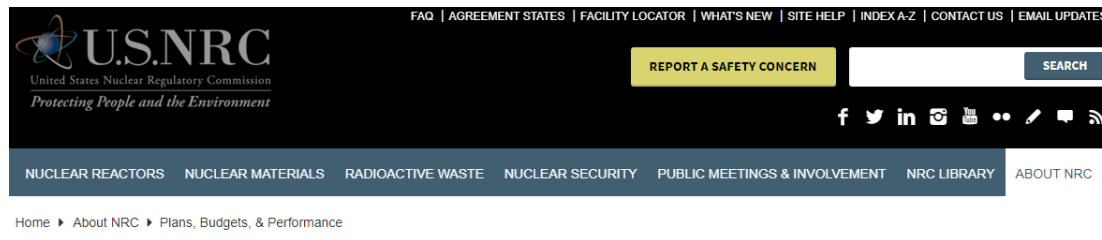
1. What is status of the commercial nuclear power industry development or use of AI/ML tools to improve aspects of nuclear plant design, operations or maintenance or decommissioning? What tools are being used or developed? When are the tools currently under development expected to be put into use?
  - a. X Energy, LLC (X-energy) is in the advanced reactor (AR) space, specifically small modular (SMR) high temperature gas reactors (HTGR). As such, these comments will focus on possible use cases for the AR community. The AR community is fully embracing AI/ML technologies for a wide array of applications. Examples include autonomous control systems, performance monitoring, predictive maintenance, additive manufacturing, design optimization, etc. Throughout this document, X-energy will provide examples of applications it is exploring, as well as knowledge of other applications being explored by the AR community in general.
  - b. Nuclear Plant Design
    - i. Fully Autonomous Control System: The AR community is seriously exploring fully autonomous control systems. In theory a fully autonomous control system would be able to handle all modes of operation from startup to full power to shut down.
  - c. Operations & Maintenance – current maintenance practices use many predictive tools through “rules” and “conditions.” While these rules and conditions can be programmed into software, they are a translation of expert knowledge into logical statements. The future of maintenance programs will include truly predictive capabilities, where AI/ML models can tell an engineer the remaining useful life (RUL) of a component with quantified uncertainty bounds. These predictions will most likely come from neural networks trained on operational data.
    - i. Anomaly Detection – (on-going) using artificial data generated from systems analysis software, train a neural network to identify anomalies during operation and classify the type of “Initiating Event.” The Initiating Events come from PRA.



## 해외 주요국 SMR 규제 현안

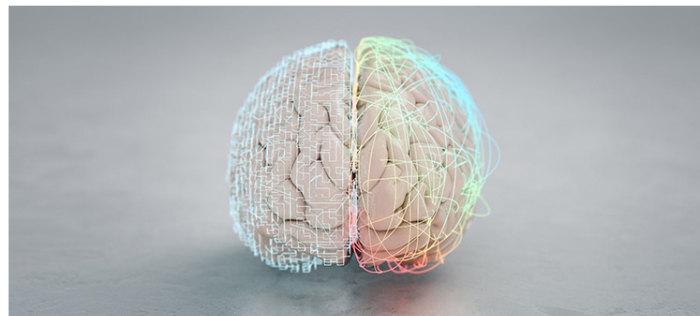
### 미국(NRC)

- The NRC is committed to continue to keep pace with technological innovations to ensure the safe and secure use of AI in NRC-regulated activities.



#### Spotlight

### Artificial Intelligence



Artificial Intelligence (AI) is one of the fastest-growing technologies globally and has the potential to enhance decision-making processes for the nuclear industry by providing insights into vast amounts of data generated during the design and operation of nuclear facilities. As a result, the nuclear industry has expressed a growing interest in researching and using AI technologies to improve operational performance and mitigate operational risk.

The NRC is committed to continue to keep pace with technological innovations to ensure the safe and secure use of AI in NRC-regulated activities.



## ■ 해외 주요국 SMR 규제 현안

### ■ 미국(NRC)

- 미국의 상업용 차세대원자로는 미국원자력규제위원회(NRC)의 승인 필요
- NRC는 차세대원자로에 대한 새로운 규제체계인 “**10 CFR Part 53**” 개발중
  - 대형경수로에 사용되는 전통적 결정론적 접근법에서 근본적으로 사고를 전환하겠다고 선언(NRC 위원장, '21.3월)
  - 차세대원자로의 새로운 특징을 반영하고 기존 규정보다 유연하게 구현하기 위해 노력
  - 2025년 7월경 발표 예정 (현, 신규 경수형 SMR 인허가와 차세대원자로 사전 신청 활동 진행중)
- NuScale 사전인허가 검토(Pre-Application Review, PAR)진행
  - 잠재적 인허가 현안의 조기 파악 및 해결을 위해 인허가신청 전 사전검토(PAR)를 장려
  - NuScale에서 제출한 Topical Reports, Technical Reports 검토, NuScale과의 회의 수행 등을 통해 주요 인허가 현안을 도출함. (최초 사례로 시행착오를 거쳐 보완하는 과정을 거침)

미국과 캐나다의 규제기관은 SMR 개발사들과 긴밀한 협력 체계 구축을 통해 시장 선점 노력 중임.  
이에 따라 미국과 캐나다의 규제 체계가 국제 규제 표준이 될 가능성이 존재함.

## ■ 해외 주요국 SMR 규제 현안

### ■ 캐나다(CNSC)

- **캐나다원자력안전위원회(CNSC)는 원자로 개발사의 요청에 따라 공급자 설계검토(VDR: Vendor Design Reviews)을 수행**
  - VDR을 통해 개발사는 **인허가 가능성을 사전에 검증**
  - VDR이 완료되면 개발사는 인허가 신청서를 제출할 때 원활한 승인이 가능
  - VDR은 3단계로 구성되어 진행
    - 1단계 : 설계정보 평가 및 규제요건 준수 여부 확인 (12~18개월 소요)
    - 2단계 : 건설허가를 위한 예비안전성분석보고서 개발 지원 및 잠재 문제점 확인 (24개월 소요)
    - 3단계 : 이전 단계에서 도출된 보완 필요사항에 대한 후속 조치



A nuclear research institute  
**reshaping the future** based  
on **peoples trust**

---



# THANK YOU

## Acknowledgements

This work was supported by the Nuclear Safety Research Program through the Korea Foundation Of Nuclear Safety (KoFONS), granted financial resource from the Nuclear Safety and Security Commission (NSSC), Republic of Korea. (No. 2202022)