

국내 처분장의 방사성 폐기물 인수조건 선정 방법

김기홍, 유영걸, 곽경길, 성석현*, 정의영*

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150

*한국수력원자력(주), 서울특별시 강남구 영동대로 411

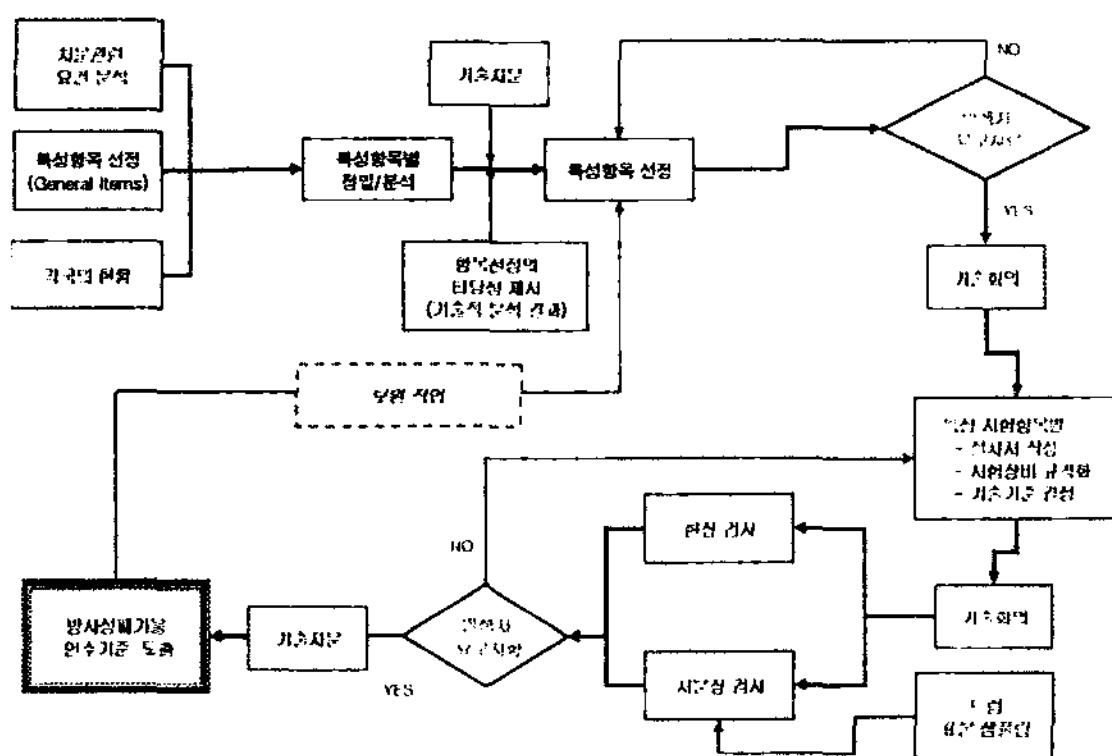
nkhkim@kaeri.re.kr

국내 처분장의 방사성폐기물 인수조건(Waste Acceptance Requirements)은 해당 처분시설의 안전성 확보와 성능유지를 위하여 처분되는 방사성폐기물의 처분 적합성 여부를 판단하는 기준(Waste Acceptance Criteria)이 되며, 이 처분장 인수기준은 폐기물 발생자가 폐기물 발생에서부터 처분에 이르기까지 체계적으로 폐기물을 안전하게 관리할 수 있도록 국가의 폐기물인도규정(교육과학기술부고시 제2008-65호)과 더불어 폐기물관리 기술기준으로 활용하게 된다.

방사성폐기물 인수기준 선정에 있어서 폐기물 발생기관의 목적에 따라 폐기물의 종류와 형태, 발생량 및 핵종의 종류 등에 있어서 다양하게 발생되므로 국내 폐기물발생 기관별 폐기물의 특성을 고려하여야 하며 또한 국가 폐기물 인도규정을 준수하여야 한다.

1. 국내처분장 방사성폐기물 인수조건 선정

처분시설은 방사성폐기물을 장기적으로 종합 관리하는 곳이므로 무엇보다도 안전성 확보와 성능유지가 필수적이다. 따라서 처분되는 폐기물의 장기 건전성과 핵종 재고량의 파악이 되도록 인수조건에 이들에 대한 제반 기술기준들이 포함되도록 하여야 한다. 이를 위하여 아래 그림의 폐기물 인수기준 개발 흐름도처럼 ①국외의 인수기준 및 인수절차 분석 ②국내 처분폐기물인수기준(안) 도출 및 적정성 분석 ③발생자 요구사항 분석 및 수용방안 선정 ④ 국내 처분폐기물 인수기준(안) 보완 등을 통하여 방사성폐기물 인수조건이 선정되도록 하였다. 즉, IAEA Safety Series No. 71(1985)을 기초로 하여 10개의 국외처분장 인수조건 분석, 폐기물발생 기관별 폐기물 특성조



방사성폐기물 인수기준 개발 흐름도

폐기물의 장기 건전성과 해중 재고량과 관련하여 처분장 인수기준에 포장물의 요건과 특성기준으로 대별하여 포장물 요건에는 일반 요건과 고형화 요건, 그리고 포장물 특성기준에는 방사선 특성, 물리적 특성, 화학적 특성 등에 대한 인수조건 및 검사방법들을 선정하여 반영하였다.

