

국내 천층처분시설 방사성폐기물 수용요건 및 이행체계 수립

Establishment of Radioactive Waste Acceptance Requirements for Near-Surface Repository

정찬우 · 안상면 · 이윤근 · 석태원 · 박상훈
한국원자력안전기술원

요 약

현행 중·저준위방사성폐기물 인도규정의 개정에 초점을 맞추어 국내 천층처분시설에 대한 폐기물 수용요건의 개발 및 이행 방안을 제시한다. 개정안은 방사성폐기물 세부분류, 표층처분 방사능농도제한, 핵종 inventory 평가 등에 관한 구체적인 기준을 담고 있으며, 그 이행을 위하여 처분전 폐기물관리, 처분시설 안전성평가, 처분시스템 등과의 합리적인 연계를 모색한다.

Abstract

This paper proposes acceptance requirements and the corresponding implementation strategy for the near-surface repository of low- and intermediate-level radioactive wastes. The proposed requirements include details on waste classification and radionuclide concentration limitation and inventory analysis. The strategy considers a relevant linking between predisposal waste management, disposal safety assessment and the overall disposal system.

1. 서 론

방사성폐기물의 특성은 그 처분시설의 장기적인 안전성을 결정하는 요소 중의 하나로서, 주어진 처분시스템에 대한 ‘폐기물수용요건(waste acceptance requirements)’으로 적절히 제한될 필요가 있다[1]. 또한 방사성폐기물의 특성에 관한 정보는 해당 처분시설의 안전성평가에 대한 필수입력 자료가 되므로 그 안전성평가에 부합하게 정량화 되어야 한다. 현재 국내에는 원자력법 시행규칙 제88조(방사성폐기물의 인도) 및 과학기술부고시 제2001-32호(중·저준위방사성폐기물 인도규정)와 방사선안전관리등의 기술기준에 관한 규칙 제79조(천층처분시설에서의 저장·처리 또는 처분) 등이 이러한 폐기물수용요건의 골격을 이루고 있으나 처분시스템 설계와 처분시설 운영의 관점에서 보다 구체화하는 것이 필요하다.

이 논문은 과학기술부에서 시행하는 원자력중장기계획사업의 일환으로 한국원자력안전기술원(KINS)이 지난 수년간 수행한 폐기물수용요건 연구개발의 결과들[2-7]을 종합한 것으로 의견 수렴을 겨냥한다. 먼저, 방사성폐기물 수용요건을 수립하기 위해 고려하여야 할 기본적인 사항들을 살펴보고, 이를 토대로 현행 중·저준위방사성폐기물 인도규정에 대한 개정안을 중심으로 국내 폐기물수용요건 수립 및 이행 방안을 제시한다.

2. 기본적인 고려사항

본 연구에서는 폐기물수용요건과 그 이행방안을 도출함에 있어 다음의 관점들을 고려하였다. 이들은 상호 밀접하게 연관되어 있으므로 통합적인 고찰을 필요로 한다[2,3].

