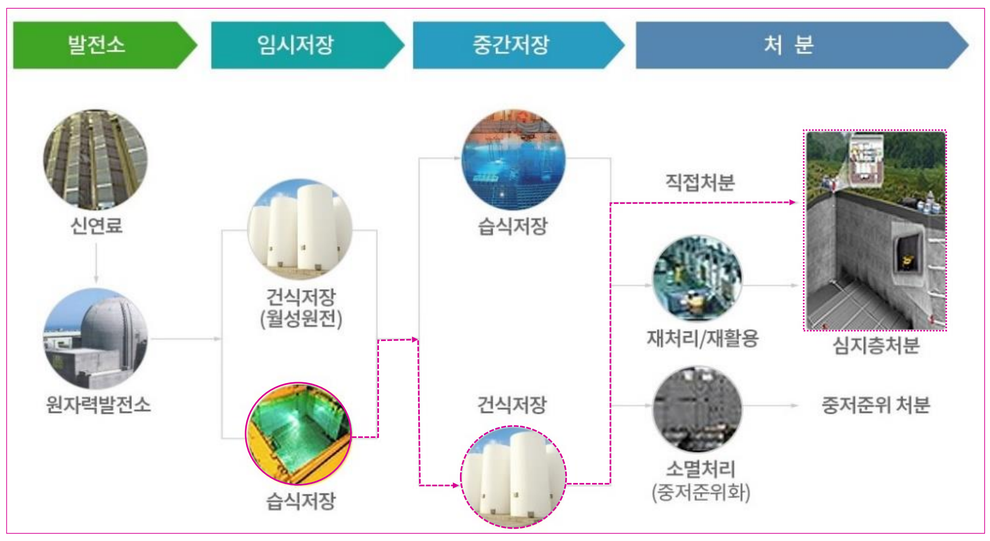
PO4D25

Comparison of Absorption Cross Sections for Neutron Absorbing Materials

권준현, 천영범
Materials Safety Technology Development Division
Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon, Korea

INTRODUCTION

• 국내 사용후핵연료 (SNF) 처리 방안



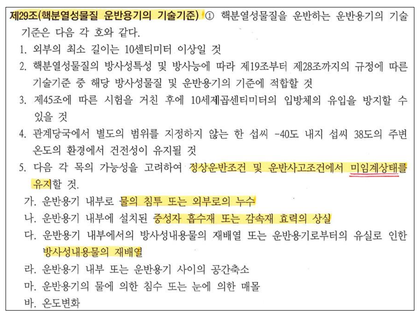
- 습식저장 SNF 이송용기 (transport), 중간저장 SNF 건식저장용기 (storage), 심지층처분시설 처분용기 (disposal) 제작시 중성자 criticality 고려
- 원안위 고시 요구사항: SNF 포함 핵분열물질 ($^{235}U/^{233}U$, ^{239}Pu) 미임계 유지를 위하여 중성자흡수재 사용 권고
- SNF 저장, 이송, 처분과 관련하여 중성자흡수재 수요는 증가

• 방사성물질 (핵분열성 물질 포함) 관리 국내외 규정

1) IAEA Safety Standards – Storage of Spent Nuclear Fuel (2012) [Specific Safety Guide No. SSG-15]
- Where subcriticality cannot be maintained by geometrical configurations alone, additional means can be applied; fixed neutron absorbers and/or burnup credit
- To maintain enough subcriticality margin in k_{eff} for all conditions including water flooding of the dry spent fuel storage facility

2) IAEA Safety Standards – Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (2009) [Safety Requirements TS-R-1]
- '핵분열물질 포함 운반용기' 안전성 평가 기술기준 – 임계 안전성 평가
- When n' absorbing materials are used, to ensure the continued presence and effectiveness of absorbing materials
- Continued presence of absorbing materials is important, which considers the effect of package impact and fire tests

3) 원자력안전위원회고시 제2013-27호 (2013) – 방사성물질등의 포장 및 운반에 관한 규정
- 핵분열성물질 운반용기 기술기준 가운데 임계 상태 평가 요구
- 핵분열물질(사용후핵연료 포함)의 운반·저장과 관련하여 국내외 기준을 살펴보면 극한 환경조건에서도 시설/용기의 미임계상태를 유지하도록 규정하고 있음


제29조(핵분열성물질 운반용기의 기술기준) ① 핵분열성물질을 운반하는 운반용기의 기술기준은 다음 각 호와 같다.
1. 외부의 최소 길이는 10센티미터 이상일 것
2. 핵분열성물질의 방사성특성 및 방사능에 따라 제19조부터 제28조까지의 규정에 따른 기술기준 중 해당 방사성물질 및 운반용기의 기준에 적합할 것
3. 제45조에 따른 시험을 거친 후에 10세제곱센티미터의 입방체의 유입을 방지할 수 있을 것
4. 관계당국에서 별도의 범위를 지정하지 않는 한 섭씨 -40도 내지 섭씨 38도의 주변 온도의 환경에서 건전성이 유지될 것
5. 다음 각 목의 가능성을 고려하여 정상운반조건 및 운반사고조건에서 미임계상태를 유지할 것.
가. 운반용기 내부로 물의 침투 또는 외부로의 누수
나. 운반용기 내부에 설치된 중성자 흡수재 또는 감속재 효력의 상실
다. 운반용기 내부에서의 방사성내용물의 재배열 또는 운반용기로부터의 유실로 인한 방사성내용물의 재배열
라. 운반용기 내부 또는 운반용기 사이의 공간축소
마. 운반용기의 물에 의한 침수 또는 눈에 의한 매몰
바. 온도변화

