

Study on Considerations of the Dry Storage Facility for Light Water Reactors from Safeguards viewpoint

2021. 10. 21

한국원자력통제기술원

황 유 정

목 차

1

연구 배경

2

안전조치 요건 및 국내외 이행현황

3

안전조치 고려사항

4

결 론

I. 연구 배경

- 국내 원자력발전소에서 발생된 대부분의 사용후핵연료는 소내 사용후핵연료 저장조에 저장 중이며, 일부 중수로 사용후핵연료는 소내 건식저장시설에 저장 중임
- 아래 <표>와 같이 저장시설 용량이 포화되고 있으며, 고리 1호기 및 월성 1호기 해체를 위해 사용후핵연료 저장조에서 다른 임시 시설로 운송이 반드시 필요함
- 중수로 사용후핵연료의 경우, 건식저장시설(Silo, MACSTOR/KN-400)을 건설하여 운영 중에 있으나, 경수로 사용후핵연료 건식저장시설은 현재 미정임
- 신규 원자력시설인 경수로 사용후핵연료 건식저장시설의 안전 규제는 명확하게 규정되어 있지만, 국내 안전조치에 대한 적용(안) 및 규제 요건은 논의 중에 있음
- MACSTOR/KN-400 도입 당시, IAEA로부터 설계안에 대한 안전조치 적용성을 평가 받았으며, 재검증관 및 봉인설치관 등의 설계를 수차례 회의를 통해 수정한 경험이 있음
- 신규 원자력시설 도입 시, 시설의 안전조치 적용(안) 및 규제요건을 명확하게 규정할 필요성이 있음
- 경수로 사용후핵연료 건식저장시설 설계 시, 안전조치 적용사항을 반영할 수 있도록 해야 함

<표> 국내 사용후핵연료 저장 현황, 2021.04

부지	노형	호기	저장률
고리 서울 한빛 한울 월성	PWR	6 units	82.1 %
	PWR	2 units	19.0 %
	PWR	6 units	73.4 %
	PWR	6 units	85.9 %
	PWR	2 units	56.3 %
	PHWR	4 units	95.0 %
	Dry storage facility*		98.7 %

* Silo 300기, MACSTOR/KN-400 7기 및 7기 건설 중

II. 안전조치 요건 및 국내외 이행 현황

❖ IAEA의 안전조치 요건

- IAEA는 안전조치와 관련된 사항에 대해 **SMC (Safeguards Manual Criteria)**¹⁾ 를 활용하고 있음
- 사용후핵연료의 건식저장시설 이송 및 저장 관련 IAEA의 안전조치 요건
 - ✓ SMC 9. Storage Facilities, para 3.2(b)
사용후핵연료가 저장시설로 운송되어 Difficult-to-Access²⁾ 상태로 저장되기 전, SMC 14. Annex 4의 1(b)에 따라 **검증**
 - ✓ SMC 14, Annex 4, para 1(b)
 핵물질은 Difficult-to-Access 전에 검증하며, **Dual C/S**³⁾ **적용**
 - ✓ SMC 14, Annex 3, para 3.2
 사용후핵연료 건식저장시설에서 **Dual C/S 시스템 검증**
 - ✓ SMC 14, Annex 3, para 3.2
 Dual C/S 시스템이 Acceptable 평가되지 않을 경우, SMC 14, Annex 3의 절차에 따라 **사용후핵연료 재검증**

1) IAEA SMC : 시설형태에 따라 필요한 안전조치 사항 규정한 IAEA 내부분서

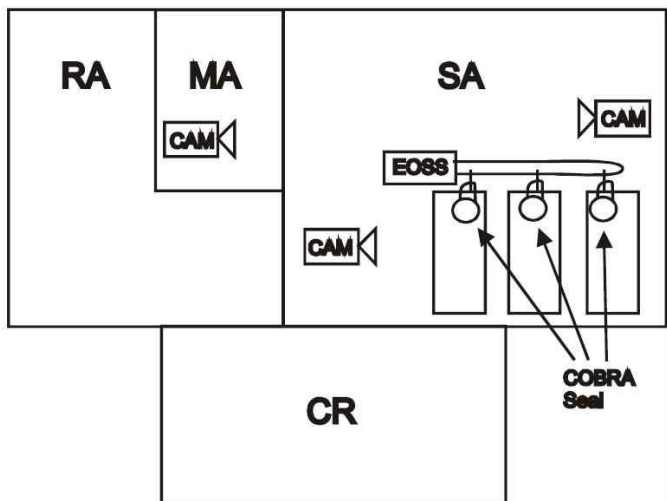
2) Difficult-to-Access : 핵물질 재검증이 거의 불가능한 상태로 이전되는 상태를 의미, 저장시설이 이에 해당됨