- (1) 처분시스템 설계 기초로서의 역할. 수용요건은 기본적으로 주어진 처분시스템의 특성에 맞게 즉 처분시스템에 고유하게 정해져야 하는 반면, 처분시스템을 설계하기 위해서는 수용할 폐기물에 관한 기본적인 정보가 필요하다. 따라서 폐기물수용요건은 처분시스템의 설계에 필요한 폐기물의 기준 특성들을 우선적으로 제공하여야 한다.
- (2) 다중방호 기능. 처분시설의 안전성은 일반적으로 폐기물 특성뿐만 아니라 공학적 설계 특징, 부지 특성, 처분시설 운영 체계, 폐쇄 및 제도적 관리 등 여러 처분시스템 구성요소들의 통합적인 폐기물 격리성능에 의존한다. 그러나 처분시설의 안전성에 충분한 여유도를 부여한다는 측면에서 안전에 중요한 폐기물 특성들을 적절히 제한하는 것이 바람직하다. 반면에, 다른 처분시스템 구성요소들의 특성을 감안하는 것도 중요하다.
- (3) 폐기물 분류 및 처분방식과의 연계. (1), (2)항과 호응하여, 폐기물 수용요건은 방사성폐기물의 분류 방법 및 종류별 처분방식을 지정하는 역할을 포함할 때 전체적으로 완전하게 된다.
- (4) 안전성평가와 연계. 처분시설의 안전성은 체계적인 안전성평가에 의해 확인된다. 따라서 다른 처분시스템 구성요소들의 경우와 마찬가지로 수용요건은 안전성평가에 필요한 정보들을 제공하는 방식으로 구축되어야 한다.
- (5) 처분 전 폐기물관리와 연계. 합리적인 폐기물수용요건은 폐기물의 발생에서 처리, 저장, 운반 등 처분 이전의 모든 폐기물관리 단계들과 더불어 일관성이 있어야 한다. 근본적으로는 이들 처분 전 단계들에서 폐기물은 궁극적으로 처분(즉 처분시설 수용요건)을 고려하여 관리되었어야 한다. 그러나 처분관점의 폐기물특성기준이 명확하지 않은 상태에서 처분 전 관리가 이루어진 경우를 비롯하여 많은 경우에 해당 수용요건은 현실적으로 처분 전 관리를 적절히 반영할 필요가 있다.
- (6) 특성요건과 특성평가 방법의 연계. 안전(성능)목표와 그 평가방법의 관계와 마찬가지로, 하나의 평가시스템이 그 자체로 완전하기 위해서는 성능기준과 그 평가방법이 하나의 세트로 주어져야 한다. 이런 맥락에서, 폐기물특성기준은 그 특성평가방법과 더불어 해당 폐기물수용요건으로 제시될 때 유효하다고 할 수 있다.
- (7) 처분시설 단계별 수립 방안. (1)에서 언급한 것처럼, 수용요건은 기본적으로 주어진 처분시스템에 맞게 정해져야 하는 바, 처분시설의 설계, 건설, 운영 단계를 거치면서 보다 구체적으로 보완되는 것이 자연스럽다. 이것은 안전성평가의 단계별 또는 주기적 개선과도 연관된다.
- (8) 운영 편의성. 폐기물수용요건은 실질적으로 처분시설 운영자에 의해 집행되므로 운영상의 편의를 감안하는 것이 불가피하다. 따라서 규제요건에는 기본적인 제한사항만을 두고 세부기준은 사업자가 해당 처분시스템의 특성에 맞게 정하여 규제기관의 승인을 받아 이행하는 방식이 효과적이다. 한편, 수용요건은 폐기물의 처분시설 수용성을 입증하기 위한 핵심적인 절차인 폐기물특성조사의 관점에서 최적화되어야 한다.

3. 천충처분시설 폐기물수용요건 구축 방안

앞서 서론에서 언급한 바와 같이, 현행 원자력법령에서 폐기물수용요건과 관련한 규정은 원자력법 시행규칙 제88조(방사성폐기물의 인도) 및 이에 따른 과학기술부고시 제2001-32호(중·저준위방사성폐기물 인도규정)와 방사선안전관리등의 기술기준에 관한 규칙 제79조(천충처분시설에서의 저장·처리 또는 처분)이다. 명목상으로는, 고시 제2001-32호는 방사성폐기물을 위탁 처분하는 경

우에 그 의뢰자가 처분시설 운영자에게 폐기물을 인도하는 시점에서 지켜야 할 기준이고 방사선 안전관리등의 기술기준에 관한 규칙 제79조가 처분 시점에서 적용할 기준 곧 수용요건이라고 할 수 있으나 이행의 측면에서는 대부분의 수용요건이 폐기물이 처분시설로 반입되는 시점에서 적용되어야 하므로 실질적으로는 둘 다 폐기물수용요건으로 볼 수 있다. 이런 맥락에서, KINS는 후자에 따른 세부기술기준(과학기술부고시)을 2004년까지 개발함에 있어 폐기물특성에 관한 사항들은 전자의 내용을 그대로 인용하는 방식을 고려하고 있다. 이 경우, 폐기물수용요건은 사실상 고시 제2001-32호로 단일화 될 것이므로, 현행 「중·저준위방사성폐기물 인도규정」을 보완하는 것이 현 시점에서 폐기물수용요건을 확립하는 지름길이라 하겠다.

