

사용후핵연료 수송저장용기 차폐체 개발을 위한 특허 동향 분석

김연화, 신상원, 전종선, 이재민, 한병섭
 (주)에네시스, 대전시 유성구 구암동 328번지
 yhkim@enesys.co.kr

1. 서론

국내 원전의 사용후핵연료 소내 저장시설 용량의 한계 시점과 추후 사용후핵연료 관리를 위한 시설 또는 장치의 개발, 제작, 설치 등에 소요되는 기간을 고려한다면, 사용후핵연료 관리에 대한 결정 이전이라도 상용화를 대비한 핵심 기술의 확보가 필수적이다. 이러한 배경 하에 2009년 1월 방폐물관리법에 근거하여 발족한 방폐물공단의 연구조직인 기술개발센터를 중심으로 철저한 산학연 체계 구축을 통해 사용후핵연료 수송저장 핵심기술을 개발 중에 있다. 특히 증장기에 걸쳐 사용후핵연료의 안전한 수송저장을 위해 확보해야 하는 기술요건에 대한 위험요소 예측, 정량화, 관리 및 감소시킬 수 있는 기술을 개발하고 있다.

그러나 상기와제의 경우, 사용후핵연료 수송용기의 구조적 특성에 주안점을 두고 있으며 적극적인 소재개발은 미약하다. 또한 해외 선진국의 기술선점을 위한 광범위한 국내특허 출원으로 수송저장용기 국산화에 상당부분 제약하고 있으므로, 수송저장용기 차폐체 신소재 개발을 통하여 선진국의 특허 회피 및 수출 상품성 확보가 요구된다.

본 논문은 사용후핵연료 수송저장용기 차폐체 개발의 일환으로 국내의 공개/등록된 차폐체 관련 특허 동향을 분석하였다.

2. 본론

2.1 특허 조사 및 결과

2.1.1 조사 범위 및 검색어

2010년 6월 31일까지 출원된 한국, 일본, 미국, 및 유럽에서의 방사성폐기물 또는 사용후핵연료의 수송저장용기에 사용되는 차폐체와 관련한 공개/등록 특허를 그 조사 대상으로 하였다.

검색식은 다음과 같다.

(방사성폐기물 or (사용후핵연료) or (사용후 adj 핵연료)) AND (차폐 or 흡수).KEY.

2.1.2 특허 조사 결과

특허 조사 결과 1000여건의 공개/등록된 특허가 검색되었으며, 이중 관련 특허는 Table 1과 같이 총 70개다.

Table 1. Result of patents search

	한국	일본	미국	유럽
등록	4	1	36	12
공개	3	9	5	0

2.2 특허 분석

관련 특허 70건을 분석한 결과, 차폐체는 고분자, 금속/금속합금 및 시멘트와 같은 기본 물질에 중성자 및 감마 차폐능이 있는 물질을 첨가하여 제조되었다.

1970년대 후반 카보런덤사(Carborundum Co.)에서 개발한 탄화붕소를 중성자 흡수제로 첨가한 페놀계 고분자 차폐체의 미국특허를 시작으로 1970년대 특허는 중성자 흡수제를 첨가한 고분자 차폐체에 관한 것이다. 1980년대에 들어 중성자 흡수제를 첨가하여 차폐능을 가지면서 동시에 구조재 역할을 할 수 있는 금속/금속 합금 차폐체가 공개/등록되었다. Fig. 1은 기본물질을 고분자, 금속/금속합금 및 시멘트로 분류하여 각각의 연대별 특허수를 나타냈으며, 공개/등록된 특허수가 계속 증가함을 볼 수 있다. 이는 국외의 사용후핵연료 재처리 및 처분을 위한 수송의 증가로 인해 사용후핵연료용 수송저장용기의 연구개발이 증가한 것으로 보인다.

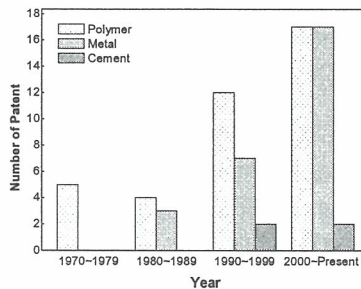


Fig. 1. Number of patent about polymer, metal and cement shielding material

Table 2에 대표적인 출원인(발명인)을 나타냈으며, 미츠비시 중공업(Mitsubishi Heavy Ind. Ltd.)이 1990년 후반부터 붕소화합물을 함유한 에폭시 고분자 차폐체 및 붕소, 붕소화합물을 함유한 알루미늄/알루미늄 합금 차폐체 특허를 출원하면서 현재 국내외에 가장 많은 특허를 보유하고 있다.

