미국의 사용후핵연료 건식저장용기 인증현황

채경선, 박병목, 신경욱, 박장순, 전상환
세안기술(주), 서울시 금천구 가산동 481-10 벽산디지털밸리2차 910호
gschae7@sae-an.co.kr

1. 서론

요르단 연구용원자로와 UAE 상용원자로 수출등으로 인해 국가경제발전을 위한 국내 원자력산업계 및 관련기관의 기대와 열정이 뜨겁게 달아오르는 시기에 원자력수출국가의 이미지 제고를 위한 사용후핵연료관리를 위한 적극적인 정책 및 기술개발의 중요성도 강조되고 있다. 사용후핵연료관리에 관한 국가정책방향 설정에 따라 2016년경 포화예상되는 국내 가동중인 원자력발전소로부터 발생한 사용후핵연료를 중간저장하기 위한 사용후핵연료 저장시스템의 설계 및 건설·운영을 위한 사전준비와 기술개발이 이루어지고 있다. 사용후핵연료 습식저장방식에 비해 제작 및 관리비용이 저렴하고 안전성과 저장용량 확장 및 운영 용이성을 장점으로 하는 건식저장방식이 주요국가에서 현실적인 대안으로 검토되고 있는데, 사용후핵연료의 안전성관리 측면에서 상대적으로 까다로운 경수로형 원자로가 대다수인 미국의 사용후핵연료 건식저장용기 인증현황을 조사하였다.

2. 본론

2.1 인허가 제도

미국의 사용후핵연료 중간저장시설의 인허가 체계는 10CFR72에 따라 부지별허가와 일반허가로 크게 구분할 수 있으며, 개별 캐스크에 대해서는 부합성인증서(Certificate of Compliance) 허가제도를 시행하고 있고, NRC는 사용후핵연료 저장시설의 안전성평가와 관련하여 사용후핵연료 독립저장시설(ISFSI)과 캐스크에 대하여 별도의 심사지침을 개발하여 적용하고 있는데, ISFSI시설에 대한 안전심사지침은 NUREG-1567[1]에서, 캐스크의 안전심사지침은 NUREG-1536(2009년 최근 개정중)[2]에 제시하고 있다. 또한 기발간된 안전심사지침의 내용을 보완하거나 기존 지침에 제시되지 않은 사안에 대하여는 임시규제지침(Interim Staff Guidance)을 발간하고 있다.

2.2 인허가 현황

건식저장시스템별로 크게 볼트, 모듈, 콘크리트/금속 저장용기 방식으로 구분할 수 있는데, 1990년부터 최근까지 NRC로부터 부합성인증서로 인가받은 사용후핵연료 건식저장용기는 21종으로서 건식저장방식에 따라 Transnuclear Inc.사 NUH--OMS 모델형식의 모듈방식과 Holtec Interna--tional사의 HI-STAR 100등과 같은 금속용기 방식, 그리고 가장 최근에 인가받은 NAC Interna--tional Inc.사의 MAGNASTOR와 같은 콘크리트 저장 용기방식 등이 있는데, 그 현황을 Table 1. 에 나타내었다.

Table 1. Dry Spent Fuel Storage Designs
: NRC Approved for General Use

C of C Issue Date	Storage Design Model	Vendor
08/17/1990	CASTOR V/21	General Nuclear Systems, Inc.
08/17/1990	NAC S/T NAC-C28 S/T	NAC International, Inc.
11/04/1993	TN-24	Transnuclear, Inc.
05/07/1993	VSC-24	BNG Fuel Solutions Co.
01/23/1995	NUHOMS-24P NUHOMS-52B NUHOMS-61BT NUHOMS-32PT NUHOMS-24PHB NUHOMS-24PTH	Transnuclear, Inc.
10/04/1999	HI-STAR 100	Holtec International
06/01/2000	HI-STORM 100	Holtec International
04/19/2000	TN-32	Transnuclear, Inc.
11/20/2000	NAC-UMS	NAC International, Inc.
04/10/2000	NAC-MPC	NAC International, Inc.
02/15/2001	FuelSolutions	BNG Fuel Solutions Co.
05/28/2000	TN-68	Transnuclear, Inc.
02/05/2003	Advanced NUHOMS-24PT1	Transnuclear, Inc.
01/10/2007	NUHOMS-HD	Transnuclear, Inc.
02/04/2009	MAGNASTOR	NAC International, Inc.