〈표 1〉은 앞서 2절에서 고찰한 기본사항들을 고려하여 도출한 「중·저준위방사성폐기물 인도규정」에 대한 개정안을 요약한다. 개정안의 주요 내용은 다음과 같다.

- (1) 처분방식과 연계한 폐기물 분류 및 방사능농도 처분제한치 설정; 천충처분을 표충처분과 동굴처분으로 나누어 표충처분에 방사능농도 제한치를 부과하는 방식으로 중·저준위폐기물을 분류하였다. 현재 국내에서 고려하는 표충처분 개념에 대하여 처분시설 폐쇄 후 단계에서 적절한 인간침입 시나리오를 기초로 일반적인(generic) 안전성평가를 통해 주요 핵종별 표충처분 제한치를 결정하였다. 대상 핵종들은 발생량, 반감기, 위해도, 측정 및 평가 등의 관점에서 선정하였으며, 주요 핵종별 농도값은 인간침입과 같은 비정상적인 상황에 대하여 일반적으로 개입이 정당화되는 선량준위의 하한인 10 mSv/yr 의 작은 분율(1/10)에 상응하는 주어진 처분시설 내 평균 방사능농도 준위를 기초로 폐기물 포장물 당 예상되는 농도 편차(10배)와 이행 측면의 편의를 고려하여 조정하였다. 주어진 핵종들의 피크가 서로 다른 시점에 나타날 것으로 예상되므로, 이 값들은 분율의 합이 아니라 각각 독립적인 값으로 적용하도록 한다. 이 값들은 해당 평가모델(처분시설 설계, 부지환경 및 주요 시나리오의 기본가정, 선량기준 등)과 더불어 하나의 세트로 실제의 처분시스템에 적용되어야 할 것이다[4].
- (2) 핵종 규명 요건 신설; 표충처분제한치가 부과되는 핵종들을 포함하여 18개 핵종의 재고량을 포장물(드럼)별로 평가하도록 하였으며, 아울러 재고량 평가방법에 관한 기본지침을 제시하였다.
- (3) 고화체 특성 요건 보강; 침수시 형체 유지등 고화체의 견전성에 관한 요건을 보강하였다.
- (4) 특성자료 제시 요건 신설. 안전성평가에 필요한 선원항을 제공하도록 하고, 안전성분석 및 방사선환경영향평가와의 연계 등을 통하여 처분시설 안전성평가와의 연계를 강화하였다.
- (5) 특성평가 방법을 요건으로 도입; 폐기물의 특성치뿐만 아니라 그 평가방법을 제시하도록 함으로써 특성평가의 유효성을 도모하였다.
- (6) 운용상의 유연성 부여. 주어진 규정의 테두리 안에서 처분시설 운영자가 처분시스템의 특성을 고려하여 보다 자세한 자체 기준(폐기물인수기준)을 수립하여 적용할 수 있도록 하였다.

이러한 보완 방안에 대한 자세한 배경과 근거는 앞서 발표된 자료들에 제시되어 있다[4-7].

4. 폐기물수용요건 이행 방안

위에서 설명한 현행 인도규정의 개정안 즉 폐기물수용요건(안)을 이행하기 위해서는 무엇보다 폐기물 발생자와 처분시설 건설·운영자의 적극적인 준비가 시급하다. 건설·운영자는 폐기물인도 규정에 따른 보다 구체적인 폐기물인수기준과 자체검증체계를 수립하여야 하며 발생자는 인도규정 및 건설·운영자의 인수기준을 이행하기 위한 방법과 절차를 갖추어야 한다. 시행착오를 줄이기 위해서는 규제기관, 폐기물 발생자 및 건설·운영자 간에 긴밀한 의견교환이 필요하다.