→ 중성자흡수재 개발에 필요한 후보 핵종의 핵적 특성자료를 수집 분석하여 소재설계에 정보 제공

METHODS

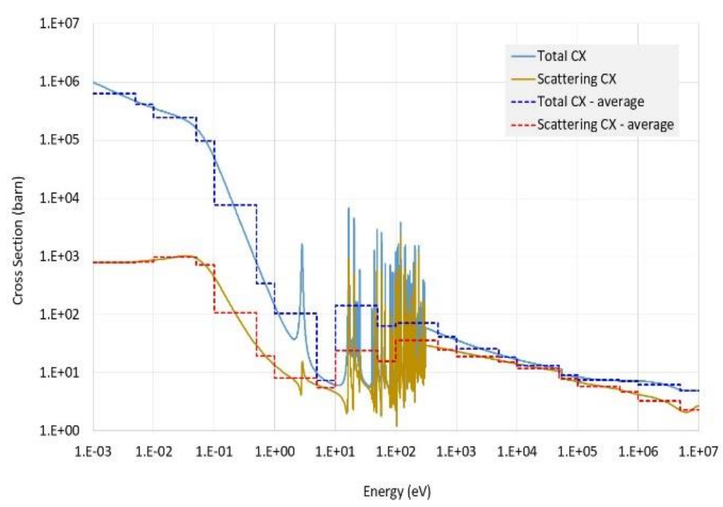
• Neutron Absorption Elements

Materials	Elements (w/o)						
Boral®	Al (60.7)		B (30.8)		C (8.5)		
B-SS	Fe (66.8)	Cr (18)	Ni (12)	Mn (1)	Si (0.2)	C (0.02)	B (1.7)
Model alloy	Ti (80)		Mo (12.5)		Nb (3.1)	Gd* (4.39)	
*other absorbing elements considered : Cd, Dy, Hf, Sm, In							

- 현재 상용 및 기술기준에 부합한 중성자흡수재 중성자 흡수 단면적을 계산 (Boral, Borated stainless steels↑)
- 본 연구에서 고려하고 있는 Gadolinium-containing Titanium-based 합금의 중성자 흡수단면적과 비교 (↑table)

METHODS (Cont.)

• **Calculation of Group-Averaged Cross Sections**
- Obtain total (σ_{tot}) and elastic scattering cross section (σ_{el}) data from ENDF/B-VIII library (National Nuclear Data Center, Brookhaven National Laboratory, US)
- Energy range of interest (0.001 eV to 10 MeV) was divided into 20 energy groups at random
- House-made FORTRAN code to generate group-averaged cross sections

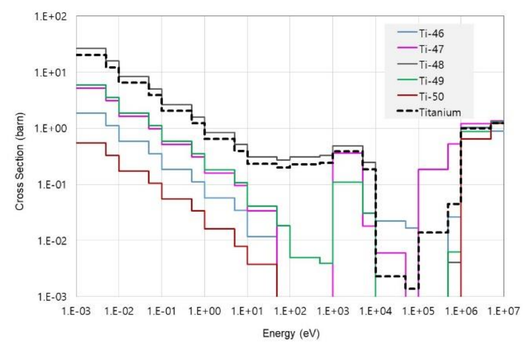


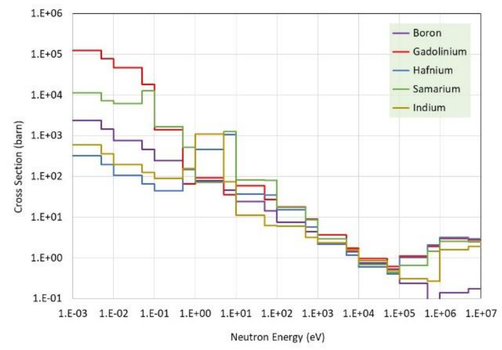
Total & elastic scattering cross sections for Gd-157 (solid: ENDF/B-VIII, dotted: group-average)

RESULTS

• **Absorption Cross Sections of Elements**
- By considering the natural abundance, calculate the absorption cross sections such as;

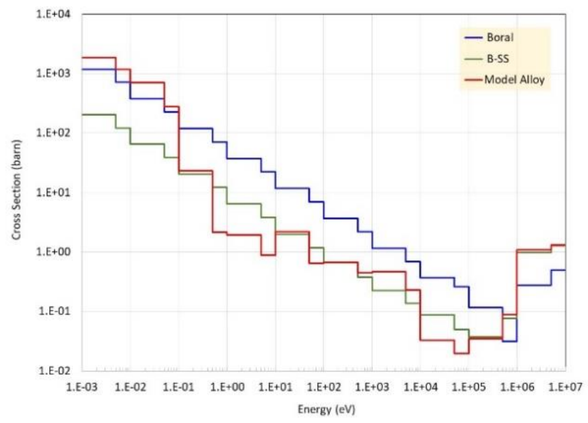
$$\sigma_{abs} = \sigma_{tot} - \sigma_{el}$$





(L) Absorption cross sections for Ti (dotted) and its isotopes (solid)
(R) Absorption cross sections for five neutron absorbing elements including B, Gd, Hf, Sm and In

• **Neutron Absorption of Three Neutron Absorbing Materials**



Absorption cross sections for neutron absorbing materials of Boral, B-SS and Ti-based model alloy

DISCUSSION

• 열중성자 영역(E_n < 0.5 eV)에서 개발중인 Gd-Ti 합금의 중성자 흡수능이 다소 높은 것으로 분석됨. Gd 동위원소 가운데 Gd-157의 열중성자 흡수단면적이 매우 높음.
• epi-thermal 영역(E_n > 0.5 eV)에서는 Boral 복합체의 중성자 흡수단면적이 상대적으로 높고, Ti-합금의 흡수능이 다소 낮음.
• SNF criticality 계산으로 종합적인 중성자 흡수능 평가 필요

This research was financially supported by the Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI) R&D Program.