2.3 최근이슈

사용후핵연료 건식저장의 안전성확보 및 효율적인 최소 관리방안이 안전심사지침의 준수에 있다

고 가정하면 안전심사지침 및 임시규제지침의 체계와 내용을 명확히 파악하고 이해하며 실제로 적용하는 것이 중요하다. 그동안 발간된 Table2. 의 임시규제지침(ISG) 내용중 22개 항목에 대해 안전심사지침서 NUREG-1536에 반영하여 개정중인[2] 주요 내용으로서 재료에 대한 안전성 평가 항목의 추가 및 연소도 이득(Burnup Credit)을 적용하는 것과 모델링을 위한 전산프로그램의 적용 내용이 강화된 점을 들 수 있다.

Table 2. ISG issued to clarify or to address issues not discussed in a SRP

Staff Guidance (SFST-ISG-)	Topic
1, R2	Damaged Fuel
2	Fuel Retrievability(R1-Draft)
3	Post Accident Recovery and Compliance with 10 CFR 72.122(l)
4, R1	Cask Closure Weld Inspections
5, R1	Confinement Evaluation
6	Establishing Minimum Initial Enrichment for the Bounding Design Basis Fuel Assembly(s)
7	Potential Generic Issue Concerning Cask Heat Transfer in a Transportation Accident
8, R2	Burnup Credit in the Criticality Safety Analyses of PWR Spent Fuel in Transport and Storage Casks
9, R1	Storage of Components Associated with Fuel Assemblies
10, R1	Alternatives to the ASME Code
11, R3	Cladding Considerations for the Transportation and Storage of Spent Fuel
12, R1	Buckling of Irradiated Fuel Under Bottom End Drop Conditions
13	Real Individual
14	Supplemental Shielding
15	Materials Evaluation
16	Emergency Planning
17	Interim Storage of Greater Than Class C Waste
18, R1	The Design and Testing of Lid Welds on Austenitic Stainless Steel Canisters as the Confinement Boundary for Spent Fuel Storage
19	Moderator Exclusion Under Hypothetical Accident Conditions and Demonstrating Subcriticality of Spent Fuel Under the Requirements of 10 CFR 71.55(e)
20	Transportation Package Design Changes Authorized Under 10 CFR Part 71 Without Prior NRC Approval
21	Use of Computational Modeling Software
22	Potential Rod Splitting Due to Exposure to an Oxidiz -ing Atmosphere During Short-Term Cask Loading Op. in LWR or Other Uranium Oxide Based Fuel
23 (Draft)	Application of ASTM Standard Practice C1671-07 when performing technical reviews of SF storage and transportation packaging licensing actions
25 (Draft)	Pressure Test and Helium Leakage Test of the Confinement Boundary for SF Storage Canister

임시규제지침(ISG)의 ISG-16(비상계획)이나 ISG -17(GTCC 폐기물의 중간저장) 등 몇가지는 개정 검토안에 반영되지 않았으나 안전심사지침을 기초로 하여 향후 국내 사용후핵연료 중간저장 안전심사 지침이 마련될 것으로 예상한다면 기술개발 방향은 국내여건을 반영한 충분한 검토와 인허가에 대비한 것으로 설정할 필요가 있다.

3. 결론

국내의 경우 아직 경수로형 사용후핵연료의 건식저장 경험은 없으나 중수로형 사용후핵연료의 건식저장은 월성원자력발전소 부지를 중심으로 상당한 기술축적과 인허가심사 및 사용인가 경험이 있고, 교육과학기술부 고시인 "사용후핵연료 중간저장시설의 위치에 관한 기술기준", "사용후핵연료 중간저장시설의 부지특성보고서 작성지침" 및 "사용후핵연료 인도규정"과 같은 관련 법적 체계 또한 구비되었고, 경수로형 사용후핵연료 건식저장에 대한 연구개발이 활발히 진행되고 있으므로 원자력수출입국의 이미지 제고를 위한 사용후핵연료 관리를 위한 정책결정에 유연성을 제공할 수 있을 뿐만 아니라, 사용후핵연료 관리에 관한 공론화 등 대국민 수용성 확보에 도움이 될 것이다.

사용후핵연료 건식저장의 안전심사지침을 준수하면 안전성이 확보된다는 조건이면, 국내 경수로형 사용후핵연료 건식저장 기술개발을 촉진하고 가속화할 수 있는 방안으로서 기술개발단계에서부터 규제기관의 적극적인 참여로 건식저장시설 운영자에 대한 방향제시 뿐만 아니라 상호간 긴밀한 협조체계 및 정보교류 등이 가능할 때 이루어질 수 있을 것으로 기대된다.

4. 참고문헌

[1] U.S.NRC, Standard Review Plan for Spent Fuel Dry Storage Facilities, NUREG-1567, 2000

[2] U.S.NRC, Standard Review Plan for Spent Fuel Dry Storage Systems at a General License Facility, NUREG-1536(R1A), 2009