여기서 특히 건설·운영자의 역할이 중요하다. 건설·운영자는 부지 및 시설의 특성이 구체화되는 시점에서 지하수 유동에 따른 방사성핵종의 이동을 고려하여 해당 부지 및 시설에 고유한 안전성평가를 통해 해당 처분부지 또는 처분고 당 총방사능 제한치를 결정하여야 한다. 이 값은 안전성분석보고서에 제시되어야 하며 운영기술지침서에 포함하여 이행하는 것이 바람직하다. 건설·

운영자는 또한 인도규정의 요건들을 폐기물 유형 또는 고화체 형상별로 구체화, 정량화 하여 인수 기준의 형식으로 절차화하여야 한다. 여기에는 각 특성 항목별 기준치와 평가방법 등이 포함된다. 절차화된 인수기준은 당해 처분시설의 사용전검사 단계에서 규제기관에 의해 최종적으로 검토 및 승인될 것으로 예상되며, 처분시설 운영중에는 처분검사와 정기검사 등을 통해 지속적으로 그 유효성이 확인될 것이다. 인수기준은 처분시설 운영단계에서 운영 경험을 반영하여 지속적으로 보완되어야 할 것이다. 인수기준에 관한 근거는 인도규정 개정안에서는 간접적으로 그리고 2004년도에 개발될 방사선안전관리등의 기술기준에 관한 규칙 제79조에 따른 과학기술부고시에는 구체적으로 마련될 것으로 예상된다.

한편, 폐기물 발생자 및 처분 전 폐기물관리자들은 인도규정 및 인수기준에 부합하도록 기존의 폐기물관리공정을 최적화하여야 한다[2,3]. 즉, 폐기물 처리, 포장, 운반을 처분시설 수용요건의 관점에서 재조명하여 최적의 관리방법과 절차를 수립하는 것이다. 한 예로, 국내 원자력발전소에서 발생하는 대부분의 폐기물을 드럼은 운반물의 관점에서 IP형에 해당하는 바, 해당 폐기물의 처리 및 포장 단계에서부터 그 운반과 처분을 함께 고려하는 것이 바람직할 것이다. 수용기준을 만족시키기 위한 이러한 제반 활동에서 핵심은 품질보증이다. 이와 관련하여, 폐기물 발생자 및 처분 전 폐기물관리자들은 처분시설 건설·운영자와 협력하여 폐기물을 인수기준에 부합하는 신뢰성 있는 폐기물인증프로그램(waste certification program)을 확립하여 처분 전 폐기물관리 및 특성평가에 적용하는 방안을 체계화할 필요가 있다[8].

5. 결 론

처분시설에 대하여 방사성폐기물 수용요건을 부과하는 목적은 처분시스템 안전성의 한 축을 이루는 폐기물 특성을 분별하여 그 결과적인 안전성을 보다 구체화하기 위함이다. 따라서, 폐기물수용요건을 설정함에 있어서는 처분시설 안전기준 및 안전성평가의 태두리 안에서 다른 처분시스템 구성요소들과 폐기물 특성인자 상호간의 관계를 통합적으로 고려하는 것이 중요하다. 본 고에서 제시한 국내 천층처분시설에 대한 폐기물수용요건 즉 중·저준위방사성폐기물 인도규정의 개정안과 그 이행방안은 이러한 접근방법에 따라 도출되었으며, 국내 고유의 수용요건으로 확립되기까지 관계전문가들의 적극적인 관심과 의견을 간구하는 바이다(e-mail; jcw@kins.re.kr).