3) C/S(Containment and Surveillance) : 핵물질, 장비 및 시료 등의 이동에 관한 정보의 검증, 안전조치 관련 자료의 건전성 보존을 목표로 사용. 많은 경우, 사찰관이 없는 기간에 사찰관을 대신함으로써, IAEA를 위한 정보의 연속성(Continuity of Knowledge)을 보장하고 비용 효율성에 기여함.

II. 안전조치 요건 및 국내외 이행 현황 (계속)

❖ 국내외 안전조치 이행 현황

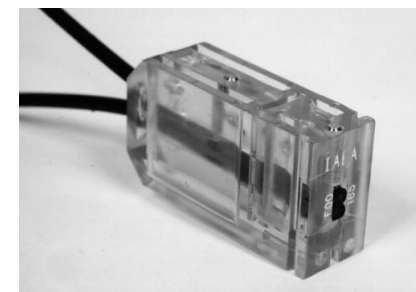
- 독일 (경수로 건식저장시설)



<그림> 독일 경수로 건식저장시설 개략도



<그림> EOSS(Electric optical seal system)



<그림> COBRA fibre optic seal

건식저장시설은 Storage Building과 Control Building으로 구분됨

1. Storage Building : Reception Area(RA), Maintenance Area(MA), Storage Area(SA)

- Surveillance system : Storage Area에 2대, Maintenance Area에 1대 설치
- Dual C/S : 금속봉인 및 COBRA 봉인, 추가로 EOSS 봉인 설치(용기 그룹화)

2. Control Building : 카메라 및 EOSS 봉인을 통한 원격 감시 시스템 적용

III. 안전조치 고려사항

- 사용후핵연료의 건식저장시설에 대한 안전조치 고려사항

- ✓ SMC 9. Storage Facilities, para 3.2(b)

사용후핵연료가 저장시설로 운송되어 Difficult-to-Access 상태로 저장되기 전, SMC 14. Annex 4의 1(b)에 따라 **검증** 건식저장시설 내 Storage Area에 Surveillance system(Camera) 설치

- 독립적인 카메라 전원 공급과 데이터 전송용 케이블 고려

- ✓ SMC 14, Annex 4, para 1(b)

핵물질은 Difficult-to-Access 전에 검증하며, **Dual C/S 적용**

- IAEA의 봉인 (금속봉인 및 COBRA 봉인) 설치관 설계를 고려

- ✓ SMC 14, Annex 3, para 3.2

사용후핵연료 건식저장시설에서 **Dual C/S 시스템 검증**

- 검증 장비 및 공간 확보 설계

- ✓ SMC 14, Annex 3, para 3.2

Dual C/S 시스템이 Acceptable 평가되지 않을 경우, SMC 14, Annex 3의 절차에 따라 **사용후핵연료 재검증**

- 검증 장비 및 공간 확보 설계

- 사용후핵연료 저장시설의 포화로 인하여 경수로 사용후핵연료 건식저장시설이 요구됨
- 월성 중수로 사용후핵연료 건식저장시설인 MACSTOR/KN-400의 안전조치를 적용한 경험이 있으며, 설계 시 안전조치를 고려하는 것의 중요성을 인식하게 되는 계기가 됨
- 따라서, 신규 원자력시설을 도입하기 전, 안전조치 적용에 관한 고려사항을 대비할 필요가 있음
- 사용후핵연료 건식저장시설에 관련된 IAEA의 안전조치 요건을 기반으로 국내외 안전조치 이행 사례를 분석하여, 경수로 사용후핵연료 건식저장시설의 안전조치 고려사항을 정리하였음
- 향후, 신규 원자력시설에 대한 안전조치 고려사항은 안전조치 적용(안) 및 규제 요건(안)의 기초가 되어, 설계 실무그룹과 공유하여 원활하게 진행할 수 있을 것으로 기대됨

감사합니다