Table 2. Representative applicant(inventor)

출원인(발명인)	특허수
Mitsubishi Heavy Ind. Ltd.	15
Bechtel Bwxt Idaho LLC	4
Korea Atomic Energy Research Institute	4
The Carborundum Co.	4
Kabushiki Kaisha Kobe Seiko Sho	3
Hitachi Ltd.	3

Table 3. Shielding materials

Classification		Material
Base	Polymer	Epoxy Resin, Polyurethane Resin, Polyethylene, Polypropylene, Silicone Rubber, PVC, Vinylester Resin
	Metal	Aluminum/aluminum alloy, Stainless steel/stainless steel alloys, Nickel/nickel alloy, Copper Alloy
	Cement	Portland cement
Neutron and Gamma absorber		Boron, boron compounds (Especially, boron carbide), Gadolinium, Gadolinium compounds, Samarium, hafnium, Carbon, graphite, Lead, tungsten, antimony, indium, bismuth, cobalt, nickel, manganese, copper, cadmium, Depleted Uranium
Density increaser		Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Sb, Bi, U, W, NiO, CuO, ZnO, ZrO ₂ , SnO, SnO ₂ , WO ₃ , UO ₃ , PbO, WO ₃ , CeO ₂ powder
Refractory		Aluminum hydroxide, magnesium hydroxide
Anti-foaming agent		AgitanP-803
Flame retardant		Chlorinated paraffin, Br toluene, benzene, hex bromine, antimony trioxide

Table 3은 특허 청구항에 나타나 있는 대표적인 차폐체 구성 물질이다. 차폐체는 고분자, 금속/금속합금, 시멘트와 같은 기본물질과 중성자 흡수재, 내화제 등의 첨가물로 이루어진다. 고분자 물질로는 기계적, 전기적 성질, 내약품성, 내후성, 내부식성 등이 우수한 에폭시 수지를 많은 특허에

서 차폐체 물질로 선정하였으며, 특히 수소함량이 높은 비스페놀A형 에폭시 수지가 대표적이다[1]. 금속/금속합금으로는 구조재로 사용이 가능한 알루미늄과 스테인리스가 비슷한 빈도로 차폐체 물질로 사용되었다.

차폐체의 차폐능 향상 및 차폐체 물성 향상을 위한 첨가물로는 중성자/감마 흡수재, 밀도증가제, 난연제, 소포제 등이 있다. 중성자 흡수재로는 붕소 및 붕소화합물이 주로 사용되었으며, 특히 탄화붕소(B₄C)는 붕소함량이 높기 때문에 열중성자 포획면적이 넓고, 중성자로 조사할 때 고준위의 2차 방사선이나 장수명 2차 부산물을 발생시키지 않는 등 중성자 흡수재로서 이상적인 특징을 가지므로 차폐체의 중성자 흡수재로 가장 많이 사용되었다[2].

3. 결론

국내의 공개/등록된 사용후핵연료용 방사선 차폐체 특허를 분석한 결과, 차폐체 기본 물질에 따라 중성자 흡수재를 함유한 고분자, 금속/금속합금, 시멘트 차폐체로 구분되었으며, 이러한 차폐체의 차폐능 및 차폐체 물성 향상을 위해 밀도증가제, 내화제, 난연제 등이 첨가되었다.

국내의 사용후핵연료 수송저장용기 차폐체 관련 특허가 증가하고 있는 추세에서 국내 기술 확보를 위해 선행 특허를 회피할 수 있는 차폐체 물질 개발이 필요하다.

향후 특허조사결과를 바탕으로 대표적인 중성자 흡수재인 탄화붕소를 함유한 고분자 차폐체를 개발하고자 한다.

4. 감사의 글

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 2010T00100839)

5. 참고문헌

- [1] J.of Korean Ind. & Eng. Chemistry, Vol. 7, No. 3, pp.597-604, 1996.
- [2] Journal of the European Ceramic Society Vol. 6, pp.205-225, 1990.