참 고 문 현

- [1] IAEA WS-R-1, Near Surface Disposal of Radioactive Waste (1999).
- [2] 정찬우 외, “중·저준위방사성폐기물처분시설 폐기물처분요건 수립 방안”, KINS/PR-034, 방사선안전평가기술 심포지움 논문집, pp. 211-234, KINS (2002).
- [3] Jeong et al., An integrated strategy towards establishing radioactive waste acceptance requirements for near-surface disposal, AOCRP-1 (2002)
- [4] KINS/HR-495, 천층처분시설 처분제한치 설정을 위한 성능평가방법론 개발, NETEC (2003).
- [5] KINS/HR-494, 방사성폐기물 처분을 위한 핵종재고량 평가방법에 관한 연구, KAIST (2003).
- [6] KINS/HR-493, 방사성폐기물 처분을 위한 고화체 특성평가 방법에 관한 연구, 연세대 (2003).
- [7] 정찬우 외, “천층처분시설 방사성폐기물 수용기준 개발”, 2003 춘계학술발표회 논문집, pp. 238-242, 대한방사선방어학회 (2003).
- [8] 황주호 외, “방사성폐기물 인증프로그램 개발 방향”, KINS/PR-047, 제2회 방사선안전평가기술 심포지움 논문집, pp. 235-241, KINS (2003).

〈표 1〉 중·저준위방사성폐기물 인도규정 개정안 요약

| 항 목 | 현 행 | 개 정 안 | 비 고 |
|---------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 처분시설 운영자 인수기준 | 연급 없음 | 적용 근거 마련 | 구체적인 요건은 방사선안전관리등의 기술기준에 관한 규칙 제79조에 따른 과학기술부고시로 제시 |
| 폐기물 분류 및 농도제한 | 선언적 연급 | <p>처분방식과 연계하여 명시</p> <ul style="list-style-type: none"> - 지층처분; 모든 중저준위폐기물 수용가능 - 동굴처분; 반감기 20년 이상의 α핵종(U 제외) 농도 4 kBq/g 이하의 중저준위 - 표층처분; 다음 조건 충족하는 중저준위 <ul style="list-style-type: none"> • 반감기 20년 이상의 α핵종(U 제외) 농도 400 Bq/g 이하 • 열발생률 0.2 kW/m^3 이하 • 주요핵종 농도 제한(포장물 당, Bq/g); C-14(7.4E6), Co-60(3.7E8), Ni-59(3.7E6), Ni-63(1.1E7), Sr-90(7.4E5), Nb-94(3.7E3), Tc-99(1.1E3), I-129(3.7E2), Cs-137(1.1E7), 전α(1.1E4) | 부지 또는 처분고 당 총방사능제한치는 운영자가 안전성분석보고서(기술지침)에 평가 및 제시 |
| 핵종 규명 | 포괄적 연급 | <ul style="list-style-type: none"> - 18개 핵종 지정; H-3, C-14, Ni-59, Co-60, Ni-63, Sr-90, Nb-94, Tc-99, I-129, Cs-135, Cs-137, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241, Am-241, Cm-242, Cm-244 - 전체 방사능의 95% 이상 규명 - 예상주민선량의 95% 이상 기여분 규명 - 재고량 평가지침 제공 | |
| 고화체 특성요건 | | <p>구조적 건전성 요건 일부 보완</p> <ul style="list-style-type: none"> - 처분환경에서 형체를 유지할 수 있는 적절한 기계적 강도와 안정성 요구 - 고건전성용기 사용시 또는 처분방식 하향 적용시 요건 완화 | |
| 구조적 특성시험방법 | 연급 없음 | 자료 제시를 요구하는 방식으로 간접 규제 | |
| 허가신청서류 와 연계 | 연급 없음 | 안전성분석보고서, 방사선환경영향평가서 등과 부합하도록 함 | |
| 안전성평가와 연계 | 연급 없음 | 적용범위 및 제출서류에 안전성평가에 필요한 선원항 자료 제공 요건을 명시 | |
| 운반 안정성 | 포함 | 제외 (운반 관련 사항은 별도 규정 적용) | |