사를 통하여 인수기준 특성 항목과 검사 방법들을 도출하고 이어서 국내 산학연 폐기물 전문가로부터 기술자문을 통하여 폐기물 종류 및 형태별로 이들의 적정성 및 부합성을 평가하였다. 이렇게 작성된 인수기준(안)을 수차례에 걸친 폐기물 발생기관과 국내 전문가와의 기술협의를 통하여 보완하면서 인수기준의 공감대를 형성도록 하였다. 또한 이들에 대하여 규제 기관과는 수차례에 걸쳐 실무 기술협의를 거쳤다. 특히 국내에서 발생되는 방사성 폐기물을 처분안전성을 확보하면서 최대한 수용도록 발생기관의 의견을 반영하였으며, 처분장 안전성에 영향을 미칠 것으로 보이는 사항(침출, 킬레이트 화합물)에 대하여서는 민감도 분석을 수행하였다.

2. 국내처분장 방사성폐기물 인수조건

방사성폐기물에 대한 처분 일반요건으로는 처분장의 안전성을 높일 수 있고 또한 폐기물 포장물의 안전취급, 작업자의 방사선피폭을 예방할 수 있는 내용으로 구성하였다. 고형화 요건에서는 폐기물 종류중 균질폐기물은 처분 안전성 증진을 위하여 고형화하도록 유도하였고, 이들에 대하여 국내 생성가능한 폐기물 고화체에 대한 연질 및 경질 고화체 유형별로 특성 시험방법(아래 표 참조) 및 기술기준치들을 세분화 하였다. 그리고 비균질폐기물(폐필터 및 잡고체 등)중에서 반감기가 5년 이상인 핵종의 총 방사능 농도가 $74,000\text{Bq/g}$ ($2\mu\text{Ci/g}$, 외국의 경우는 $37,000\text{Bq/g}$) 이상인 경우에는 고정화하되 폐기물 고화체 시험요건을 적용하지 않는 것으로 하였다.

처분장 인수기준에서의 폐기물의 특성평가 항목 및 시험방법

구 분	시험 항목	관련 기준	
		경질 고화폐기물	연질 고화폐기물
○ 구조적 안정성	압축강도 시험	KS F 2405	KS F 2351
	침수시험	NRC 「Technical Position on Waste Form, Rev.1」	
	열순환시험	ASTM B553	
	방사선조사시험	NRC 「Technical Position on Waste Form, Rev.1」	
○ 침출성	침출시험	ANS 16.1	
○ 실물크기 시험	유리수 측정	ANS 55.1와 유사한 방법 적용	

포장물 특성기준에는 방사선 특성중 핵종함유량은 교육과학기술부 고시의 방사성 핵종 처분농도 제한치를 초과치 않도록 하였으며, 핵종규명도 교육과학기술부 고시에 준하도록 하였다. 알파방출 방사성 핵종에 대하여는 핵종별로 그 농도가 규명되도록 하였다. 이외에 표면선량률, 임계안전, 표면오염에 대한 기술기준치들을 제시하였다. 포장물의 물리적 특성은 포장물내의 폐기물로부터 방사성물질의 누출 가능성을 배제하도록 포장물의 채움률(내부 부피의 85%이상), 유리수(0.5% 미만), 킬레이트제의 농도 제한(8% 미만) 등으로 구성도록 하였다. 포장물의 화학적 특성은 포장물내 폐기물을 장기 보관함에 따라 폐기물 구성물질의 화학반응성으로 처분장 및 인체에 위해가 되지 않도록 발화성, 유해성, 폭발성, 부식성, 기체발생 가능성 및 인화성 등을 엄격히 제한되도록 하였다.

3. 처분안전성에 대한 민감도 분석

MASCOT를 사용하여 퀄레이트 함유량 및 침출지수 변화가 처분장 안전성에 미치는 영향에 대한 민감도 분석을 통해 퀄레이트 화합물(핵종재고의 0.1%, 1%, 8% 및 10%가 고리형 착화합물을 형성하는 것으로 가정)의 경우 처분장 성능에 매우 민감하게 작용할 수 있음을, 반면 침출지수(침출지수를 침출율로 전환, 침출 90일중 최종 측정기간의 data를 장기 침출모델에 적용)의 경우는 오히려 둔감하게 작용하고 있음을 확인할 수 있었다. 민감도 분석 결과, 10% 퀄레이트 유관핵종재고를 평가한 결과 및 침출지수 6 이상부터는 처분장 성능 목표치인 0.1 mSv/yr 를 유지하는데 큰 어려움이 없을 것으로 판단되었다.

4. 참고 문헌

- [1] Acceptance Criteria for Disposal of Radioactive Wastes in Shallow Ground and Rock Cavities, IAEA Safety Series No. 71, 1985
- [2] Methods for Verifying Compliance with Low-level Radioactive Waste Acceptance criteria, DOE-LLW-185 (1993)
- [4] Barnwell waste management facility site disposal criteria, S20-AD-010 (Barnwell)(2006)
- [5] Nevada test site waste acceptance criteria, DOE/NV-325-REV.6-02(2006)
- [6] Hanford Site solid waste Acceptance Criteria, HNF-EP-0063, Revision 13
- [7] 방사성폐기물의 물리화학적 특성시험 및 기본자료 조사, 한국수력원자력(주)/한국원자력연구소, 2005